



POLITÉCNICA

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

PROCESO DE  
COORDINACIÓN DE LAS  
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros  
Informaticos

# ANX-PR/CL/001-01

## GUÍA DE APRENDIZAJE

### ASIGNATURA

**Sistemas dinamicos y caos**

### PLAN DE ESTUDIOS

10MI - Grado en Matematicas e Informatica

### CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2017-18 - Primer semestre

## Índice

---

### Guía de Aprendizaje

1. Datos descriptivos .....	1
2. Profesorado .....	1
3. Competencias y resultados de aprendizaje .....	2
4. Descripción de la asignatura y temario .....	3
5. Cronograma .....	5
6. Actividades y criterios de evaluación .....	7
7. Recursos didácticos .....	9
8. Otra información .....	11

## 1. Datos descriptivos

---

### 1.1 Datos de la asignatura

<b>Nombre de la Asignatura</b>	105000140 - Sistemas dinamicos y caos
<b>Nº de Créditos</b>	6 ECTS
<b>Carácter</b>	105000140
<b>Curso</b>	Cuarto curso
<b>Semestre</b>	Séptimo semestre
<b>Período de impartición</b>	Septiembre-Enero
<b>Idioma de impartición</b>	Castellano
<b>Titulación</b>	10MI - Grado en Matematicas e Informatica
<b>Centro en el que se imparte</b>	Escuela Tecnica Superior de Ingenieros Informaticos
<b>Curso Académico</b>	2017-18

## 2. Profesorado

---

### 2.1 Profesorado implicado en la docencia

Nombre	Despacho	Correo electrónico	Horario de tutorías*
Salvador Jimenez Burillo (Coordinador/a)	ETSIT A-124	s.jimenez@upm.es	- -Por tener el profesor su despacho en el campus de Moncloa, se debe contactar con el profesor para fijar días y horas concretas.

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

## 3. Competencias y resultados de aprendizaje

---

### 3.1 Competencias que adquiere el estudiante al cursar la asignatura

CE25 - Conocer los campos de aplicación de las matemáticas y la informática, y tener una apreciación de la necesidad de poseer unos conocimientos técnicos profundos en ciertas áreas de aplicación; apreciación del grado de esta necesidad en, por lo menos, una situación.

CE26 - Conocimiento de los tipos apropiados de soluciones, y comprensión de la complejidad de los problemas informáticos y la viabilidad de su solución.

CE37 - Combinar la teoría y la práctica para realizar tareas informáticas.

CE38 - Capacidad de realizar búsquedas bibliográficas y de utilizar bases de datos y otras fuentes de información.

CE39 - Conocimiento de tecnologías punteras relevantes y su aplicación.

CE43 - Capacidad para trabajar de forma efectiva como individuo, organizando y planificando su propio trabajo, de forma independiente o como miembro de un equipo.

CG01 - Capacidad de resolución de problemas aplicando conocimientos de matemáticas, ciencias e ingeniería.

CG02 - Capacidad para el aprendizaje autónomo y la actualización de conocimientos, y reconocimiento de su necesidad en las áreas de la matemática y la informática.

CG04 - Capacidad de gestión de la información.

CG05 - Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.

CG06 - Capacidad para trabajar dentro de un equipo, organizando, planificando, tomando decisiones, negociando y resolviendo conflictos, relacionándose, y criticando y haciendo autocrítica.

CG08 - Capacidad de comunicarse de forma efectiva con los compañeros, usuarios (potenciales) y el público en general acerca de cuestiones reales y problemas relacionados con la especialización elegida.

CG10 - Capacidad para usar las tecnologías de la información y la comunicación.

## 3.2 Resultados del aprendizaje al cursar la asignatura

RA120 - Dado un campo de aplicación de las matemáticas o de la informática, evaluar y diseñar la solución más apropiada para resolver alguno de sus problemas, exponiendo las dificultades técnicas y los límites de la aplicación.

RA121 - Dado un problema real elegir las herramientas matemáticas o la tecnología informática más apropiada para su solución y diseñar su desarrollo e integración, analizando la viabilidad de su solución.

RA123 - Conocer alguno de los campos situados en la frontera entre las matemáticas y la informática, que están en la base de nuevas tendencias y desarrollos.

RA122 - Desarrollar la solución matemática y algorítmica más apropiada a un problema matemático o informático que requiera un tratamiento especialmente complejo, analizando y exponiendo su viabilidad.

## 4. Descripción de la asignatura y temario

---

### 4.1 Descripción de la asignatura

En la asignatura se estudian las propiedades generales de los sistemas dinámicos de tiempo continuo y de tiempo discreto. El estudio analítico se acompaña sistemáticamente de simulaciones mediante cálculo numérico por ordenador. Se presenta, además, una introducción a las bifurcaciones y al caos en los sistemas dinámicos y su caracterización.

