

Grupo de Estudio y Evaluación de la Radiación Solar
INENCO-UNSa

Estudio de enfriamiento para el proyecto astronómico SWGO

Lic. Roxana Laspiur

Director: Dr. Germán Salazar (UNSa – INENCO – CONICET)

Codirector: Dr. Adrian Rovero (IAFE-CONICET)

Introducción

SWGGO (Southern Wide-field Gamma-ray Observatory). Este observatorio consistirá en un arreglo de miles de detectores de partículas ubicados en las proximidades del cerro Vecar en Salta (Argentina) a 4800 msnm.

Una de las opciones de las unidades detectoras consiste en tanques de plástico rotomoldeado llenos de agua y ubicado en el fondo, un tubo fotomultiplicador (PMT) apuntando hacia arriba.

El objetivo de este trabajo es simular el comportamiento térmico de un tanque de agua (prototipo SWGGO) bajo las condiciones meteorológicas reales de la Puna Salteña.

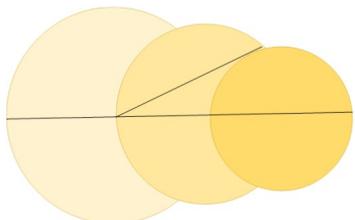
Descripción del problema

Se tiene un tanque cilíndrico con agua cuyas paredes intercambian calor por convección (natural y forzada) y radiación con el medio exterior. La paredes del tanque transmite calor por conducción y en el interior la transferencia de calor ocurrirá por convección natural.

$$H=3,70 \text{ m}$$

$$R=1,6 \text{ m}$$

$$H/R=2,312$$



Convección interna

- Condiciones de borde:

Tapa y base del tanque aisladas

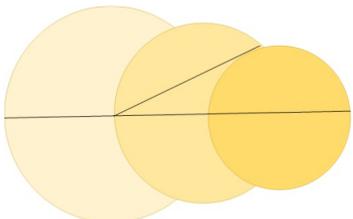
$$T_{\text{manto}} = 21 \text{ }^{\circ}\text{C} = 294 \text{ K}$$

- $T_{\text{agua}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C} = 293 \text{ K}$

- $Pr = 7$

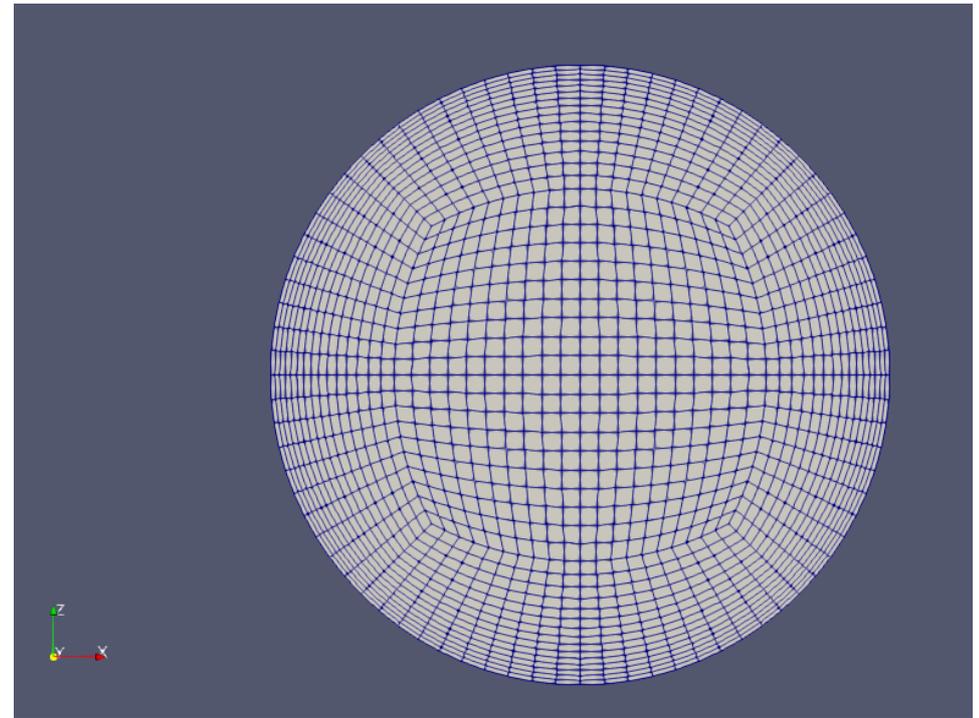
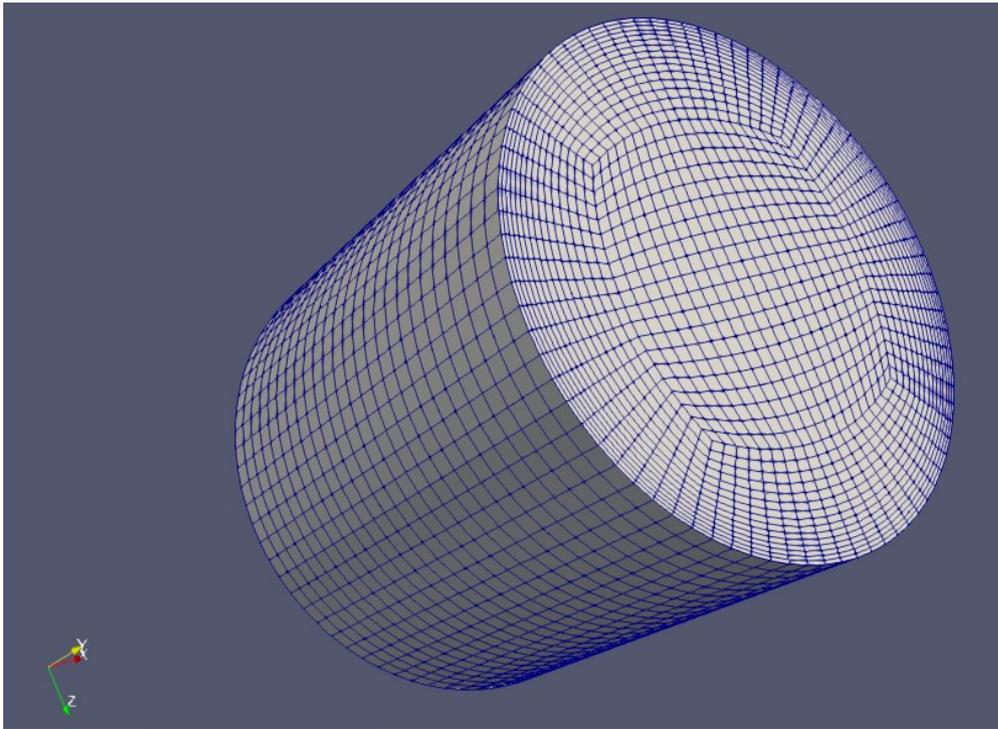
- $Ra = 7,91 \times 10^{12}$ (Flujo turbulento)

