

CAPÍTULO 4

INESTABILIDAD TÉRMICA EN CAPAS HORIZONTALES DE FLUIDOS

4.1 Comportamiento físico en capas horizontales de fluidos.

Como se vio anteriormente el movimiento del fluido en convección natural se debe a las fuerzas de flotación y ésta, a su vez, se genera por un gradiente de densidad del fluido (debido al gradiente de temperatura) y la fuerza gravitacional. Estas condiciones no garantizan que hayan corrientes de convección natural, por lo que también se necesita que el fluido tenga una circulación inestable para lograr su movimiento.

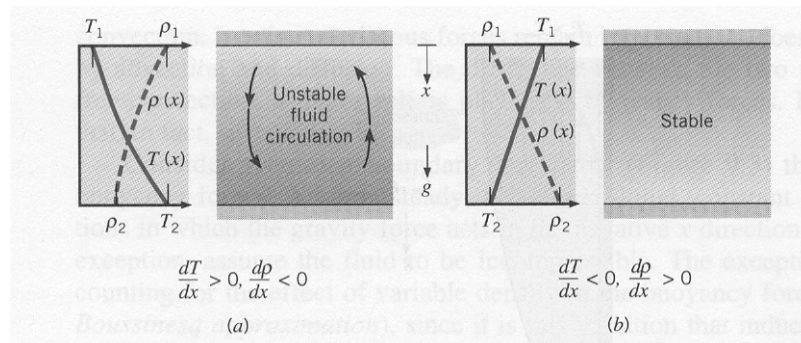


Figura 4.1 Condiciones en un fluido entre placas horizontales grandes con diferentes temperaturas. (a) Con gradiente de temperatura inestable. (b) Con gradiente de temperatura estable [11].

En la figura 4.1, se presenta un fluido entre dos placas grandes a diferentes temperaturas. En el caso (a) la temperatura de la capa inferior es mayor a la de la placa superior. Entonces, la densidad decrece en dirección de la fuerza gravitacional. Si se tiene una diferencia de temperaturas, que excede al valor crítico, las condiciones se tornan inestables provocando que las fuerzas de flotación sean capaces de vencer las fuerzas de viscosidad. Esta inestabilidad provoca un flujo de las partículas más densas, ubicadas en la parte superior, hacia la parte inferior y las partículas menos densas de las capas inferiores ascenderán a las capas superiores por las fuerzas de flotación. De esta forma se genera una transferencia de calor por convección natural del fondo a la superficie superior. En el caso (b) la temperatura de la placa superior es mayor que la de la placa inferior, por lo que la densidad no decrece en la dirección de la fuerza gravitacional provocando condiciones estables que no generan movimiento del fluido y no se tiene convección natural. A diferencia del caso (a), el caso (b) es pasivo debido a que las partículas más densas ya se encuentran en las capas inferiores y las menos densas en las capas superiores

dando como resultado que el movimiento de las partículas sea mínimo.

4.2 Definición de placas horizontales encaradas hacia arriba y hacia abajo, calentadas o enfriadas.

La placa calentada encarada hacia arriba y la enfriada encarada abajo son casos activos debido al gran movimiento de las partículas. En tanto que, la placa calentada encarada hacia abajo y la enfriada encarada hacia arriba son casos pasivos por el escaso movimiento.

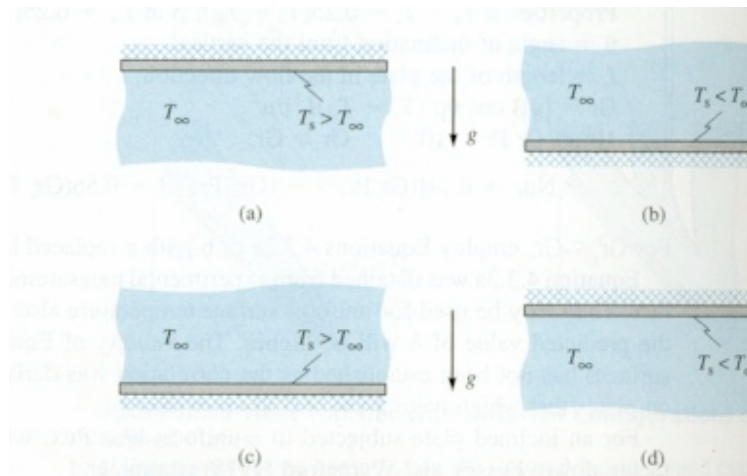


Figura 4.2 Placas horizontales encaradas hacia arriba y hacia abajo, calentadas o enfriadas. (a) Placa calentada encarada hacia abajo. (b) Placa enfriada encarada hacia arriba. (c) Placa calentada encarada hacia arriba. (d) Placa enfriada encarada hacia abajo [11].

4.3 Correlaciones en convección natural de placas horizontales.

En placas horizontales, con temperatura uniforme en la superficie, Fujii e Imura (1972) mediante experimentos midieron los coeficientes de transferencia de calor promedio en placas rectangulares con ancho L (la dimensión más pequeña), calentadas y encaradas hacia abajo con un flujo de calor uniforme. Los experimentos fueron basados en un flujo de calor uniforme, pero las correlaciones también pueden ser usadas en superficies de temperatura uniforme [3]. Las correlaciones sugeridas son las siguientes:

Propiedades (excepto μ) a $T_r = T_s - 0.25(T_s - T)$

μ evaluada a $T + 0.25(T_s - T)$

Longitud característica: ancho (dimensión más pequeña)

* Placas calentadas encaradas hacia abajo y placas enfriadas encaradas hacia arriba:

$$Nu_L = 0.58 Ra_L^{1/5} \quad 10^6 < Ra_L < 10^{11} \quad (3.10)$$

* Placas calentadas encaradas hacia arriba y placas enfriadas encaradas hacia abajo:

$$Nu_L = 0.16 Ra_L^{1/3} \quad 6 \times 10^6 < Ra_L < 2 \times 10^8 \quad (3.11)$$

$$Nu_L = 0.13 Ra_L^{1/3} \quad 5 \times 10^8 < Ra_L < 2 \times 10^{11} \quad (3.12)$$

Por otro lado, de los resultados experimentales de McAdams (1954), Lloyd and Mora (1974), and Goldstein et al. (1973), se derivan las siguientes correlaciones para superficies horizontales [4]:

Propiedades evaluadas a $T_f = (T_s - T_\infty) / 2$

Longitud característica: A/P , donde A es el área de la superficie y P es su perímetro.

* Placas calentadas encaradas hacia arriba y placas enfriadas encaradas hacia abajo:

$$Nu_L = 0.54 Ra_L^{1/4} \quad 2.2 \times 10^4 < Ra_L < 8 \times 10^6 \quad (3.13)$$

$$Nu_L = 0.15 Ra_L^{1/3} \quad 8 \times 10^6 < Ra_L < 1.5 \times 10^9 \quad (3.14)$$

$$Nu_L = 0.96 Ra_L^{1/6} \quad 1 < Ra_L < 200 \quad (3.15)$$

$$Nu_L = 0.59 Ra_L^{1/4} \quad 200 < Ra_L < 10^4 \quad (3.16)$$

* Placas calentadas encaradas hacia abajo y placas enfriadas encaradas hacia arriba:

$$Nu_L = 0.27 Ra_L^{1/4} \quad 10^5 < Ra_L < 10^{10} \quad (3.17)$$