



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

PROGRAMA ANALÍTICO DE ASIGNATURA

DEPARTAMENTO: Ingeniería Química

CARRERA: Ingeniería Química

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD CURRICULAR: Cálculo por elementos finitos

Año Académico: 2023

Área: Especialidad

Bloque: Tecnologías Básicas

Nivel: 4

Tipo: Electiva

Modalidad: Cuatrimestral

Cargas horarias totales:

<i>Horas reloj</i>	<i>Horas cátedra</i>	<i>Horas cátedra semanales</i>
60	80	5

FUNDAMENTACIÓN

El Ingeniero Químico debe estar capacitado para la búsqueda y desarrollo de modelos matemáticos que representen con más exactitud los fenómenos físicos bajo estudio, lo que constituye un desafío permanente ya que muchos problemas son muy elaborados y requieren de modelos con un alto nivel de dificultad. Por ejemplo, en muchos casos los problemas de transferencia de calor y física de fluidos se representan por ecuaciones que no permiten simplificaciones y es ahí donde las herramientas matemáticas, que sólo involucran procedimientos analíticos, ya no son aplicables. En los fenómenos de transporte se presentan algunos de estos casos que, además, involucran términos no



lineales. En tales situaciones es donde el futuro ingeniero debe identificar la necesidad de utilizar un modelo numérico aproximado para hallar la solución. La asignatura brinda las herramientas necesarias para la correcta selección del modelo numérico a implementar y el estudio de validez del mismo. El método de elementos finitos suministra una serie de estrategias que permiten formular y resolver problemas muy complejos en forma aproximada y con una exactitud aceptable. Dichas características hacen al método tan popular y tan difundido en la actualidad.

Otro aspecto importante en el futuro ingeniero es la interpretación de los algoritmos computacionales y el estudio de su consistencia, es por eso que se contempla en la asignatura el desarrollo de diferentes tipos de algoritmos y el análisis de su convergencia. La asignatura presenta otras herramientas de carácter más integrador que son aplicables a diferentes problemáticas en Ingeniería Química.

COMPETENCIAS DE EGRESO ESPECÍFICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

Competencia	Competencias de Actividades reservadas			Competencias de Alcances
	Alta	Media	Baja	
CE1 (COMPETENCIA ESPECÍFICA 1) Identificar, formular y resolver problemas relacionados a productos, procesos, sistemas, instalaciones y elementos complementarios correspondientes a la modificación física, energética, fisicoquímica, química o biotecnológica de la materia y al control y transformación de emisiones energéticas, de efluentes líquidos, de residuos sólidos y de emisiones gaseosas incorporando estrategias de abordaje, utilizando diseños experimentales cuando sean pertinentes, interpretando físicamente los mismos, definiendo el modelo más adecuado y empleando métodos apropiados para establecer relaciones y síntesis			X	



COMPETENCIAS DE EGRESO GENÉRICAS A LAS QUE CONTRIBUYE:

<i>Competencia</i>	<i>Alta</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>
CT1 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 1) Identificar, Formular y resolver problemas de Ingeniería		X	
CT4 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA TECNOLÓGICA 4) Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación de la ingeniería.		X	
CS6 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 6) Desempeñarse de manera efectiva en equipos de trabajo.			X
CS7 (COMPETENCIA GENÉRICA ► COMPETENCIA SOCIAL, POLÍTICA Y APTITUDINAL 7) Comunicarse con efectividad.			X

OBJETIVOS (APRENDIZAJE/LOGROS A ALCANZAR)

- Identificar el valor utilitario de la Matemática para resolver problemas básicos de la Ingeniería.
- Comprender el concepto de Modelo Matemático para poder desarrollar y analizar modelos en la vida profesional.
- Saber identificar la necesidad de utilización de un método numérico con el fin de aplicarlo en diferentes asignaturas de la carrera
- Diferenciar entre una solución analítica y numérica del problema y poder calcular errores.
- Formular los métodos de diferencias finitas para hallar soluciones a problemas estacionarios y transitorios.



- Interpretar el concepto de Elemento Finito y distinguir los tipos de elementos con el fin de poder seleccionarlos a la hora de aplicarlos a un problema real.
- Identificar el modelo más adecuado para optimizar el problema a resolver.

CONTENIDOS

Contenidos mínimos

- Interpolación e Integración numérica.
- Problemas de valor inicial.
- Método de Diferencias Finitas
- Método de Elementos Finitos.

Contenidos analíticos

Unidad Temática 1: Simulación y Modelos Matemáticos

Introducción a los Modelos matemáticos en ingeniería, Identificación de las características de un modelo. Clasificación de modelos de acuerdo a su naturaleza. Introducción a la simulación computacional Presentación de Algoritmos. Análisis de tiempos de procesamiento. Introducción a la utilización de software de simulación numérica.