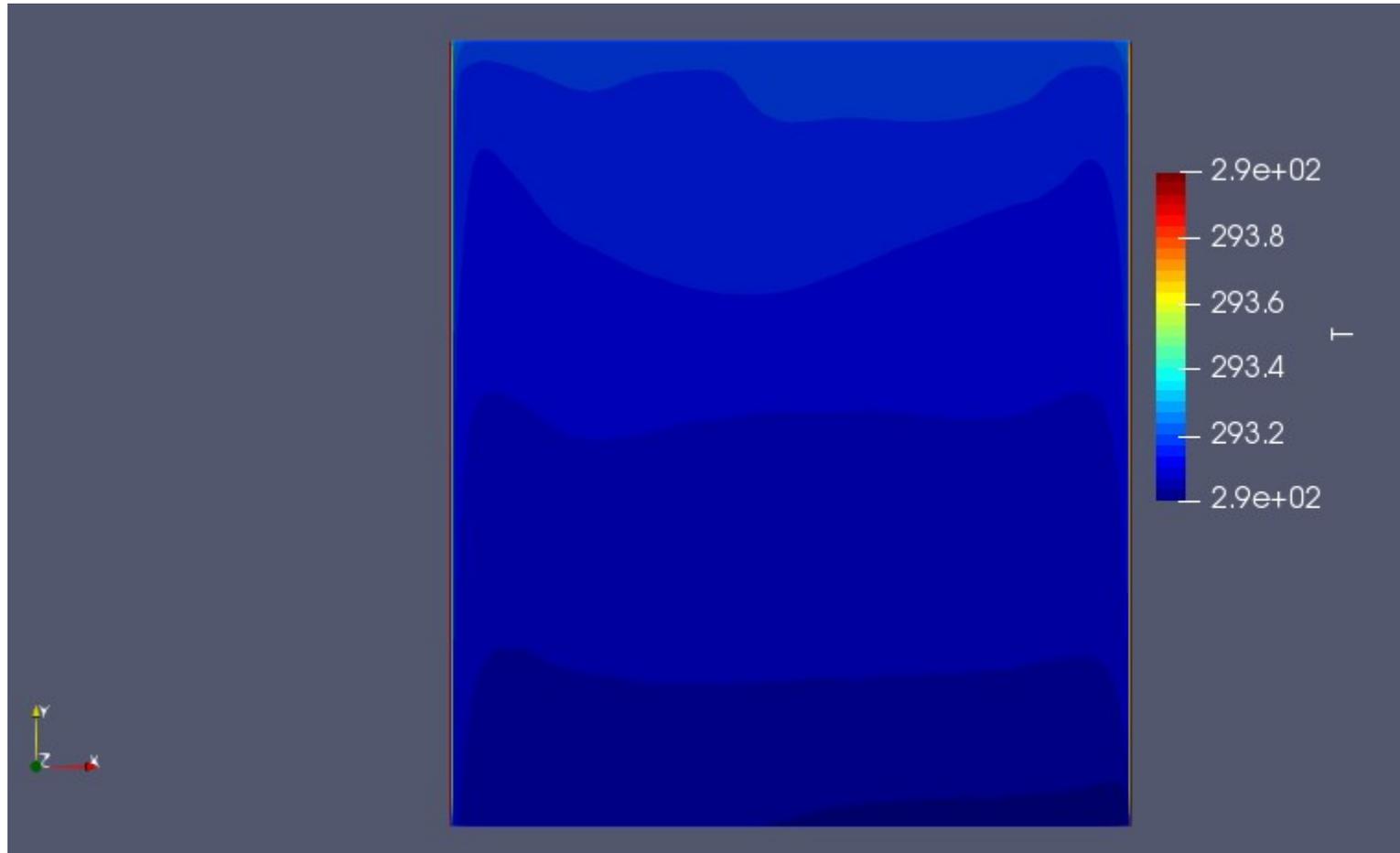
- $Nu = 369,76$



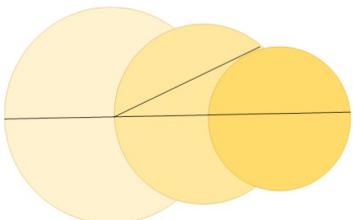
Simulación

- Realizo las simulaciones con el software OpenFoam, utilizando el solver “buoyantBoussinesqPimpleFoam”
- Determino la malla a emplear





- Perfil de temperatura para $Pr=7$, $H/R=2,312$ y $Ra=7,91 \times 10^{12}$ en $t=2000$ s.



Simulación para números de Ra menores

