

DENOMINACIÓN

DINÁMICA DE FLUIDOS COMPUTACIONAL

FUNDAMENTACIÓN

Esta asignatura corresponde al campo de las tecnologías básicas en el área aeroespacial, estando presente en el trayecto de aerodinámica y fluidos. Presenta como lineamientos generales complementar la formación del maestrando en el campo de los fundamentos matemáticos de los esquemas numéricos utilizados en la resolución de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que gobiernan el flujo de fluidos. La demanda de personal calificado se incrementa permanentemente debido al crecimiento de la actividad aeroespacial año a año situación que obliga a poner énfasis en la formación de los profesionales necesarios para atenderla.

La mayor complejidad de la dinámica de objetos aeroespaciales en flujos como así también la de los sistemas que los componen requieren una formación cada vez más específica y especializada siendo las casas de altos estudios las mejor preparadas para asumir la responsabilidad de la enseñanza y dominio del conocimiento necesario para mantener los altos niveles de seguridad exigidos para la actividad aeroespacial.

OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA

- Conocer las diferentes etapas involucradas en la modelización numérica de un problema de ingeniería.
- Comprender los desarrollos y fundamentos matemáticos presentes en la derivación de los diferentes esquemas numéricos.
- Identificar las características más importantes de los principales esquemas numéricos utilizados en la Dinámica de Fluidos Computacional.
- Implementar computacionalmente esquemas numéricos para resolver problemas de flujo en diferentes condiciones.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación del profesional a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.

CONTENIDOS

UNIDAD 1: Conceptos iniciales y ecuaciones de gobierno

1.1 Definiciones y conceptos iniciales: Etapas de una simulación numérico (preproceso, resolución y postproceso). Aspectos generales de la Dinámica de Fluidos Computacional. Concepto de discretización. Elementos de la discretización (malla, nodo, celda). 1.2 Ecuaciones de gobierno del flujo: Conservación de la masa, cantidad de movimiento y energía. Relaciones termodinámicas. Ecuaciones de Navier-Stokes para un fluido newtoniano. Forma diferencial, integral y conservativa de las ecuaciones de gobierno. Condiciones de contorno físicas de las ecuaciones de flujo. 1.3 Propiedades de las ecuaciones de gobierno: Clasificación según su naturaleza física y matemática. Propiedades matemáticas de las ecuaciones diferenciales. Generalidades de los sistemas hiperbólicos, parabólicos y elípticos. Casos particulares de las ecuaciones de flujo.

UNIDAD 2: Introducción general a la discretización de ecuaciones en derivadas parciales

2.1 El método de diferencias finitas: Aproximación discreta de la derivada de una función. Error de truncamiento y orden de la aproximación numérica. Esquemas explícitos y esquemas implícitos. Tratamiento numérico de las condiciones de contorno. 2.2 Propiedades de los métodos numéricos: Convergencia, consistencia y estabilidad. Teorema de equivalencia de Lax. Análisis de estabilidad de von Neumann. Precisión de la solución, definición de errores. Monotonicidad. Teorema de Godunov. 2.3 Solución numérica mediante el método de diferencias

finitas: Ecuación de difusión. Ecuación de advección. Condición CFL. Esquemas upwind. Viscosidad artificial. Solución de problemas mixtos. 2.4 Métodos de integración temporal: El método de las líneas. Propiedades de los esquemas numéricos para ecuaciones diferenciales ordinarias. Concepto de rigidez de un problema de valores iniciales. Métodos lineales de pasos múltiples. Métodos de Runge-Kutta. Métodos de pasos fraccionados.

UNIDAD 3: Técnicas de discretización espacial de las ecuaciones de flujo

3.1 Métodos de residuos ponderados: Método de colocación puntual, colocación por subdominios y método de Galerkin. Definición de las funciones de prueba. Forma débil del problema de residuos ponderados. Método de Elementos Finitos. Técnicas de estabilización. 3.2 Métodos conservativos: Propiedad de conservación de los esquemas numéricos. Método de Volúmenes Finitos. Definición del flujo numérico. Esquemas lineales. Esquemas no lineales, funciones limitadoras y esquemas TVD. Esquemas tipo Godunov. Conexión entre los distintos métodos de discretización espacial.

