



## Teaching Guide

Identifying Data					2022/23
Subject (*)	Numerical methods for large systems of equations		Code	614855231	
Study programme	Mestrado Universitario en Matemática Industrial (2013)				
Descriptors					
Cycle	Period	Year	Type	Credits	
Official Master's Degree	1st four-month period	First	Optional	3	
Language	Spanish				
Teaching method	Face-to-face				
Prerequisites					
Department	Matemáticas				
Coordinador	Cendan Verdes, Jose Jesus	E-mail	jesus.cendan.verdes@udc.es		
Lecturers	Cendan Verdes, Jose Jesus	E-mail	jesus.cendan.verdes@udc.es		
Web	<a href="https://campusvirtual.udc.es/moodle/">https://campusvirtual.udc.es/moodle/</a>				
General description	En esta asignatura se presentan métodos numéricos para resolver grandes sistemas de ecuaciones lineales y no lineales, y para calcular los autovalores de grandes sistemas.				

## Study programme competences / results

Code	Study programme competences / results
A4	Ser capaz de seleccionar un conjunto de técnicas numéricas, lenguajes y herramientas informáticas, adecuadas para resolver un modelo matemático.
A5	Ser capaz de validar e interpretar los resultados obtenidos, comparando con visualizaciones, medidas experimentales y/o requisitos funcionales del correspondiente sistema físico/de ingeniería.
A8	Saber adaptar, modificar e implementar herramientas de software de simulación numérica.
A9	Conocer, saber seleccionar y saber manejar las herramientas de software profesional (tanto comercial como libre) más adecuadas para la simulación de procesos en el sector industrial y empresarial.
B3	Ser capaz de integrar conocimientos para enfrentarse a la formulación de juicios a partir de información que, aun siendo incompleta o limitada, incluya reflexiones sobre las responsabilidades sociales y éticas vinculadas a la aplicación de sus conocimientos.
B4	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.
B5	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.

## Learning outcomes

Learning outcomes	Study programme competences / results		
Being able to use a computer application of symbolic and computational calculus for the development of the contents of the subject	AC5 AC9	BR1	
3. Ser capaz de utilizar una técnica de preconditionamiento con un método iterativo para resolver un sistema de ecuaciones lineales.	AC4 AC5		
1. Conocer los formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador, sus ventajas e inconvenientes. Ser capaz de utilizarlos correctamente y de escoger el más adecuado según el método numérico que se emplee.	AC4 AC8		
2. Dado un sistema de ecuaciones lineales de gran tamaño, ser capaz de determinar el método iterativo más apropiado para su resolución.	AC4 AC5	BC2	
3. Ser capaz de utilizar una técnica de preconditionamiento con un método iterativo para resolver un sistema de ecuaciones lineales.	AC4 AC9	BC2	
1. Conocer los formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador, sus ventajas e inconvenientes. Ser capaz de utilizarlos correctamente y de escoger el más adecuado según el método numérico que se emplee.	AC4 AC8		



5. Ser capaz de utilizar el paquete de cálculo MatLab de forma eficiente para resolver los problemas que se estudian en la asignatura.	AC4 AC5		
4. Conocer métodos numéricos eficientes para resolver sistemas de ecuaciones no lineales de gran tamaño, y para calcular los autovalores y autovectores de una matriz.	AC4		
5. Ser capaz de utilizar el paquete de cálculo MatLab de forma eficiente para resolver los problemas que se estudian en la asignatura.	AC4 AC5		
8. Ser capaz de buscar en la bibliografía, leer y comprender la información necesaria para resolver un problema dado.		BC3	
7. Ser capaz de valorar la dificultad de un problema.	AC4		
6. Tener una buena disposición para la resolución de problemas.	AC4 AC5 AC8		
8. Ser capaz de buscar en la bibliografía, leer y comprender la información necesaria para resolver un problema dado.		BC3	

Contents	
Topic	Sub-topic
1. Formatos de almacenamiento de matrices huecas en el ordenador	Almacenamientos perfil, CSR, CSC y aleatorio. Elección del formato.
2. Resolución numérica de grandes sistemas de ecuaciones lineales	Métodos de descenso: el método de gradiente conjugado (CG). Los métodos CGNR y CGNE. Métodos de Krylov. Técnicas de preconditionamiento.
3. Resolución numérica de grandes sistemas de ecuaciones no lineales	Revisión del método de Newton. Estrategias para la convergencia global. Métodos de Newton-Krylov. Método de Broyden.
4. Aproximación numérica de autovalores y autovectores	Localización de autovalores. Condicionamiento de un problema de autovalores. Métodos de la potencia. Iteración del cociente de Rayleigh. El método QR.

Planning				
Methodologies / tests	Competencies / Results	Teaching hours (in-person & virtual)	Student?s personal work hours	Total hours
Oral presentation	A4 A5 A9 A8 B3 B4	2	1	3
Laboratory practice	A4 A5 A9 A8 B3 B4	7	10.5	17.5
Objective test	A4 A5 A9 A8 B5 B3 B4	3	0	3
Summary	A4 A8	0	2	2
Guest lecture / keynote speech	A4 A9	12	18	30
Problem solving	A4 A5 A9	0	12	12
Supervised projects	A4 A5 B5 B3	0	5	5
Personalized attention		2.5	0	2.5

(\*The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students.

