



# MODELOS NUMÉRICOS EN BIOMEDICINA

## Guía de Aprendizaje – Información al estudiante

### 1. Datos Descriptivos

<b>Asignatura</b>	Modelos Numéricos en Biomedicina
<b>Materia</b>	Métodos Numéricos
<b>Departamento responsable</b>	Matemática Aplicada a las Tecnologías de la Información
<b>Créditos ECTS</b>	6
<b>Carácter</b>	Obligatoria
<b>Titulación</b>	Grado en Ingeniería Biomédica
<b>Curso</b>	3º
<b>Especialidad</b>	N/A

<b>Curso académico</b>	2013-2014
<b>Semestre en que se imparte</b>	Primer semestre
<b>Idioma en que se imparte</b>	Español
<b>Página Web</b>	<a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>



## 2. Profesorado

NOMBRE Y APELLIDO	DESPACHO	Correo electrónico
José María Goicolea Ruigómez	T9-7 (ETSICCP)	jose.goicolea@upm.es
Francisco José Navarro Valero	A-302.4 (ETSIT)	francisco.navarro@upm.es
Sergio Blanco Ibáñez	T9-8 (ETSICCP)	sergio.blanco@upm.es

## 3. Conocimientos previos requeridos para poder seguir con normalidad la asignatura

Asignaturas superadas	N/A
Otros resultados de aprendizaje necesarios	N/A

## 4. Objetivos de Aprendizaje

COMPETENCIAS ASIGNADAS A LA ASIGNATURA Y SU NIVEL DE ADQUISICIÓN		
Código	Competencia	Nivel
CG1	Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.	2
CG2	Comprender y dominar los conocimientos fundamentales de la Ingeniería Biomédica.	2
CG6	Tener capacidad de análisis y síntesis, pensar de forma integrada y abordar los problemas desde diferentes perspectivas.	2

CG8	Entender, aplicar, adaptar y desarrollar herramientas, técnicas y protocolos de experimentación.	2
CG9	Diseñar experimentos con rigor metodológico comprendiendo y entender las limitaciones que tiene la aproximación experimental.	2
CG10	Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.	2
CG14	Ser capaz de colaborar con grupos internacionales, interdisciplinares y multiculturales.	2
CE1	Saber resolver problemas de ingeniería utilizando cálculo diferencial, las ecuaciones diferenciales, el cálculo integral, el álgebra lineal y la geometría. Aplicación al plano complejo y métodos de transformación.	3
CE2	Saber utilizar la estadística para resolver problemas de ingeniería y establecer modelos probabilísticos.	3
CE3	Comprender y saber aplicar al cálculo numérico la discretización de modelos continuos.	3
CE4	Conocer las diferentes metodologías existentes para simulación de sistemas.	3
CE22	Saber desarrollar algoritmos para la resolución de problemas informáticos en Ingeniería Biomédica.	3

LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Básico  
 Nivel de adquisición 2: Medio  
 Nivel de adquisición 3: Avanzado

<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA</b>			
<b>Código</b>	<b>Resultado de aprendizaje</b>	<b>Competencias asociadas</b>	<b>Nivel de adquisición</b>
RA1	Conocer los modelos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales.	CG1-2,6,8-10,14 CE1,3-4,22	3
RA2	Conocer los métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales y sus aplicaciones en ingeniería biomédica.	CG1-2,6,8-10,14 CE1,3-4,22	3
RA3	Conocer y saber aplicar los modelos de cálculo por ordenador de Elementos Finitos y Diferencias Finitas. Conocer las bases teóricas y las limitaciones de dichos métodos.	CG1-2,6,8-10,14 CE1,3-4,22	3

RA4	Conocer y saber aplicar los métodos anteriores a los siguientes problemas de biomecánica: difusión de especies y de transmisión de calor, sólidos y estructuras asimilables a vigas y láminas, fluidos estacionarios y transitorios, comportamiento mecánico no lineal de tejidos	CG1-2,6,8-10,14 CE1,3-4,22	3
RA5	Conocer la diferencia entre simulación cinemática y dinámica.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4	3
RA6	Saber obtener las ecuaciones características de un modelo de simulación.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4	3
RA7	Conocer las características principales de mecánica de fluidos existentes en arterias y venas.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4	3
RA8	Analizar y plantear los diferentes problemas posibles al abordar la simulación de un modelo.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4,22	3
RA9	Sintetizar las características principales de un modelo a simular.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4	3
RA10	Configurar las condiciones iniciales y de contorno del modelo.	CG1-2,6,8-10,14 CE3-4,22	3
RA11	Analizar los resultados que se obtienen en una simulación y saber obtener las conclusiones pertinentes.	CG1-2,6,8-10,14 CE2-3	3
RA12	Implementar mejoras sobre un modelo con el fin de optimizarlo tras el análisis de los resultados y conclusiones.	CG1-2,6,8-10,14 CE2-3,22	3

