

**Proyecto/Guía docente de la asignatura**

| | | | |
|--|---|----------------------|-------------|
| Asignatura | MÉTODOS NUMÉRICOS EN TELECOMUNICACIÓN | | |
| Materia | HERRAMIENTAS NUMÉRICAS Y DE SEÑALES AVANZADAS | | |
| Módulo | MATERIAS ESPECÍFICAS DE SISTEMAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Titulación | GRADO EN INGENIERÍA DE TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN | | |
| Plan | 460 | Código | 45032 |
| Periodo de impartición | 1º CUATRIMESTRE | Tipo/Carácter | OBLIGATORIA |
| Nivel/Ciclo | GRADO | Curso | 4º |
| Créditos ECTS | 6 ECTS | | |
| Lengua en que se imparte | ESPAÑOL | | |
| Profesor/es responsable/s | CÉSAR PALENCIA DE LARA | | |
| Datos de contacto (E-mail, teléfono...) | TELÉFONO: 983-185805 E-MAIL: cesar.palencia@tel.uva.es | | |
| Departamento | MATEMÁTIC APLICADA | | |
| Fecha de revisión por el Comité de Título | 8 de julio de 2024 | | |

1. Situación / Sentido de la Asignatura

1.1 Contextualización

Esta asignatura, integrada en la materia “Herramientas numéricas y de señales avanzadas”, proporciona, junto con las otras asignaturas de la materia “Matemáticas” (Álgebra Lineal, Cálculo y Ampliación de Matemáticas), los conocimientos matemáticos fundamentales para el graduado en el estudio de las materias de carácter marcadamente científico que habrá de dominar. El alumno también cursará otras asignaturas de contenido principalmente matemático, tales como las integradas en las materias de “Fundamentos de señales y sistemas” y la asignatura de “Teoría de la Detección y la Estimación”.

1.2 Relación con otras materias

La asignatura está relacionada con las propias de la materia “Matemáticas”, así como con otras con contenidos matemáticos, como las integradas en la materia “Fundamentos de señales y sistemas”.

1.3 Prerrequisitos

Es preciso haber cursado la materia “Matemáticas”.

2. Competencias

2.1 Generales

- GB1 Capacidad de razonamiento, análisis y síntesis.
- GB2 Capacidad para relacionar conceptos y adquirir una visión integrada, evitando enfoques fragmentarios.
- GB4 Capacidad para trabajar en grupo, participando de forma activa, colaborando con sus compañeros y trabajando de forma orientada al resultado conjunto, y en un entorno multilingüe.
- GB5 Conocimiento de materias básicas, científicas y tecnologías, que le capacite para el aprendizaje de nuevos métodos y tecnologías.
- GBE2 Capacidad para aplicar métodos analíticos y numéricos para el análisis de problemas en el ámbito de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- GBE3 Capacidad para resolver problemas con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- GBE4 Capacidad para diseñar y llevar a cabo experimentos, así como analizar e interpretar datos.
- GE3 Capacidad para desarrollar metodologías y destrezas de aprendizaje autónomo eficiente para la adaptación y actualización de nuevos conocimientos y avances científicos.
- GC1 Capacidad de organización, planificación y gestión del tiempo.
- GC2 Capacidad para comunicar, tanto por escrito como de forma oral, conocimientos, procedimientos, resultados e ideas relacionadas con las telecomunicaciones y la electrónica.
- GC3 Capacidad para trabajar en cualquier contexto, individual o en grupo, de aprendizaje profesional, local o internacional, desde el respeto a los derechos fundamentales de igualdad de sexo, raza o religión y a los principios de accesibilidad universal, así como la cultura de la paz.

2.2 Específicas

- T3 Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.

3. Objetivos

Al finalizar la asignatura el alumno deberá ser capaz de:

- Asimilar y manejar los conceptos básicos del Análisis Numérico.
- Conocer los métodos numéricos elementales del álgebra lineal numérica, interpolación, cuadratura y resolución numérica de ecuaciones diferenciales.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos.
- Plantear y resolver los problemas propios de esta asignatura.
- Relacionar los contenidos de la asignatura con otras disciplinas de las Telecomunicaciones y la Electrónica.
- Adquirir el hábito de la consulta bibliográfica y el contraste con las ideas y resultados expuestos en las lecciones magistrales.
- Formular, resolver numéricamente e interpretar modelos matemáticos sencillos relacionados con las Telecomunicaciones y la Electrónica.