Methodologies	
Methodologies	Description
Oral presentation	Los alumnos deberán presentar oralmente las conclusiones del trabajo tutelado que hayan realizado.  La presentación se tendrá en cuenta en la evaluación.
Laboratory practice	En las prácticas de laboratorio se muestra cómo resolver con Matlab los problemas estudiados en las sesiones magistrales.



Objective test	Se trata del examen final de la asignatura y consta de dos partes. En la primera, se propone la realización de una serie de ejercicios y se plantean cuestiones de índole teórica. En la segunda parte, los alumnos deberán resolver un caso práctico haciendo uso de los comandos y programas de que dispongan en Matlab o bien, implementando los algoritmos necesarios.
Summary	En algún tema de la asignatura, se requerirá la realización de una tabla resumen de los métodos estudiados.  Este resumen se tendrá en cuenta en la evaluación.
Guest lecture / keynote speech	En las sesiones magistrales el profesor presenta los contenidos teóricos de la asignatura, ayudándose de ejemplos ilustrativos con el fin motivar a los alumnos y de ayudar a la comprensión y asimilación de los contenidos.  El profesor se apoyará en presentaciones dinámicas que los alumnos se podrán descargar con antelación del entorno virtual de la asignatura (en su defecto, se les hará llegar por e-mail).
Problem solving	A lo largo del curso, los alumnos deben resolver varias hojas de problemas que entregarán al profesor.  Estos problemas se tienen en cuenta en la evaluación.
Supervised projects	Los alumnos deberán realizar un trabajo en el que utilizarán los conocimientos adquiridos en la asignatura para resolver un problema aplicado.  Este trabajo se tiene en cuenta en la evaluación.

### Personalized attention

Methodologies	Description
Laboratory practice Supervised projects Problem solving	Los alumnos pueden consultar con los profesores de la materia las dudas que les surjan en la solución de problemas y realización de prácticas de laboratorio y trabajos tutelados.

### Assessment

Methodologies	Competencies / Results	Description	Qualification
Objective test	A4 A5 A9 A8 B5 B3 B4	Prueba en la que se evalúan los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos por el alumno.	50
Summary	A4 A8	Se valorará la capacidad de síntesis del alumno.	5
Oral presentation	A4 A5 A9 A8 B3 B4	Se valorará la claridad con que se expongan las ideas y conclusiones del trabajo realizado.	10
Laboratory practice	A4 A5 A9 A8 B3 B4	Se valorará la capacidad de analizar los resultados obtenidos comparando los distintos métodos, así como la selección de algoritmos adecuados a cada problema	10
Supervised projects	A4 A5 B5 B3	Se valorará la capacidad del alumno para aplicar los conceptos y métodos estudiados en la asignatura así como su capacidad de aprendizaje autónomo y de razonamiento crítico, su creatividad y la originalidad del trabajo presentado.	15
Problem solving	A4 A5 A9	Se valorará la corrección y claridad de las soluciones presentadas.	10

### Assessment comments

--

### Sources of information

<b>Basic</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Saad, Y. (2003). Iterative Methods for Sparse Linear Systems. SIAM</li> <li>- Kelley, C.T: (2003). Solving Nonlinear Equations with Newton's Method. SIAM</li> <li>- Trefethen, L., Bau, D. (1997). Numerical Linear Algebra. SIAM</li> <li>- Quarteroni, A. (2006). Cálculo Científico con Matlab y Octave. Springer</li> </ul> <p>El Templates está disponible en la página web <a href="http://www.netlib.org/templates/templates.pdf">www.netlib.org/templates/templates.pdf</a> Donev, A. Numerical Methods: <a href="http://cims.nyu.edu/~donev/Teaching/NMI-Fall2010/Lectures.html">http://cims.nyu.edu/~donev/Teaching/NMI-Fall2010/Lectures.html</a></p>
--------------	--



<b>Complementary</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Demmel, J.W. (1997). Applied Numerical Linear Algebra. SIAM</li><li>- Dennis Jr., J.E. y Schnabel, R.B. (1996). Numerical Methods for Unconstrained Optimization and Nonlinear Equations. SIAM</li><li>- Epperson, J.F. (2007). An introduction to numerical methods and analysis. John Wiley &amp; Sons</li><li>- Golub, G.H. y van Loan, C.F. (1996). Matrix Computations. John Hopkins University Press</li><li>- Lascaux, P. y Théodor, R. (2000). Analyse numérique matricielle appliquée à l'art de l'ingénieur, 1- Méthodes directes. Dunod</li><li>- van der Vorst, H.A. (2003). Iterative Krylov Methods for Large Linear Systems. Cambridge University Press</li></ul>
----------------------	--

## Recommendations

### Subjects that it is recommended to have taken before

Elementos Finitos I/614455102  
Elementos Finitos II/614455208  
Cálculo Paralelo/614455202

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

### Subjects that continue the syllabus

### Other comments

Se recomienda estudiar los contenidos presentados en la asignatura a medida que éstos se vayan explicando, realizar los ejercicios y trabajos prácticos propuestos, aprovechar las tutorías y consultar la bibliografía.

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.