



PROGRAMA ANALÍTICO

FACULTAD: INGENIERÍA

DEPARTAMENTO: MECÁNICA

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

PLAN DE ESTUDIO: 2005

MODALIDAD DE CURSADO: PRESENCIAL

ORIENTACIÓN: NO POSEE

ASIGNATURA: INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE ELEMENTO FINITOS

CÓDIGO: 0383

DOCENTE RESPONSABLE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Rodolfo M. Duelli	Ingeniero Mecánico Electricista	Profesor Asociado	Exclusiva

EQUIPO DOCENTE:

NOMBRE	GRADO ACAD. MAX	CARGO	DEDICACIÓN
Rodolfo M. Duelli	Ingeniero Mecánico Electricista	Profesor Asociado	Exclusiva
Marcos Verstraete	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Ayudante de Primera	Exclusiva
Luis Ceballos	Doctor en Ciencias de la Ingeniería	Ayud. de Primera	Exclusiva

AÑO ACADÉMICO: 2019

CARÁCTER DE LA ASIGNATURA: Optativa

RÉGIMEN DE LA ASIGNATURA: Cuatrimestral

UBICACIÓN EN EL PLAN DE ESTUDIO: 2DO. CUATRIMESTRE DE 5TO. AÑO

RÉGIMEN DE CORRELATIVIDADES:

<i>Aprobada</i>	<i>Regular</i>
0408	0330
0328	

ASIGNACIÓN DE HORAS:

Horas Totales		(90 h.)
Semanales		(6 h.)
Teóricas		(20 h.)
Prácticas	Resolución de problemas	(5 h.)
	Laboratorio	(20 h.)
	Proyecto	(20 h.)
	Trabajo de campo	(... h.)
Teórico-Prácticas		(25 h.)



FUNDAMENTACIÓN DE LOS OBJETIVOS, CONTENIDOS, PROPUESTA METODOLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL PROGRAMA:

Con el advenimiento de la computadora personal los métodos numéricos se han convertido en una herramienta esencial para el ingeniero moderno y en particular el Método de Elementos Finito (MEF) es un de los más utilizado en ingeniería. Al completar la asignatura, el estudiante se habrá familiarizado con los conceptos fundamentales que conllevaron al desarrollo del método de elementos finitos. Además, contará con las herramientas teóricas y computacionales necesarias para utilizar "software" bajo licencia libre o comercial, y una introducción a como programar el método para la solución de un problema específico.

OBJETIVOS PROPUESTOS:

Se busca que al finalizar el curso los estudiantes conozcan:

1. Las ideas fundamentales del MEF.
2. La mecánica de trabajo del MEF.
3. La ubicación del MEF en el contexto de los métodos numéricos.
4. Las alternativas que existen para formular el MEF.
5. Las posibilidades de transformar el dominio que se estudia.
6. Las ventajas e inconvenientes de distintos elementos en problemas de elasticidad lineal y problemas de placas y láminas delgadas.
7. Los estimadores de los errores en el MEF, y los métodos adaptivos aplicados en el MEF.

La asignatura prepara al estudiante con las herramientas necesarias para resolver problemas que constituyen el estado del arte en el área de la mecánica estructural aplicada a la ingeniería mecánica.

COMPETENCIAS:

- **Competencias genéricas:**
- **Competencias específicas:**

Se busca que al finalizar el curso los estudiantes sean capaces de:

Construir un modelo de elementos finitos.

Realizar manualmente un cálculo simple utilizando el MEF.

Utilizar un programa de elementos finitos para resolver problemas.

Obtener e interpretar los resultados de un programa de elementos finitos.

Leer y aplicar los contenidos de un manual de un software del MEF a un problema de desarrollo o de aplicación.

Leer y criticar un trabajo científico de desarrollo o de aplicación del MEF.



EJES TEMÁTICOS ESTRUCTURANTES DE LA ASIGNATURA Y ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS:

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Introducción general. Modelos físicos. Modelos matemáticos. Teoría matemática de la elasticidad: formulación diferencial y formulación integral. Métodos numéricos clásicos: método de Ritz, método de Galerkin. Ejercicios.

