

### RESUMEN

El Gas Natural Licuado (GNL) es gas natural almacenado en tanques por debajo de su temperatura de ebullición, aproximadamente  $-161^{\circ}\text{C}$  a presión atmosférica. Debido a la incorporación de calor al tanque desde el exterior, se produce un proceso de vaporización paulatina del GNL, conocido como *boil-off*. Esto provoca que la presión dentro del tanque aumente y, en consecuencia, la temperatura de ebullición del GNL. Eventualmente, esto hace necesaria la licuefacción del *boil-off gas* (BOG) generado o bien su liberación al exterior, con el consiguiente coste económico y medioambiental. En consecuencia, es de interés industrial el desarrollo de estrategias que permitan cuantificar y reducir el BOG generado. En este trabajo se propone como objetivo la simulación numérica del proceso de boil-off para un tanque de GNL de 500 l (ver Fig. 1). Para ello, se considera un tanque en estado de inactividad cargado con GNL que, por simplicidad, se asume compuesto únicamente por metano.



Fig.1: Tanques reales de GNL y geometría 3d del tanque resuelto.

El modelo propuesto se basa en los descritos en [1,2] y consiste en las ecuaciones de Navier-Stokes para un flujo en dos fases, metano líquido y vapor, junto con el modelo de turbulencia  $K - \omega SST$ . Puesto que el flujo está gobernado por el intercambio de calor con el exterior, se resuelve de forma acoplada la ecuación del calor en la pared sólida del tanque, compuesta por perlita evacuada. De cara a simplificar los cálculos, se trata de un modelo axisimétrico.

### RESULTADOS

Para la resolución del modelo se utiliza el paquete *ANSYS Fluent*, caracterizando diversos grados de carga del tanque y anchos de pared aislante. Se observa que la tasa de boil-off es significativamente mayor para cargas menores al 20 % (ver Fig. 3). El flujo de calor a la fase líquida se incrementa en los niveles de carga menores, lo que explica las mayores tasas de boil-off. El incremento del flujo de calor se puede deber al mejor mezclado del líquido debido a las corrientes convectivas, que tienen mayor intensidad en el fondo del tanque, como se observa en la Fig. 2.

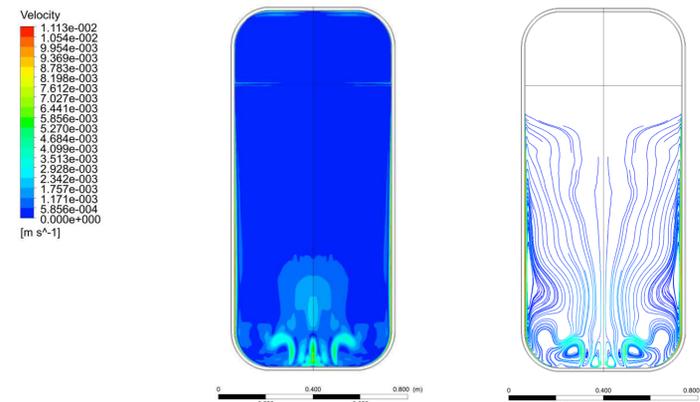


Fig.2: Contornos de magnitud de la velocidad y líneas de corriente para tanque lleno y  $t = 3$  h.

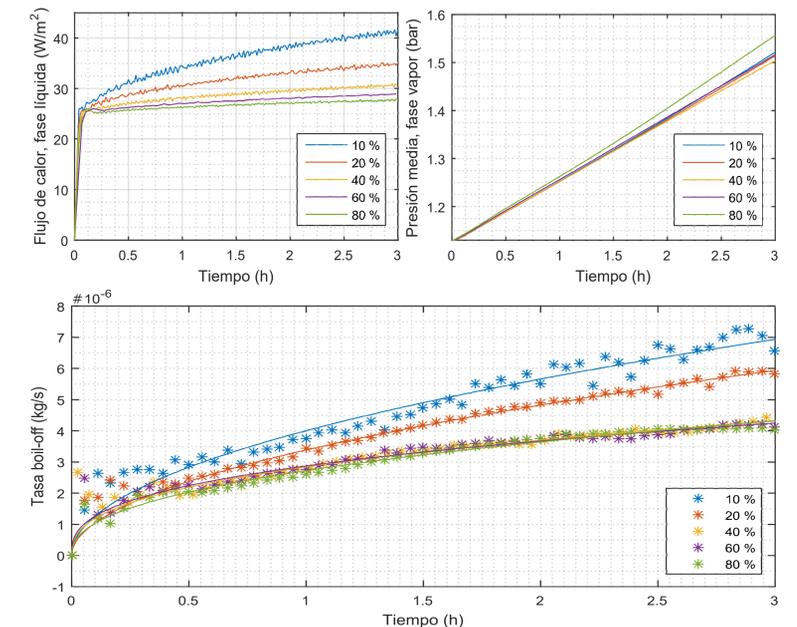


Fig.3: Evolución del flujo de calor, presión media y tasa de boil-off según el grado de carga del tanque.

Las tasas de presurización obtenidas son aproximadamente constantes e independientes del grado de carga del tanque. Esto permite extrapolar los resultados para diversos grosores de la pared aislante, obteniendo que el grosor mínimo de perlita para que el tanque pueda permanecer 5 días en inactividad sin liberación de BOG al exterior es de 14.7 cm.

### REFERENCIAS

- [1] Ren, J. J. et al. (2013). Simulation on thermal stratification and de-stratification in liquefied gas tanks. *International Journal of Hydrogen Energy*, 38(10), 4017-4023.
- [2] Roh, S. et al. (2013). Numerical study of transient natural convection in a pressurized LNG storage tank. *Applied Thermal Engineering*, 52(1), 209-220.