

Teoría, Práctica y Aplicaciones de los Elementos Finitos

Posgrado en Ciencias Matemáticas

9 Créditos

Daniel Castaño Quiroz^{*1}

¹Departamento de Matemáticas y Mecánica, IIMAS-UNAM, Cd. de México, México

February 3, 2026

1 Requisitos del curso

- Indispensables: Conceptos básicos de análisis real y funcional. Fundamentos de programación.
- Deseables: Conceptos básicos ecuaciones diferenciales parciales y espacios de Sobolev.

2 Horarios

- Clases: 16:00-18:15. Lunes y Miércoles. Formato: Presencial en el IIMAS-Ciudad Universitaria. Salón: B204 IIMAS-CU.

3 Evaluación

- Tareas teóricas.
- Tareas de programación.
- Proyecto final de programación o presentación de un tema.

4 Reglas de conducta y reglas de clase

- No se puede consumir alimentos durante la clase.
- El uso de móviles está estrictamente prohibido dentro de la clase.
- Se debe prestar atención en la clase. Está prohibido estar haciendo otra actividad como leer un libro no relacionado con la clase.
- Cada alumno puede preguntar a lo más 3 preguntas en cada clase. Es parte de la tarea para el alumno entender y repasar los apuntes de la clase.
- Si el alumno está inscrito oficialmente en la clase, pero no está conforme por alguna razón. Se designará un profesor o profesora del departamento de Matemáticas y Mecánica del IIMAS para que el alumno pueda transmitir su inconformidad al profesor(a) designado(a) de forma anónima.

^{*}daniel.castanon@iimas.unam.mx

5 Temario

1. Introducción y Requisitos
 - (a) Presentación y motivación del método de los elementos finitos.
 - (b) Repaso de la integral de Lebesgue y los espacios de Sobolev.
 - (c) Repaso de Análisis funcional. Formulación variacional de algunas EDPs.
 - (d) Fundamentos de programación en Matlab.
2. Conceptos de Elementos Finitos (EFs)
 - (a) Nociones básicas de los elementos finitos. Definición de tríada de un elemento finito según Ciarlet.
 - (b) Elementos finitos y su cálculo diferencial en mallas simpliciales.
 - (c) Orientación de mallas. Interpolación local y global. Desigualdades inversas.
 - (d) Elementos finitos para el espacio **Hdiv**.
 - (e) Elementos finitos conformes, no conformes y rotos (broken).
 - (f) Programación e implementación de EFs locales en Matlab.
3. Aproximación de EDPs elípticas utilizando Elementos Finitos
 - (a) Formulaciones débiles, existencia y unicidad. Teoremas de Lax-Milgram, y de BNB. Aproximación de Galerkin. Crímenes variacionales.
 - (b) Aproximaciones no conformes: Crouzeix-Raviart, Galerkin-Discontinuo (DG).
 - (c) Programación e implementación de EFs para la solución de una EDP en Matlab.
4. Problemas Mixtos
 - (a) El problema de Stokes. Condiciones inf-sup. Aproximación Mixta. Pares de EFs estables e inestables.
 - (b) Programación e implementación de EFs para el problema de Stokes en Matlab.
 - (c) Métodos robustos para el problema de Stokes usando operadores en **Hdiv**.

6 Bibliografía Básica

1. Ern A., and Guermond J.-L., *Finite Elements I, Approximation and interpolation*, Texts in Applied Mathematics, Vol. 72 (2021) 313 p., Springer-Verlag, New York.
2. Ern A., and Guermond J.-L., *Finite Elements II, Galerkin approximation, elliptic and mixed PDEs*, Texts in Applied Mathematics, Vol. 73 (2021) 474 p., Springer-Verlag, New York.
3. Ern A., and Guermond J.-L., *Theory and Practice of Finite Elements*, Springer Series in Applied Mathematical Sciences , Vol. 159 (2004) 530 p., Springer-Verlag, New York.
4. Gilat A., *Matlab: An Introduction with Applications*, 6th Edition, Wiley, 2017.

7 Bibliografía Complementaria

1. D. Braess, *Finite Elements: Theory, fast solvers, and applications in solid mechanics*, 3ed. 2007, Cambridge University Press.
2. Boffi D., Brezzi F., and Fortin M., *Mixed Finite Element Methods and Applications*, Springer Series in Computational Mathematics 44, Springer, 2010.
3. Elman H., Sylvester D., and Wathen A., *Finite Elements and Fast Iterative Solvers: with Applications in Incompressible Fluid Dynamics*, 2nd ed., Oxford University Press, 2014.