Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires

# PROGRAMA ANALÍTICO

**Departamento:** Ingeniería Química

**Carrera:** Ingeniería Química

**Nombre de la actividad curricular:** Cálculo por Elementos Finitos

**Área:** Ingeniería Química

**Bloque:** Complementarias

**Nivel: III**

**Tipo:** Electiva

**Modalidad:** Cuatrimestral

**Carga Horaria total:** H. Reloj: 60 H. Cátedra: 80

**Carga horaria semanal:** H. Reloj: 4 H. Cátedra: 5

## FUNDAMENTACIÓN

La búsqueda de Modelos Matemáticos que representen con más exactitud al fenómeno físico bajo estudio en ingeniería es un desafío permanente, y a la vez estos son cada vez más elaborados y complejos, lo que hace que haya que recurrir a métodos de Cálculo Numérico que conducen a soluciones aproximadas del problema pertinente. Las ecuaciones diferenciales están presentes en la mayoría de los Modelos mencionados y la complejidad en la resolución de estas se hace más notoria cuanto más real es el modelo. El Método de Elementos Finitos suministra una herramienta que permite resolver problemas muy complejos en forma aproximada y con una exactitud notable lo que lo hace tan popular y tan difundido en la actualidad.

## OBJETIVOS

- Tomar conciencia del valor utilitario de la Matemática para resolver problemas básicos de la Ingeniería.
- Concebir a la Matemática como una práctica social de argumentación, defensa, formulación y demostración.
- Comprender el concepto del Modelo Matemático y saber identificar la necesidad de utilización de un método numérico.
- Diferenciar entre una solución analítica y numérica del problema.
- Comprender el concepto de Elemento Finito y distinguir los tipos de elementos
- Escoger del modelo empleado de acuerdo al problema a resolver

## CONTENIDOS

### Contenidos analíticos

**UNIDAD I: SIMULACIÓN Y MODELOS MATEMÁTICOS**

Modelos matemáticos en ingeniería, características de un modelo. Distintos tipos de modelo. Simulación computacional. Noción de Algoritmo. Tiempos de procesamiento.
Introducción a la utilización de software de simulación numérica.

**UNIDAD II: REVISIÓN DE ALGUNOS CONCEPTOS DE CÁLCULO NUMÉRICO**

Interpolación polinomial. Método de Lagrange. Integración numérica. Fórmulas de cuadratura. Fórmulas de Newton-Cotes y de Gauss. Resolución de problemas de valor inicial en forma numérica. Métodos de paso simple y de multipaso implícitos y explícitos.

**UNIDAD III: MÉTODOS PARA LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE CONTORNO.**

Revisión de concepto de problema de contorno. El método de diferencias finitas. Algoritmos y análisis de errores. Aplicación a problemas de Fenómenos de Transporte. Método de Residuos Ponderados. Método de colocación. Método de subdominios. Método de Galerkin. Método de mínimos cuadrados. Método general, Petrov-Galerkin. Principios variacionales. El método de Rayleigh-Ritz.

**UNIDAD IV: EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS APLICADO A PROBLEMAS ESTACIONARIOS**

Método de Elementos finitos unidimensionales en problemas estacionarios (1D) Generalización del método de Galerkin. Elementos Isoparamétricos. Ejemplos de aplicación a problemas difusivos. Simulación por computadora y visualización de las soluciones. Método de Elementos finitos aplicado a problemas bidimensionales y tridimensionales (2D y 3D). Elementos Isoparamétricos. Condiciones de convergencia. Aplicación a la resolución de problemas de elasticidad, fluidos y transferencia de calor.

**UNIDAD V: EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS APLICADO A PROBLEMAS TRANSITORIOS**

Método de elementos finitos aplicados a problemas transitorios. Reducción de las ecuaciones en derivadas parciales a problemas de valor inicial. Métodos Implícitos-Explícitos de resolución. Análisis de la estabilidad de los distintos métodos.