Unidad Temática 2: Revisión de Algunos Conceptos de Cálculo Numérico

Introducción a la Interpolación polinomial y sus aplicaciones. Aplicación de los cambios de base y estudio de Bases de Lagrange. Introducción a la Integración numérica como aplicación de la Interpolación polinomial. Estudio de las fórmulas de cuadratura de Newton-Cotes y de Gauss. Resolución de problemas de valor inicial en forma numérica. Introducción a los métodos de paso simple y de multipaso implícitos y explícitos.

Unidad Temática 3: Métodos para la Resolución de Problemas de Contorno.

Clasificación de problema de contorno y condiciones de borde. Introducción al método de diferencias finitas. Estudio de algoritmos y análisis de errores. Formulación de



métodos explícitos e implícitos. Aplicación a problemas de Transferencia de Calor, Convección, Difusión y Ondas.

Unidad Temática 4: Introducción al Método de Elementos Finitos

Definición de Formulación Débil de un problema. Introducción a la Derivada débil. Presentación de los métodos de Residuos Ponderados y colocación. Introducción al método de subdominios. Introducción a los Principios variacionales. Aplicaciones. Estudio de funciones de forma. Formulación matemática.

Unidad Temática 5: El Método de Elementos Finitos Aplicado a Problemas

Estacionarios

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

Unidad Temática 6: El Método de Elementos Finitos Aplicado a Problemas

Transitorios

Aplicación del método de elementos finitos a problemas transitorios. Reducción de las ecuaciones en derivadas parciales a problemas de valor inicial. Aplicación de los métodos Implícitos y Explícitos de resolución de problemas. Análisis de la estabilidad de los distintos métodos.

Unidad Temática 7: El Método de Elementos Finitos Aplicado a Problemas No Lineales

Formulación de Problemas no lineales. Estrategias de linealización y rango de validez. Aplicación del método de elementos finitos a problemas que involucren términos convectivos y difusivos en sus ecuaciones diferenciales. Formulación de Galerkin.



Estudio de inestabilidad y oscilaciones numéricas. Presentación de los métodos de Petrov Galerkin y de Galerkinleastsquares.

Unidad Temática 8: Otros Tópicos de Interés

Estudio de elementos basados en interpolación de velocidades. Introducción al concepto de bloqueo. Estudio de elementos basados en interpolación de velocidades y presión y elementos estructurales. Introducción a la interpolación mixta.

DISTRIBUCIÓN DE CARGA HORARIA ENTRE ACTIVIDADES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS

Modalidad organizativa de las clases	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj virtuales totales	Horas totales
Teórica	30	0	30
Formación práctica	30	0	30

Tipo de prácticas	Horas Reloj totales presenciales	Horas reloj totales virtuales	Lugar donde se desarrolla la práctica
Formación experimental	15	0	Laboratorio de Simulación de Procesos
Problemas abiertos de Ingeniería (ABP)	0	0	-
Proyecto y diseño	0	0	-
Problemas estructurados	15	0	Aula
Práctica supervisada	0	0	-
Total de horas	30	0	30



ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE

La metodología empleada para el desarrollo de la asignatura consiste en el dictado de clases de tipo teórico práctico fomentando la exposición dialogada (CS7) y la participación los alumnos, junto a la construcción de los contenidos a partir de la necesidad de modelizar un fenómeno físico determinado por el método numérico estudiado. La parte práctica se dividirá en tres partes. La primera consiste en formular el modelo para cada problema en cuestión (CT1, CE1), la segunda parte consiste en la resolución de problemas aplicando el modelo seleccionado en el paso anterior (CT4, CE1) y la tercera parte consiste en la utilización de software de tipo simbólico y numérico para la realización de trabajos prácticos de simulación y cálculo en PC. (CT4)

La aplicación de la tecnología educativa se desarrolla a lo largo de toda la materia ya que para las clases teóricas se utilizará cañón y PC para proyectar las presentaciones. El Software utilizado será Octave que además de ser un software libre posee la capacidad de procesamiento necesaria para abordar las estrategias estudiadas.

Se desarrollan dos trabajos prácticos de laboratorio computacional en el Laboratorio de Simulación de Procesos. El primer trabajo práctico vincula interpolación, integración numérica y problemas de valor inicial. El segundo aborda Elementos Finitos. Ambos trabajos prácticos se desarrollan en forma domiciliaria y en grupos de a lo sumo 3 (TRES) integrantes (CS6).

MODALIDAD DE EVALUACIÓN

El dictado de la asignatura es cuatrimestral por lo que se han establecido 2(DOS) evaluaciones parciales y 2(DOS) trabajos prácticos de simulación mediante software. La primera evaluación parcial incluye las Unidades Temáticas 1 a 3, mientras que la segunda evaluación parcial aborda las Unidades Temáticas 4 a 8.

Requisitos de aprobación directa (Promoción)

Para acceder a la promoción el estudiante deberá aprobar ambos parciales con nota mayor o igual a ocho (8) pudiendo recuperar sólo uno de ellos reemplazando



indefectiblemente la calificación obtenida previamente en caso que tuviera el parcial aprobado con nota menor que ocho (8) en primera instancia. Asimismo, deberá aprobar los dos (2) trabajos prácticos mencionados anteriormente.

