

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

Asignatura	MODELADO Y SIMULACIÓN DE SISTEMAS BIOLÓGICOS		
Materia	MODELADO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS		
Módulo			
Titulación	GRADO EN INGENIERÍA BIOMÉDICA		
Plan	637	Código	47533
Período de impartición	2º CUATRIMESTRE	Tipo/Carácter	OBLIGATORIA
Nivel/Ciclo	GRADO	Curso	3
Créditos ECTS	6		
Lengua en que se imparte	ESPAÑOL		
Profesor responsable	ENRIQUE BAEYENS LÁZARO ALBERTO HERREROS LÓPEZ		
Datos de contacto (E-mail, teléfono...)	E-mail: enrbae@eii.uva.es Teléfono: 983-423000 ext 3909		
Departamento(s)	INGENIERÍA DE SISTEMAS Y AUTOMÁTICA		



1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1. Contextualización

Esta asignatura se dedica al estudio de las técnicas de modelado y simulación de sistemas físicos y su aplicación a los sistemas biológicos y fisiológicos. El alumno ya dispone de conocimientos básicos de matemáticas como álgebra, cálculo y ecuaciones diferenciales, de tecnologías como biomecánica, electrónica e instrumentación, así como conocimientos de bioinformática y programación. Se estudiarán las principales técnicas de modelado de sistemas dinámicos de distinta naturaleza, utilizando ecuaciones diferenciales. En la representación externa, los modelos son operadores que actúan sobre señales, mientras que en la representación interna se definirá el vector de variables de estado y los modelos serán ecuaciones diferenciales de primer orden en función de este vector de estados, que resume la evolución pasada del sistema. Se estudiarán modelos lineales y no lineales y técnicas de linealización de sistemas no lineales. Los modelos lineales o linealizados representan la evolución de los sistemas ante pequeñas variaciones respecto a un estado estacionario de operación. Para estos modelos se estudiarán técnicas de análisis en el dominio temporal y frecuencial. Los modelos matemáticos se simularán utilizando lenguajes específicos de programación basados en Matlab, Simulink o Python. Finalmente, se introducirán técnicas de diseño de sistemas de control. Los conceptos teóricos estudiados se aplicarán principalmente a sistemas del ámbito biomédico.

1.2. Relación con otras materias

La asignatura está muy relacionada con las asignaturas de Señales y Sistemas, Señales Biomédicas, Biomecánica y Robótica y necesita del conocimiento de otras materias básicas como álgebra matricial, cálculo diferencial y ecuaciones diferenciales. Además es necesario disponer de conocimientos básicos de programación e informática y de ciertas tecnologías básicas como biomecánica y electrónica.

1.3. Prerrequisitos

No existen formalmente, pero es fundamental haber superado las materias de Ecuaciones Diferenciales, Señales y Sistemas y Fundamentos de Programación.



2. Competencias

2.1. Básicas

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 de 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.

CB5 Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

2.2. Generales

CG1 Adquirir conocimientos y habilidades adecuados para analizar y sintetizar problemas básicos relacionados con la ingeniería y las ciencias biomédicas, resolverlos utilizando el método científico y comunicarlos de forma eficiente.

CG2 Conocer las bases científicas y técnicas de la ingeniería biomédica, de modo que se facilite el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías, así como el desarrollo de una gran versatilidad para adaptarse a nuevas situaciones.

CG3 Adquirir la capacidad de resolver problemas con iniciativa y creatividad, así como de comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas, comprendiendo la responsabilidad ética, social y profesional de la actividad del ingeniero biomédico.

CG4 Trabajar de forma adecuada en un laboratorio, incluyendo los aspectos de seguridad, manipulación de materiales y eliminación de residuos.

CG5 Adquirir, analizar, interpretar y gestionar información.

2.3. Transversales

CT1 Desarrollar capacidades de comunicación interpersonal y aprender a trabajar en equipos multidisciplinares, multiculturales e internacionales.

CT2 Capacidad de organizar y planificar su trabajo tomando las decisiones correctas basadas en la información disponible, reuniendo e interpretando datos relevantes para emitir juicios dentro de su área de estudio.