4. Tabla de dedicación del estudiante a la asignatura

| ACTIVIDADES PRESENCIALES | HORAS | ACTIVIDADES NO PRESENCIALES | HORAS |
|--|-----------|---------------------------------------|-----------|
| Clases teórico-prácticas (T/M) | 15 | Estudio y trabajo autónomo individual | 40 |
| Clases prácticas de aula (A) | 15 | Estudio y trabajo autónomo grupal | 10 |
| Laboratorios (L) | 30 | Estudio y trabajo individual | 40 |
| Prácticas externas, clínicas o de campo | 0 | | |
| Seminarios (S) | 0 | | |
| Tutorías grupales (TG) | 0 | | |
| Evaluación (fuera del periodo oficial de exámenes) | 0 | | |
| Total presencial | 60 | Total no presencial | 90 |

5. Bloques temáticos

Bloque 1: Álgebra lineal numérica

Carga de trabajo en créditos ECTS:

| |
|---|
| 2 |
|---|

a. Contextualización y justificación

Este bloque consta de cinco lecciones y él se estudian los temas fundamentales de álgebra lineal numérica, necesarios para la formación científica de un ingeniero. Tras una introducción del concepto de algoritmo y nociones básicas de programación en el entorno MATLAB-OCTAVE, las tres lecciones restantes del bloque abordan la resolución numérica de sistemas lineales por métodos directos, la aproximación por mínimos cuadrados y métodos iterativos.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Entender y manejar los conceptos básicos de cada una de las lecciones, así como los algoritmos correspondientes.
- Aplicar los resultados teóricos de cada lección a los ejercicios propuestos.
- Utilizar distintos métodos para resolver numéricamente un sistema lineal de ecuaciones, así como distintos problemas de ajuste.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos en los diferentes problemas que plantea el bloque.
- Entender los modelos sencillos planteados en las lecciones, reconocer su aplicación en otras disciplinas de la carrera y saber utilizarlos en ese contexto.

c. Contenidos

TEMA 1: Introducción a MATLAB/OCTAVE

- 1.1 Objetivos
- 1.2 Aritmética de punto flotante
- 1.3 Matrices y vectores
- 1.4 Asignaciones
- 1.5 Variables lógicas
- 1.6 Ciclos y condicionales
- 1.7 Funciones y scripts
- 1.8 Representaciones gráficas
- 1.9 Resumen.

TEMA 2: Resolución numérica de sistemas lineales

- 2.1 Objetivos
- 2.2 Normas matriciales y vectoriales
- 2.3 Número de condición
- 2.4 Algoritmo de eliminación gaussiana
- 2.5 Factorización LU de una matriz
- 2.6 Implementación y coste operativo
- 2.7 Resumen

TEMA 3: Resolución numérica del problema de mínimos cuadrados

- 3.1 Objetivos
- 3.2 Método de Gram-Smidt y modificado.
- 3.3 Factorización QR de una matriz
- 3.3 Factorización de Choleski
- 3.4 Reflectores de Householder y factorización QR
- 3.5 Aplicación a problemas de ajuste
- 3.6 Resumen

TEMA 4: Tratamiento numérico de recurrencias vectoriales

- 4.1 Objetivos
- 4.2 Comportamiento asintótico de recurrencias vectoriales. Procesos de Markov
- 4.3 Teorema de Gershgorin
- 4.3 Método de la potencia
- 4.5 Métodos iterativos de Jacobi y de Gauss-Seidel
- 4.4 Aplicaciones
- 4.5 Resumen

TEMA 5: Diagonalización y descomposición en valores singulares

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Reducción a forma de Hessenberg
- 5.3 Algoritmo QR de diagonalización
- 5.4 Descomposición en valores singulares
- 5.5 Aplicaciones
- 5.6 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Sesiones de laboratorio

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en una prueba escrita y una prueba de laboratorio (véase la tabla resumen).

