

## Ecuaciones Diferenciales Ordinarias / Sistemas Dinámicos

**CRÉDITOS:** 6 ECTS.

**PROFESOR/A COORDINADOR/A:** Óscar López Pouso ([oscar.lopez@usc.es](mailto:oscar.lopez@usc.es))

**UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE LAS CLASES EL PROFESOR/A COORDINADOR/A:** USC.

**¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA?** Sí.

**PROFESOR/A 1:**

**UNIVERSIDAD DESDE LA QUE IMPARTE LAS CLASES EL PROFESOR/A 1:**

**¿HA DADO O VA A DAR AUTORIZACIÓN PARA GRABAR LAS CLASES DE ESTA ASIGNATURA?**

**CONTENIDOS:**

- I. MÉTODOS NUMÉRICOS PARA PROBLEMAS DE VALOR INICIAL ASOCIADOS A ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS (EDO):
  1. Concepto de problema de valor inicial (PVI) para EDO. Idea de solución numérica de un PVI.
  2. Comandos MATLAB® para la resolución de PVI.
  3. Definición de convergencia y de orden de convergencia. Error de discretización y error de redondeo; efecto del error de redondeo sobre la convergencia.
  4. Descripción de los métodos de Euler: explícito e implícito.
  5. Métodos de orden alto:
    - a. Métodos de un paso no lineales: métodos Runge-Kutta (RK).
    - b. Métodos lineales multipaso (MLM):
      - i. Concepto de MLM. Arranque. Teorema del orden.
      - ii. MLM basados en integración numérica:
        - Métodos Adams-Bashforth.

- Métodos Adams-Moulton.
  - Métodos Nyström.
  - Métodos Milne-Simpson.
- iii. MLM basados en derivación numérica: métodos BDF.

## II. SISTEMAS DINÁMICOS:

1. Sistemas dinámicos lineales.
  - a. Campos vectoriales lineales.
  - b. Cálculo de la exponencial de una matriz. Forma canónica de Jordan.
  - c. Teorema fundamental de existencia y unicidad de solución para sistemas lineales.
  - d. Subespacios invariantes: espacios estable, inestable y central.
2. Teoremas básicos relativos a la teoría general de ecuaciones diferenciales.
  - a. El teorema fundamental de existencia y unicidad de solución. Dependencia con respecto a las condiciones iniciales y parámetros.
  - b. El problema de la prolongación de soluciones. Soluciones maximales.
  - c. Flujo asociado a un campo diferencial. Puntos singulares y puntos regulares. Órbitas. Conjuntos  $\alpha$ -límite y  $\omega$ -límite.
3. Teoría local.
  - a. Estabilidad de Liapunov. Funciones de Liapunov.
  - b. Conceptos de equivalencia y conjugación topológica. Estabilidad estructural.
  - c. El teorema de las variedades invariantes.
  - d. Teorema de Hartman-Grobman.
  - e. Sistemas gradiente y sistemas hamiltonianos.
4. Teoría global.
  - a. El concepto de ciclo límite.
  - b. Circuitos eléctricos. Sistemas de Liénard. La ecuación de Van der Pol.
  - c. La aplicación de Poincaré.

---

### **METODOLOGÍA:**

1. Planificación de los contenidos de cada clase.
2. Explicación en pizarra (lección magistral) o equivalente mediante el empleo de videoconferencia.
3. Programación en el ordenador de algunos métodos.

---

**IDIOMA:** Castellano.

---

¿SE REQUIERE PRESENCIALIDAD? No.

---

## BIBLIOGRAFÍA:

### I. MÉTODOS NUMÉRICOS PARA PROBLEMAS DE VALOR INICIAL ASOCIADOS A ECUACIONES DIFERENCIALES ORDINARIAS (EDO):

#### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. ASCHER, URI M.; PETZOLD, LINDA R. (1998) Computer Methods for Ordinary Differential Equations and Differential-Algebraic Equations. SIAM, Philadelphia, PA.
2. HAIRER, ERNST; NØRSETT, SYVERT PAUL; WANNER, GERHARD (1987) Solving Ordinary Differential Equations I. Nonstiff Problems. Springer, Berlin.
3. ISAACSON, EUGENE; KELLER, HERBERT BISHOP (1994, reimpression corregida) Analysis of Numerical Methods. Dover Publications, New York, NY. [Edición original: 1966 en Wiley.]
4. ISERLES, ARIEH (2008, segunda edición) A first course in the numerical analysis of differential equations. Cambridge Texts in Applied Mathematics. Cambridge University Press, Cambridge. [Primera edición: 1997.]
5. LAMBERT, JOHN DENHOLM (1991) Numerical Methods for Ordinary Differential Systems. Wiley, Chichester.
6. STOER, JOSEF; BULIRSCH, ROLAND (2002, tercera edición) Introduction to Numerical Analysis. Springer, New York, NY. [Primera edición: 1980.]

#### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. BUTCHER, JOHN CHARLES (2008, segunda edición) Numerical Methods for Ordinary Differential Equations Wiley, Chichester. [Primera edición: 2003.]
2. CROUZEIX, MICHEL; MIGNOT, ALAIN L. (1989, segunda edición) Analyse Numérique des Équations Différentielles. Masson, Paris. [Primera edición: 1984.]
3. DEKKER, KEES; VERWER, JAN G. (1984) Stability of Runge-Kutta Methods for Stiff Nonlinear Differential Equations. Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam.
4. HAIRER, ERNST; WANNER, GERHARD (1991) Solving Ordinary Differential Equations II. Stiff and Differential-Algebraic Problems. Springer, Berlin.
5. HENRICI, PETER (1962) Discrete Variable Methods in Ordinary Differential Equations. Wiley, New York, NY.
6. KINCAID, DAVID RONALD; CHENEY, ELLIOT WARD (2002, tercera edición) Numerical Analysis. Brooks/Cole, Pacific Grove, CA. [Primera edición: 1991.]
7. LAMBERT, JOHN DENHOLM (1973) Computational Methods in Ordinary Differential Equations. Wiley, London.
8. QUARTERONI, ALFIO; SACCO, RICCARDO; SALERI, FAUSTO (2007, segunda edición) Numerical Mathematics. Springer, New York, NY. [Primera edición: 2000.]

## II. SISTEMAS DINÁMICOS:

### BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:

1. PERKO, LAWRENCE (2000, tercera edición). Differential Equations and Dynamical Systems. Texts in Applied Mathematics 7. Springer.
2. HIRSCH, MORRIS W.; SMALE, STEPHEN (1974). Differential Equations, Dynamical Systems and Linear Algebra. Pure and Applied Mathematics. Academic Press.

### BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

1. GUCKENHEIMER, JOHN; HOLMES, PHILIP (1983). Nonlinear oscillations, dynamical systems, and bifurcations of vector fields. Springer-Verlag New York.
2. HALE, JACK K.; KOÇAK, HÜSEYİN (1991). Dynamics and Bifurcations. Springer-Verlag, New York.
3. HAIRER, ERNST; NØRSETT, SYVERT PAUL; WANNER, GERHARD (1987) Solving Ordinary Differential Equations I. Nonstiff Problems. Springer, Berlin.

---

## **COMPETENCIAS:**

### Básicas y generales:

CG1: Poseer conocimientos que aporten una base u oportunidad de ser originales en el desarrollo y/o aplicación de ideas, a menudo en un contexto de investigación, sabiendo traducir necesidades industriales en términos de proyectos de I+D+i en el campo de la Matemática Industrial.

CG4: Saber comunicar las conclusiones, junto con los conocimientos y razones últimas que las sustentan, a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades;

CG5: Poseer las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo, y poder emprender con éxito estudios de doctorado.

### Específicas:

CE3: Determinar si un modelo de un proceso está bien planteado matemáticamente y bien formulado desde el punto de vista físico.

De especialidad "Modelización":

CM1: Ser capaz de extraer, empleando diferentes técnicas analíticas, información tanto cualitativa como cuantitativa de los modelos.

Las competencias anteriores, así como las descritas en la página 8 de

[https://www.usc.gal/export9/sites/webinstitucional/gl/servizos/sxopra/memorias\\_master\\_USC/P4\\_151\\_Master\\_Matematica\\_Industrial\\_memoria\\_def.pdf](https://www.usc.gal/export9/sites/webinstitucional/gl/servizos/sxopra/memorias_master_USC/P4_151_Master_Matematica_Industrial_memoria_def.pdf),

se trabajan en clase y se evalúan según el sistema descrito en los apartados dedicado a criterios de

evaluación que se encuentran más abajo.

---

**¿SE VA A USAR ALGÚN TIPO DE PLATAFORMA VIRTUAL?** Sí. Campus Virtual USC (Moodle).

---

**¿SE NECESITA ALGÚN SOFTWARE ESPECÍFICO?** Sí; MATLAB.

---

### **CRITERIOS PARA LA 1.ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Las competencias CG1, CG4 y CG5, así como la CE3 y la CM1, se evalúan mediante el proceso que se describe a continuación:

Para superar la asignatura será obligatorio entregar los ejercicios y las prácticas de programación encargadas por los profesores en los plazos que estos marquen. La calificación final resultará de un examen escrito en el que:

- Cada una de las dos partes de la asignatura, es decir, Métodos Numéricos para EDO por un lado y Sistemas Dinámicos por otro, tienen un peso del 50% en la nota final.
- La parte del examen dedicada a Métodos Numéricos para EDO reserva un 30% de su valor para preguntas relacionadas con las prácticas de programación.

La asistencia o no asistencia a las clases no tendrá incidencia alguna en la calificación.

---

### **CRITERIOS PARA LA 2.ª OPORTUNIDAD DE EVALUACIÓN:**

Los mismos que para la primera oportunidad de evaluación.

---

### **COMENTARIOS:**

Los profesores están dispuestos a impartir las clases en inglés.

El orden en que se explican las dos partes de la asignatura, es decir, Métodos Numéricos para EDO por un lado y Sistemas Dinámicos por otro, se dará a conocer a comienzos de cada curso.

La primera convocatoria de evaluación se divide en dos exámenes: uno al terminar la primera parte de la asignatura, sobre esa parte, y otro al terminar las clases, sobre la segunda parte. Se hace notar que ese segundo examen evalúa solamente la segunda parte de la asignatura, y que no se hace otro examen sobre la primera parte.

Las calificaciones parciales obtenidas en la primera oportunidad no se guardan para la segunda. En particular, en el caso de que un estudiante apruebe uno de los dos exámenes, pero suspenda la asignatura,

tendrá que examinarse de toda la asignatura en la segunda oportunidad de evaluación.

Para los casos de realización fraudulenta de ejercicios o pruebas será de aplicación lo recogido en la “Normativa de evaluación do rendimiento académico dos estudantes e de revisión de cualificacións” de la USC.