

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

PLAN DOCENTE DE LA ASIGNATURA

Identificación y características de la asignatura			
Código	500798	Créditos ECTS	6
Denominación (español)	Sistemas Dinámicos		
Denominación (inglés)	Dynamical Systems		
Titulaciones	Grado en Matemáticas		
Centro	Facultad de Ciencias		
Semestre	7º	Carácter	Optativo
Módulo	Formación Optativa		
Materia	Física		
Profesor/es			
Nombre	Despacho	Correo-e	
Santos Bravo Yuste	B203 (Ed. Física)	santos@unex.es	
Área de conocimiento	Física Teórica		
Departamento	Física		
Profesor coordinador (si hay más de uno)			
Competencias ¹			
Competencias 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.			
CB4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.			
CB5: Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.			
Competencias generales			
CG1 - Desarrollar en el estudiante las capacidades analíticas, de abstracción, de intuición así como el pensamiento lógico y riguroso			
CG2 - Capacitar al estudiante para que los conocimientos teóricos y prácticos que adquiera pueda utilizarlos en la definición y planteamiento de problemas y en la búsqueda de sus soluciones tanto en contextos académicos como profesionales			
CG3 - Promover en el estudiante la curiosidad y el interés por las Matemáticas y animarle a mantenerla y transmitirla una vez finalizados los estudios.			
CG4 - Que el estudiante conozca la presencia y el uso de las Matemáticas en la Física, la Química, la Biología, etc.			

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

CG5 - Que el estudiante pueda seguir estudios posteriores en otras disciplinas, tanto científicas como tecnológicas, lo que posibilitará desarrollar una actividad profesional en campos como la Enseñanza de las Matemáticas en la Educación Secundaria y en la Educación Universitaria, u otros campos relacionados con la Física, la Informática, etc.

Competencias transversales

CT4: Capacitar para el aprendizaje autónomo de nuevos conocimientos y técnicas, y para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía.

Competencias específicas

CE9: Relacionar las Matemáticas con otras ciencias y saber aplicarlas.

Contenidos
Breve descripción del contenido
Fractales: generación y dimensión. Redes y autómatas celulares. Sistemas dinámicos unidimensionales y multidimensionales. Caos en sistemas discretos en una dimensión. Caos en sistemas continuos
Temario de la asignatura
PARTE I. INTRODUCCIÓN Tema 1: INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DINÁMICOS Leyes simples, sistemas complejos. Linealidad y principio de superposición. Complejidad y retroalimentación. Caos y fractales Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas PARTE II. SISTEMAS DINÁMICOS NO CONVENCIONALES Tema 2: FRACTALES Introducción. Sistemas de funciones iteradas. Dimensión fractal. Fractales aleatorios. Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas Tema 3: AUTÓMATAS CELULARES Introducción. Autómatas de Wolfram. Autómatas bidimensionales. Juego de la vida. Difusión. Medios excitables Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas PARTE III. SISTEMAS DINÁMICOS CONTINUOS Tema 4: SISTEMAS UNIDIMENSIONALES Introducción. Puntos fijos y estabilidad. Campo vectorial de pendientes. Bifurcaciones. Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas Tema 5: SISTEMAS LINEALES Introducción. Diagrama de fases, campo vectorial de direcciones y solución general. El punto fijo en el origen: diagrama de fases, estabilidad y casos fronterizos. Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas Tema 6: SISTEMAS NO LINEALES

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

Introducción. Nulclinas. Linealización. Casos fronterizos y casos marginales. Punto fijo simple. Análisis cualitativo de dos sistemas no lineales. Puntos fijos no simples y ciclos límite. Sistemas conservativos y reversibles. Velocidad de cambio de un escalar sobre una trayectoria solución. Método de Liapunov. Teorema de Poincaré-Bendixson. Un ejemplo: modelo de Sel'kov de la glucólisis. Bifurcaciones. Epidemias: modelo SIR.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

PARTE IV. SISTEMAS CAÓTICOS

Tema 7: SISTEMAS CAÓTICOS DISCRETOS

Introducción. Tipos de órbitas y estabilidad de los puntos fijos. Las señales del caos: sensibilidad, mezcla e infinitos puntos periódicos. Análisis de una dinámica caótica. Operador sierra y tienda. El diagrama de Feigenbaum. Sistemas caóticos 2D y atractores extraños. Transformación del panadero y de Hénon.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Tema 8: SISTEMAS CAÓTICOS CONTINUOS

Introducción. Sistema de Rössler. Ecuaciones de Lorenz.

Actividades prácticas: resolución de ejercicios y problemas

Actividades formativas

Horas de trabajo del estudiante por tema		Gran grupo	Actividades prácticas				Actividad de seguimiento	No presencial
Tema	Total	GG	CH	L	O	S	TP	EP
1	6	3				0		3
2	8	3				1		4
3	8	3				1		4
4	20	5				3		12
5	20	5				2		13
6	19	5				2		12
7	33	9				3		21
8	32	8				3		21
Evaluación 3F	4	4						
TOTAL	150	45				15		90

GG: Grupo Grande (85 estudiantes).

CH: prácticas clínicas hospitalarias (7 estudiantes)

L: prácticas laboratorio o campo (15 estudiantes)

O: prácticas sala ordenador o laboratorio de idiomas (20 estudiantes)

S: clases problemas o seminarios o casos prácticos (40 estudiantes).

TP: Tutorías Programadas (seguimiento docente, tipo tutorías ECTS).

EP: Estudio personal, trabajos individuales o en grupo, y lectura de bibliografía.

Metodologías docentes

1. Explicación y discusión de los contenidos.
2. Resolución, análisis y discusión de problemas. Realización, exposición y defensa de trabajos/proyectos.