g. Bibliografía básica

- R. L. Burden y J. D. Faires, Métodos Numéricos, (tercera edición), International Thomson editores, 2004.
- G. H. Golub, C. F. Van Loan, Matrix Computations, J. Hopkins University Press, 1996.
- J. H. Mathews, K. D. Fink, Métodos numéricos con MATLAB, Prentice Hall, 2000.
- A. Quarteroni, F. Salieri, Cálculo científico con MATLAB y Octave, Springer, 2007.
- J. M. Sanz Serna, Diez Lecciones de Cálculo Numérico, Universidad de Valladolid, 1998
- G. W. Stewart, Afternotes on Numerical Analysis, SIAM, 1998.

h. Bibliografía complementaria

- J.-L. Chabert (Ed.), A History of Algorithms. From the Pebble to the Microchip, Springer, 1999.
- P. Henrici, Elements of Numerical Analysis, Wiley, 1964.
- N. Higham, Accuracy and Stability of Numerical Algorithms, 2nd ed. SIAM, 2002.
- Huerta, J. Sarrate, A. Rodríguez-Ferran, Métodos numéricos. Introducción, aplicaciones y programación, Ediciones UPC, 1999.
- D. Kincaid and W. Cheney, Numerical Mathematics and Computing, Brooks and Cole, 1996.
- Quarteroni, R. Sacco, F. Salieri, Méthodes numériques, Springer, 2007.
- G. W. Stewart, Afternotes Goes to Graduate School: Lectures on Advanced Numerical Analysis, SIAM 1999.
- D. S. Watkins, Fundamentals of Matrix Computations, J. Wiley and Sons, 2002.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo facilitada por el profesor, tanto para las clases magistrales participativas como para las sesiones de laboratorio.
- Laboratorio de ordenadores con MATLAB o bien OCTAVE.

Bloque 2: Interpolación y cuadratura

Carga de trabajo en créditos ECTS: 1.6

a. Contextualización y justificación

El segundo bloque consta de tres lecciones, que abordan la interpolación de Lagrange, la interpolación trigonométrica y la cuadratura y derivación numéricas.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Entender y manejar los conceptos básicos de cada una de las lecciones, así como los algoritmos correspondientes.
- Aplicar los resultados teóricos de cada lección a los ejercicios propuestos.
- Utilizar distintos métodos para resolver numéricamente un sistema lineal de ecuaciones, así como distintos problemas de ajuste.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos en los diferentes problemas que plantea el bloque.
- Entender los modelos sencillos planteados en las lecciones, reconocer su aplicación en otras disciplinas de la carrera y saber utilizarlos en ese contexto.

c. Contenidos**TEMA 6: Interpolación lagrangiana**

- 5.1 Objetivos
- 5.2 Problema de interpolación de Lagrange. Formulación vectorial.
- 5.3 Cotas de error
- 5.4 Forma de Newton. Diferencias divididas e implementación
- 5.5 Noticia del problema de interpolación de Hermite
- 5.6 Resumen

TEMA 7: Cuadratura y derivación numéricas

- 6.1 Objetivos
- 6.2 Métodos elementales de construcción de reglas de cuadratura
- 6.3 Análisis del error
- 6.4 Reglas compuestas e implementación
- 6.5 Regla del trapecio y funciones periódicas.
- 6.6 Fórmulas de aproximación a la derivada e implementación
- 6.7 Resumen

TEMA 8: Interpolación trigonométrica

- 8.1 Objetivos
- 8.2 Transformada discreta de Fourier. Noticia del algoritmo FFT
- 8.3 Interpolación polinómica y de Laurent en una circunferencia
- 8.4 Aliasing y convolución periódica.
- 8.5 Problema de interpolación trigonométrica. Aproximación a los coeficientes de Fourier.
- 8.6 Transformadas seno y coseno discretas.
- 8.7 Relación con la interpolación de Chebyshev.
- 8.8 Aplicaciones.
- 8.9 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Sesiones de laboratorio

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en una prueba escrita y una prueba de laboratorio (véase la tabla resumen).

