

ANX-PR/CL/001-02
GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

Modelos numericos en biomedicina

CURSO ACADÉMICO - SEMESTRE

2015-16 - Primer semestre

Datos Descriptivos

Nombre de la Asignatura	Modelos numericos en biomedicina
Titulación	09IB - Grado en Ingenieria Biomedica
Centro responsable de la titulación	E.T.S. de Ingenieros de Telecomunicacion
Semestre/s de impartición	Quinto semestre
Módulo	Obligatorio
Materia	Metodos numericos
Carácter	Obligatoria
Código UPM	95000123
Nombre en inglés	Numerical models in biomedicine

Datos Generales

Créditos	6	Curso	3
Curso Académico	2015-16	Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano	Otros idiomas de impartición	

Requisitos Previos Obligatorios

Asignaturas Superadas

El plan de estudios Grado en Ingenieria Biomedica no tiene definidas asignaturas previas superadas para esta asignatura.

Otros Requisitos

El plan de estudios Grado en Ingenieria Biomedica no tiene definidos otros requisitos para esta asignatura.

Conocimientos Previos

Asignaturas Previas Recomendadas

El coordinador de la asignatura no ha definido asignaturas previas recomendadas.

Otros Conocimientos Previos Recomendados

El coordinador de la asignatura no ha definido otros conocimientos previos recomendados.

Competencias

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.

CE22 - Saber desarrollar algoritmos para la resolución de problemas informáticos en Ingeniería Biomédica.

CE3 - Comprender y saber aplicar al cálculo numérico la discretización de modelos continuos.

CE4 - Conocer las diferentes metodologías existentes para simulación de sistemas.

CG1 - Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.

CG2 - Aplicar de forma profesional a su trabajo los conocimientos adquiridos.

Resultados de Aprendizaje

RA194 - Conocer los modelos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales

RA196 - 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

RA197 - 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

RA195 - Conocer los métodos numéricos de resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias y en derivadas parciales y sus aplicaciones en ingeniería biomédica.

Profesorado

Profesorado

Nombre	Despacho	e-mail	Tutorías
Navarro Valero, Francisco Jose (Coordinador/a)	A302-4 (ETSIT)	francisco.navarro@upm.es	X - 08:00 - 11:00 V - 08:00 - 11:00
Goicolea Ruigomez, Jose Maria	T9-7 (ETSICCP)	jose.goicolea@upm.es	L - 12:00 - 14:00 L - 16:30 - 17:30 M - 12:00 - 14:00 M - 16:30 - 17:30
Blanco Ibañez, Sergio	T9-8 (ETSICCP)	sergio.blanco@upm.es	M - 13:00 - 14:00 M - 16:00 - 18:00 J - 13:00 - 14:00 J - 16:00 - 18:00

Nota.- Las horas de tutoría son orientativas y pueden sufrir modificaciones. Se deberá confirmar los horarios de tutorías con el profesorado.

Descripción de la Asignatura

Los modelos matemáticos de los problemas biomédicos a menudo no pueden resolverse de forma exacta, bien porque no exista un método de solución exacta para ese tipo de problema, o bien porque sea inabordable el construir una solución analítica o exacta. En tales casos, los métodos numéricos pueden proporcionar una solución aproximada del problema. El objetivo de esta asignatura es presentar los principales métodos numéricos y cómo pueden aplicarse a resolver problemas de ingeniería biomédica, estimado además el error de la solución aproximada obtenida con el método numérico. Al tratarse de métodos numéricos, la asignatura tiene una componente muy importante de prácticas de laboratorio (informático, para matemática computacional).

Temario

1. Tema 1: Refuerzo de Matlab
 - 1.1. El entorno Matlab. Estructuras de datos.
 - 1.2. Manejo de matrices. Control de flujo.
 - 1.3. Scripts y funciones. Gráficos 2D y 3D. Toolboxes.
2. Tema 2: Análisis de errores
 - 2.1. Aritmética finita y errores de truncamiento/redondeo.
 - 2.2. Error absoluto y relativo; cotas de error.
 - 2.3. Propagación de errores.
3. Tema 3: Resolución de sistemas lineales
 - 3.1. Métodos directos (Gauss).
 - 3.2. Métodos iterativos (Jacobi, Gauss-Seidel, Relajación).
4. Tema 4: Métodos iterativos de resolución de ecuaciones y sistemas no lineales
 - 4.1. Método de bisección.
 - 4.2. Iteración de punto fijo. Convergencia en los métodos iterativos.
 - 4.3. Métodos de Newton-Raphson, la secante y regula falsi.
5. Tema 5: Aproximación
 - 5.1. Aproximación discreta por mínimos cuadrados.
6. Tema 6: Interpolación
 - 6.1. Interpolación 1D: Lagrange, Hermite, splines.
 - 6.2. Interpolación 2D y 3D: vecino más cercano, Lagrange, splines, kriging.
7. Tema 7: Integración numérica
 - 7.1. Integración de Newton-Cotes.
 - 7.2. Cuadratura de Gauss.

