

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental

**ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE
LIBRE EN LA SOLUCIÓN DE
ECUACIONES SHALLOW-WATER POR
ELEMENTOS FINITOS.
APLICACIONES OCEANOGRÁFICAS.**

Autor: Manuel Espino Infantes

Directores: Marc A. García

Agustín Sánchez-Arcilla

Barcelona, mayo de 1994

CAPÍTULO 8.

SÍNTESIS, CONCLUSIONES Y FUTURAS PROPUESTAS DE TRABAJO

En este trabajo, se ha puesto a punto un modelo quasi-3D en elementos finitos que resuelve las SWE estacionarias, y posteriormente se ha utilizado dicho modelo en el estudio de la circulación marina inducida por el viento en el Golfo de Sant Jordi (Mar Catalán) y en el Estrecho de Bransfield (Antártida).

El nuevo código emplea elementos isoparamétricos bilineales para la interpolación de la velocidad y constantes discontinuos para la altura de la superficie libre. Los perfiles verticales de las variables que intervienen en la formulación se reproducen mediante una serie finita de polinomios de Legendre de grado par. El punto de partida fue el código ANASTASE (Algoritmo para las ecuaciones de NAVier-STokes en Aguas Someras por Elementos finitos) que presentaba una sintomatología común a los códigos similares a él en cuanto al no cumplimiento estricto de la condición de incompresibilidad (Pelletier et al., 1989). Para corregir estos defectos, se han implementado una serie de recursos descritos en esta memoria.

En primer lugar, para evitar la acumulación de errores de redondeo debidos a los desajustes en el orden de magnitud de los diferentes términos de las SWE, responsables de la degradación de la convergencia hacia la solución incompresible, se ha propuesto una formulación adimensional de las mismas.

Después, como alternativa tanto a los métodos integrados de solución como a los de la función de penalización convencionales, se ha adoptado el algoritmo generalizado de Uzawa (Fortin y Fortin, 1985), cuyas mayores ventajas son poder usar parámetros de penalización más pequeños que con un método de "penalty" clásico y garantizar, en principio, la satisfacción de la ecuación de la continuidad con la exactitud deseada.

Por último, para poder seguir manteniendo las ventajas computacionales de la utilización de una discretización de bajo coste como la Q1/P0 empleada por ANASTASE y obtener campos de altura de la superficie libre (o presión) libres de modos espúreos, se ha implementado una técnica de estabilización iterativa que consiste en proyectar las soluciones del campo de η en cada iteración sobre un subespacio libre de modos espúreos de presión. Éste se genera a partir de la agrupación en macroelementos de los elementos de la malla original (Fortin y Boivin, 1990).

La validación del nuevo modelo, denominado ECADIS (ECuaciones ADimensionales de Shallow-water) se ha efectuado comparando sus resultados con la solución analítica o cualitativamente conocida de casos simples. En todos los casos se han obtenido buenos ajustes con la solución esperada tanto para el campo de velocidades como de alturas de superficie libre. El uso del modelo

En esta fase ha puesto de manifiesto que el empleo del algoritmo de Uzawa generalizado no permite asegurar por sí sólo el cumplimiento de la condición de incompresibilidad. La elección del lado medio de los elementos de la malla computacional empleada se presenta como un factor crítico para limitar el "error por compresibilidad" de las soluciones numéricas.

La simulación realizada para el Golfo de Sant Jordi muestra que la batimetría de la zona determina la existencia de una circulación local de tipo horario en ausencia de viento. Cuando se utilizan como "input" distribuciones de viento características interpoladas a partir de los registros de estaciones meteorológicas próximas, se advierte que el viento "deshace" o "realza" el giro según cual sea el signo de la vorticidad del campo de tensiones inducidas por el viento.

En cuanto al estudio de la circulación inducida por el viento en el Estrecho de Bransfield, el nuevo modelo ha permitido reproducir los rasgos de circulación residual que se conocían parcialmente. Considerando como sollicitación un "viento climatológico a corto plazo" representativo del verano austral, calculado a partir de los datos del "Wind Scatterometer" del ERS-1, concluimos que sólo sobre la plataforma continental de la Península Antártica es el viento quien determina el sentido de la corriente, mientras en el resto del área de estudio la componente geostrófica es la parte predominante en el flujo residual.

Esta memoria está contenida dentro de una línea de actividad iniciada en el Laboratorio de Ingeniería Marítima de la UPC hace varios años, por lo que

el trabajo expuesto aquí ya nació con vocación de continuidad. Algunas ideas acerca de lo que podría ser el desarrollo futuro de éste son:

- Adaptar el código para la utilización de funciones base cualesquiera, y así, poder estudiar la variación de los perfiles verticales de la velocidad de manera más versátil.

- Utilizar del algoritmo aquí descrito como submodelo de cálculo de la corriente residual dentro de un modelo más complejo de las SWE transitorias, resueltas mediante descomposición armónica. Existe un trabajo incipiente en este sentido dentro del LIM/UPC (González et al., 1994).

- Formular un modelo de convección-difusión en elementos finitos para el estudio de la dispersión de contaminantes en zonas de aguas someras, cuyo "input" hidrodinámico esté proporcionado por ECADIS, y así, poder abordar el estudio de problemas medioambientales ocasionados por el vertido de contaminantes.

- En lo que respecta al flujo en zona de rompientes, seguir investigando las posibilidades del código en lo que respecta a su descripción vertical de los campos de velocidades a partir de descripciones 3D del tensor de radiación, lo que resulta de especial relevancia en esta zona sobre todo cuando el interés último es llegar a modelar el transporte de sedimentos tanto en suspensión como por fondo.