Una cavidad cilíndrica de altura H y radio R , con una relación $H/R=2$.

Condiciones de borde:

$$T_{\text{manto}} = T_{\text{tapa}} = T_h \longrightarrow \Delta T = T_h - T_c = 10 \text{ K}$$

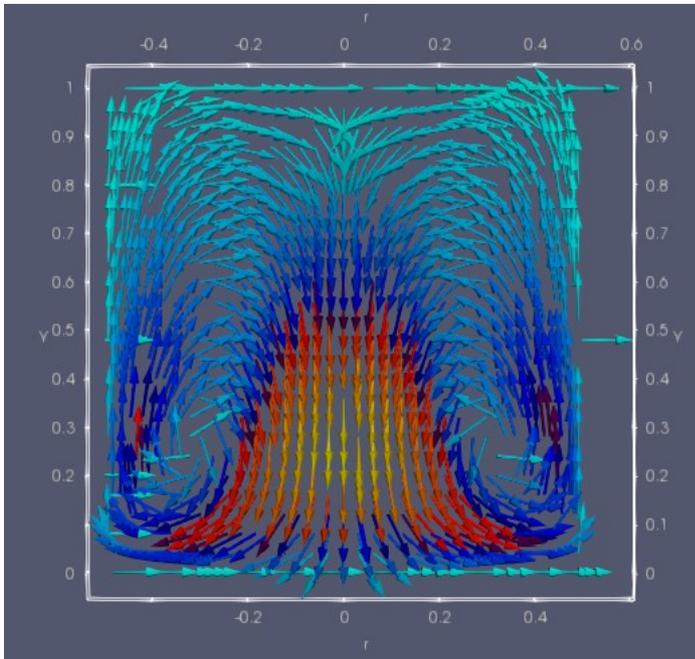
$$T_{\text{base}} = T_c$$

$$Pr = 1$$

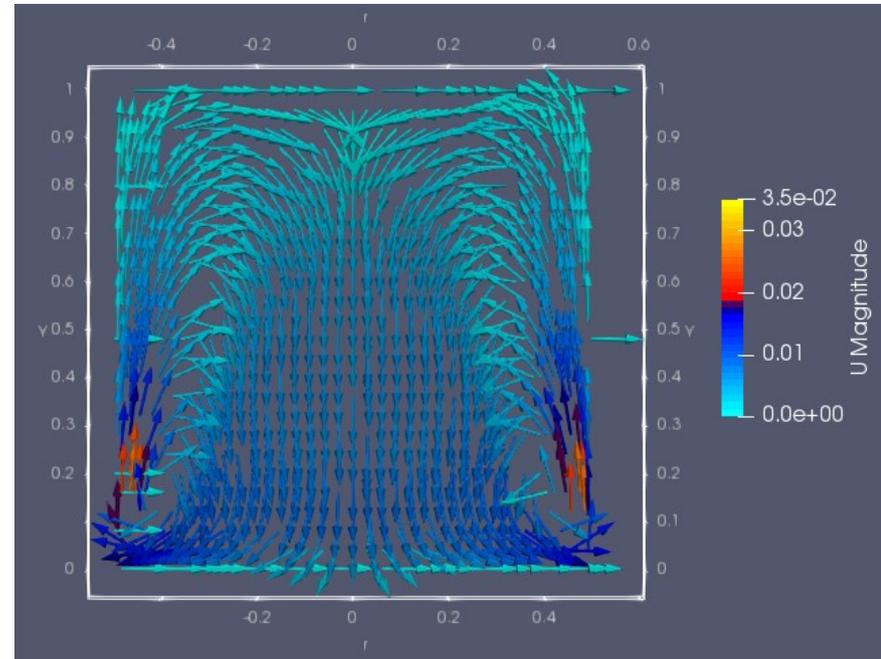
$Ra = 100 - 10^7$, con lo cual trabaja en el rango del flujo laminar.