UNIDAD 4: Introducción a la simulación numérica de flujo incompresible

4.1 Ecuaciones de gobierno del flujo incompresible: Propiedades matemáticas de las ecuaciones de Navier-Stokes incompresibles. Acoplamiento velocidad-presión. Ecuación de Poisson para la presión. 4.2 Esquemas basados en presión: Discretización de la ecuación de cantidad de movimiento. Mallas colocadas y mallas staggered. El algoritmo SIMPLE. Ecuación de corrección para la presión. Variantes del algoritmo SIMPLE. El algoritmo PISO. Extensión a problemas de flujo no estacionario.

UNIDAD 5: Introducción a la simulación numérica de flujo compresible

5.1 Sistemas hiperbólicos no lineales: Propiedades de los campos característicos. Ondas no lineales. Formación de choques. Ondas de expansión. Condición de entropía. Condiciones de Rankine-Hugoniot. Invariantes de Riemann generalizados. 5.2 Ecuaciones de gobierno del flujo compresible: Ecuaciones de Euler. Propiedades matemáticas de las ecuaciones de Euler. Ondas de expansión, ondas de choque y discontinuidades de contacto. Problema del tubo de choque. 5.3 Solución numérica de las ecuaciones de Euler: Esquemas upwind de primer orden. Esquema de Godunov de primer orden. Reconstrucción tipo MUSCL. Método flux vector splitting. Soluciones aproximadas del problema de Riemann.

ACTIVIDADES PRÁCTICAS

Las actividades prácticas previstas para esta asignatura están dirigidas fundamentalmente a la implementación computacional de los esquemas numéricos más importantes que se presentan a lo largo del curso. Se prevé que el docente introduzca cada una de las actividades en clase, promoviendo la participación de los maestrandos, para que luego éstos desarrollen el trabajo en forma particular (no presencial). Se realizarán cinco actividades prácticas, una por cada unidad, cuyas consignas y fechas de entrega serán informadas al comienzo de cada una de ellas, de modo que los maestrandos tengan tiempo suficiente de completar el trabajo en el tiempo estipulado. Los temas tentativos para estas actividades son los siguientes:

- Actividad 1: Caracterización matemática de las ecuaciones de flujo.
- Resolución numérica de ecuaciones lineales en dominios unidimensionales.
- Implementación numérica del esquema de volúmenes finitos y/o elementos finitos de alto orden.
- Implementación numérica de los algoritmos SIMPLE y PISO.
- Solución numérica de flujo compresible en dominios unidimensionales.

METODOLOGÍA

La metodología de enseñanza para esta asignatura se plantea en el marco del dictado de clases teórico/prácticas.

El sistema de enseñanza es de carácter teórico-práctico, con preeminencia del método deductivo (de lo general a lo particular) al tratar la faz teórica de los temas listados en los contenidos. En la medida de lo posible, siempre se intentará lograr que las clases por su contenido y modalidad de dictado estimulen la participación de los maestrandos.

La parte teórica de las clases tiene carácter expositivo, donde el docente presenta las definiciones, conceptos y formulaciones matemáticas. La parte práctica presenta una mayor interacción, debido a que se aplica un formato de exposición dialogada, guiando a los alumnos a realizar análisis deductivos para poder hallar las soluciones a los problemas planteados, usando los conceptos desarrollados en la parte teórica. Se destaca que las clases no están formalmente divididas en teóricas y prácticas si no que, según el tema, se produce una combinación de ambos tipos.

La estructura de dictado de la asignatura consiste en una clase semanal. Además, los docentes establecen un horario de consulta por fuera del horario de clases formal, el cual tiene una extensión adecuada en función de la cantidad de maestrandos inscriptos en la asignatura.

