



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



# Guía docente de la asignatura Herramientas Matemáticas: Métodos Numéricos

**Titulación: Master en Ingeniería Ambiental y de Procesos Químicos  
y Biotecnológicos**

**Curso 2012/2013**

# Guía Docente

## 1. Datos de la asignatura

<b>Nombre</b>	Herramientas Matemáticas: Métodos Numéricos				
<b>Materia</b>	Métodos Numéricos (Numerical Analysis)				
<b>Código</b>	210601002				
<b>Titulación/es</b>	Master en Ingeniería ambiental y de Procesos Químicos y Biotecnológicos				
<b>Centro</b>	Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial				
<b>Tipo</b>	Obligatoria/Optativa según especialidad				
<b>Periodo lectivo</b>	Primer Cuatrimestre	<b>Curso</b>	2012-2013		
<b>Idioma</b>	Español				
<b>ECTS</b>	4	<b>Horas / ECTS</b>	25	<b>Carga total de trabajo (horas)</b>	100
<b>Horario clases teoría</b>		<b>Aula</b>			
<b>Horario clases prácticas</b>		<b>Lugar</b>			

## 2. Datos del profesorado

<b>Profesor responsable</b>	José Salvador Cánovas Peña		
<b>Departamento</b>	Matemática Aplicada y Estadística		
<b>Área de conocimiento</b>	Matemática Aplicada		
<b>Ubicación del despacho</b>	Antiguo Hospital de Marina, Despacho B018		
<b>Teléfono</b>	968338904	<b>Fax</b>	968338916
<b>Correo electrónico</b>	Jose.canovas@upct.es		
<b>URL / WEB</b>	<a href="http://www.dmae.upct.es/~jose">www.dmae.upct.es/~jose</a>		
<b>Horario de atención / Tutorías</b>	Podrá consultarse en la web.		
<b>Ubicación durante las tutorías</b>	Antiguo Hospital de Marina, Despacho B018		

### Otros profesores

<b>Profesor</b>			
<b>Departamento</b>			
<b>Área de conocimiento</b>			
<b>Ubicación del despacho</b>			
<b>Teléfono</b>		<b>Fax</b>	
<b>Correo electrónico</b>			
<b>URL / WEB</b>			
<b>Horario de atención / Tutorías</b>			
<b>Ubicación durante las tutorías</b>			

### 3. Descripción de la asignatura

#### 3.1. Presentación

Esta asignatura pretende introducir al alumno en técnicas numéricas para el estudio de modelos de las ciencias experimentales que se articulan en forma de ecuaciones diferenciales ordinarias y ecuaciones en derivadas parciales.

#### 3.2. Ubicación en el plan de estudios

La asignatura está encuadrada dentro del Módulo 1, de fundamentos metodológicos.

#### 3.3. Descripción de la asignatura. Adecuación al perfil profesional

El objetivo fundamental de esta asignatura es el proporcionar unas herramientas de tipo numérico para que el alumno pueda analizar los diferentes modelos, que en tiempo continuo, aparecen en las ciencias experimentales. Se trata de una asignatura que debe de servir de apoyo a otras asignaturas que introduzcan modelos concretos.

#### 3.4. Relación con otras asignaturas. Prerrequisitos y recomendaciones

El alumno debería tener una buena formación en álgebra lineal y cálculo en una y varias variables. Como se mencionó en el punto anterior, pretende ser una apoyo a aquellas asignaturas que introduzcan modelos de tiempo continuo en sus programas. Por otra parte, sería deseable que el alumno tuviese una formación mínima en el uso de ordenadores.

#### 3.5. Medidas especiales previstas

Con el objeto de agilizar el comienzo de la asignatura, se sugiere al alumno repasar las nociones básicas de ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales.

## 4. Competencias

### 4.1. Competencias específicas del título según la especialidad

#### A.- ESPECIALIDAD ACADÉMICA.

- E A1. Aplicar a la docencia científica y tecnológica ligada al campo de competencia del postgrado propuesto, en los niveles formativos medios y superiores, los conocimientos de matemáticas, física, química, biología, geología e ingeniería, necesarios para la adquisición por los alumnos de estos niveles, de la formación básica adecuada.
- E A2. Concebir planes docentes aplicados a enseñanzas medias y superiores que permitan conseguir los objetivos de formación y competencia adecuados a cada caso.
- E A3. Seleccionar las técnicas y procedimientos adecuados en el diseño curricular y para la práctica docente, con especial atención en los aspectos evaluativos.
- E A4. Incorporar las nuevas tecnologías de innovación docente en la impartición de las enseñanzas de nivel medio y superior.
- E A5. Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo, fomentando la optimización horizontal de los contenidos educativos.
- E A6. Ejercer funciones de liderazgo y orientación en la formación integral de los discentes en los niveles académicos diana del postgrado.