CT3 Desarrollar capacidades de aprendizaje autónomo y de por vida.

CT4 Conocer cómo se deben realizar búsquedas de información técnica y científica en bases de datos específicas.

CT5 Comunicar los conocimientos oralmente y por escrito, ante un público tanto especializado como no especializado.



2.4. Específicas

CE14 Modelar la estructura y funcionamiento de sistemas biológicos mediante herramientas matemáticas y computacionales.

CE19 Conocer las herramientas informáticas para analizar, calcular, representar y gestionar información en Ingeniería Biomédica.

CE20 Implementar algoritmos en lenguajes de programación modernos y especialmente relevantes en Ingeniería Biomédica.

CE23 Integrar conocimientos multidisciplinares asociados a la ingeniería, biología y medicina.





3. Objetivos

Los objetivos de la asignatura son la adquisición de las competencias anteriormente indicadas. El alumno al completar el período formativo deberá ser capaz de:

- Evaluar el tipo de modelo más adecuado para una aplicación en Ingeniería Biomédica.
- Elaborar y evaluar modelos de sistemas fisiológicos y biológicos.
- Aplicar herramientas computacionales de modelado y simulación de sistemas.
- Analizar el comportamiento de un sistema dinámico para abordar la solución de problemas en el campo de la ingeniería biomédica.
- Saber analizar y diseñar sistemas realimentados de control y cómo aplicarlos en el ámbito de la ingeniería biomédica.



4. Contenidos

La asignatura se estructura en dos bloques:

- Bloque 1: Modelado y simulación de sistemas biomédicos.
En este bloque se estudiarán las principales técnicas de modelado de sistemas y se aplicarán al caso de sistemas biomédicos. Además se utilizarán programas informáticos de simulación de los modelos anteriormente obtenidos.
- Bloque 2: Análisis y control de sistemas biomédicos.
En este bloque se estudiarán las principales técnicas de análisis de los modelos obtenidos en el bloque anterior. Se considerarán principalmente modelos lineales y se estudiarán las técnicas de análisis en el dominio del tiempo y de la frecuencia. El bloque concluye con una introducción a las técnicas de diseño de sistemas de control basadas en modelos lineales. Se utilizarán ejemplos de aplicación de sistemas biomédicos.

Bloque 1: Modelado y simulación de sistemas biomédicos

Carga de trabajo en créditos ECTS: **2,4**

a. Contextualización y justificación

Constará de tres temas en los que se estudiarán las principales técnicas de modelado de sistemas dinámicos. Se introducirá el concepto de sistema y de modelo y se estudiarán distintos tipos de modelos: estáticos y dinámicos, lineales y no lineales. Se estudiarán las representaciones internas y externas de sistemas y sus modelos en ecuaciones diferenciales. Se definirá el concepto de estado y las representaciones de sistemas en variables de estado. Se aplicarán las técnicas estudiadas a sistemas físicos de diferente naturaleza y a sistemas biomédicos. Se estudiarán lenguajes y programas de simulación de modelos dinámicos lineales y no lineales.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Evaluar el tipo de modelo más adecuado para una aplicación en Ingeniería Biomédica.
- Aplicar herramientas computacionales de modelado y simulación de sistemas.

c. Contenidos

- Introducción al modelado y simulación de sistemas biomédicos
- Modelado matemático de sistemas dinámicos
- Simulación de sistemas dinámicos

d. Métodos docentes

Se plantea el uso combinado de las metodologías docentes siguientes: sesiones teóricas en aula, sesiones prácticas en laboratorio, trabajo personal de estudio y de realización de problemas. El programa teórico, se coordina temporalmente con la realización de los problemas y de las prácticas de cada tema. Se propone articular el trabajo práctico de los estudiantes en el curso a través del aprendizaje cooperativo y la evaluación continua.

Actividades presenciales: clases expositivas de los contenidos teóricos, prácticas en laboratorio, seminarios sobre temas avanzados y tutorías.