Comparo los resultados obtenidos con los trabajos de Huang (1987) y Lemembre (1997)

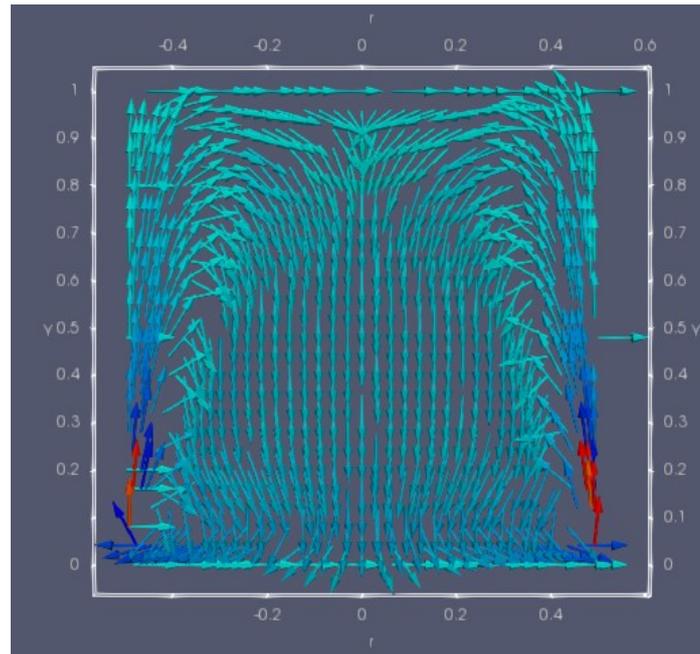
a)



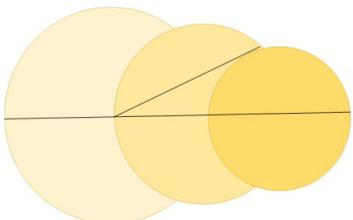
b)



c)

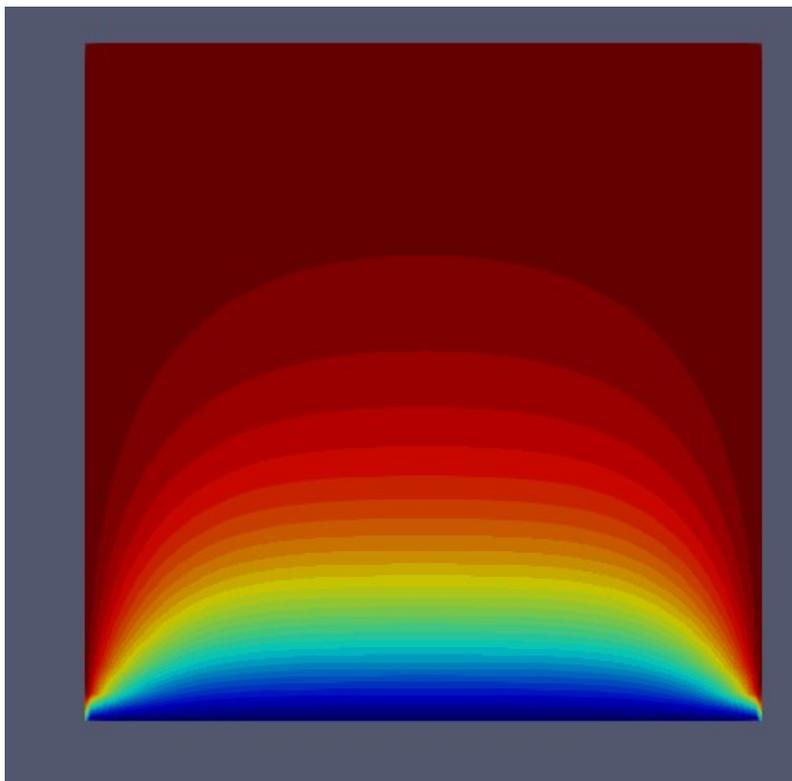


Campos de velocidad para $Pr=1$, $H/R=2$, a) $Ra=10^4$ b) $Ra=10^5$ y c) $Ra=10^7$