Por último, deberá contar con el porcentaje de asistencia según lo establecido por la normativa institucional vigente.

Requisitos de regularidad

El alumno que apruebe las instancias de evaluaciones parciales con nota igual o superior a seis (6) e inferior a ocho (8), los trabajos prácticos mencionados y cuente con el requisito de asistencia necesario según lo establecido por la reglamentación vigente, aspira a la regularización de la asignatura

Asimismo, cuenta con dos instancias de recuperación por cada una de las evaluaciones parciales, tal como lo especifica el Reglamento de Estudios vigente.

Requisitos de Aprobación

Para aquellos alumnos que no hayan promocionado la asignatura, la propuesta de evaluación final consiste en la realización de un trabajo práctico integrador en donde el estudiante deberá desarrollar, modelizar y simular algún problema de aplicación cuyo modelo matemático involucra herramientas tratadas en la asignatura.

Dicho trabajo deberá ser defendido por el alumno en la correspondiente instancia de examen final. Se aprobará con una calificación mayor o igual a 6 (seis) puntos.

ARTICULACIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL CON OTRAS MATERIAS

En cuanto a la articulación vertical, un aspecto a destacar de la asignatura es que suministra las herramientas matemáticas para la comprensión de los modelos que se estudiarán en las asignaturas Ingeniería de las Reacciones Químicas y Tecnología de la Energía Térmica debido al tipo de problemas que abordan, ya que entre los problemas difusivos se estudiará la ecuación del calor y entre los convectivos, los de fluidos, asimismo, se estudiarán ecuaciones de conservación.



Por otro lado, se desarrollan las herramientas del Análisis Numérico y Simulación que contribuyen a un mejor análisis y comprensión de algunos tópicos que se utilizarán en diferentes asignaturas a lo largo de toda la carrera.

Los docentes participarán de reuniones intercátedras 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

Clase	Tema	Modalidad de dictado (presencial/virtual)
1	Modelos Matemáticos Simulación	Presencial
2	Interpolación. Integración Numérica	Presencial
3	Problemas de Valor Inicial. Métodos de Paso Simple.	Presencial
4	Problemas de Valor Inicial. Métodos Multipaso	Presencial
5	Algoritmos en OCTAVE. Programación de Métodos. Simulación de Problemas	Presencial
6	Problemas de Contorno. Método de Diferencias Finitas Explícito	Presencial
7	Método de Diferencias Finitas Implícito. Método Tita. Problemas de Transferencia de Calor	Presencial
8	Problemas de Convección-Difusión-Advección. Algoritmos y Programación en OCTAVE. Simulación de problemas reales.	Presencial
9	Primera evaluación Parcial	Presencial
10	Introducción al método de Elementos Finitos. Formulación	Presencial



	Débil. Método de Galerkin. Residuos Ponderados. Funciones de Forma.	
11	Problemas Estacionarios. Elementos Isoparamétricos. Elementos lineales y Cuadráticos. Problemas 2D y 3D	Presencial
12	Algoritmos y Programas en OCTAVE. Modelado y Simulación computacional.	Presencial
13	Problemas Transitorios. Reducción a un problema de valor inicial. Métodos Explícitos e Implícitos.	Presencial
14	Problemas no lineales. Inestabilidades. Problemas Térmicos y de Fluidos.	Presencial
15	Interpolación Presión-Velocidades. Disposición de nodos. Bloqueo.	Presencial
16	Segunda evaluación Parcial	Presencial

BIBLIOGRAFÍA OBLIGATORIA

- Bathe, K. J. (2006). *Finite element procedures*. Klaus-Jurgen Bathe.
- Chandrupatla, T., & Belegundu, A. (2021). *Introduction to finite elements in engineering*. Cambridge University Press.
- Kwon, Y. W., & Bang, H. (2018). *The finite element method using MATLAB*. CRC press.
- Medina, R., SALAS, M., LUCO, R., & BERTRAM, V. (2017). *Análisis de Estructuras Navales mediante el método de elementos finitos*. *Síntesis Tecnológica*, 2(1), 27-36.
- Reddy, J. N. (2019). *Introduction to the finite element method*. McGraw-Hill Education.
- Zienkiewicz, O. C. (2010). *El método de los elementos finitos*. Reverté.



*Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional Buenos Aires*

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- Chandrupatla, T. R., Belegundu, A. D., & Young, G. O. (1999). *Elemento Finito en Ingeniería*. Pearson, Ed. Prentice hall.
- De Souza, R. M. (2003). *O método dos elementos finitos aplicado ao problema de condução de calor*. Apostila, Universidade Federal do Pará, Belém.
- Guerrero, M., Valderrabano Salazar, S. A., Campos, R., & Isasi Larrea, M. A. (1999). *Aplicación del método de elemento finito al análisis nodal*. *Ingenierías*, 2(3), 49-55.