Actividades no presenciales: estudio y resolución de problemas



e. Plan de trabajo

Tema	Título del tema	Teoría (horas)	Seminarios (horas)	Laboratorio (horas)
1	Introducción al modelado y simulación de sistemas biomédicos	2	0	0
2	Modelado de sistemas biomédicos	6	2	2
3	Simulación de sistemas biomédicos	4	4	4
TOTAL		12	6	6

f. Evaluación

La asignatura combinará evaluación continua y examen escrito. Un 50 % de la nota final corresponderá a la evaluación continua de las actividades de resolución de problemas y prácticas de laboratorio, que se realizarán a lo largo del periodo de impartición de la asignatura. La calificación se llevará a cabo mediante informes y test de comprobación que el alumno deberá llevar a cabo en las fechas señaladas. El otro 50 % de la nota final corresponderá al examen escrito de teoría y problemas. El alumno deberá obtener al mínimo un 40 % de la nota final en el examen escrito

g. Bibliografía básica

- Van Meurs, W. (2011). Modeling and Simulation in Biomedical Engineering: Applications in Cardiorespiratory Physiology. McGraw-Hill Education.
- DiStefano III, J. (2015). Dynamic systems biology modeling and simulation. Academic Press.

h. Bibliografía complementaria

- Gordon, S. I., Guilfoos, B. (2017). Introduction to Modeling and Simulation with MATLAB and Python. CRC Press.
- Carrión Pérez, P.A., Sánchez Meéndez, C. y otros (2010). Modelado y Simulación: Ingeniería Biomédica. Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.

i. Recursos necesarios

En el Campus Virtual de la UVa se dispone de todos los recursos de aprendizaje necesarios. Se proporcionará apuntes de teoría y resolución de problemas, ejercicios resueltos y guiones de prácticas de laboratorio.

j. Temporalización

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Modelado y simulación de sistemas biomédicos	2,4	semanas 1 a 6

Bloque 2: Análisis y control de sistemas biomédicosCarga de trabajo en créditos ECTS: **3,6****a. Contextualización y justificación**

Constará de 4 temas en los que se abordará el Diseño de Controladores y su implementación en un entorno industrial. Este bloque aborda las características más importantes del diseño de controladores para sistemas realimentados, así como su aplicación a los sistemas eléctricos.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Analizar el comportamiento de un sistema dinámico para abordar la solución de problemas en el campo de la ingeniería biomédica.
- Conocer las principales técnicas de análisis de sistemas dinámicos lineales en el dominio del tiempo y de la frecuencia.
- Saber analizar y diseñar sistemas realimentados de control y cómo aplicarlos en el ámbito de la ingeniería biomédica.

c. Contenidos

- Análisis de sistemas biomédicos en el dominio temporal
- Análisis de sistemas biomédicos en el dominio frecuencial
- Introducción al diseño de sistemas biomédicos de control

d. Métodos docentes

Se plantea el uso combinado de las metodologías docentes siguientes: sesiones teóricas en aula, sesiones prácticas en laboratorio, trabajo personal de estudio y de realización de problemas. El programa teórico, se coordina temporalmente con la realización de los problemas y de las prácticas de cada tema. Se propone articular el trabajo práctico de los estudiantes en el curso a través del aprendizaje cooperativo y la evaluación continua.

Actividades presenciales: clases expositivas de los contenidos teóricos, prácticas en laboratorio, seminarios sobre temas avanzados y tutorías.

Actividades no presenciales: estudio y resolución de problemas

e. Plan de trabajo

Tema	Título del tema	Teoría (horas)	Seminarios (horas)	Laboratorio (horas)
4	Análisis de sistemas biomédicos en el dominio temporal	6	4	3
5	Análisis de sistemas biomédicos en el dominio frecuencial	6	3	3
6	Introducción al diseño de sistemas biomédicos de control	6	2	3
TOTAL		18	9	9

f. Evaluación

La asignatura combinará evaluación continua y examen escrito. Un 50 % de la nota final corresponderá a la evaluación continua de las actividades de resolución de problemas y prácticas de laboratorio, que se realizarán a lo largo del periodo de impartición de la asignatura. La calificación se llevará a cabo mediante informes y test de comprobación que el alumno deberá llevar a cabo en las fechas señaladas. El otro 50 % de la nota final corresponderá al examen escrito de teoría y problemas. El alumno deberá obtener al mínimo un 40 % de la nota final en el examen escrito

g. Bibliografía básica

- Khoo, M. C. (2018). *Physiological Control Systems: Analysis, Simulation, and Estimation* (2a ed.). John Wiley & Sons.
- de Cañete, J. F., Galindo, C., Barbancho, J., Luque, A. (2018). *Automatic Control Systems in Biomedical Engineering: An Interactive Educational Approach*. Springer.