### 4.2 Temario de la asignatura

#### 1. Introducción y conceptos básicos

- 1.1. Definición de sistema dinámico
- 1.2. Ecuaciones diferenciales, ecuaciones en diferencias y sistemas de ecuaciones.
- 1.3. Ejemplos de modelos en tiempo continuo y discreto
- 1.4. Problemas de valor inicial. Existencia y unicidad de soluciones
- 1.5. Métodos de resolución de ciertos tipos de ecuaciones diferenciales, ecuaciones en diferencias y sistemas de ecuaciones.

#### 2. Sistemas Dinámicos de tiempo continuo

- 2.1. Trayectorias. Diagramas de fases.

- 2.2. Sistemas lineales.
- 2.3. Invariantes. Dominios de atracción.
- 2.4. Puntos críticos, estabilidad y teoría de Lyapunov.
- 2.5. Sistemas Hamiltonianos.
- 2.6. Sistemas autónomos planos
- 2.7. Aplicación de Poincaré
- 2.8. Métodos numéricos de simulación
- 3. Sistemas dinámicos de tiempo discreto: analogías y diferencias con los sistemas de tiempo continuo
  - 3.1. Puentes entre ambos casos: la aplicación de Poincaré y los métodos numéricos para sistemas continuos como sistemas de tiempo discreto
  - 3.2. Sistemas lineales
  - 3.3. Invariantes. Dominios de atracción.
  - 3.4. Puntos fijos, estabilidad, ciclos.
  - 3.5. Sistemas conservativos
- 4. Temas avanzados: Elementos de bifurcaciones y de teoría del caos
  - 4.1. Estabilidad estructural y bifurcaciones
  - 4.2. Ejemplos de caos en sistemas continuos con dimensión mayor que 2
  - 4.3. Ejemplos de caos en sistemas discretos con dimensiones 1 y 2
  - 4.4. Caracterizaciones del caos: sensibilidad a las condiciones iniciales, exponentes de Lyapunov, atractores extraños

## 5. Cronograma

### 5.1 Cronograma de la asignatura\*

Semana	Actividad Presencial en Aula	Actividad Presencial en Laboratorio	Otra Actividad Presencial	Actividades de Evaluación
1	<b>Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
2	<b>Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de ejercicios individuales y en grupo.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
3	<b>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
4	<b>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
5	<b>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
6	<b>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
7	<b>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de ejercicios individuales y en grupo.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
8	<b>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
9	<b>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 00:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
10	<b>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 04:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		

11	<b>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
12	<b>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas  <b>Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de ejercicios individuales y en grupo.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
13	<b>Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
14	<b>Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		
15	<b>Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios</b> Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	<b>Estudio y/o resolución de ejercicios</b> Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio		<b>Entrega de ejercicios individuales y en grupo.</b> TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua Duración: 00:00
16				
17				<b>Examen final: para quienes hayan optado a sólo examen final y para quienes hayan suspendido la evaluación continua</b> OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Duración: 03:00

\* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso.



## 6. Actividades y criterios de evaluación

### 6.1 Actividades de evaluación de la asignatura

#### 6.1.1 Evaluación continua

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
2	Entrega de ejercicios individuales y en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	15%	5 / 10	CG01 CG02 CG04 CG05 CG06 CG08 CG10 CE25 CE26 CE37 CE38 CE39 CE43
7	Entrega de ejercicios individuales y en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	30%	5 / 10	CG01 CG02 CG04 CG05 CG06 CG08 CG10 CE25 CE26 CE37 CE38 CE39 CE43
12	Entrega de ejercicios individuales y en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	30%	5 / 10	CG01 CG02 CG04 CG05 CG06 CG08 CG10 CE25 CE26 CE37 CE38 CE39 CE43

15	Entrega de ejercicios individuales y en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG01 CG02 CG04 CG05 CG06 CG08 CG10 CE25 CE26 CE37 CE38 CE39 CE43
----	--	---------------------------------------	------------	-------	-----	--------	--

### 6.1.2 Evaluación sólo prueba final

Sem.	Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
17	Examen final: para quienes hayan optado a sólo examen final y para quienes hayan suspendido la evaluación continua	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG01 CG02 CG04 CG05 CG06 CG08 CG10 CE25 CE26 CE37 CE38 CE39 CE43

### 6.1.3 Evaluación convocatoria extraordinaria

No se ha definido la evaluación extraordinaria.

## 6.2 Criterios de Evaluación

Las competencias evaluadas son TODAS en TODAS las pruebas. La competencia CG06 se evalúa de manera especial en el examen final por ser éste individual.