CAPITULO 2: EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Descripción del método: partición del dominio, interpolación local, ensamble, condiciones de contorno. Condiciones de las funciones de interpolación. Criterio de convergencia. Planteo de soporte local. Errores en el método de elementos finitos. Convergencia local y global. Continuidad C^0 y C^1 . Ejercicios.

CAPITULO 3: ELEMENTOS LINEALES DE CONTINUIDAD C^0

Funciones lineales en dos dimensiones. Construcción de funciones de interpolación a partir de coordenadas cartesianas y de coordenadas triangulares. Aplicación a problemas de elasticidad plana vía el principio de energía potencial total. Matriz de rigidez. Vector de cargas. Ensamble. Condiciones de borde. Movimiento de cuerpo rígido. Ejemplo de soluciones. Ejercicios. Lecturas.

CAPITULO 4: ELEMENTOS DE ORDEN SUPERIOR DE CONTINUIDAD C^1

Cálculo de las funciones de interpolación a partir de los polinomios de pascal. Interpolación de Lagrange. Interpolación de Serendip. Interpolación jerárquica. Condensación de nudos interiores. Convergencia h y p . Ejercicios. Lecturas

CAPITULO 5: REPRESENTACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Concepto de mapeo. Transformaciones. Transformación paramétrica del dominio. Condiciones para transformar el dominio. Elementos iso, sub y super paramétricos. Transformaciones incorrectas. Generación de mallas en forma automáticas: técnicas directas e indirectas. Ejercicios. Lecturas.

CAPITULO 6: INTEGRACIÓN NUMÉRICA Y RECUPERACIÓN DE TENSIONES

Integración numérica. Orden de integración necesario. Evaluación de tensiones. Puntos óptimos. Ejemplos. Lecturas.



CAPITULO 7: BASES MATEMÁTICAS DEL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Planteo del problema diferencial. Características. Formulación débil. Formulación diferencial simétrica. Espacio de funciones admisibles. Criterios de convergencia. Elementos de continuidad C^0 y C^1 . Interpretación de la solución. Estimadores del error. Métodos adaptivos. Ejemplos. Lecturas

FORMAS METODOLÓGICAS:

1. Los contenidos se desarrollan principalmente en clases teórico-prácticas.
2. **El período de clases:** está fijado por el Calendario de Actividades Académicas de Grado aprobado el C.D. Generalmente se asigna para el semestre una duración de 15 semanas. La Cátedra publica en el programa de la asignatura el horario y lugar de clase y el horario y lugar de consulta, la modalidad de evaluación, de recuperación, y de examen en condición de estudiante libre.
3. **Clases semanales:** la asignatura tiene asignadas 6 (seis) hs semanales que las distribuye en dos clases de 3 (tres) hs cada una, o en una sola clase semanal según disponibilidad del aula de informática.
4. **Clases teóricas-prácticas:** en cada clase se desarrollarán los conceptos y se realizarán ejercicios, la mayoría de ellos serán resueltos empleando una computadora personal.

PROGRAMAS Y/O PROYECTOS PEDAGÓGICOS E INCLUSIVOS:

No se contemplan en el presente ciclo lectivo.

CRONOGRAMA TENTATIVO DE CLASES Y PARCIALES y NÓMINA DE TRABAJOS PRÁCTICOS:

Semana	Temas Teórico/Practico
1	Presentación de la Materia Optativa
2	Capitulo 1: introducción al MEF. Conceptos básicos
3	Capitulo 1: introducción al MEF. Conceptos básicos
4	Capitulo 2: el método de elementos finitos
5	Capitulo 2: el método de elementos finitos
6	Capitulo 3: elementos lineales de continuidad C^0
7	Capitulo 3: elementos lineales de continuidad C^0
8	Capitulo 4: elementos de orden superior de continuidad C^1
9	Capitulo 4 Presentación del Trabajo Personal a realizar para aprobar la asignatura
10	Capitulo 5: representación de la geometría
11	Capitulo 5: representación de la geometría
12	Capitulo 6: integración numérica y recuperación de tensiones



13		Capítulo 7: bases matemáticas del método de elementos finitos
14		Defensa del Trabajo Personal
15		Recuperatorio

Trabajo Practico N° 1: Formulación matemática del método de elementos finitos.

Trabajo Practico N° 2: Formulación simbólica del método de elementos finitos.