h. Bibliografía complementaria

- Alon, U. (2019). *An introduction to systems biology: design principles of biological circuits*. CRC press.
- DiStefano III, J. (2015). *Dynamic systems biology modeling and simulation*. Academic Press.

i. Recursos necesarios

En el Campus Virtual de la UVa se dispone de todos los recursos de aprendizaje necesarios.

Se proporcionará apuntes de teoría y resolución de problemas, ejercicios resueltos y guiones de prácticas de laboratorio.

j. Temporalización

BLOQUE TEMÁTICO	CARGA ECTS	PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO
Análisis y control de sistemas biomédicos	3,6	semanas 7 a 15

5. Métodos docentes y principios metodológicos

- Se realizarán dos tipos de actividades: presenciales y no presenciales.
- Las actividades presenciales se llevarán a cabo haciendo uso de las siguientes metodologías:
 - Clases de teoría: Lección magistral.
 - Prácticas de laboratorio: Diseño, implementación y evaluación de casos prácticos.
 - Seminarios, problemas, tutorías y evaluación: Resolución de ejercicios y problemas, aprendizaje basado en problemas, y aprendizaje cooperativo.
- Las actividades no presenciales utilizarán las siguientes metodologías:
 - Trabajo individual: Estudio/trabajo personal.
 - Trabajo en grupo: Aprendizaje basado en problemas y aprendizaje cooperativo.

6. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

ACTIVIDADES PRESENCIALES	HORAS	ACTIVIDADES NO PRESENCIALES	HORAS
Clases de teoría	30	Trabajo individual	60
Prácticas de laboratorio	15	Trabajo en grupo	30
Seminarios, problemas, tutorías y evaluación	15		
Total presencial:	60	Total no presencial:	90

7. Sistema y características de evaluación

INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO	PESO EN LA NOTA FINAL	OBSERVACIONES
Evaluación continua basada en pruebas parciales, problemas, trabajos, informes, etc.	20 %	La nota obtenida en esta parte deberá estar en la horquilla [0 %, 20 %].
Evaluación basada en prácticas experimentales, informes de prácticas	30 %	La nota obtenida en esta parte deberá estar en la horquilla [0 %, 30 %].
Evaluación final mediante examen presencial	50 %	La nota obtenida en esta parte deberá estar en la horquilla [20 %, 50 %].

CRITERIOS DE CALIFICACIÓN

■ Convocatoria ordinaria:

- Los problemas y prácticas de laboratorio correspondientes a la evaluación continua se entregarán en las fechas indicadas antes del examen de la convocatoria ordinaria.
- Es necesario obtener como mínimo un 20 % de la nota final proveniente de la calificación del examen escrito. En caso de no superar este umbral, la nota final que se obtendrá será únicamente la calificación en el examen escrito.

■ Convocatoria extraordinaria:

- Las notas de la evaluación continua de problemas y prácticas de laboratorio se mantienen para esta convocatoria.
- Es necesario obtener como mínimo un 20 % de la nota final proveniente de la calificación del examen escrito. En caso de no superar este umbral, la nota final que se obtendrá será únicamente la calificación en el examen escrito.



8. Consideraciones finales

- Profesores que imparten la asignatura: Enrique Baeyens Lázaro (enrbae@eii.uva.es) y Alberto Herreros López (albher@eii.uva.es).
- Para las clases de prácticas de laboratorio de simulación de modelos se utilizará principalmente MATLAB y Simulink, aunque podrían complementarse en algunos casos con otros lenguajes informáticos como Python y Modelica.
- Las clases prácticas tanto de aula como de laboratorio se repartirán uniformemente a lo largo del curso en sesiones de dos horas cada dos semanas.
- La docencia será presencial, pero por razones organizativas del Centro y de la UVa, algunas actividades podrían impartirse de forma remota.

