

TÍTULO: Introducción al método de elementos finitos			
AÑO: 2026	CUATRIMESTRE: 2°	N° DE CRÉDITOS: 1	VIGENCIA: 3 años
CARGA HORARIA: 20 horas de teoría y 5 horas de práctica			
CARRERA/S: Doctorado en Matemática, Doctorado en Física			

FUNDAMENTOS

El Método de Elementos Finitos (MEF) es un método ampliamente utilizado en la matemática aplicada y la ingeniería para el cálculo de aproximaciones numéricas robustas, estables y computacionalmente eficientes de modelos basados en ecuaciones diferenciales.

En este curso se transitará de la formulación diferencial de un problema a su forma débil o variacional, definida sobre espacios de funciones de dimensión infinita (espacios de Sobolev, como H^1). A partir de allí, se introducirá la aproximación de Galerkin para proyectar el problema a un espacio discreto de elementos finitos. El estudio de estos objetos matemático es indispensable para que el estudiante comprenda conceptos críticos como la consistencia del método, el tratamiento de condiciones de frontera esenciales y naturales, y la estabilidad de las aproximaciones temporales.

OBJETIVOS

Objetivo general

Capacitar a los estudiantes en los fundamentos teóricos y prácticos del Método de Elementos Finitos (MEF) aplicado a la resolución de ecuaciones diferenciales parciales de difusión, proporcionando las herramientas analíticas para construir formulaciones variacionales y las destrezas computacionales para implementarlas de forma autónoma utilizando la plataforma FEniCS Legacy.

Objetivos específicos

Derivar la formulación variacional de problemas diferenciales a partir de su forma fuerte, identificando la importancia del análisis y los espacios de Sobolev.

Analizar el método de Galerkin para la construcción de espacios finitos, aplicando esquemas de diferencias finitas para abordar la dependencia temporal en problemas evolutivos.

Implementar la formulación variacional de un problema y calcular su solución utilizando FEniCS Legacy.

PROGRAMA

Unidad I: Formulación variacional

El problema de difusión estacionaria y condiciones de frontera (Dirichlet y Neumann). Formulación diferencial y variacional. Introducción a los espacios de Sobolev. Introducción a FEniCS Legacy.

Unidad II: El problema de Poisson

El Teorema de Lax-Milgram (existencia y unicidad). El Lema de Céa. Aproximación de Galerkin. Formas bilineal y lineal para el problema de Poisson y su implementación en FEniCS Legacy.

Unidad III: El espacio discreto y generación de mallas

Definición de elemento finito y funciones de forma. Ensamblado de la matriz de rigidez y el

vector de carga. Introducción al diseño de mallas con Gmsh acoplado a FEniCS Legacy.

Unidad IV: Problemas evolutivos y discretización temporal

La ecuación de difusión. Discretización espacial y temporal. Construcción del bucle temporal y estrategia de actualización de soluciones en el tiempo en FEniCS Legacy.

Unidad V: Algunas aplicaciones

Ecuación de difusión-convección-reacción. Elasticidad lineal. Problema de Stokes.

PRÁCTICAS

El curso se desarrollará bajo un enfoque teórico-práctico intensivo, concebido para que el estudiante asimile los conceptos abstractos del análisis numérico a través de su aplicación computacional inmediata. Se realizarán 2 horas de práctica en laboratorios de computación después del desarrollo teórico en cada sesión de clases.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Ern & J.L. Guermond, Theory and Practice of Finite Elements, Springer, 2004.
2. C. Johnson, Numerical Solutions of Partial Differential Equations by the Finite Element Method, Cambridge University Press, 1987.
3. G. Strang & G.J. Fix, An Analysis of the Finite Element Method, Prentice-Hall, 1973.
4. A. J. Davies, The Finite Element Method: A First Approach, Clarendon Press - Oxford, 1980
5. Logg, A., Mardal, K. A., & Wells, G., Automated solution of differential equations by the finite element method: The FEniCS book, Springer Science & Business Media, 2012.

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

Desarrollo de trabajos prácticos y entrega de trabajo final

REQUERIMIENTOS PARA EL CURSADO

Conocimientos de la materia general álgebra lineal (solución de sistemas de ecuaciones lineales y uso de operadores lineales y bilineales), análisis matemático básico en $\mathbb{R}$ y $\mathbb{R}^n$. Manejo del lenguaje de programación Python.