

UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

GUÍA DE APRENDIZAJE

MODELADO Y SIMULACIÓN DINÁMICA APLICADA A LA BIOMEDICINA

GRADO EN INGENIERIA BIOMEDICA

CURSO ACADÉMICO	CÓDIGO	CURSO	CRÉDITOS	CARÁCTER	SEMESTRE
2026-27	95000331	4	4 ECTS	OPTATIVA	PRIMER SEMESTRE
IDIOMA	CENTRO RESPONSABLE				
ESPAÑOL	E.T.S. DE INGENIEROS DE TELECOMUNICACION				
DEPARTAMENTO RESPONSABLE					
INGENIERÍA MECÁNICA					

COORDINADOR/A

GREGORIO ROMERO REY - gregorio.romero@upm.es

REQUISITOS OBLIGATORIOS

ASIGNATURAS REQUERIDAS

—

CONOCIMIENTOS PREVIOS RECOMENDADOS

ASIGNATURAS RECOMENDADAS

- MODELOS NUMÉRICOS EN BIOMEDICINA (95000322)
- FUNDAMENTOS DE PROGRAMACIÓN (95000304)

OTRAS RECOMENDACIONES

Se recomienda manejo de programas genéricos como Matlab

RESULTADOS

RD-1393/2007

Competencias

- CG06** Adoptar una actitud ante los problemas de su competencia que considere que su papel no es exclusivamente aportar soluciones sino, siempre que sea posible, participar además en la propia identificación u definición de dichos problemas
- CG01** Desarrollar las habilidades de aprendizaje necesarias para emprender actividades o estudios posteriores de forma autónoma y con confianza.
- CG09** Tener capacidad de descripción, cuantificación, análisis y evaluación de resultados experimentales.

Resultados de aprendizaje

- RA95** Conocimientos básicos sobre el funcionamiento e interacción de los diferentes sistemas característicos de la fisiología humana.
- RA82** Resolución de problemas de álgebra lineal, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales y métodos numéricos
- RA5** Formular problemas de ingeniería mediante modelos de ecuaciones diferenciales y saber obtener su solución.
- RA190** Conocer los modelos de resolución de sistemas de ecuaciones algebraicas lineales y no lineales
- RA84** Resolver sistemas de ecuaciones lineales y extraer la información algebraica de ellos

DESCRIPCIÓN

La asignatura tiene como objetivo la modelización de mecanismos y sistemas que se corresponden con dispositivos y modelos biomédicos, a partir del análisis de elementos de comportamiento análogo y su aplicación a diferentes dominios de la física, todo ello con objeto de obtener el sistema de ecuaciones ODE / DAE asociado a un modelo dinámico y su posterior simulación.

TEMARIO

1. Introducción a la técnica de Bond-Graph
2. Desarrollo de las ecuaciones de estado
3. Concepto de causalidad
4. Aplicación a sistemas mecánicos
5. Aplicación a sistemas eléctricos
6. Aplicación a sistemas con fluidos

ACTIVIDADES

 Actividad evaluable

 Actividad formativa

		Explicación y justificación de la asignatura		SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		02h 30m		Aula (en horario)		Normal														
METODOLOGÍA																				
Otras actividades																				

		Tema 1.- Introducción a la técnica de Bond-Graph		SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		01h 30m		Aula (en horario)		Normal														
METODOLOGÍA																				
Lección Magistral																				

		Tema 1.- Introducción a la técnica de Bond-Graph		SEMANAS																
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E																
PRESENCIALIDAD		DURACIÓN TOTAL		LUGAR		GRUPO														
Presencial		01h 00m		Aula (en horario)		Normal														
METODOLOGÍA																				
Clase de Problemas																				

	Tema 2.- Desarrollo de las ecuaciones de estado			SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
	PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal
METODOLOGÍA Lección Magistral				
	Tema 2.- Desarrollo de las ecuaciones de estado			SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
	PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 30m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal
METODOLOGÍA Clase de Problemas				
	Tema 3.- Concepto de causalidad			SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
	PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 30m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal
METODOLOGÍA Lección Magistral				
	Tema 3.- Concepto de causalidad			SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
	PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 02h 30m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal
METODOLOGÍA Clase de Problemas				
	Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos			SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
	PRESENCIALIDAD Presencial	DURACIÓN TOTAL 01h 00m	LUGAR Aula (en horario)	GRUPO Normal
METODOLOGÍA Lección Magistral				

 Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 30m	Aula (en horario)	Normal
METODOLOGÍA Clase de Problemas			
 Temas 1, 2, 3 y 4*		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 00m	Laboratorio	Reducido
METODOLOGÍA Prácticas de Laboratorio			
 Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 30m	Aula (en horario)	Normal
METODOLOGÍA Lección Magistral			
 Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal
METODOLOGÍA Clase de Problemas			
 Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)		SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO
Presencial	02h 30m	Aula (en horario)	Normal
METODOLOGÍA Clase de Problemas			