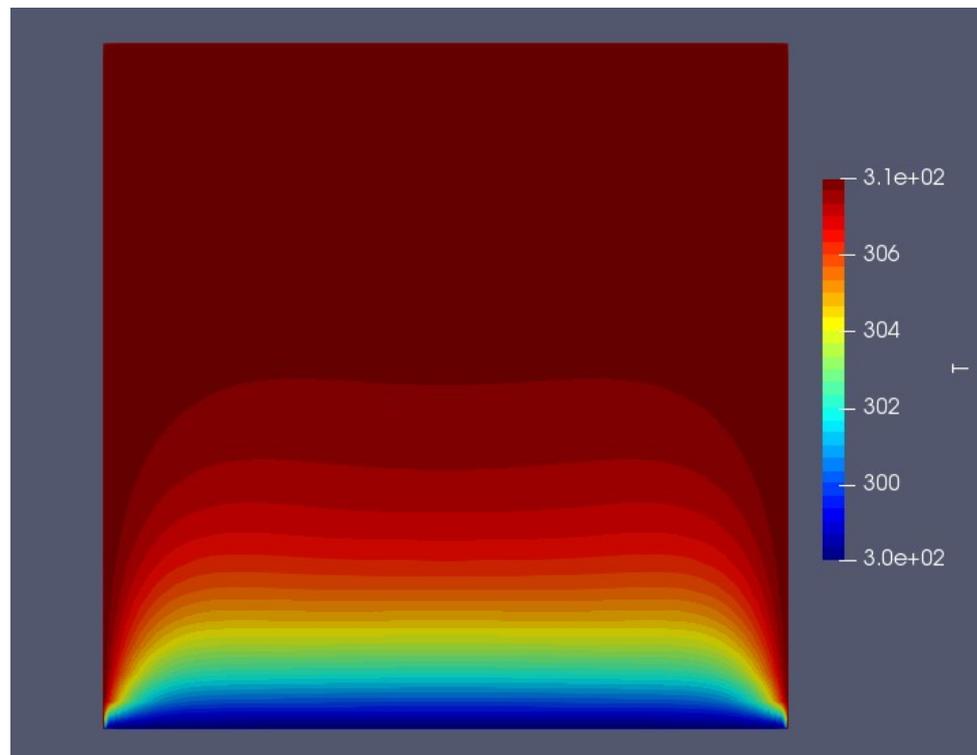




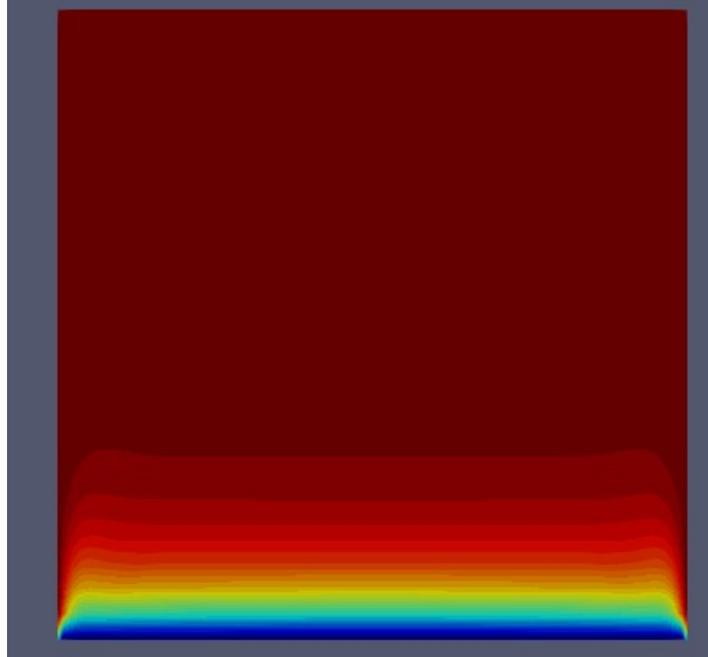
a)



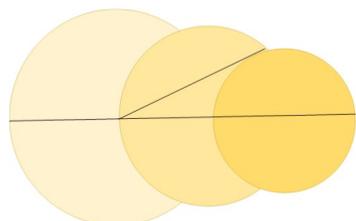
b)