Las pruebas serán trabajo en grupo o individual según el número de alumnos matriculados. Además, alguno de los trabajos tiene una parte que realizar en grupo y otra de forma individual. El profesor especificará todo ello al comienzo de cada curso y en cada prueba.

El examen final será siempre individual.

Criterios de evaluación: se valorarán positivamente

- la buena realización, exposición, consecución razonada y completitud de las demostraciones o análisis pedidos.
- el buen uso de todas las herramientas informáticas.
- la presentación adecuada de los resultados.
- la adecuación de los trabajos a las especificaciones dadas en los enunciados

## 7. Recursos didácticos

---

### 7.1 Recursos didácticos de la asignatura

Nombre	Tipo	Observaciones
C. Fernández, F. J. Vázquez y J. M. Vegas. Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias. Sistemas Dinámicos. Thomson, 2003.	Bibliografía	
M.W. Hirsch, S. Smale. Ecuaciones diferenciales, sistemas dinámicos y álgebra lineal . Alianza, 1983	Bibliografía	

M.A. Martín, M. Morán, M. Reyes. Iniciación al caos : sistemas dinámicos. Madrid : Sintesis, 1995	Bibliografía	
A. Giraldo, M. A. Sastre. Sistemas dinámicos discretos y caos : teoría, ejemplos y algoritmos. Fundación General de la U.P.M., 2004	Bibliografía	
J. Hale, H. Koçak. Dynamics and Bifurcations. Springer, 1991.	Bibliografía	
D.K. Arrowsmith, C.M. P. Lacey. An introduction to dynamical systems. Cambridge University Press, 1994	Bibliografía	
L. Perko. Differential Equations and Dynamical Systems. Springer, 2001.	Bibliografía	
Robinson, R. Clark An introduction to dynamical systems: continuous and discrete, American Mathematical Association, cop. 2012	Bibliografía	
L. Vázquez, S. Jiménez, C. Aguirre, P.J. Pascual. Métodos numéricos para la Física y la Ingeniería. McGrawHill, 2009.	Bibliografía	
Apuntes del profesor	Otros	Guiones/Apuntes de los 4 temas. Disponible en la página Moodle
Programas de apoyo en C	Otros	Para efectuar cálculos numéricos y simulaciones. Disponible en la página Moodle
Programas de apoyo en Matlab	Otros	Para cálculos numéricos y simulaciones. Disponible en la página Moodle
Programas de apoyo en Maple	Otros	Para cálculos analíticos. Disponible en la página Moodle
Programas de apoyo Gnuplot	Otros	Para gráficas. Disponible en la página Moodle

Ejemplos e ilustraciones	Otros	Diversos ejemplos e ilustraciones de sistemas dinámicos. Disponible en la página Moodle
Enunciados de los ejercicios de entrega	Otros	Disponible en la página Moodle

## 8. Otra información

---

### 8.1 Otra información sobre la asignatura

Las sesiones en el aula corresponden a exposición por parte del profesor de los aspectos teóricos, presentación de las aplicaciones, desarrollo mediante el ordenador de los ejercicios y ejemplos tanto por parte del profesor como por parte de los alumnos. Los métodos de enseñanza empleados corresponden a:

#### 1- Clases Teóricas:

Método expositivo, Lección magistral

#### 2-Estudio y trabajo autónomo individual:

Realizado por el alumno a partir de la documentación de la asignatura, incluye la implementación de algoritmos en un lenguaje de programación para efectuar simulaciones numéricas.

#### 3-Clases prácticas:

Método expositivo (directrices para realización de ejercicios). Realización individual de ejercicios bajo la supervisión del profesor. Resolución de ejercicios y de problemas y control de simulaciones numéricas.

#### 4- Tutorías Individuales y en grupo. Consultas a través de las páginas web de la asignatura (Moodle, etc.)

5- Estudio y trabajo en grupo: Realizado por los alumnos a partir de la documentación de la asignatura, incluye la implementación de algoritmos en un lenguaje de programación para efectuar simulaciones numéricas.

6-Prácticas individuales o en grupo: Realizadas en el aula sobre ejercicios propuestos, o fuera de ella a partir de la

documentación de la asignatura.

7- Proyectos:

Entrega de ejercicios realizados para la evaluación de la asignatura

Se supone que en paralelo a las sesiones en el aula cada alumno efectúa fuera del aula un trabajo individual de: 8 horas para el tema 1, 20 horas para el tema 2, 20 horas para el tema 3, y 16 horas para el tema 4. Asimismo, se supone que cada alumno efectúa fuera del aula un trabajo en grupo de: 5 horas para el tema 1, 13 horas para el tema 2, 10 horas para el tema 3 y 8 horas para el tema 4.