

Indice

1. Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Descripción general del trabajo	2
2. Flujo compresible. Aproximación numérica	4
2.1 Ecuaciones de movimiento	4
2.2 Ecuaciones de movimiento sin viscosidad	6
2.3 Relaciones termodinámicas	..
2.4 Formulación de Taylor Galerkin	9
2.5 Algoritmo de dos pasos	11
3. Adaptividad en una dimensión	15
3.1 Problema de advección – difusión – reacción	15
3.2 Forma variacional del problema de advección – difusión – reacción	17
3.3 Formulación de Galerkin	21
3.4 Difusividad artificial. Problema equivalente	25
3.5 Adaptividad en el problema de advección – difusión	29
4. Adaptividad en dos dimensiones	34
4.1 Estimadores <i>a posteriori</i> basados en técnicas de recuperación	34
4.2 Necesidad de un estimador direccional en problemas de flujo compresible	35
4.3 Estimador basado en Recuperación de derivada de segundo orden	35
4.4 Análisis adaptivo basado en la recuperación del Hessiano	38
4.5 Recuperación del gradiente	41
4.6 Ejemplos numéricos	44

5. Adaptividad en tres dimensiones	60
5.1 Estimador en tres dimensiones	60
5.2 Recuperación del Hessiano	62
5.3 Análisis adaptivo óptimo	64
5.4 Ejemplos numéricos	67
6. Aspectos computacionales	72
6.1 RECOVER 3D – Programa de cálculo adaptivo	72
6.2 Integración en el ciclo de adaptación	72
6.3 Algunos aspectos de diseño conceptual	74
6.4 Generación de mallas 3D	80
6.5 Formatos y manejo de la información	83
7. Conclusiones generales y trabajos futuros	85
Agradecimientos	88

numero de nodos que deben ser resueltos simultáneamente, teniendo en cuenta la correspondiente ecuación de estado. Empiezan a tomar mayor importancia los términos advection en comparación con los difusivos, aparecen fenómenos de ondas de choque, capa límite y la solución puede presentar fuertes discontinuidades que conducen a que un algoritmo que es estable, se torne levemente inestable a causa de oscilaciones no físicas. Existen numerosas herramientas diseñadas para eliminar estas oscilaciones que dan origen a los diferentes "métodos de estabilización".

Pese a estos hechos el método de elementos finitos sigue siendo una gran herramienta para resolver las ecuaciones de Navier Stokes y se encuentra en un proceso de avance continuo. Hoy en día, hablar de mallas con millones de elementos no es sorprendente, gran parte del diseño está orientado a disminuir los tiempos de cálculo, como las técnicas de paralelización.

Los problemas fuertemente direccionales exigen que la malla de cálculo esté suficientemente discretizada en las zonas que presentan discontinuidades. Es aquí donde aparecen las ventajas de usar mallas no estructuradas, particularmente útiles en geometrías complicadas. Muchas veces las mallas están demasiado discretizadas en secciones donde la solución es suave o incluso constante ocasionando un elevado costo computacional. Es aquí donde surgen las ventajas de las técnicas adaptivas. Sin embargo no es común contar con las herramientas adecuadas para la aplicación de técnicas adaptivas especialmente en lo que se refiere a generadores de mallas anisotrópicas, que es uno de los pasos que más tiempo consume en la simulación numérica.