#### B.- ESPECIALIDAD PROFESIONAL.

##### B.1.-PROCESOS QUÍMICOS Y BIOTECNOLÓGICOS

- E B1. Diseñar, planificar, ejecutar, controlar, optimizar, equipos y procesos químicos y/o biotecnológicos dentro del marco del desarrollo sostenible.
- E B2. Seleccionar técnicas y procedimientos apropiados en el diseño, aplicación y evaluación de reactivos, métodos y técnicas analíticas.
- E B3. Valorar los riesgos asociados a la utilización de sustancias químicas y/o biológicas y los grandes riesgos derivados de los procesos industriales.
- E B4. Procesar, manipular y analizar datos físicos, químicos y biológicos resultado de los procesos desarrollados, aplicando herramientas computacionales para la optimización del conjunto.
- E B5. Diseñar experimentos a escala de laboratorio y piloto para la simulación de procesos y el estudio del cambio de escala.
- E B6. Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo, ejerciendo funciones de liderazgo y orientación en la ejecución de procesos a escala industrial.

##### B.2.-INGENIERÍA AMBIENTAL

- E B7. Diseñar, planificar, ejecutar, controlar, optimizar, equipos y procesos para la adecuada gestión y /o tratamiento de efluentes urbanos o industriales.
- E B8. Seleccionar técnicas y procedimientos apropiados en el diseño, aplicación y evaluación de reactivos, métodos y técnicas analíticas para la vigilancia y el control ambiental.
- E B9. Valorar los riesgos asociados a la utilización de sustancias químicas y/o biológicas y los grandes riesgos derivados de los procesos industriales.
- E B10. Procesar, manipular y analizar datos físicos, químicos y/o biológicos resultado de los análisis de los indicadores ambientales, aplicando herramientas computacionales para su tratamiento.

- E B11. Diseñar experimentos a escala de laboratorio y piloto para el desarrollo de nuevas alternativas o mejores tecnologías de control ambiental.
- E B12. Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo, ejerciendo funciones de liderazgo y orientación en la ejecución de procesos de gestión, vigilancia y control ambiental.

### **C.- ESPECIALIDAD INVESTIGACIÓN.**

- E C1. Diseñar, planificar, ejecutar proyectos de investigación básica y aplicada en relación con los procesos químicos, biotecnológicos y del medio ambiente.
- E C2. Realizar búsquedas documentales (acceso a documentos científicos, patentes, literatura gris, etc.), indización y catalogación de documentos, y estudios bibliométricos.
- E C3. Establecer contactos profesionales que permitan el intercambio de la investigación y de la innovación científica y tecnológica con otros grupos de investigación, con la industria y el sector productivo.
- E C4. Procesar, manipular y analizar datos físicos, químicos y/o biológicos resultado de las investigaciones, aplicando herramientas computacionales para su tratamiento.
- E C5. Coordinar y lidera proyectos de I+D+i en los ámbitos científicos y tecnológicos propios de este postgrado.
- E C6. Concebir, planificar y materializar en publicaciones los resultados de la investigación, contribuyendo a la difusión de los avances científicos de los grupos vinculados al postgrado.

## **4.2. Competencias genéricas / transversales**

### **COMPETENCIAS INSTRUMENTALES**

- T1.1 Capacidad de análisis y síntesis
- T1.2 Capacidad de organización y planificación
- T1.3 Comunicación oral y escrita en lengua propia
- T1.4 Comprensión oral y escrita de una lengua extranjera
- T1.5 Habilidades básicas computacionales
- T1.6 Capacidad de gestión de la información
- T1.7 Resolución de problemas
- T1.8 Toma de decisiones

### **COMPETENCIAS PERSONALES**

- T2.1 Capacidad crítica y autocrítica
- T2.2 Trabajo en equipo
- T2.3 Habilidades en las relaciones interpersonales
- T2.4 Habilidades de trabajo en un equipo interdisciplinar
- T2.5 Habilidades para comunicarse con expertos en otros campos
- T2.6 Reconocimiento de la diversidad y la multiculturalidad
- T2.7 Sensibilidad hacia temas medioambientales
- T2.8 Compromiso ético

### **COMPETENCIAS SISTÉMICAS**

- T3.1 Capacidad para aplicar los conocimientos a la práctica

- |                                     |       |   |
|-------------------------------------|-------|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> | T3.2  | Capacidad de aprender                           |
| <input checked="" type="checkbox"/> | T3.3  | Adaptación a nuevas situaciones                 |
| <input type="checkbox"/>            | T3.4  | Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad) |
| <input type="checkbox"/>            | T3.5  | Liderazgo                                       |
| <input type="checkbox"/>            | T3.6  | Conocimiento de otras culturas y costumbres     |
| <input checked="" type="checkbox"/> | T3.7  | Habilidad de realizar trabajo autónomo          |
| <input type="checkbox"/>            | T3.8  | Iniciativa y espíritu emprendedor               |
| <input type="checkbox"/>            | T3.9  | Preocupación por la calidad                     |
| <input type="checkbox"/>            | T3.10 | Motivación de logro                             |

