



UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS  
DE GRAN CANARIA

GUÍA DOCENTE

CURSO: 2014/15

14133 - SIMULACIÓN NUMÉRICA

**ASIGNATURA:** 14133 - SIMULACIÓN NUMÉRICA

**CENTRO:** Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica

**TITULACIÓN:** Ingeniero de Telecomunicación

**DEPARTAMENTO:** MATEMÁTICAS

**ÁREA:** Matemática Aplicada

**PLAN:** 13 - Año 200 **ESPECIALIDAD:**

**CURSO:** Quinto curso **IMPARTIDA:** Primer semestre **TIPO:** Optativa

**CRÉDITOS:** 4,5

**TEÓRICOS:** 3

**PRÁCTICOS:** 1,5

## Información ECTS

La disposición Transitoria Segunda del Reglamento de Planificación Académica de la ULPGC establece que las asignaturas de los títulos no adaptados tendrán el primer año de su extinción una carga docente del 25% de las horas de docencia contempladas en el plan de estudios para la realización de actividades de docencia y evaluación.

Puesto que el curso 2014-2015 es el primer año de extinción de esta asignatura de 3 créditos de teoría y 1,5 de prácticas, se impartirán 11,25 horas de docencia.

Idioma en que se imparte: Español.

## Descriptorios B.O.E.

Introducción a la formulación variacional. Formulación abstracta del método de elementos finitos (M.E.F.). Problemas lineales, no lineales, estacionarios y evolutivos. Aplicación del M.E.F. a problemas de campos electromagnéticos. Análisis numérico de las formulaciones (estabilidad, consistencia, relación de amortiguamiento y dispersión numérica.)

## Temario

1. Introducción al método de elementos finitos.

1.1. Formulación abstracta. Sistema de ecuaciones asociado al método. Introducción a los elementos finitos de Lagrange en 1-D.

2. Método de elementos finitos en problemas bidimensionales.

2.1. Problema de potencial electrostático. Problema lineal y no lineal.

2.2. Problema de difusión evolutivo: métodos explícitos e implícitos. Problemas de ondas. Problemas de transporte-difusión. Problema de semiconductores.

2.3. Análisis numérico: consistencia, estabilidad, relación de amortiguamiento y dispersión numérica. Introducción a los fundamentos de análisis funcional para el método de elementos

finitos.

### 3. Generación de mallas y programación del método de elementos finitos.

#### 3.1. Introducción a la generación de mallas. Mallas estructuradas y no estructuradas.

#### 3. Introducción al método de los volúmenes finitos.

#### 3.1 ECUACIONES CONSTITUTIVAS. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE VOLÚMENES FINITOS. INTRODUCCIÓN A LA MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN NUMÉRICA EN MEDIO AMBIENTE.

Forma conservativa de las ecuaciones constitutivas para un flujo de fluido. Ecuación general del transporte: ecuaciones de Navier-Stokes para flujos turbulentos Introducción a modelos de turbulencia. Simulación Numérica en Medio Ambiente: ecuaciones de estado en la atmósfera y mar Ecuaciones de transporte 3D. Fuerzas volumétricas Introducción al método de volúmenes finitos.

#### 3.2 SIMULACIÓN DE CAMPOS DE VELOCIDADES DEL AIRE Y CORRIENTES MARINAS. MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS.

Simulación de campos de viento y corrientes marinas mediante modelo MMC. Estructura de la atmósfera. composición de la atmósfera. transferencia de energía en la atmósfera. Factores que intervienen en los movimientos de gases de la atmósfera. Estabilidad atmosférica. Clases de estabilidad de Pasquill. Efecto cortante del viento. Perfiles logarítmicos para el cálculo de distribuciones de viento en la vertical

#### 3.3. MODELIZACIÓN Y SIMULACIÓN NUMÉRICA EN CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Modelos matemáticos para estimar la contaminación atmosférica. Modelos gaussianos. Modelos eulerianos y lagrangianos. Modelos climatológicos y Modelos episódicos. Modelos de diagnóstico y de pronóstico. Fuentes. Condiciones de contorno. Un modelo euleriano para el transporte y difusión de los contaminantes atmosféricos. Coeficientes turbulentos de difusividad vertical. Coeficientes turbulentos de difusividad horizontal Términos fuentes. Reacciones químicas

#### 3.4 SOFTWARE DE PREDICCIÓN DE CONTAMINANTES EN LA ATMÓSFERA Y DE VERTIDOS DE AGUAS RESIDUALES

Software AERMOD de la EPA, USA Software de estimación de la contaminación atmosférica

Software de simulación de contaminantes en medio acuático CORMIX

Software del CEANI-ULPGC

## Requisitos Previos

En esta asignatura se pretende presentar técnicas numéricas avanzadas para la resolución de problemas de ingeniería que en general no pueden ser abordados analíticamente. Para ello, se diseñan algoritmos con el fin de obtener soluciones aproximadas a dichos problemas utilizando como instrumento fundamental el ordenador. En especial la asignatura se centrará en el análisis del método de elementos finitos y sus aplicaciones a problemas de contorno lineales, no lineales, estacionarios, evolutivos y acoplados. Fundamentalmente, se recomienda tener conocimientos previos básicos de la asignatura de Cálculo Numérico y conocimientos de programación.