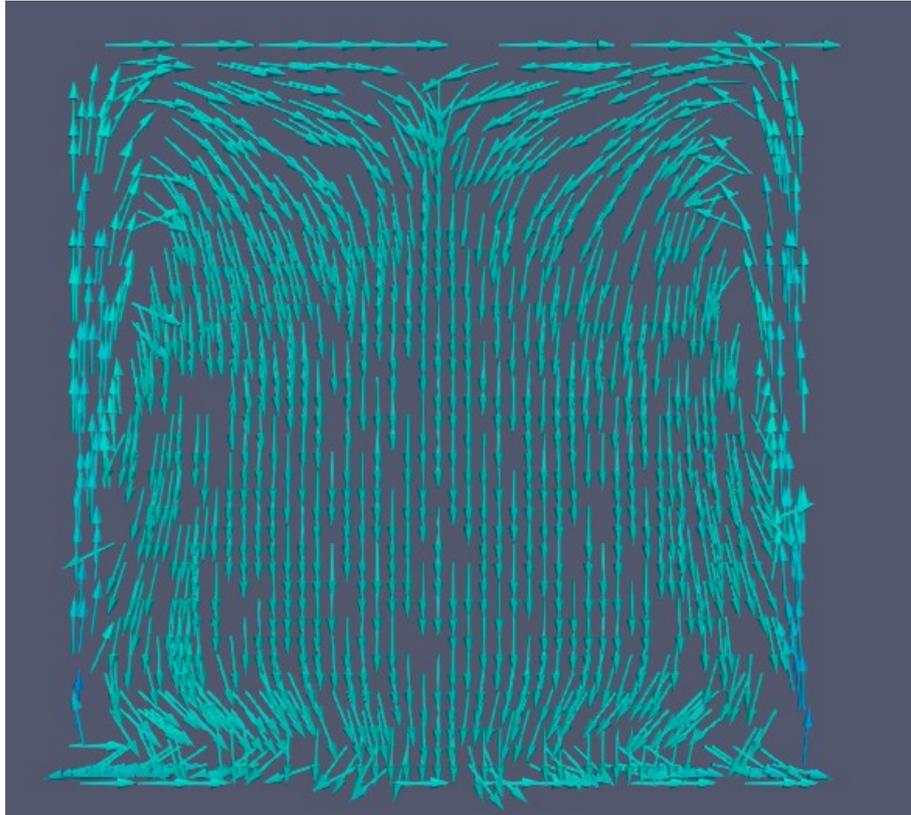


c)

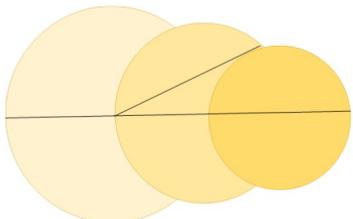


Perfil de temperatura para $Pr=1$, $H/R=2$, a) $Ra = 10^4$, b) $Ra = 10^5$ y c) $Ra = 10^7$