### 4.3. Resultados esperados del aprendizaje

El objetivo genérico de la asignatura es que el estudiante aprenda y domine los conceptos fundamentales de los Métodos Numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales y en derivadas parciales y sea capaz de utilizarlos en situaciones prácticas. Más concretamente, al finalizar la asignatura el estudiante deberá ser capaz de:

1. Adquirir técnicas de discretización de modelos continuos.
2. Tomar conciencia de la necesidad de tener herramientas para estimar modelos continuos y las limitaciones de éstas, así como de la necesidad de controlar los errores.
3. Diferenciar entre métodos de un paso y multipaso y saber cuándo aplicar cada uno.
4. Conocer los métodos en diferencias finitas para ecuaciones en derivadas parciales.
5. Adquirir un lenguaje de programación y aprender a programar los métodos teóricos explicados en clase en el caso de problemas concretos.

Las actividades de enseñanza/aprendizaje diseñadas permitirán al alumno desarrollar además diferentes capacidades como: trabajo individual y en equipo, análisis de problemas y síntesis de información, expresión escrita y comunicación oral, diseño de procedimientos de resolución de problemas.

## 5. Contenidos

### 5.1. Programa de teoría

#### *Bloque I: Métodos numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias*

1. ECUACIONES DIFERENCIALES. MODELOS QUÍMICOS Y MEDIOAMBIENTALES.  
Problemas de valor inicial para ecuaciones diferenciales ordinarias. Teorema de existencia y unicidad. Ecuaciones de orden superior al primero. Fenómenos físico-químico-ambientales que se modelan a partir de ecuaciones diferenciales.
2. MÉTODOS DE UN PASO PARA LA RESOLUCIÓN NUMÉRICA DE ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS. GENERALIDADES.  
Introducción: Métodos de un paso, notaciones diversas. Método de Taylor: método de Euler. Métodos de Runge-Kutta. Tablas de Butcher: Ejemplos diversos. Definiciones de convergencia, orden, errores locales y globales. Estimación por el método de extrapolación al límite de Richardson.
3. MÉTODOS MULTIPASO LINEALES.  
Introducción y resultados previos. Formulación general de los métodos lineales multipaso: orden, consistencia, estabilidad y convergencia. Fórmulas de Adams-Bashforth. Fórmulas de Adams-Moulton. Métodos predictor-corrector.

#### *Bloque II: Métodos numéricos para ecuaciones en derivadas parciales*

4. ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES DE PRIMER ORDEN.  
Ejemplos y problemas concretos. Ecuaciones cuasilineales en el plano. Unicidad de la solución. Integrales primeras. Leyes de Conservación. Condiciones de contorno. Soluciones periódicas. Singularidades y características. Formulación variacional.
5. DISCRETIZACIÓN DE LAS ECUACIONES DE PRIMER ORDEN.  
Introducción. Método Numérico de las características. Método inverso de las características. Métodos de las líneas. Métodos de diferencias finitas. Esquemas básicos.
6. SISTEMAS HIPERBÓLICOS.  
Introducción. Sistemas lineales de coeficientes constantes. Ecuación de ondas. Caso límite de un sistema hiperbólico. Sistemas lineales de coeficientes variables. Métodos de las características. Métodos de diferencias finitas. Esquemas en diferencias finitas específicos para la ecuación de las ondas. Esquemas implícitos.
7. ECUACIONES EN DERIVADAS PARCIALES DE SEGUNDO ORDEN.  
Ecuaciones elípticas: Métodos de diferencias finitas. Ecuación de Laplace. Dificultades para la puesta en práctica del método. Métodos iterativos. Ecuaciones parabólicas: Problemas de difusión lineal. Métodos explícitos e implícitos.

### 5.2. Programa de prácticas

1. Introducción a Mathematica. Fundamentos de programación.
2. Programación de métodos numéricos para las ecuaciones diferenciales: Métodos de Taylor, Runge Kutta y multipaso.
3. Programación de métodos en diferencias finitas para las ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden.



### 5.3. Programa resumido en inglés

*Part I: Numerical methods for ordinary differential equations*

1. Introduction to differential equations. Modelling with differential equations.
2. One step numerical methods for solving differential equations.
3. Multistep numerical methods for solving differential equations.

*Part II: Numerical methods for partial differential equations*

4. First order partial differential equations.
5. Finite difference methods for solving first order partial differential equations.
6. Hiperbolic equations.
7. Second order differential equations.