Laboratorio N° 1: Empleo del software ABAQUS para modelar problemas con elementos lineales de continuidad C^0 .

Laboratorio N° 2: Empleo del software ABAQUS para modelar problemas con elementos de orden superior de continuidad C^1 .

Laboratorio N° 3: Empleo del software ABAQUS para modelar problemas estructurales con geometría compleja.

Laboratorio N° 4: Empleo del software ABAQUS para estudiar casos de convergencia y errores en el modelado de problemas estructural.

Presentación del Trabajo Personal a realizar para aprobar la asignatura.

Consultas para la realización del Trabajo Personal a realizar para aprobar la asignatura.

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA Y DE CONSULTA ESPECIFICANDO EL EJE TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA:

Título	Autor/es	Editorial	Año Edición	N°	Eje Temático
Cálculo de estructuras por el método de los elementos finitos. Análisis estático lineal V. 1	E. Oñate	CIMNE UPC	2016	0	Cap 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
El método de los elementos finitos. Formulación básica y problemas lineales V. 1 - 4a. ed.	Zienkiewicz, O.C Taylor, R. L.	Mc Graw Hill	1994	3	Cap 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Calculo de estructuras por el método de elementos finitos: análisis estático lineal - 2a. ed.	E. Oñate	CIMNE UPC	1995	2	Cap 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7



CALSEF : programa para calculo estático lineal de sólidos y estructuras por el método de elementos finitos	E. Oñate. S. Botello	CIMNE UPC	1992	2	Cap 6
Schaums theory and problems of finite element analysis	Buchanan, G. R	Mc Graw Hill	1994	1	Cap 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Notas de la conferencia: "Los elementos finitos. Según H.H. Brito	Héctor H. Brito	FI - UNRC	1990	0	Cap 7
Notas de clase del curso de postgrado: "Introducción al método de los elementos finitos"	Héctor H. Brito	FI - UNRC	1992	0	Cap 7
Notas de clase del curso de postgrado: "Notas introductorias al método de elementos finitos"	Fernando Basonbrío Marcelo Venere	IB CAB	1997	0	Cap 7
Notas de clase del curso de postgrado: "Teoría general del método de los elementos finitos"	Aníbal Mirasso	FI - UNRC	1997	0	Cap 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Notas de clase del curso de postgrado: "Teoría general del método de los elementos finitos"	Sergio Predikman	FI - UNRC	2000	0	Cap 7

SOFTWARE UTILIZADO EN LA RESOLUCIÓN DE LOS EJERCICIOS PRÁCTICOS

MAT - fem. Learning the finite element method with MATLAB® and GID®. CIMNE - UPC. Barcelona 2012. (<http://www.cimne.com/mat-fem/>).

The Abaqus Software is a product of Dassault Systèmes Simulia Corp., Providence, RI, USA. © Dassault Systèmes, 2010. Student Edition. Por cortesía del Dr. Gustavo Sanchez Sarmiento (fallecido). KB-Eng Argentina S.R.L

HORARIO DE CLASES:

DÍA	HORARIO
Martes	13 a 16 h.
Martes	17 a 20 h.

HORARIO Y LUGAR DE CONSULTAS:

DÍA	HORARIO	LUGAR
Ing. Rodolfo Duelli	Lunes y Jueves de 14 a 16 h.	Cub. 5 Fac. Ing.
Ing. Marcos Verstraete	Martes y Miércoles de 10 a 12 h.	Oficina. 6 DTQ
Ing. Luis Ceballos	Martes y Miércoles de 10 a 12 h.	Oficina. 6 DTQ



REQUISITOS PARA OBTENER LA REGULARIDAD Y LA PROMOCIÓN:

Modalidad de evaluación

La evaluación de los conocimientos adquiridos se realiza mediante 1 (un) Trabajo Personal.

El Trabajo Personal comenzará su realización al finalizar la mitad del dictado de la asignatura, (semana 7), durante el desarrollo de las clases siguientes se interactuara con el estudiante para supervisar la evolución de su trabajo personal. En la última clase el estudiante entregará y defenderá su Trabajo Personal.