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

3. Actividades de seguimiento individual o por grupos del aprendizaje.
4. Trabajo autónomo del alumno.

Resultados de aprendizaje

- Comprensión de la naturaleza y potencialidades de los autómatas celulares para modelar sistemas complejos.
- Capacidad de análisis del comportamiento cuantitativo, cualitativo y estabilidad de sistemas de ecuaciones diferenciales lineales y no lineales.
- Comprensión de las características principales de sistemas caóticos, tanto de evolución discreta como continua.

Sistemas de evaluación

Hay dos sistemas posibles de evaluación: uno mediante evaluación continua y otro mediante una única prueba final (evaluación global).

La elección entre el sistema de evaluación continua o el sistema de evaluación con una única prueba final de carácter global corresponde al estudiante durante el periodo oficial habilitado para ello. Durante este plazo, el estudiante que desee acogerse al método de evaluación global deberá comunicarlo a través del campus virtual. En otro caso, se entenderá que opta por la evaluación continua.

I. EVALUACIÓN CONTINUA

1. Criterios de evaluación:

- a) Resolución de ejercicios y problemas.
- b) Elaboración, presentación y, en su caso, defensa de trabajos (casos prácticos, problemas avanzados, proyectos, etc.)
- c) Comprensión de los conceptos y aplicaciones fundamentales mediante un examen escrito.

2. Actividades e instrumentos de evaluación:

a) *Actividades complementarias* (30% de la calificación final).

- i) Resolución de ejercicios y problemas.

Se realizarán varios cuestionarios teórico-prácticos durante el semestre en horario lectivo. Dichas pruebas podrán llevarse a cabo en el aula donde se imparte la asignatura. La fecha será consensuada entre el profesor y los estudiantes previamente.

- ii) Realización y, en su caso, defensa de trabajos.

- Esta actividad es opcional. Solo serviría para subir nota salvo que se detectara fraude en su realización, en cuyo caso la calificación asignada se emplearía para bajar la nota.

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

- El profesor podría hacer una evaluación adicional oral de alguno de los trabajos, especialmente si sospechara la existencia de fraude en su realización.
- El peso en la calificación de este apartado de actividades complementarias sería del 20% (si implica subida de nota), es decir la calificación del apartado (i) supondría el 80% de la nota de las actividades complementarias y este apartado opcional supondría el 20% restante. Si se detectara fraude, su peso en la calificación de las actividades complementarias sería el opuesto, es decir, sería del -20%.
- Estas actividades podrán realizarse en equipo o de forma individual.
- En la valoración de los trabajos se tendrá en cuenta la claridad de la resolución o de la memoria y el cumplimiento del plazo de entrega.

Las actividades complementarias no son recuperables.

b) *Examen* (70% de la calificación final)

- La evaluación en este apartado se basará en los resultados de un examen escrito llevado a cabo en la convocatoria ordinaria o en la extraordinaria.
- El examen consistirá en varias cuestiones teórico-prácticas cuya valoración aparecerá en la hoja del examen.
- Se valorará fundamentalmente la comprensión de los conceptos más que la aplicación repetitiva o memorística de esquemas o fórmulas.

En la convocatoria extraordinaria de julio la calificación del examen seguirá representando el 70% de la calificación global, manteniéndose la calificación obtenida (con peso del 30 %) en las actividades complementarias realizadas a lo largo del curso.

Si el estudiante ha estado matriculado/a en la asignatura en un curso académico anterior, comunicará al profesor a través del campus virtual durante las primeras tres semanas del semestre si desea realizar nuevamente todas las actividades complementarias o si prefiere que se le mantenga la calificación obtenida en esas actividades del curso anterior.

II. EVALUACIÓN MEDIANTE UN EXAMEN FINAL

El alumno tiene derecho a superar la asignatura mediante la realización de un examen escrito de carácter global.

Bibliografía (básica y complementaria)

- H.-O. Peitgen, H. Jürgens y D. Saupe, Chaos and Fractals: New Frontiers of Science (Springer-Verlag).
- S. H. Strogatz, Nonlinear Dynamics and Chaos (Addison-Wesley).
- D. Kaplan y L. Glass, Understanding Nonlinear Dynamics (Springer-Verlag).
- R. H. Enns y G. C. McGuire, Nonlinear Physics with Mathematica for Scientists and Engineers (Birkhäuser).
- K. T. Alligood, T. D. Sauer y J. A. Yorke, Chaos, an Introduction to Dynamical Systems (Springer).
- G. F. Simmons, Ecuaciones diferenciales con aplicaciones y notas históricas (McGraw-Hill).

	PROCESO PARA EL DESARROLLO DE LAS ENSEÑANZAS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA UEx		
	Curso académico: 2026-27	Código: P/CL009_FC_D002	

- R. C. Hilborn, Chaos and Nonlinear Dynamics. An Introduction for Scientists and Engineers (Oxford University Press).
- J. C. Sprott, Chaos and Time-Series Analysis (Oxford University Press).

Otros recursos y materiales docentes complementarios

- Curso: <http://www.dma.fi.upm.es/docencia/segundociclo/sistdin/home.htm>
- Curso: <http://phys.strath.ac.uk/12-376/lectures.html#>
- Curso: http://www.cmp.caltech.edu/~mcc/Chaos_Course/
- Fractales: <http://math.bu.edu/DYSYS/> , <http://coco.ccu.uniovi.es/geofractal/>
- Medios excitables: <http://www.physiol.ox.ac.uk/~gb1/cnd/bub/excitablename.html>
- Autómatas celulares: <http://www.mirekw.com/ca/index.html>
- Caos: <http://hypertextbook.com/chaos/>