El docente explicará a los maestrandos cómo el contenido de los temas de la presente asignatura se relaciona con los conocimientos impartidos en las demás asignaturas de su plan de estudios de manera de articular las nuevas capacidades a las ya adquiridas. Se busca con esto formar una conciencia aeroespacial en el profesional dotando al mismo de la capacidad para interpretar la fenomenología propia de la actividad.

Al comprender los fundamentos matemáticos de los esquemas numéricos utilizados en la resolución de las ecuaciones diferenciales en derivadas parciales que gobiernan el flujo de fluidos pueden analizar el comportamiento de flujos más complejos tanto incompresibles como compresibles. Así, se espera que la metodología aplicada desarrolle en el maestrando las competencias para:

- Identificar las características más importantes de los principales esquemas numéricos utilizados en la Dinámica de Fluidos Computacional.
 - Comprender los desarrollos y fundamentos matemáticos presentes en la derivación de los diferentes esquemas numéricos.
 - Conocer e interpretar las ecuaciones de fluidos incompresibles y compresibles reconociendo las limitaciones de las hipótesis simplificativas aplicadas.
- Implementar computacionalmente esquemas numéricos para resolver problemas de flujo en diferentes condiciones.
 - Plantear hipótesis válidas con la física del problema que se busca la solución.
 - Aplicar correctamente las ecuaciones necesarias y adecuadas para la resolución de problemas.
- Adquirir un nivel formativo que facilite la incorporación a grupos de trabajo dedicados a la investigación y a la aplicación industrial en áreas de la especialidad.
 - Desarrollar análisis crítico y criterio analítico sobre planteo y solución de problemas relacionados con la dinámica de fluidos.

Además, se busca que el maestrando adquiera competencias de carácter por un lado actitudinal, como el cumplimiento de responsabilidades y obligaciones y tener participación activa en las actividades prácticas, y por otro aptitudinal, como la identificación de problemas y la organización del tiempo y tareas.

EVALUACIÓN

La evaluación de esta asignatura se efectúa por medio de exámenes parciales, realización de actividades prácticas obligatorias y un examen final integrador. Para la evaluación de los contenidos teóricos se escoge el tipo de evaluación sumativa mediante 2 (dos) exámenes parciales, para los cuales se preferirá la metodología de múltiples preguntas de respuestas cortas con uno o dos ejercicios conceptuales. Además de los exámenes parciales, se exigirá la realización de 5 (cinco) trabajos prácticos, cuya temática se detalla en el apartado anterior. Cada

uno de los trabajos prácticos deberá ser entregado en forma de un informe técnico siguiendo las condiciones informadas por la cátedra y dentro de los plazos establecidos. Los maestrandos que hayan aprobado ambos exámenes parciales (con posibilidad de un recuperatorio) y la totalidad de los trabajos prácticos, acceden al examen integrador donde serán sometidos a las preguntas del tribunal en una exposición oral donde se abordan los temas más importantes de la asignatura. Los maestrandos que hayan superado todas las instancias de evaluación con nota no inferior a siete (7) en una escala de cero (0) a diez (10) (exámenes parciales, trabajos prácticos y examen integrador), habrán aprobado la asignatura con una nota igual al promedio aritmético entre los promedios correspondientes a los exámenes parciales, los trabajos prácticos obligatorios, y el examen integrador. Los maestrandos que cumplan con el 50% de las exigencias referidas a los parciales y trabajos prácticos serán considerados regulares. Los demás estarán libres.

CARGA HORARIA

Modalidad	Carga Teórica	Carga Práctica	TOTAL
Presencial	40	20	60
A distancia	-	-	-
TOTAL	40	20	60

BIBLIOGRAFÍA

- Hirsch, C. (2007). Numerical Computation of Internal and External Flow, Vol. 1: Fundamental of Computational Fluid Dynamics. Elsevier, 2nd edition, Oxford.
- Toro, E. (2009). Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics, Springer-Verlag, 3rd edition, 7th edition, Berlin.
- Versteeg, H. y Malalasekera, W. (2007). An Introduction to Computational Fluid Dynamics, Pearson Education Limited, 2nd edition, Edinburgh.