LEYENDA: Nivel de adquisición 1: Conocimiento descriptivo  
 Nivel de adquisición 2: Comprensión/Aplicación  
 Nivel de adquisición 3: Análisis/Síntesis/Implementación

## 5. Sistema de evaluación de la asignatura

INDICADORES DE LOGRO		
Ref	Indicador	Relacionado con RA
I.01	Saber resolver numéricamente sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales.	RA1
I.02	Saber plantear problemas de ingeniería biomédica en términos de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.	RA2
I.03	Saber resolver numéricamente problemas de ingeniería biomédica establecidos en términos de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales.	RA3
I.04	Saber aplicar los métodos anteriores a problemas típicos de biomecánica, como: difusión de especies y de transmisión de calor, sólidos y estructuras asimilables a vigas y láminas, fluidos estacionarios y transitorios, comportamiento mecánico no lineal de tejidos.	RA4
I.05	Ser capaz de efectuar simulaciones cinemáticas y dinámicas.	RA5
I.06	Ser capaz de obtener las ecuaciones características de modelos de simulación.	RA6
I.07	Ser capaz de modelar la mecánica de fluidos existentes en arterias y venas.	RA7
I.08	Saber afrontar los diferentes problemas que se presentan en la simulación de problemas de biomedicina.	RA8
I.09	Saber plantear modelos que recojan las principales características del problema a simular.	RA9
I.10	Ser capaz de establecer las condiciones iniciales y de contorno del modelo.	RA10
I.11	Ser capaz de establecer conclusiones a partir de los resultados que se obtienen en una simulación	RA11
I.12	Saber optimizar lo modelos y sus resultados.	RA12

<b>EVALUACION SUMATIVA</b>			
<b>Breve descripción de las actividades evaluables</b>	<b>Momento</b>	<b>Lugar</b>	<b>Peso en la calif.</b>
Actividades de aula (prácticas de laboratorio) y entregas de ejercicios realizados en casa/aula	Todo el curso	Aula y casa	50%
Exámenes, tipo test, sobre los contenidos teóricos de cada tema	Al final de cada tema	Aula	20%
Prueba final	Fin curso	Aula	30%
			<b>Total: 100%</b>

### **CRITERIOS DE CALIFICACIÓN**

La modalidad recomendada para la calificación de la asignatura es la de evaluación continua. No obstante, los alumnos que lo deseen serán evaluados mediante un único examen final, en los términos y plazos exigidos por la normativa. Este examen final será presencial y escrito, y se realizará el día señalado por la Subdirección-Jefatura de Estudios. Esta modalidad será aplicable en la convocatorias ordinaria (febrero) y en la extraordinaria (julio), siendo en esta última la única opción posible.

La calificación de la asignatura mediante evaluación continua se llevará a cabo con los siguientes elementos:

- Desarrollo de prácticas de laboratorio, supervisadas por el profesor, más entregas de pequeños ejercicios planteados por el profesor y realizados en casa o el aula (50%).
- Pequeños exámenes, tipo test, sobre los contenidos teóricos de cada tema (20%).
- Prueba final recopilatoria de los conocimientos adquiridos durante el curso (30%).

## 6. Contenidos y Actividades de Aprendizaje

CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
<b>Tema 1: Refuerzo de Matlab</b>	El entorno Matlab. Estructuras de datos. Manejo de matrices. Control de flujo. Scripts y funciones. Gráficos 2D y 3D. Toolboxes.	I.01, I.02, I.03, I.08, I.12
<b>Tema 2: Análisis de errores</b>	Aritmética finita y errores de truncamiento/redondeo. Error absoluto y relativo; cotas de error. Propagación de errores.	I.01, I.02, I.03, I.08, I.12
<b>Tema 3: Resolución de sistemas lineales</b>	Métodos directos (Gauss). Métodos iterativos (Jacobi, Gauss-Seidel, Relajación).	I.01, I.12
<b>Tema 4: Métodos iterativos de resolución de ecuaciones y sistemas no lineales</b>	Método de bisección. Iteración de punto fijo. Convergencia en los métodos iterativos. Métodos de Newton-Raphson, la secante y regla falsi.	I.01 I.12
<b>Tema 5: Aproximación</b>	Aproximación discreta por mínimos cuadrados. Transformada de Fourier rápida. Transformada wavelet.	I.08, I.12
<b>Tema 6: Interpolación</b>	Interpolación 1D: Lagrange, Hermite, splines. Interpolación 2D y 3D: vecino más cercano, Lagrange, splines, kriging.	I.08, I.12
<b>Tema 7: Integración numérica</b>	Integración de Newton-Cotes. Cuadratura de Gauss.	I.02, I.03

CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
<b>Tema 8: Resolución numérica de problemas de valor inicial</b>	Métodos de Runge-Kutta y estimación de su error de discretización. Métodos multipaso predictores-correctores y estimación de su error de discretización.	I.02, I.03, I.04, I.08, I.09, I.10
<b>Tema 9: Resolución numérica de problemas de valores iniciales y de contorno</b>	Métodos de diferencias finitas para ecuaciones parabólicas e hiperbólicas. Consistencia, convergencia y estabilidad.	I.02, I.03, I.04, I.08, I.09, I.10
<b>Tema 10: Elementos finitos para biomecánica: principios básicos</b>	Ecuación de difusión. Formulaciones fuerte y débil. Funciones de forma y Discretización mediante elementos finitos. Interpolación de Galerkin. Ecuaciones matriciales y su resolución. Aplicación: problemas unidimensionales de difusión.	I.04, I.05, I.06, I.10
<b>Tema 11: Elementos finitos para biomecánica: problemas lineales</b>	Ecuaciones de la elasticidad lineal. Forma débil: principio de los trabajos virtuales. Aproximación: elementos isoparamétricos. Generación de mallas. Aplicación: modelos elásticos para biomecánica de huesos.	I.04, I.05, I.06, I.10, I.08, I.11, I.12
<b>Tema 12: Elementos finitos para biomecánica: aplicaciones no lineales</b>	Elasticidad no lineal. Forma débil y principios variacionales multcampo. Aproximación mediante elementos finitos. Resolución numérica: método de Newton. Rigidez tangente. Aplicación: biomecánica de tejidos blandos. Aplicación: deformación inelástica de endoprótesis metálicas.	I.04, I.05, I.06, I.10, I.08, I.11, I.12



CONTENIDOS ESPECÍFICOS		
Bloque / Tema / Capítulo	Apartado	Indicadores Relacionados
<b>Tema 13: Elementos finitos para biomecánica: modelos de difusión</b>	Ecuación de difusión. Modelos físicos: transmisión de calor, potencial eléctrico, concentración de especies. Forma débil y aproximación de Galerkin. Aplicación: sistema de conducción eléctrica en el corazón.	I.04, I.05, I.06, I.10, I.08, I.11, I.12
<b>Tema 14: Elementos finitos para biomecánica: mecánica de fluidos</b>	Modelos de convección-difusión. Fluidos Newtonianos. Ecuaciones de Navier-Stokes. Aproximación de Galerkin con estabilización <i>upwind</i> . Aplicación: hemodinámica.	I.04, I.05, I.06, I.10, I.08, I.11, I.12, I.07

## 7. Breve descripción de las modalidades organizativas utilizadas y de los métodos de enseñanza empleados

<b>CLASES DE TEORÍA</b>	Exposición de los fundamentos teóricos de la asignatura, destacando los aspectos conceptuales y resolviendo dudas.
<b>CLASES DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	Son un componente esencial de la asignatura. Se efectuarán las prácticas (de ordenador) en laboratorio, individualmente o en grupo, bajo la supervisión del profesor.
<b>TRABAJOS AUTONOMOS</b>	Los alumnos deberán estudiar los contenidos teóricos y prácticos de la asignatura y desarrollar, individualmente, ejercicios orientados a reforzar sus conocimientos del tema.
<b>TRABAJOS EN GRUPO</b>	Podrán plantearse trabajos en grupo fuera del aula, también orientados a reforzar sus conocimientos del tema.
<b>TUTORÍAS</b>	Los alumnos que lo deseen se dirigirán al profesor responsable de su grupo para concretar fecha y lugar para la realización de la tutoría. Asimismo, podrán realizarse tutorías grupales, bien en el aula o bien, en otros locales.
<b>METODOLOGÍAS</b>	En el desarrollo del curso se empleará el método expositivo para desarrollar los fundamentos teóricos de la asignatura, y se efectuarán prácticas de ordenador orientadas a implementar los diversos métodos numéricos presentados a lo largo del curso.