8. Tema 8: Resolución numérica de problemas de valor inicial
 - 8.1. Métodos de Runge-Kutta y estimación de su error de discretización.
 - 8.2. Métodos multipaso predictores-correctores y estimación de su error de discretización.
9. Tema 9: Resolución numérica de problemas de valores iniciales y de contorno
 - 9.1. Métodos de diferencias finitas para ecuaciones parabólicas e hiperbólicas.
 - 9.2. Consistencia, convergencia y estabilidad.
10. Tema 10: Elementos finitos para biomecánica: principios básicos
 - 10.1. Ecuación de difusión. Formulación fuerte y débil.
 - 10.2. Funciones de forma y Discretización mediante elementos finitos.
 - 10.3. Interpolación de Galerkin. Ecuaciones matriciales y su resolución.
 - 10.4. Aplicación: problemas unidimensionales de difusión.
11. Tema 11: Elementos finitos para biomecánica: problemas lineales
 - 11.1. Ecuaciones de la elasticidad lineal. Forma débil: principio de los trabajos virtuales.
 - 11.2. Aproximación: elementos isoparamétricos. Generación de mallas.
 - 11.3. Aplicación: modelos elásticos para biomecánica de huesos.
12. Tema 12: Elementos finitos para biomecánica: aplicaciones no lineales
 - 12.1. Elasticidad no lineal. Forma débil y principios variacionales multicampo. Aproximación mediante elementos finitos.
 - 12.2. Resolución numérica: método de Newton. Rigidez tangente.
 - 12.3. Aplicación: biomecánica de tejidos blandos.
 - 12.4. Aplicación: deformación inelástica de endoprótesis metálicas.
13. Tema 13: Elementos finitos para biomecánica: modelos de difusión
 - 13.1. Ecuación de difusión. Modelos físicos: transmisión de calor, potencial eléctrico, concentración de especies.
 - 13.2. Forma débil y aproximación de Galerkin.
 - 13.3. Aplicación: sistema de conducción eléctrica en el corazón.
14. Tema 14: Elementos finitos para biomecánica: mecánica de fluidos
 - 14.1. Modelos de convección-difusión. Fluidos Newtonianos. Ecuaciones de Navier-Stokes.
 - 14.2. Aproximación de Galerkin con estabilización upwind.
 - 14.3. Aplicación: hemodinámica.

Cronograma

Horas totales: 70 horas y 30 minutos

Horas presenciales: 70 horas y 30 minutos (45.2%)

Peso total de actividades de evaluación continua:
100%

Peso total de actividades de evaluación sólo prueba final:
100%

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades Evaluación
Semana 1	Tema 2, parte 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 1 - Parte 1 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
Semana 2	Tema 2, parte 2 (1h) y Tema 3, parte 1 (1h) Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Tema 1, parte 2 (1h) y Prácticas Tema 2 (1h) Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 2 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 2 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 3	Tema 3, parte 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 3 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 3 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 3 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 4	Tema 4 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 4 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 4 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 4 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial
Semana 5	Tema 5 Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 5, parte 1 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Test tema 5 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial
Semana 6	Tema 6, parte 1 Duración: 01:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral	Prácticas Tema 5, parte 2 (1h) y Prácticas Tema 6 (2h) Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		Calificación prácticas Temas 5 y 6 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial

Semana 7	<p>Tema 6, parte 2 (1h) y Tema 7 (2h) Duración: 03:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas Tema 7 Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test temas 6 y 7 Duración: 01:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 7 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 8	<p>Tema 8 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 9	<p>Tema 9, parte 1 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas Tema 8 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 8 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 8 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 10	<p>Tema 9, parte 2 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas Tema 9 Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 9 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 9 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 11	<p>Tema 10 Duración: 04:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>			
Semana 12	<p>Tema 11 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 10 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 11 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>

Semana 13	<p>Tema 12 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 11 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 12 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 14	<p>Tema 13 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test tema 12 Duración: 00:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 13 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 15	<p>Tema 14 Duración: 02:00 LM: Actividad del tipo Lección Magistral</p>	<p>Prácticas con modelos de elementos finitos Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>		<p>Test temas 13 y 14 Duración: 01:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial Calificación prácticas Tema 14 Duración: 00:00 EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas Evaluación continua Actividad no presencial</p>
Semana 16			<p>Elaboración cooperativa, por cada grupo de prácticas, de un informe sobre el conjunto de prácticas de laboratorio realizadas a lo largo del curso. Duración: 02:00 AC: Actividad del tipo Acciones Cooperativas</p>	<p>Examen final modalidad evaluación continua Duración: 02:00 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación continua Actividad presencial</p>
Semana 17				<p>Examen final Duración: 02:30 EX: Técnica del tipo Examen Escrito Evaluación sólo prueba final Actividad presencial</p>

Nota.- El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura que puede sufrir modificaciones durante el curso.