## Objetivos

### 1. Objetivos Conceptuales:

1.1 Conocer el método de elementos finitos mediante su formulación abstracta.

1.2 Recordar la interpolación polinomial a trozos de Lagrange y relacionar con el subespacio funcional aproximador.

1.3 Analizar el método de elementos finitos para la resolución de un problema de contorno elíptico unidimensional.

1.4 Conocer las técnicas de elementos finitos adaptables en problemas unidimensionales.

1.5 Analizar el método de elementos finitos para la resolución de un problema de contorno elíptico bidimensional.

1.6 Conocer aplicaciones en ingeniería del método de elementos finitos a problemas lineales, no lineales, estacionarios y evolutivos en 2-D y 3-D. Indicar resultados sobre su análisis numérico.

1.7 Analizar los principales módulos de un programa de elementos finitos.

1.8 Conocer las bases y aplicaciones de generadores de mallas de elementos finitos adaptativos en 2-D y 3-D.

### 2. Objetivos Procedimentales:

2.1 Construir la formulación del método de elementos finitos en problemas de contorno unidimensionales o bidimensionales con elementos clásicos de Lagrange.

2.2 Elaborar un código de elementos finitos para la resolución de un problema de contorno unidimensional o bidimensional.

### 3. Objetivos Actitudinales:

3.1 Comunicar de forma oral y escrita la justificación de los códigos desarrollados.

## Metodología

La disposición Transitoria Segunda del Reglamento de Planificación Académica de la ULPGC establece que las asignaturas de los títulos no adaptados tendrán el primer año de su extinción una carga docente del 25% de las horas de docencia contempladas en el plan de estudios para la realización de actividades de docencia y evaluación.

Puesto que el curso 2014-2015 es el primer año de extinción de ésta asignatura de 3 créditos de teoría y 1,5 de prácticas, se impartirán 11 horas de docencia distribuidas como sigue:

a) 5 horas de tutoría presencial de la parte de teoría durante las cuales se facilitará a los alumnos el seguimiento secuencial de la asignatura resolviendo dudas y proponiendo temas y ejercicios para la siguiente sesión.

b) 4 horas de tutoría presencial de la parte práctica durante las cuales se facilitará a los alumnos que lo deseen el seguimiento de la parte de laboratorio de la asignatura.

c) 2,25 horas de evaluación.

## Criterios de Evaluación

Actividades que liberan materia:

Trabajo: 100%.

Actividades que no liberan materia:

Ninguna.

Otras consideraciones:

La evaluación de la asignatura en todas las convocatorias (ordinarias, extraordinarias y especiales de diciembre) se realizará a través de trabajos que serán propuestos por el profesor a los alumnos. Estos trabajos deberán ser presentados y defendidos personalmente ante el profesor y consistirán en la programación de módulos relacionados con el método de elementos finitos y sus aplicaciones. Si bien el desarrollo de estos módulos tendrá un carácter práctico, deberán ser alcanzados los objetivos mínimos establecidos en los trabajos propuestos para superar la asignatura y se valorará positivamente el conocimiento que posea el alumno sobre la materia objeto del trabajo y su relación con el resto de conceptos presentados en la asignatura. El alumno podrá proponer el lenguaje de programación que desee emplear para el desarrollo del trabajo. La calificación numérica final otorgada al alumno variará entre 0 y 10 puntos y será función de la calidad de la presentación del trabajo, dificultad, iniciativas, conocimientos, participación en clase, etc. En cualquier caso, la calificación necesaria para superar la asignatura será igual o superior a 5 puntos, que serán alcanzados si se culminan los objetivos mínimos establecidos para cada uno de los trabajos.

Por último, hay que tener en cuenta que el único día fijado (a cada alumno en cada convocatoria) para la presentación del trabajo se puede solicitar que el alumno se identifique mediante algún documento oficial, por ejemplo D.N.I. original, o cualquier otra documentación equivalente que acredite su identidad de acuerdo con la legislación vigente, o aquellas otras establecidas en la normativa interna de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

La fecha y la forma de la presentación del trabajo serán establecidas de común acuerdo entre el profesor y el alumno. Como norma general, se establece como fecha tope para la presentación del trabajo, en cada convocatoria, la fecha fijada por la dirección del Centro para la realización del examen correspondiente a la asignatura. El profesor podrá prorrogar (o no) dicha fecha, a petición de los alumnos, atendiendo exclusivamente a su criterio.