RÉGIMEN DE PROMOCIÓN Y REGULARIZACIÓN

1. Condiciones para **PROMOCIÓN**:

- **Asistencia:** asistir al 80% de la totalidad de las clases.
- **Ejercicios Prácticos:** realizar en tiempo y forma y aprobar el 80% de los ejercicios prácticos.
- **Evaluaciones:**
 1. La evaluación de los conocimientos adquiridos se realiza mediante 1 (un) Trabajo Personal.
 2. **Calificación:** la nota final es el promedio de las notas de los ejercicios prácticos y del Trabajo Personal.
 3. **Recuperatorio:** Si la nota obtenida en el Trabajo Personal es inferior a 7 (siete) e igual o mayor que 5 (cinco), el estudiante rendirá un coloquio sobre el Trabajo Personal realizado para promocionar. La nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida. El recuperatorio se realizará en la fecha establecida para tal fin.

2. Régimen de estudiante **REGULAR**:

- a. **Asistencia:** asistir al 80% de la totalidad de las clases.
- b. **Ejercicios Prácticos:** realizar en tiempo y forma y aprobar como mínimo el 70% de los ejercicios prácticos.
- c. **Evaluaciones:**
 1. La evaluación de los conocimientos adquiridos se realiza mediante 1 (un) Trabajo Personal
 2. **Calificación:** la nota final es el promedio de las notas de los ejercicios prácticos y del Trabajo Personal.
 3. **Recuperatorio:** Si la nota obtenida en el Trabajo Personal es inferior a 5 (cinco), el estudiante rendirá un coloquio sobre el trabajo personal realizado para regularizar. La nota del recuperatorio **reemplaza** la nota anterior obtenida.



d. **Aprobación de la materia:** El examen consta de una parte práctica y de una teórica:

1. La **parte práctica** consiste en resolver un ejercicio similar a los realizados durante el cursado de la asignatura.
2. La **parte teórica** tiene las características del coloquio sobre el trabajo personal

Examen en condición de estudiante libre:

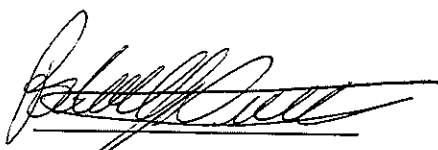
El estudiante libre puede rendir en los turnos de exámenes finales fijado por el Calendario de Actividades Académicas de Grado aprobado por el C.D. El examen final correspondiente a la condición de estudiante libre que consiste en:

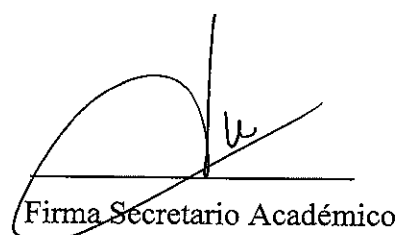
- a. Un **examen práctico escrito** de resolución de problemas sobre los temas del programa vigente de la asignatura.
- b. Un **examen teórico práctico** que consiste en desarrollar en forma escrita: demostraciones, y respuesta de preguntas en forma concreta y precisa, sobre los temas del programa vigente de la asignatura.
- c. Un **examen teórico oral** donde al estudiante se le asignaran como mínimo tres temas del programa de la asignatura. El estudiante desarrollará, explicará, demostrará, y fundamentará; utilizando la pizarra y la explicación oral, en forma consecutiva todos los temas asignados.

CARACTERÍSTICAS, MODALIDAD Y CRITERIOS DE LAS INSTANCIAS EVALUATIVAS, INCLUYENDO EXAMEN FINAL, ESTABLECIENDO TIEMPOS DE CORRECCIÓN DE LAS MISMAS Y LA DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES:

EXÁMENES PARCIALES				
INSTANCIA EVALUATIVA	CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD	TIEMPO DE CORRECCIÓN	TIEMPO DE DEVOLUCIÓN A LOS ESTUDIANTES
Coloquio Integrador	Teórico y Practico	Escrito y Oral	15 días hábiles	15 días hábiles
Recuperatorio	Teórico y Practico	Escrito y Oral	15 días hábiles	15 días hábiles

EXAMENES FINALES	
CARACTERÍSTICAS	MODALIDAD
Practico y Teórico	Escrito y Oral


Firma Docente Responsable


Firma Secretario Académico