Nota 2.- Para poder calcular correctamente la dedicación de un alumno, la duración de las actividades que se repiten en el tiempo (por ejemplo, subgrupos de prácticas") únicamente se indican la primera vez que se definen.

Actividades de Evaluación

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Test tema 2	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
2	Calificación prácticas Tema 2	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	2.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
3	Test tema 3	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
3	Calificación prácticas Tema 3	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	2.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
4	Test tema 4	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
4	Calificación prácticas Tema 4	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	4%		CG1, CG2, CE3, CE22
5	Test tema 5	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
6	Calificación prácticas Temas 5 y 6	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	5%		CG1, CG2, CE3, CE22
7	Test temas 6 y 7	01:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	3.5%		CE4
7	Calificación prácticas Tema 7	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
9	Test tema 8	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
9	Calificación prácticas Tema 8	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
10	Test tema 9	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
10	Calificación prácticas Tema 9	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	5%		CG1, CG2, CE3, CE22
12	Test tema 10	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		
12	Calificación prácticas Tema 11	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
13	Test tema 11	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		CE4
13	Calificación prácticas Tema 12	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
14	Test tema 12	00:30	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	2%		
14	Calificación prácticas Tema 13	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
15	Test temas 13 y 14	01:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	3.5%		CE4

Semana	Descripción	Duración	Tipo evaluación	Técnica evaluativa	Presencial	Peso	Nota mínima	Competencias evaluadas
15	Calificación prácticas Tema 14	00:00	Evaluación continua	EP: Técnica del tipo Examen de Prácticas	No	3.5%		CG1, CG2, CE3, CE22
16	Examen final modalidad evaluación continua	02:00	Evaluación continua	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	35%		CE1, CG1, CG2, CE3, CE4, CE22
17	Examen final	02:30	Evaluación sólo prueba final	EX: Técnica del tipo Examen Escrito	Sí	100%	5 / 10	CG1, CG2, CE1, CE3, CE4, CE22

Criterios de Evaluación

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 (40%).
- Pequeños exámenes, tipo test, sobre los contenidos teóricos de cada tema (25%).
- Prueba final recopilatoria de los conocimientos adquiridos durante el curso (35%).

Recursos Didácticos

Descripción	Tipo	Observaciones
Bibliografía básica-1	Bibliografía	Burden, J.D. y Faires, R.L. (2002). Análisis Numérico, 7ª ed. International Thomson Editores, México.
Bibliografía básica-2	Bibliografía	Faires, R.L. y Burden, J.D. (2004). Métodos Numéricos, 3ª ed. Thomson-Paraninfo, Madrid.
Bibliografía básica-3	Bibliografía	Dunn, S., Constantinides, A. y Moghe, P.V. (2005). Numerical Methods in Biomedical Engineering. Academic Press.
Bibliografía básica-4	Bibliografía	Ottosen, N. y Peterson, H. (1992). Introduction to the finite element method. Prentice hall.
Bibliografía básica-5	Bibliografía	Oomens, C., Brekelmans, M. y Baaijens, F. (2009). Biomechanics, Concepts and computation. Cambridge University Press.
Bibliografía básica-6	Bibliografía	Taylor, R.L. (2011). FEAP - A Finite Element Analysis Program, User Manual. Department of Civil and Environmental Engineering, University of California at Berkeley.
Bibliografía complementaria-1	Bibliografía	Trefethen, L.N. y Bau, L. (1997). Numerical Linear Algebra. SIAM. Philadelphia.
Bibliografía complementaria-2	Bibliografía	Lambert, J.D. (1991). Numerical Methods for Ordinary Differential Systems. John Wiley & Sons, Chichester.
Bibliografía complementaria-3	Bibliografía	Morton, K.W. y Mayers, D.F. (2005). Numerical Solution of Partial Differential Equations: An Introduction, 2nd ed. Cambridge University Press. New York.
Bibliografía complementaria-4	Bibliografía	Quarteroni, A. y Saleri, F. (2003). Scientific Computing with MATLAB, Springer-Verlag, Berlín.
Página web de la asignatura	Recursos web	http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales
Laboratorio computacional	Equipamiento	Laboratorio computacional
Sala de trabajo en grupo	Otros	Sala de trabajo en grupo