## 6. Metodología docente

6.1. Actividades formativas			
Actividad	Descripción de la actividad	Trabajo del estudiante	ECTS
Clase de teoría	Clase magistral en la que se exponen los conceptos teóricos	<u>Presencial</u> : Seguimiento y toma de apuntes. Planteamiento de dudas individualmente o por parejas.	0.8
		<u>No presencial</u> : Estudio de la materia	0.8
Clase de problemas resolución de problemas tipo y casos prácticos	Realización de cuestiones prácticas sobre los conceptos teóricos	<u>Presencial</u> : Resolución de problemas y planteamiento de dudas	0.2
		<u>No presencial</u> : Resolución de cuestiones y ejercicios propuestos por el profesor	0.3
Clase de Prácticas. Sesiones de laboratorio y aula de informática	Sesiones sobre programación de métodos numéricos.	<u>Presencial</u> : Programación de los problemas propuestos.	0.6
		<u>No presencial</u> : Completar el trabajo presencial y estudiar las variantes propuestas por el profesor.	0.6
Seminarios de problemas y otras actividades de aprendizaje cooperativo		<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> :	
Actividades de evaluación formativa		<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> :	
Tutorías individuales y de grupo	Las tutorías serán individuales o de grupo con objeto de realizar un seguimiento individualizado y/o grupal del aprendizaje. Revisión de exámenes por grupos y motivación por el aprendizaje.	<u>Presencial</u> : Sólo presencial.	0.2
		<u>No presencial</u> :	
Realización de trabajos de investigación individual o en grupo y presentación oral	Se plantearán trabajos individualizados que podrán eximir al alumno de la necesidad de hacer el examen final para aprobar la asignatura.	<u>Presencial</u> :	
		<u>No presencial</u> : Sólo no presencial, salvo que el alumno sea requerido por el profesor para aclarar alguna cuestión sobre el trabajo propuesto.	0.4
Realización de exámenes oficiales	Se realizarán una prueba escrita final individual como complemento a la presentación de trabajos.	<u>Presencial</u> Sólo presencial. Clásica prueba escrita junto con la realización de un programa en el aula de informática.	0.1
		<u>No presencial</u> :	

## 7. Evaluación

<b>7.1. Técnicas de evaluación</b>				
<b>Instrumentos</b>	<b>Realización / criterios</b>	<b>Ponderación</b>	<b>Competencias genéricas (4.2) evaluadas</b>	<b>Resultados (4.3) evaluados</b>
Prueba escrita Individual	Prueba escrita junto con programación en el aula de informática/Superarán la asignatura aquellos alumnos cuya puntuación sea mayor que 5.	De 0 a 50%	T1.1, T1.2, T1.3, T1.5, T1.6, T1.7, T1.8,	1,2,3,4,5.
Evaluación de las prácticas de laboratorio y de los informes de prácticas				
Evaluación de las prácticas en aula de informática				
Evaluación de los trabajos de investigación individuales o en grupo	Realización de un programa sobre modelos concretos de aplicación a la química y modelos medioambientales y de crecimiento de poblaciones.	De 50 a 100%	T1.1, T1.2, T1.3, T1.5, T1.6, T1.7, T1.8, T2.1, T2.2, T2.4, T3.1, T3.2, T3.3, T3.7	1,2,3,4,5.

## 7.2. Mecanismos de control y seguimiento

Las clases de programación son una excelente forma de comprobar el grado de comprensión del alumno. Es el momento en que el alumno debe plasmar en un programa uno de los diferentes métodos numéricos que se van a explicar, con sus virtudes y sus desventajas. Según el grado de éxito en estas clases podemos hacernos una idea del nivel global del alumnado. Al ser clases que se prestan a la comunicación con el alumno, son también un buen momento para hacer un seguimiento de cada alumno concreto.

## 8. Recursos y bibliografía

### 8.1. Bibliografía básica

- J. R. Dormand: Numerical Methods for Differential Equations. CRC Press.
- J. D. Lambert: Computational Methods in Ordinary Differential Equations. John Wiley & Sons, 1998.
- C. Moreno: Cálculo numérico II. UNED. Madrid, 2000.

### 8.2. Bibliografía complementaria

- J. D. Faires y R. L. Burden: Métodos Numéricos (3ª ed). Thompson. Madrid, 2004.
- M. Calvo, J. I. Montijano y L. Rández: Curso de Análisis Numérico (Métodos de Runge-Kutta para la resolución numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias). Servicio de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, 1985.
- D. Kincaid y W. Cheney: Análisis Numérico. Adisson-Wesley Iberoamericana. Delaware (E.E.U.U.), 1994.

### 8.3. Recursos en red y otros recursos

En la web del profesor se encuentran apuntes de la asignatura.