Temas 1, 2, 3 y 4		SEMANAS																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E	
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA													
Presencial	01h 30m	Otro	Progresiva	30%	4													
METODOLOGÍA																		
Examen Escrito																		
RESULTADOS EVALUADOS																		
CG01 CG06																		

Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos		SEMANAS															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA																	
Lección Magistral																	

Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos		SEMANAS															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	01h 30m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA																	
Clase de Problemas																	

Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos		SEMANAS															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	02h 30m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA																	
Clase de Problemas																	

Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos		SEMANAS															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO														
Presencial	02h 30m	Aula (en horario)	Normal														
METODOLOGÍA																	
Clase de Problemas																	

 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos				SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO	
Presencial	00h 30m	Aula (en horario)	Normal	
METODOLOGÍA				
Lección Magistral				

 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos				SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO	
Presencial	02h 00m	Aula (en horario)	Normal	
METODOLOGÍA				
Clase de Problemas				

 Temas 3, 4 y 5				SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO	
Presencial	01h 00m	Laboratorio	Reducido	
METODOLOGÍA				
Prácticas de Laboratorio				

 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos				SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO	
Presencial	02h 30m	Aula (en horario)	Normal	
METODOLOGÍA				
Clase de Problemas				

 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos				SEMANAS
				1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	GRUPO	
Presencial	01h 00m	Aula (en horario)	Normal	
METODOLOGÍA				
Clase de Problemas				

	Trabajo asignatura	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA											
Presencial	15h 00m	Otro	Progresiva, Global, Extraordinaria	40%	4											
METODOLOGÍA																
Trabajo Individual																
RESULTADOS EVALUADOS																
CG09 CG01 CG06																

	Examen final ORDINARIA (EVAL. CONTINUA)	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA											
Presencial	02h 00m	Otro	Progresiva	30%	4											
METODOLOGÍA																
Examen Escrito																
RESULTADOS EVALUADOS																
CG01 CG06																

	Examen final ORDINARIA (NO EVAL. CONTINUA)	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA											
Presencial	02h 00m	Otro	Global	60%	4											
METODOLOGÍA																
Examen Escrito																
RESULTADOS EVALUADOS																
CG01 CG06																

	Examen final EXTRAORDINARIA	SEMANAS 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 E														
PRESENCIALIDAD	DURACIÓN TOTAL	LUGAR	EVALUACIÓN	PONDERACIÓN	NOTA MÍNIMA											
Presencial	02h 00m	Aula de examen	Extraordinaria	60%	4											
TEMAS																
T1 T2 T3 T4 T5 T6																
METODOLOGÍA																
Examen Escrito																
RESULTADOS EVALUADOS																
CG01 CG06																



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID



PLANIFICACIÓN SEMANAL

Actividad evaluable Actividad formativa Semana con actividad E Período de exámenes

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
Explicación y justificación de la asignatura																
Tema 1.- Introducción a la técnica de Bond-Graph																
Tema 1.- Introducción a la técnica de Bond-Graph																
Tema 2.- Desarrollo de las ecuaciones de estado																
Tema 2.- Desarrollo de las ecuaciones de estado																
Tema 3.- Concepto de causalidad																
Tema 3.- Concepto de causalidad																
Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos																
Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos																
Temas 1, 2, 3 y 4*																
Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)																
Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)																
Tema 4.- Aplicación a sistemas mecánicos (barras)																
Temas 1, 2, 3 y 4																
Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos																

Actividad	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	E
 Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos									•							
 Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos										•						
 Tema 5.- Aplicación a sistemas eléctricos											•					
 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos												•				
 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos												•				
 Temas 3, 4 y 5													•			
 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos													•			
 Tema 6.- Aplicación a sistemas con fluidos														•		
 Trabajo asignatura																•
 Examen final ORDINARIA (EVAL. CONTINUA)																•
 Examen final ORDINARIA (NO EVAL. CONTINUA)																•
 Examen final EXTRAORDINARIA																•

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Criterios Generales

La asignatura está diseñada para su calificación mediante evaluación continua, para lo cual se realizará 1 PE intermedia a lo largo del semestre, así como un examen final y un trabajo en grupo. La PE y el examen final serán presenciales y de forma escrita, realizándose las PE y el examen final el día señalado por la Subdirección-Jefatura de Estudios. Así mismo, el trabajo se desarrollará según los criterios del profesorado y se deberá entregar antes de la fecha indicada. Además, por parte de los alumnos se resolverán ejercicios de forma previa a la clase y posteriormente

se corregirán en clase, no empleándose dichos ejercicios en el cálculo de la nota del alumno pero sí para asentar los conocimientos vistos en clase de la asignatura.

Los alumnos que lo deseen podrán ser evaluados mediante un único examen final y un trabajo individual, en los términos y plazos exigidos por la normativa, renunciando para ello a la evaluación continua. Ambas formas de calificación serán aplicables en la convocatoria ordinaria (febrero), mientras que en la extraordinaria (julio) solo será posible la opción de examen final y trabajo individual.

