

# FACULTAD DE INGENIERÍA

## CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO



**Nombre de la materia:** ANÁLISIS POR ELEMENTO FINITO  
**Clave Facultad:**  
**Clave U.A.S.L.P.:**  
**No. de créditos:** 8  
**Horas/Clase/Semana:** 4  
**Horas totales/Semestre:** 64  
**Horas/Práctica (y/o Laboratorio):**  
**Prácticas complementarias:**  
**Trabajo extra clase Horas/Semana:** 4  
**Carrera/Tipo de materia:** Posgrado en Ingeniería Mecánica  
Obligatoria de Maestría, opción TDM

**No. de créditos aprobados:**  
**Fecha última de Revisión Curricular:** Abril 2020  
**Materia y clave de la materia requisito:**

### JUSTIFICACIÓN DEL CURSO

Análisis por Elementos Finitos (FEA) es una técnica de simulación por computadora usada en ingeniería. Utiliza una técnica numérica llamada el método de elementos finitos (FEM).

El Método del Elemento Finito proporciona una mayor flexibilidad para modelar geometrías complejas que el método de diferencias finitas y el de volumen finito. Es

ampliamente utilizado en solucionar problemas de estructuras, mecánica, transferencia de calor y dinámica de fluidos, así como diversos de otras disciplinas.

En esta materia se dan las bases para la solución de problemas no lineales; éstos representan la mayoría de los problemas de ingeniería.

### OBJETIVO DEL CURSO

1. Comprender los fundamentos del Método del Elemento Finito.
2. En esta materia se presentan las bases para la solución de problemas de campo escalares y vectoriales no lineales. Se analizan soluciones de problemas de transferencia de calor, de esfuerzos y deformaciones en piezas mecánicas ante cargas estáticas y térmicas.
3. Se presentan problemas a los alumnos para que obtengan experiencia práctica de programación a través de programas MATLAB y uso del FEM para resolver ecuaciones diferenciales parciales.
4. Aunque se analizan las funcionalidades de paquetes de software de elemento comercial existente, este curso no enseñará cómo utilizarlos.

### CONTENIDO TEMÁTICO

- |  |   |
|--|---|
| 1. PRESENTACIÓN.<br>1 Hr.<br>Reseña histórica, panorámica de aplicaciones y presentación del objetivo y del plan de la materia.  | 3. METODOS VARIACIONALES DE APROXIMACION PARA ECUACIONES DE SEGUNDO ORDEN CON VALORES EN LA FRONTERA.<br>7 Hrs.   |
| 2. FORMULACIÓN DEL MEF POR EL MÉTODO DIRECTO PARA PROBLEMAS 1D.<br>4 Hrs.<br>Objetivo: Comprender los fundamentos del MEF.   | Objetivo: Comprender los principios variacionales para analizar problemas de medios continuos.  |
| 2.1. Formulación energética para elementos unifilares (barras y resortes).<br>2.2. Ensamblado de elementos unifilares (armaduras).<br>2.3. Solución matricial de armaduras.<br>2.4. Condiciones de frontera.<br>2.5. Ejemplos de aplicación. | 3.1. Modelo de problemas con condiciones en la frontera.<br>3.2. Ejemplos de las ecuaciones de segundo orden en una dimensión.<br>3.3. Método de los residuos ponderados; "formulación débil".<br>3.4. Método de Mínimos Cuadrados, método de Galerkin, método de Colocación.<br>3.5. Formulación débil de problemas con valores en la frontera, solución de Rayleigh-Ritz. |

4. FORMULACIÓN GENERAL DEL MEF. 8 Hrs.

Objetivo: Comprender la metodología del MEF para problemas unidimensionales.

- 4.1. Descripción del MEF.
- 4.2. Formulación para elemento 1D lineal.
- 4.3. Formulación usando elementos no-lineales: cuadráticos, cúbicos.
- 4.4. Puntos Gaussianos.
- 4.5. Ensamblado de los elementos.
- 4.6. Introducción de condiciones de frontera.
- 4.7. Solución al sistema.
  - 4.7.1. Solución de ecuaciones lineales.
  - 4.7.2. Solución de ecuaciones no-lineales.
  - 4.7.3. Solución de ecuaciones acopladas.
- 4.8. Post-procesamiento.
- 4.9. Problemas generales del modelado por elemento finito. (Convergencia, sugerencias para el mallado, etc.)