g. Bibliografía básica

- R. L. Burden y J. D. Faires, Métodos Numéricos, (tercera edición), International Thomson editores, 2004.
- J. H. Mathews, K. D. Fink, Métodos numéricos con MATLAB, Prentice Hall, 2000.
- A. Quarteroni, F. Saleri, Cálculo científico con MATLAB y Octave, Springer, 2007.
- J. M. Sanz Serna, Diez Lecciones de Cálculo Numérico, Universidad de Valladolid, 1998
- G. W. Stewart, Afternotes on Numerical Analysis, SIAM, 1998.
- L. Vázquez, S. Jiménez, C. Aguirre, P.J. Pascual, Métodos numéricos para la Física y la Ingeniería, Mc Graw-Hill, 2009.

h. Bibliografía complementaria

- J. W. Cooley, J W. Tukey, An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series, Math. Comput. 19, 297301 (1965), <http://www.fftw.org>.
- P. J. Olver, Applied Mathematics Lecture Notes, <http://www.math.umn.edu/olver/appl.html>
- Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Méthodes numériques, Springer, 2007.
- S. D. Stearns, Digital Signal Processing with examples in MATLAB, CRC Press, 2003.
- G. W. Stewart, Afternotes Goes to Graduate School: Lectures on Advanced Numerical

- Analysis, SIAM 1999.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo facilitada por el profesor, tanto para las clases magistrales participativas como para las sesiones de laboratorio.
- Laboratorio de ordenadores con MATLAB o bien OCTAVE.

Bloque 3: Aproximación numérica de ecuaciones diferenciales

Carga de trabajo en créditos ECTS:

| |
|-----|
| 2.4 |
|-----|

a. Contextualización y justificación

El tercer bloque consta de tres lecciones. La primera, de interés en sí misma y en las siguientes lecciones del bloque, aborda la resolución numérica de sistemas de ecuaciones no lineales. Los contenidos se centran a continuación en la resolución numérica de ecuaciones diferenciales, ordinarias y en derivadas parciales.

b. Objetivos de aprendizaje

Al finalizar este bloque temático, el alumno deberá ser capaz de:

- Entender y manejar los conceptos básicos de cada una de las lecciones, así como los algoritmos correspondientes.
- Aplicar los resultados teóricos de cada lección a los ejercicios propuestos.
- Utilizar distintos métodos para resolver numéricamente un sistema lineal de ecuaciones, así como distintos problemas de ajuste.
- Comprender y reconocer las limitaciones de los métodos analíticos y la necesidad de utilizar métodos numéricos en los diferentes problemas que plantea el bloque.
- Entender los modelos sencillos planteados en las lecciones, reconocer su aplicación en otras disciplinas de la carrera y saber utilizarlos en ese contexto.

c. Contenidos

TEMA 9: Métodos iterativos para sistemas no lineales

- 9.1 Objetivos
- 9.2 Iteración de punto fijo. Condiciones para la convergencia
- 9.3 Método de Newton y métodos modificados. Convergencia
- 9.4 Implementación y aplicaciones
- 9.5 Resumen

TEMA 10: Integración numérica de ecuaciones diferenciales ordinarias

- 10.1 Objetivos
- 10.2 Métodos de un paso. Consistencia, estabilidad y convergencia
- 10.3 Método de Euler explícito. Noticia de los métodos Runge-Kutta
- 10.4 Necesidad de métodos implícitos. Método de Euler implícito y regla del punto medio
- 10.5 Algunos modelos y su implementación numérica
- 10.6 Resumen

TEMA 11: Resolución numérica de ecuaciones en derivadas parciales (EDPs)

- 11.1 Objetivos
- 11.2 Métodos numéricos para problemas de contorno. Diferencias finitas
- 11.3 Resolución numérica de EDPs de evolución. Método de líneas. Convergencia
- 11.4 Aplicación a problemas parabólicos e hiperbólicos. Discretizaciones e implementación numérica
- 11.5 Resumen

d. Métodos docentes

- Clase magistral participativa
- Sesiones de laboratorio

e. Plan de trabajo

Véase el Anexo I.

f. Evaluación

La evaluación de la adquisición de competencias se basará en una prueba escrita y una prueba de laboratorio (véase la tabla resumen).