## 8. Recursos didácticos

RECURSOS DIDÁCTICOS	
<b>BIBLIOGRAFÍA BÁSICA</b>	Burden, J.D. y Faires, R.L. (2002). <i>Análisis Numérico</i> , 7ª ed. International Thomson Editores, México.
	Faires, R.L. y Burden, J.D. (2004). <i>Métodos Numéricos</i> , 3ª ed. Thomson-Paraninfo, Madrid.
	Dunn, S., Constantinides, A. y Moghe, P.V. (2005). <i>Numerical Methods in Biomedical Engineering</i> . Academic Press.
	Ottosen, N. y Peterson, H. (1992). <i>Introduction to the finite element method</i> . Prentice hall.
	Oomens, C., Brekelmans, M. y Baaijens, F. (2009). <i>Biomechanics, Concepts and computation</i> . Cambridge University Press.
	Taylor, R.L. (2011). <i>FEAP - A Finite Element Analysis Program, User Manual</i> . Department of Civil and Environmental Engineering, University of California at Berkeley.
<b>BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA</b>	Trefethen, L.N. y Bau, L. (1997). <i>Numerical Linear Algebra</i> . SIAM. Philadelphia.
	Lambert, J.D. (1991). <i>Numerical Methods for Ordinary Differential Systems</i> . John Wiley & Sons, Chichester.
	Morton, K.W. y Mayers, D.F. (2005). <i>Numerical Solution of Partial Differential Equations: An Introduction</i> , 2nd ed. Cambridge University Press. New York.
	Quarteroni, A. y Saleri, F. (2003). <i>Scientific Computing with MATLAB</i> , Springer-Verlag, Berlín.
<b>RECURSOS WEB</b>	Página web de la asignatura
	<a href="http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales">http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales</a>
<b>EQUIPAMIENTO</b>	Laboratorio computacional
	Sala de trabajo en grupo



## 9. Cronograma de trabajo de la asignatura

Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 1	Tema 2, parte 1 (2h)	Tema 1 - Parte 1 (2h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)			
Semana 2	Tema 2, parte 2 (1h) y Tema 3, parte 1 (1h)	Tema 1 - Parte 2 (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 2 (0,25h)	
Semana 3	Tema 3, parte 2 (2h)	Prácticas Tema 3 (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 3 (0,25h)	
Semana 4	Tema 4 (2h)	Prácticas Tema 4 (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 4 (0,25h)	
Semana 5	Tema 5 (3h)	Prácticas Tema 5, parte 1 (0,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 5 (0,25h)	
Semana 6	Tema 6, parte 1 (1h)	Prácticas Tema 5, parte 2 (1h) y Prácticas Tema 6 (2h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)			
Semana 7	Tema 6, parte 2 (1h) y Tema 7 (2h)	Prácticas Tema 7 (0,5h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test temas 6 y 7 (0,5h)	
Semana 8	Tema 8 (4h)		Estudio personal y realización de trabajos (6h)			
Semana 9	Tema 9, parte 1 (2h)	Prácticas Tema 8 (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 8 (0,25h)	
Semana 10	Tema 9, parte 2 (2h)	Prácticas Tema 9 (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 9 (0,25h)	



Semana	Actividades en Aula	Actividades en Laboratorio	Trabajo Individual	Trabajo en Grupo	Actividades de Evaluación	Otros
Semana 11	Tema 10 (2h)	Prácticas con modelos de elementos finitos (2h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)			
Semana 12	Tema 11 (2h)	Prácticas con modelos de elementos finitos (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 10 (0,25h)	
Semana 13	Tema 12 (2h)	Prácticas con modelos de elementos finitos (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 11 (0,25h)	
Semana 14	Tema 13 (2h)	Prácticas con modelos de elementos finitos (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test tema 12 (0,25h)	
Semana 15	Tema 14 (2h)	Prácticas con modelos de elementos finitos (1,75h)	Estudio personal y realización de trabajos (6h)		Test temas 13-14 (0,25h)	
Semanas 16-17			Preparación examen final (8h)		Examen final (4 h)	
Horas/act.:	33h	24h	98h		7h	

Nota: Para cada actividad se especifica la dedicación en horas que implica para el alumno (Total 162 horas)