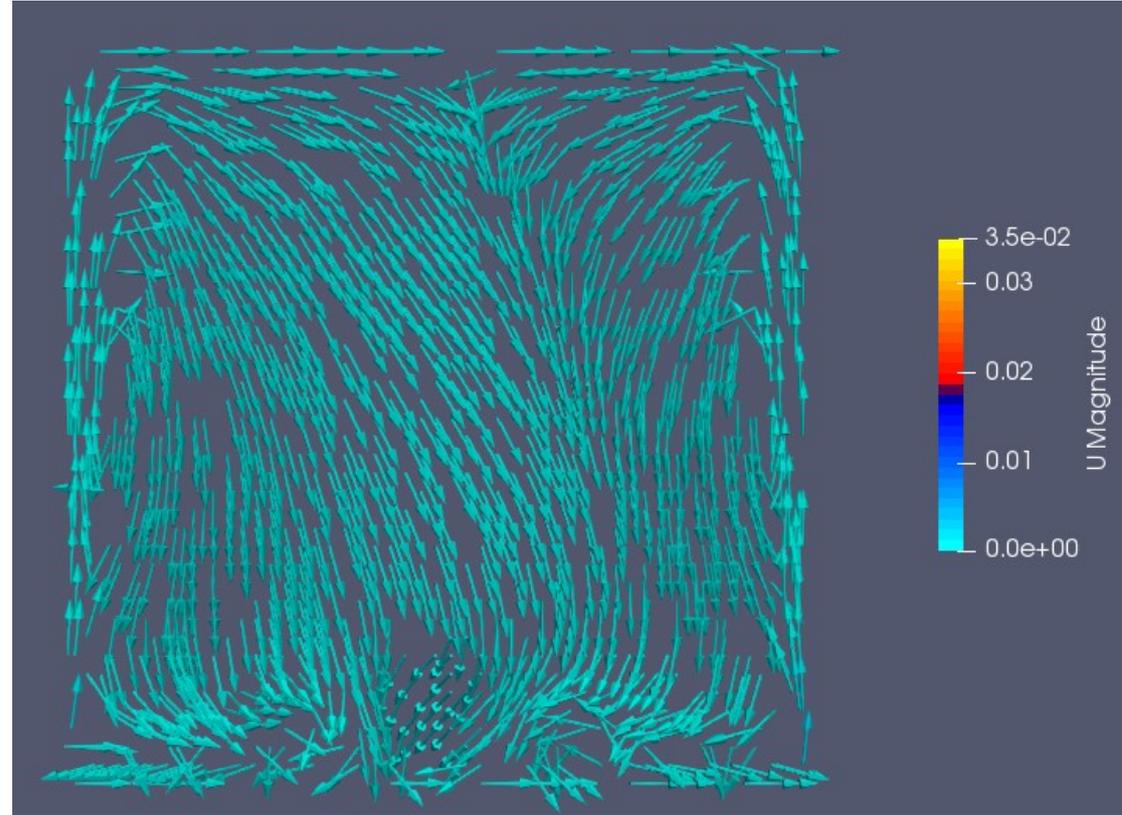




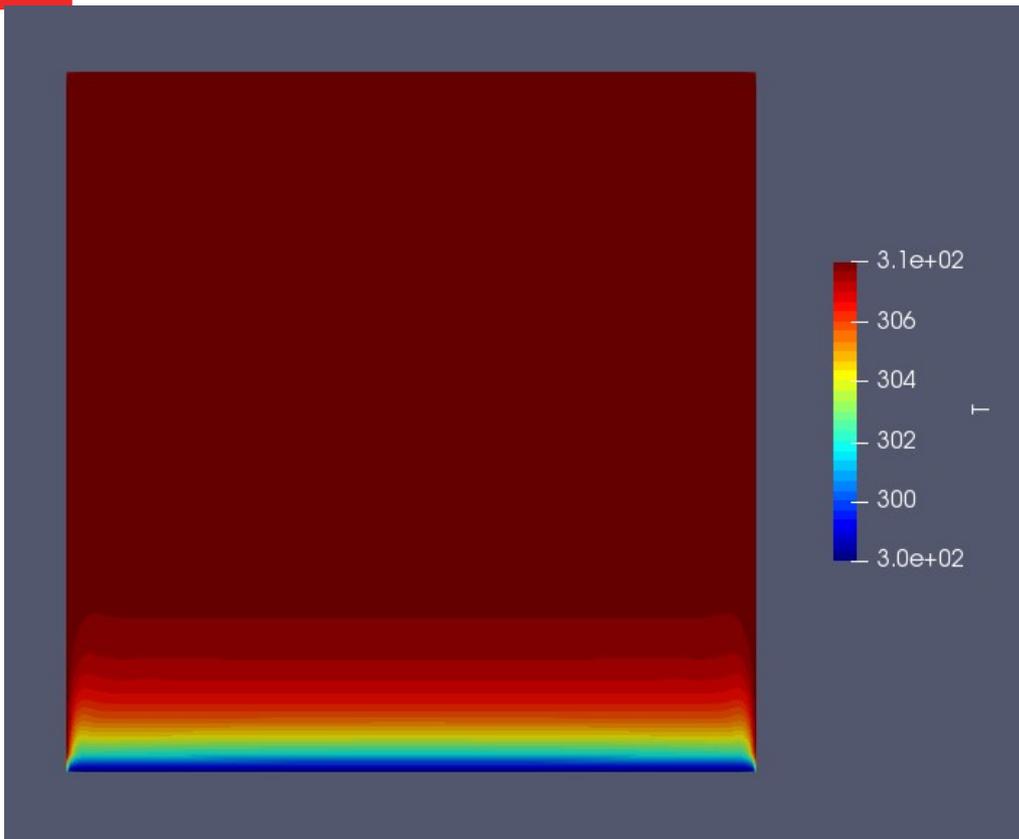
Campo de velocidad para $Pr=1$, $H/R=2$ y $Ra=10^8$