g. Bibliografía básica

- R. L. Burden y J. D. Faires, Métodos Numéricos, (tercera edición), International Thomson editores, 2004.
- J. H. Mathews, K. D. Fink, Métodos numéricos con MATLAB, Prentice Hall, 2000.
- A. Quarteroni, F. Saleri, Cálculo científico con MATLAB y Octave, Springer, 2007.
- J. M. Sanz Serna, Diez Lecciones de Cálculo Numérico, Universidad de Valladolid, 1998
- G. W. Stewart, Afternotes on Numerical Analysis, SIAM, 1998.
- L. Vázquez, S. Jiménez, C. Aguirre, P.J. Pascual, Métodos numéricos para la Física y la Ingeniería, Mc Graw-Hill, 2009.

h. Bibliografía complementaria

- J. C. Butcher, Numerical Methods for Ordinary Differential Equations, Wiley, 2003.
- R. Haberman, Mathematical Models, Mechanical Vibrations, Population Dynamics and Traffic Flow, SIAM, 1998.
- E. Hairer, S. P. Nørsett, G. Wanner, Solving Ordinary Differential Equations I, Nonstiff Problems, Springer, 2000.
- J. D. Lambert, Numerical methods for Ordinary Differential Equations, J. Wiley & Sons, 1991.
- K. W. Morton, D. F. Mayers, Numerical Solution of Partial Differential Equations, Cambridge University Press, 2005.
 - A. Quarteroni, Numerical Models for Differential Problems, Springer, 2009.
 - B. A. Quarteroni, R. Sacco, F. Saleri, Métodos numéricos, Springer 2007.
- J. C. Strikwerda, Finite Differences Schemes and Partial Differential Equations, Wadsworth & Brooks/Cole Advanced Books & Software, 1989.
- L. N. Trefethen, Finite Difference and Spectral Methods for Ordinary and Partial Differential Equations, unpublished text, 1996, available at <http://www.comlab.ox.ac.uk/nick.trefethen/pdetext.html>.

i. Recursos necesarios

Serán necesarios los siguientes recursos, todos ellos facilitados por la UVa o el profesor:

- Documentación de apoyo facilitada por el profesor, tanto para las clases magistrales participativas como para las sesiones de laboratorio.
- Laboratorio de ordenadores con MATLAB o bien OCTAVE.

6. Temporalización (por bloques temáticos)

| BLOQUE TEMÁTICO | CARGA ECTS | PERIODO PREVISTO DE DESARROLLO |
|---|------------|--------------------------------|
| Bloque 1: Álgebra lineal numérica | 2 ECTS | Semanas 1 a 6 |
| Bloque 2: Interpolación y cuadratura | 1.6 ECTS | Semanas 6 a 9 |
| Bloque 3: Aproximación numérica de ecuaciones diferenciales | 2.4 ECTS | Semanas 10 a 15 |

7. Sistema de calificaciones – Tabla resumen

En ambas convocatorias, ordinaria y extraordinaria, habrá un examen final escrito y dos pruebas de laboratorio. Una de ellas tendrá carácter más elemental y estará ligada con los contenidos propuestos en las sesiones. Opcionalmente, esta parte más elemental se puede ir cubriendo con las entregas que se propongan a este respecto y la calificación de estas entregas se guarda para la convocatoria extraordinaria.

| INSTRUMENTO/PROCEDIMIENTO | PESO EN LA NOTA FINAL | OBSERVACIONES |
|---|-----------------------|------------------------------------|
| Entregas sesiones laboratorio. Si no se han realizado o si se prefiere, prueba práctica de laboratorio con contenidos similares | 40% | Véase el plan de trabajo (Anexo I) |
| Examen final escrito | 20% | Véase el plan de trabajo (Anexo I) |
| Prueba práctica de laboratorio | 40% | Véase el plan de trabajo (Anexo I) |

8. Consideraciones finales

- El procedimiento y los instrumentos de evaluación arriba especificados son los mismos para las dos convocatorias, ordinaria y extraordinaria.
- El Anexo I mencionado en la guía, donde se describe la planificación detallada, se entregará al comienzo de la asignatura.