5. FORMULACION GENERAL POR ELEMENTO FINITO DE PROBLEMAS BIDIMENSIONALES. 9 Hrs.

Objetivo: Analizar problemas en 2D por el MEF.

- 5.1. Problemas con valores en la frontera. La ecuación modelo.
- 5.2. Discretización por elementos finitos bidimensionales lineales.
- 5.3. Derivación de ecuaciones elementales para elementos 2D por Rayleigh-Ritz.
- 5.4. Ensamble de ecuaciones elementales.
- 5.5. Imposición de condiciones de frontera.
- 5.6. Solución de ecuaciones.
- 5.7. Consideraciones de modelación.
  - 5.7.1. Elementos de mayor orden.
  - 5.7.2. Uso de memoria.
  - 5.7.3. Extensión a 3-D.
  - 5.7.4. Algoritmos para reducir el uso de memoria.
  - 5.7.5. Problemas transitorios: formulación explícita vs implícita.

6. ANALISIS DE PROBLEMAS DE TRANSFERENCIA DE CALOR POR MEF. 15 Hrs.

Objetivo: Analizar por MEF problemas térmicos en régimen estacionario.

- 6.1. Introducción a problemas de conducción de calor.
- 6.2. Planteamiento del modelo por elemento finito para problemas de conducción de calor (campos escalares).
- 6.3. Modelación de las condiciones de frontera tipo naturales (convectivas) y esenciales.
- 6.4. Aplicaciones a problemas de conducción de calor.
- 6.5. Solución de problemas de transferencia de calor usando elementos triangulares lineales por medio de un código comercial y validación de manera analítica.
- 6.6. Desarrollo de aplicaciones a problemas que no admiten solución analítica (geometrías complejas o comportamientos no lineales) utilizando un código comercial de análisis por elemento finito.

7. ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y DEFORMACIONES EN PROBLEMAS PLANOS. 16 Hrs.

Objetivo: Analizar por MEF problemas de esfuerzos y deformaciones planas.

- 7.1. Introducción a problemas de esfuerzo y deformación plana.
- 7.2. Planteamiento del modelo por elemento finito para problemas de elasticidad plana (campos vectoriales).
- 7.3. Formulación del elemento triangular lineal para esfuerzo plano y para deformación plana.
- 7.4. Aplicaciones a problemas de esfuerzo y deformación plana.
- 7.5. Aplicaciones a problemas de esfuerzos deformaciones plana por medio de un código comercial y validación de manera analítica.
- 7.6. Desarrollo de aplicaciones a problemas que no admiten solución analítica (geometrías irregulares, cambios de sección, concentración de esfuerzos) utilizando un códigos comercial de análisis por MEF.

**METODOLOGÍA**

Exposición de temas, análisis de conceptos teóricos, uso de códigos comerciales y trabajo grupal e individual.

Prácticas semanales.

**EVALUACIÓN**

Exámenes parciales	50%	Tareas	20%
Proyecto(s)	30%	Total	100%

**BIBLIOGRAFÍA**

**BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

REDDY J.N., An Introduction to Finite Element Method, 3rd Edition, Mc Graw-Hill, U.S.A., 2006.

Chandrupatla R. Tirupathi and Belegundu D. Ashok Introduction to Finite Elements in Engineering. 4th Edition, Prentice Hall, U.S.A., 2011.

**BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:**

BURDEN RICHARD & J. DOUGLAS FAIRES,  
Análisis Numérico, Grupo Editorial Iberoamérica,  
1985.

COOK M. PLESA, Concepts and applications of finite  
element analysis, 3rd edition, John Wiley & Sons,  
1989.

KIKUCHI NOBURU, Finite element methods in  
mechanics, Cambridge University Press, 1986.

ROSS, C.T.F., Finite element methods in engineering  
science, Ellis Horwood series in mechanical  
engineering, 1990.

ZIENKIEWICZ O.C., The finite element method, Vol. 1,  
4th. edition, Mc Graw-Hill International, 1989.