## Descripción de las Prácticas

Prácticas en el Aula: 100%

Consistirán en la realización de ejercicios sobre los algoritmos y métodos estudiados (ver temario) y en la preparación de los programas que conforman el trabajo que cada alumno debe desarrollar y que será utilizado para la evaluación de la asignatura (véase apartado anterior). Para todo ello, se utilizarán los medios audiovisuales más convenientes. Se proponen las siguientes prácticas:

1. Aplicaciones del método de elementos finitos.

Problemas unidimensionales. Un problema de potencial electrostático. Formulación variacional.

Aproximación de Galerkin. Aproximación local. Elemento de referencia. Errores de la aproximación. Introducción a los métodos adaptables. Aspectos principales de la programación del método.

2. Resolución con el Método de elementos finitos de problemas bidimensionales. Problema de potencial electrostático. Problema lineal y no lineal. Problema de difusión evolutivo: métodos explícitos e implícitos. Problemas de ondas. Problemas de transporte-difusión. Problema de semiconductores. Análisis numérico: consistencia, estabilidad, relación de amortiguamiento y dispersión numérica.

3. Aplicaciones de la generación de mallas y programación del método de elementos finitos. Generación de mallas en dominios 2-D y 3-D. Mallas estructuradas y no estructuradas. Triangulación de Delaunay. Avance frontal. Adaptación de mallas. Aplicaciones en la triangulación de imágenes.

## Bibliografía

---

### [1 Básico] Finite elements and approximation /

*O.C. Zienkiewicz, K. Morgan.*  
*John Wiley & Sons., New York : (1983)*  
0471890898

---

### [2 Básico] El método de los elementos finitos /

*O.C. Zienkiewicz, R. L. Taylor.*  
*CIMNE (Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería),, Barcelona : (2004) - (5ª ed.)*  
8495999544 (v. 3)

---

### [3 Recomendado] Proceedings of the Fifth International Conference on Engineering Computational Technology /

*edited by B.H.V. Topping, G. Montero and R. Montenegro.*  
*Civil-Comp Press., Stirlingshire (Scotland) : (2006)*  
978-1-905088-11-9 (conjunto)

---

### [4 Recomendado] Proceedings of the Eighth International Conference on Computational Structures Technology /

*edited by B.H.V. Topping, G. Montero and R. Montenegro.*  
*Civil-Comp Press., Stirlingshire (Scotland) : (2006)*  
978-1-905088-08-9 (conjunto)

---

### [5 Recomendado] Innovation in computational structures technology /

*edited by B.H.V. Topping, G. Montero and R. Montenegro.*  
*Saxe-Coburg., Stirlingshire : (2006)*  
9781874672272

---

### [6 Recomendado] Innovation in engineering computational technology /

*edited by B.H.V. Topping, G. Montero and R. Montenegro.*  
*Saxe-Coburg., Stirlingshire : (2006)*  
9781874672289

---

### [7 Recomendado] Finite elements /

*Eric B. Becker, Graham F. Carey, J. Tinsley Oden.*  
*Prentice Hall., Englewood Cliffs (New Jersey) : (1981)*  
0-13-317132-9 (Tomo VI)

---

### [8 Recomendado] Computational grids: generation, adaptation, and solution strategies /

*Graham F. Carey.*  
*Taylor & Francis., Washington : (1997)*  
1560326352

---

**[9 Recomendado] Finite element methods for flow problems /**

*Jean Donea and Antonio Huerta.*

*John Wiley & Sons., Chichester : (2003)*

*0-471-49666-9*

---

**[10 Recomendado] Delaunay triangulation and meshing: application to finite elements /**

*Paul-Louis George, Houman Borouchaki.*

*Hermès,, Paris : (1998)*

*2866016920*

## Equipo Docente

**GABRIEL WINTER ALTHAUS**

(COORDINADOR)

**Categoría:** *CATEDRÁTICO DE UNIVERSIDAD*

**Departamento:** *MATEMÁTICAS*

**Teléfono:** *928451925* **Correo Electrónico:** *gabriel.winter@ulpgc.es*

## Resumen en Inglés

An introduction to Finite Element Method for numerical solving of several engineering problems is presented. Adaptive refinement strategies and automatic mesh generation are discussed. Programming ideas for 1-D, 2-D and 3-D problems are outlined in this matter. The algorithms are oriented to be programmed by students on the computer. Only elementary knowledge about Numerical Methods is necessary for following this finite element introduction.