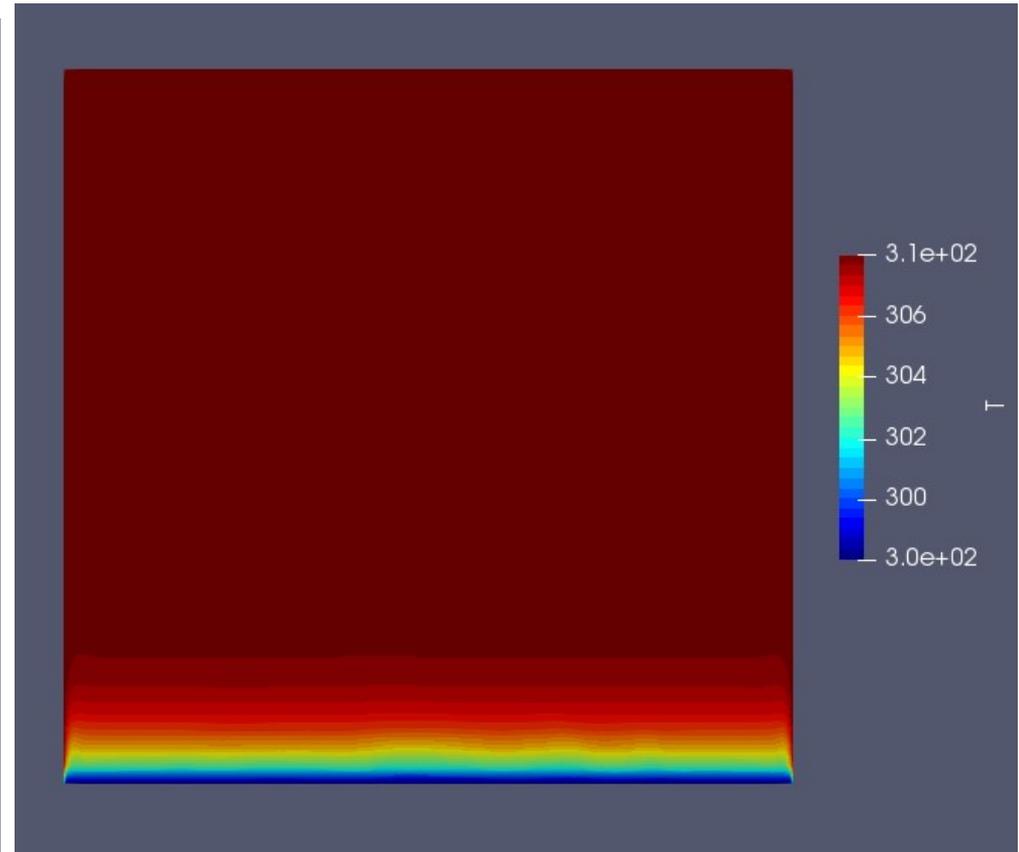
Grupo de Estudio y Evaluación de la Radiación Solar
IINCO-UNSa



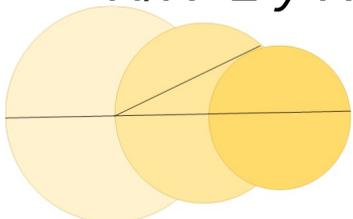
Campo de velocidad para $Pr=5,67$ (agua a 300K), $H/R=2$ y $Ra=10^8$.



Perfil de Temperatura para $Pr=1$, $H/R=2$ y $Ra=10^8$



Perfil de temperatura para $Pr=5,67$ (agua a 300K), $H/R=2$ y $Ra=10^8$.

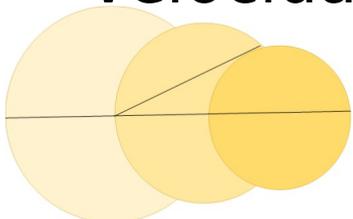


Conclusiones

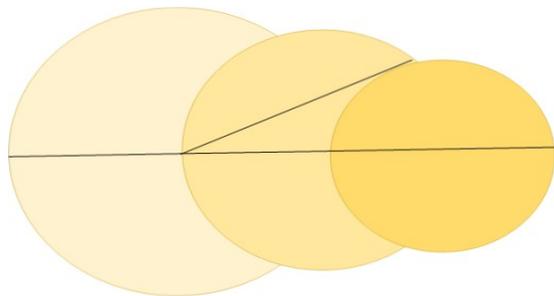
El campo de velocidades tiene forma toroidal, donde el centro a medida que aumenta el número de Ra aproxima hacia el lateral inferior del cilindro.

A medida que aumenta el número de Ra la diferencia de temperatura disminuye al aproximarse a la máxima altura, lo que implica un ensanchamiento de las capas estratificadas cerca de la tapa y una disminución de las capas cercanas a la base de cilindro.

El número de Pr afecta la estructura del campo de velocidad.



Muchas gracias!



Bibliografía

Hess, C. F., & Miller, C. W. (1979). Natural convection in a vertical cylinder subject to constant heat flux. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 22(3), 421–430.

Huang, D. Y., & Hsieh, S. S. (1987). Analysis of natural convection in a cylindrical enclosure. *Numerical Heat Transfer*, 12(1), 121–135.

Lemembre, A., & Petit, J. P. (1998). Laminar natural convection in a laterally heated and upper cooled vertical cylindrical enclosure. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 41(16), 2437–2454.

Lin, W., & Armfield, S. W. (1999). Direct simulation of natural convection cooling in a vertical circular cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 42(22), 4117–4130.

Papanicolaou, E., & Belessiotis, V. (2002). Transient natural convection in a cylindrical enclosure at high Rayleigh. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 45(7), 1425–1444.

Ostrach, O. (1988). Natural Convection in Enclosures , *J. Heat Transfer* , 110 ,1175 – 1190.