En lo referente a competencias, se evaluarán por un lado por medio de la realización de una prueba en horas lectivas realizadas en clase y, por otro, por medio de las prácticas en laboratorio de la asignatura; también se evaluará a la hora de hacer el trabajo en grupo. La nota final será la ponderada entre la nota de la de evaluación continua (PE en aula), del examen final y la del trabajo en grupo según los porcentajes indicados.

La realización de las prácticas será obligatoria tanto por evaluación continua como por examen final.

■ Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Evaluación progresiva

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación en el caso de la PE y del examen final se basarán en el correcto desarrollo del modelo de Bond Graph, la metodología seguida para obtener tanto los flujos y esfuerzos como las ecuaciones ODE/ADE resultantes, y cuantos conceptos se hayan visto en clase, especialmente ligados al comportamiento de determinados elementos. Además se tendrá en cuenta si el modelo se corresponde fielmente con el sistema a simular o si por el contrario incorpora algún tipo de simplificación o modificación. El hecho de fallar en una parte del ejercicio no significa tener todo el ejercicio mal ya que no se corrige de forma secuencial sino por partes, valorándose no tanto el resultado sino los conocimientos.

En cuanto al trabajo de la asignatura se evaluará la obtención en Bond Graph del modelo solicitado y de las ecuaciones, la simulación del mismo en Matlab, incluyendo las ecuaciones de partida y las gráficas obtenidas, y el análisis de los resultados. Se valorarán especialmente el análisis de los resultados como justificación del buen funcionamiento del modelo y los pasos seguidos para llevar a cabo la simulación del modelo en su conjunto, especialmente en aquellos casos que están formados por varios dominios de la física. Asimismo se valorará la extensión y composición del trabajo desde el punto de vista de maquetación, así como el correcto equilibrio entre los distintos apartados.

En caso de duda a la hora de evaluar a los distintos miembros del equipo de cada trabajo se podrán tener entrevistas personales con cada uno de ellos para determinar el grado de desempeño de cada uno de ellos.

Actividades

- Temas 1, 2, 3 y 4 (30%)
- Trabajo asignatura (40%)
- Examen final ORDINARIA (EVAL. CONTINUA) (30%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Ordinaria. Prueba global

Criterios de evaluación

Los criterios de evaluación en el caso del examen final se basarán en el correcto desarrollo del modelo de Bond Graph, la metodología seguida para obtener tanto los flujos y esfuerzos como las ecuaciones ODE/ADE resultantes, y cuantos conceptos se hayan visto en clase, especialmente ligados al comportamiento de determinados elementos. Además se tendrá en cuenta si el modelo se corresponde fielmente con el sistema a simular o si por el contrario incorpora algún tipo de simplificación o modificación. El hecho de fallar en una parte del ejercicio no significa tener todo el ejercicio mal ya que no se corrige de forma secuencial sino por partes, valorándose no tanto el resultado sino los conocimientos.

En cuanto al trabajo de la asignatura se evaluará la obtención en Bond Graph del modelo solicitado y de las ecuaciones, la simulación del mismo en Matlab, incluyendo las ecuaciones de partida y las gráficas obtenidas, y el análisis de los resultados. Se valorarán especialmente el análisis de los resultados como justificación del buen funcionamiento del modelo y los pasos seguidos para llevar a cabo la simulación del modelo en su conjunto, especialmente en aquellos casos que están formados por varios dominios de la física. Asimismo se valorará la extensión y composición del trabajo desde el punto de vista de maquetación, así como el correcto equilibrio entre los distintos apartados.

En caso de duda a la hora de evaluar a los distintos miembros del equipo de cada trabajo se podrán tener entrevistas personales con cada uno de ellos para determinar el grado de desempeño de cada uno de ellos.

Actividades

- Trabajo asignatura (40%)
- Examen final ORDINARIA (NO EVAL. CONTINUA) (60%)

Criterios de Evaluación en Convocatoria Extraordinaria

Criterios de evaluación

Los mismos que en la Prueba Global de la Convocatoria Ordinaria.

Actividades

- Trabajo asignatura (40%)
- Examen final EXTRAORDINARIA (60%)

RECURSOS

Bibliografía

Karnopp, D.C.; Margolis, D.L.; Rosenberg, R.C. 2000. "System Dynamics. Modeling and Simulation of Mechatronic Systems". Wiley Interscience.

Cellier, F.E. 1991. "Continuous System Modeling". Springer-Verlag, New York.

Forbes, T. B. 2001. "Engineering System Dynamics". Marcel Dekker Ed.

Vera, C., Félez, J. 2001. "Simulación de sistemas mecánicos mediante la técnica de bond graph". Sección de Publicaciones de la ETSII-UPM.

Web

<http://moodle.upm.es/titulaciones/oficiales>

Página web de la asignatura

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



Salud y bienestar



Industria, innovación e
infraestructura