**UNIDAD VI: EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS APLICADO A PROBLEMAS DE CONFECCIÓN-DIFUSIÓN**

Método de elementos finitos aplicados a problemas que involucren términos conectivos y difusivos en sus ecuaciones diferenciales. Formulación de Galerkin. Inestabilidades y oscilaciones numéricas. Método de Petrov Galerkin. Método de Galerkin least squares.

Problemas estacionarios y transitorios. Aplicación a problemas de fluidos transferencia de temperatura.

**UNIDAD VII: OTROS TÓPICOS DE INTERÉS**
Elementos basados en interpolación de velocidades. Bloqueo. Elementos basados en interpolación de velocidades y presión. Elementos estructurales. Elementos basados en interpolación mixta.

**DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS**

| **Tipo de actividad** | **Carga horaria total en hs. reloj** | **Carga horaria total en hs. cátedra** |
|---|---|---|
| **Teórica** | 30 | 40 |
| **Formación Práctica** | 30 | 40 |
| **Tipo de actividad** | **Carga horaria total en hs. reloj** | **Carga horaria total en hs. cátedra** |
| Formación experimental | 0 | 0 |
| Resolución de problemas | 30 | 40 |
| Proyectos y diseño | 0 | 0 |
| Práctica supervisada | 0 | 0 |

**ESTRATEGIAS METODOLÓGICAS**

a) **Modalidades de enseñanza empleadas según tipo de actividad (teórica-práctica)**

La metodología empleada para el desarrollo de la asignatura será de tipo teórico práctico fomentando la participación de los alumnos en la construcción de los contenidos a partir de la necesidad de modelizar un fenómeno físico determinado por el método de elementos finitos. La parte práctica se dividirá en tres partes. La primera consiste en formular el modelo para cada problema en cuestión ya sea un problema de estructuras como de fluidos etc. Este modelo es teórico por lo que requerirá un desarrollo en "lápiz y papel". La segunda consiste en la resolución de problemas en lápiz y papel, mientras que la tercera consiste en la utilización de software de tipo simbólico y numérico para la realización de trabajos prácticos de simulación y calculo en PC.

b) **Recursos didácticos para el desarrollo de las distintas actividades (guías, esquemas, lecturas previas, computadoras, software, otros)**

La aplicación de la tecnología educativa se desarrolla a lo largo de toda la materia ya que para las clases teóricas se utilizara cañón y PC para proyectar las presentaciones. Además las prácticas se realizaran en el laboratorio de diseño asistido del departamento de Mecánica. Los Software utilizados serán Matemática, Matlab y Femlab.

**EVALUACIÓN**

Modalidad (tipo, cantidad, instrumentos)

La evaluación de los conocimientos adquiridos se lleva a cabo a través de 2 exámenes parciales teórico- prácticos, que integran los temas desarrollados en el período que abarcan. El primer parcial consiste en una evaluación escrita de 3 hs de duración aproximadamente, donde se evalúan las unidades temáticas 1 y 2. El segundo parcial consiste en una evaluación escrita de 3hs de duración aproximadamente, donde se evalúan las unidades temáticas 3 a 6, además se le pide al alumno dos informes de laboratorio que consiste en la presentación de una serie de ejercicios que deben realizarse con las herramientas computacionales Mathemática y Matlab respectivamente, donde se evalúan todas las unidades de la asignatura, y el manejo de un software de cálculo simbólico como Mathemática, y otro de cálculo numérico que es Matlab.

