



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

PROCESO DE
COORDINACIÓN DE LAS
ENSEÑANZAS PR/CL/001



E.T.S. de Ingenieros
Informaticos

ANX-PR/CL/001-01

GUÍA DE APRENDIZAJE

ASIGNATURA

105000140 - Sistemas Dinamicos Y Caos

PLAN DE ESTUDIOS

10ML - Grado En Matematicas E Informática

CURSO ACADÉMICO Y SEMESTRE

2020/21 - 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.....	4
5. Cronograma.....	6
6. Actividades y criterios de evaluación.....	9
7. Recursos didácticos.....	12
8. Otra información.....	13

1. Datos descriptivos

1.1. Datos de la asignatura

Nombre de la asignatura	105000140 - Sistemas Dinamicos y Caos
No de créditos	6 ECTS
Carácter	Optativa
Curso	Cuarto curso
Semestre	Séptimo semestre
Período de impartición	Septiembre-Enero
Idioma de impartición	Castellano
Titulación	10ML - Grado en Matematicas e Informática
Centro responsable de la titulación	10 - Escuela Tecnica Superior De Ingenieros Informaticos
Curso académico	2020-21

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	Sin horario. Por tener el profesor su despacho en el campus de Moncloa, se debe contactar con el profesor para fijar días y horas concretas.

Rafael Jose Hernandez Herederero		rafael.hernandez.herederero@ upm.es	Sin horario. Por tener el profesor su despacho en Campus Sur, 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

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.

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.

CG11 - Compromiso con la preservación del medio ambiente y la sostenibilidad.

3.2. Resultados del aprendizaje

RA104 - 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.

RA102 - 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.

RA105 - 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.

RA103 - 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.

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. Bifurcaciones y 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 *

Sem	Actividad presencial en aula	Actividad presencial en laboratorio	Tele-enseñanza	Actividades de evaluación
1	Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
2	Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 1: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Entrega de ejercicios individuales o en grupo. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
3	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
4	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
5	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	

6	<p>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	
7	<p>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 2: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:30 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:30 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Entrega de ejercicios individuales o en grupo. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00</p>
8	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	
9	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	
10	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 03:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	
11	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p>	<p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	<p>Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas</p> <p>Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio</p>	

12	Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 3: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 01:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Entrega de ejercicios individuales o en grupo. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
13	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 02:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 02:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
14	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	
15	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas	Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Tema 4: presentación de la teoría y ejercicios Duración: 01:00 OT: Otras actividades formativas Estudio y/o resolución de ejercicios Duración: 03:00 PL: Actividad del tipo Prácticas de Laboratorio	Entrega de ejercicios individuales o en grupo. TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo Evaluación continua No presencial Duración: 00:00
16				
17				Examen final: para quienes hayan optado a sólo examen final y para quienes hayan suspendido la evaluación continua OT: Otras técnicas evaluativas Evaluación sólo prueba final Presencial Duración: 03:00

Para el cálculo de los valores totales, se estima que por cada crédito ECTS el alumno dedicará dependiendo del plan de estudios, entre 26 y 27 horas de trabajo presencial y no presencial.

* El cronograma sigue una planificación teórica de la asignatura y puede sufrir modificaciones durante el curso derivadas de la situación creada por la COVID-19.

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 o en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	15%	5 / 10	CG05 CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01 CG02 CG04 CE26 CE38
7	Entrega de ejercicios individuales o en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	30%	5 / 10	CG05 CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01 CG02 CG04 CE26 CE38
12	Entrega de ejercicios individuales o en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	30%	5 / 10	CG05 CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01 CG02 CG04 CE26 CE38

15	Entrega de ejercicios individuales o en grupo.	TG: Técnica del tipo Trabajo en Grupo	No Presencial	00:00	25%	5 / 10	CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01 CG02 CG05 CG04 CE26 CE38
----	--	---------------------------------------	---------------	-------	-----	--------	--

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	CG05 CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01 CG02 CG04 CE26 CE38

6.1.3. Evaluación convocatoria extraordinaria

Descripción	Modalidad	Tipo	Duración	Peso en la nota	Nota mínima	Competencias evaluadas
Prueba de la convocatoria extraordinaria	OT: Otras técnicas evaluativas	Presencial	03:00	100%	5 / 10	CG05 CG10 CE37 CE43 CG06 CG08 CG11 CG01

						CG02
						CG04
						CE26
						CE38

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 puede tener 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. Para poder optar a la evaluación continua será necesario presentar los cuatro trabajos y obtener en cada uno de ellos al menos una nota correspondiente a 3/10.

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. Place. 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

La situación sanitaria causada por la pandemia COVID-19 obliga a restringir el aforo de las aulas y por ello se ha decidido que la docencia de este semestre sea de presencialidad mixta. Se establecerán turnos de presencialidad dentro de los grupos, de forma que cada semana un turno asistirá a clase en el aula (columna "actividad en el aula" del cronograma), mientras el resto de los turnos se conectarán a la clase en remoto (columna "tele-enseñanza"). Y cada semana será un turno diferente el que acuda al aula. En el caso de que el número de alumnos matriculados sea pequeño, es posible que se adopte la presencialidad para todos, según las circunstancias.

Si mejoraran las condiciones sanitarias y se pudieran impartir clases presenciales con normalidad, todos los alumnos acudirán a las aulas a recibir las clases indicadas en la columna "actividad en el aula".

Si, por el contrario, empeoraran las condiciones sanitarias, todos los alumnos pasarían a conectarse a las clases en remoto de la columna "tele-enseñanza". Las pruebas de evaluación continua son todas no presenciales en esta

asignatura así que no se ven afectadas.

Las sesiones en el aula (presencial o telemática) 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. No es meramente expositiva por parte del profesor sino que incluye la interacción de los alumnos con la presentación a través de aplicaciones desarrolladas por ellos mismos en sus ordenadores, en paralelo.

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 y en grupo 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 presenciales o 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.

La asignatura se relaciona con los Objetivos de Desarrollo Sostenido ODS 3, 13, 14 y 16: al estudiar modelos matemáticos biológicos, climatológicos o de ecosistemas, como ejemplos de sistemas dinámicos no lineales y, especialmente, caóticos. Por otra parte también contribuye al subobjetivo 4.4: Aumentar considerablemente el número de jóvenes y adultos que tienen las competencias profesionales y técnicas necesarias para acceder al empleo y al emprendimiento. Finalmente, las matemáticas permiten un acceso no sexista por lo que la asignatura contribuye a la no discriminación de las mujeres y su empoderamiento, dentro del ODS 5.