

**P1** Integre las ecuaciones hidrodinámicas 2D vistas en clases para las funciones corriente, vorticidad y temperatura usando el método de relajación para el caso de un fluido en una caja rectangular de  $3 \times 1$  mantenido a una diferencia de temperatura  $\Delta$  entre las paredes de arriba y abajo, la de abajo más caliente y paredes laterales perfectamente aislantes. Para ello utilice un reticulado de  $90 \times 30$  o mejor aun de  $120 \times 40$ . Haga esta integración comenzando con número de Rayleigh  $Ra = 1000.0$  y disminuyendolo de 10 en 10 hasta  $Ra = 600.0$ . Una fuente de frustración es que se equivoque en un signo y la pared de abajo sea la más fría.

Mientras está iterando con un  $Ra$  fijo se desea saber si hay convergencia y cuándo. Para ello se propone un criterio muy sencillo. Cada 10 mil iteraciones (\*) de todos los campos en toda la caja observe cuál es el valor máximo y el valor mínimo de  $T$  ( $T_{\max}$  y  $T_{\min}$ ) a mitad de altura, y defina  $dT = T_{\max} - T_{\min}$ . Si entre una detección de  $dT$  y la siguiente (10 mil barridos después),  $dT$  ha cambiado menos que  $10^{-8}$  (\*) se considerará que las iteraciones han convergido. Una vez se ha convergido guarde en archivo el valor de  $Ra$ , el valor de  $dT$  y el número de iteraciones que fueron necesarias. Nunca barra menos de 50 mil veces (\*) antes de comenzar a observar los cambios que sufre  $dT$ . Esto debe hacerse así porque hay que dar la oportunidad para que la solución se desestabilice hacia una nueva forma más estable. Siempre tome los campos del caso anterior como los valores iniciales.

Una vez que conozca sus resultados debiera ver que  $dT$  tiene un valor significativo para  $Ra = 1000.0$  y un valor despreciable para  $Ra = 600.0$  y hay una transición continua entre ambos valores. Se debiera ver que hay un valor crítico  $Ra_C$  en el cual se produce la transición. ¿Aproximadamente cuánto vale?

- Dibuje  $dT$  versus  $Ra$  y superponga el número de iteraciones que fueron necesarias en cada caso (reescaladas para que ambas curvas sean aproximadamente de la misma altura).

- Dibuje las isocurvas (curvas de nivel) de  $T$ ,  $\psi$  y  $\zeta$  para tres valores de  $Ra$ . Por ejemplo (\*):  $Ra = 650$ ,  $Ra = 800$  y  $Ra = 950$ .

- Agregue los gráficos de  $T$  a altura media en estos tres casos.

Comente y discuta.

(\*) Estos son valores sugeridos.