Habiendo aprobado los parciales y habiendo firmado los trabajos prácticos el alumno debe pasar la instancia del examen final. La metodología propuesta para el examen final consiste en que tenga la opción de elegir entre dar un examen escrito donde se evaluarán los contenidos de la cursada mediante ejercicios integradores de los conceptos, o la realización de un trabajo de modelización matemática que permita integrar los contenidos de la materia con tópicos de aplicación en Ingeniería Química que involucren modelos matemáticos de sistemas donde sea necesario aplicar conceptos de la materia.
El método de evaluación se informa en la presentación de la asignatura. La accesibilidad a los resultados de las evaluaciones, como complemento del proceso de enseñanza aprendizaje esta garantizado por las Resoluciones N° 2352/03 y 1862/02 del Consejo Directivo de la FRBA

**Requisitos de regularidad**

Aprobar las instancias de exámenes parciales, los trabajos prácticos de laboratorio y contar con el porcentaje de asistencia requerido por la reglamentación vigente.

**Requisitos de aprobación.**

Aprobar el examen final.

**Requisitos de promoción.**

Esta asignatura se encuadra dentro de la modalidad de "Nivel de exigencia equivalente", esto significa que la manera en la que los temas son abordados en cada instancia de evaluación resulta mayormente diferente. Para poder aspirar a la Aprobación Directa, el estudiante deberá satisfacer lo estipulado a continuación:

· Aprobar el primer parcial y el segundo parcial con 8 (OCHO) o más puntos (con una cantidad de recuperatorios permitidos de 1 (UNO) en total - poniendo en juego la calificación obtenida previamente (en caso que tuviera el parcial aprobado (notas 6 o 7) en primera instancia)

· Entregar los informes de laboratorio mencionados anteriormente con todos los contenidos solicitados y fechas de entregas estipuladas.

**ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS**

Pese a ser una materia electiva es de destacar que, en cuanto a la articulación vertical suministra las herramientas matemáticas para la resolución aproximada de ecuaciones diferenciales que surgen de los modelos que se estudiarán en las asignaturas Fenómenos de Transporte, Ingeniería de las Reacciones Químicas y Tecnología de la Energía Térmica por el tipo de problemas que se modelarán, ya que entre los problemas difusivos se estudiará la ecuación del calor y entre los convectivos, los de fluidos, así también se estudiarán ecuaciones de conservación. Además, suministra las herramientas del Análisis Numérico y Simulación que contribuyen a un mejor desarrollo y comprensión de algunos tópicos de las asignaturas que se utilizaran a lo largo de toda la carrera.
El docente participará de reuniones inter cátedras convocadas por el Departamento, a fin de generar acuerdos temáticos y de metodologías que faciliten la articulación horizontal y vertical entre las distintas asignaturas.

## CRONOGRAMA ESTIMADO DE CLASES

| Unidad Temática | Duración en hs cátedra |
|---|---|
| 1 | 8 |
| 2 | 20 |
| 3 | 8 |
| 4 | 8 |
| 5 | 12 |
| 6 | 12 |
| 7 | 12 |

**BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA**


- Bathe, K.- J. (2007). Finite element procedures. Prentice Hall.
- Brenner, S. C., & Scott, L. R. (2008). *The mathematical theory of finite element methods.* Springer.
- Cook, R. C., Malkus, D. S. , & Plesha, M. E. (1989). *Concepts and applications of finite element analysis*. John Wiley & Sons, Inc.
- Felippa, C. A. (2004). *Introduction to finite element methods*. Department of Aerospace Engineering Sciences and Center for Aerospace Structures. University of Colorado.
- Huebner, K. H., Dewhirst, D. L., Smith, D. E. , & Byrom, T. G. (2001). *The finite element method for engineers*. John Wiley & Sons, Inc.
- Hughes,T. J. R. (2000). *The finite element method. linear static and dynamic finite element analysis*. Dover Publications Inc.
- Nikishov, G. P. (2004). *Introduction to the finite element method.* University of Aizu.
- Vázquez, M. y López, E. (2001). *El método de los elementos finitos aplicado al análisis estructural*. Editorial Noela.
- Zienkiewicz, O. C. , & Morgan, K. (2006). *Finite elements and approximation*. Dover Publications Inc.