

Estudio de la Distribución de Temperaturas en Refrigeradores usando CFD

Pedro Alan Ochoa Ríos (1), Armando Gallegos Muñoz (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: pa.ochoarios@ugto.mx

2 [Departamento Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: gallegos@ugto.mx

Resumen

En este trabajo se presenta la simulación de la distribución de temperaturas en un evaporador que trabaja mediante convección natural. El análisis se hizo mediante CFD (dinámica de fluidos computacional) usando un software especializado. El trabajo consistió en dos partes: la primera en el balance de energía para obtener el calor necesario para que el refrigerante pase de líquido saturado a vapor saturado, una vez que se obtuvo, se determinó las temperatura de las paredes; la segunda parte es el análisis de la temperatura en el evaporador, aplicando los resultados de la primera parte. Los resultados muestran una distribución de temperatura no homogénea en la cavidad, lo que se esperaba de acuerdo al tipo de evaporador.

Abstract

This work shows the simulation of the temperature distribution in an evaporator working by natural convection. The analysis was performed using software CFD (computational fluid dynamics). It consists of two parts: the first is the energy balance to determine the heat necessary for this way the saturated liquid refrigerant pass to saturated steam, once obtained this, the temperatures of the walls was obtained; the second part is the analysis of the temperature in the evaporator from the results of the first part.

Palabras Clave

Convección natural; Refrigerador doméstico; cambio de fase; flujo de calor; temperatura;

INTRODUCCIÓN

Refrigeración

La refrigeración es el proceso de reducción de la temperatura de un cuerpo o un objeto, ya sea sólido o fluido a un valor menor a la del medio ambiente. La refrigeración implica la transferencia de energía del cuerpo a enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termo físicas.

El sistema de refrigeración por compresión de vapor es el sistema más utilizado en la refrigeración doméstica debido a las bajas temperaturas que se pueden alcanzar; ideales para la conservación de productos alimenticios.

La refrigeración obtenida por ciclos de compresión mecánica de vapor consiste en retirar calor de un determinado ambiente por medio de un evaporador, donde ocurre la evaporación o ebullición del refrigerante. En el ciclo de refrigeración estándar, el fluido refrigerante deja el evaporador en estado de vapor saturado y es comprimido aplicando trabajo por medio de un dispositivo mecánico. El refrigerante deja el compresor como vapor sobrecalentado y se dirige al condensador, al condensarse el refrigerante transfiere calor al aire del ambiente externo a presión constante, entonces el fluido va hacia el dispositivo de expansión, en donde su presión es reducida en un proceso aproximadamente isoentálpico. En este punto el fluido de trabajo está a una baja presión y temperatura, entra al evaporador con una calidad cercana a cero, la tarea del evaporador es absorber el calor del medio refrigerado para que el refrigerante pase casi por completo a fase gaseosa, cerrando así el ciclo.

- *Evaporador*

Un evaporador es un intercambiador de calor [1]. En un evaporador el refrigerante se evapora para hacerlo absorber calor desde una sustancia o del espacio que refrigera.

Existen demasiadas maneras de clasificar los evaporadores dependiendo los procesos de transferencia de calor o superficies donde se lleva a cabo o a los patrones de flujo del refrigerante. Sin embargo, en lo que se refiere a evaporadores utilizados en refrigeración domésticas se suelen clasificar en dos tipos: convección natural o de convección forzada.

- *Convección natural*

Los evaporadores que se utilizan con mayor frecuencia en los refrigeradores de convección natural [2] o también llamados estáticos son los de placa tipo roll-bond porque combinan un bajo costo de fabricación y una razonable eficiencia.

MÉTODOS Y MATERIALES

Modelos empleados

En esta sección se presenta los modelos utilizados para el análisis de cambio de fase en primer lugar y posteriormente el de distribución de temperaturas en el evaporador.

- *Modelo de mezcla*

El modelo de mezcla es un simple modelo de flujos multifásicos donde las fases se mueven a diferentes velocidades, pero se asume un equilibrio local. El acoplamiento entre fases puede ser muy fuerte. Esto puede ser también usado como modelo de flujos multifásicos homogéneos con un fuerte acoplamiento y las fases se mueven a una misma velocidad.

- *Descripción del problema*

Para la parte del estudio numérico de cambio de fase del refrigerante en el evaporador, se consideró una tubería recta seccionada, figura 1, (cuya área de transferencia de calor es equivalente al del evaporador a analizar), a través de la cual circula el refrigerante 134a, propiedades para líquido y vapor, tabla 1 [3], la cual es

sometida a una carga térmica en cada una de sus diferentes superficies. Teniendo además como condiciones de frontera un flujo másico de 0.00062kg/s y presión de salida atmosférica.

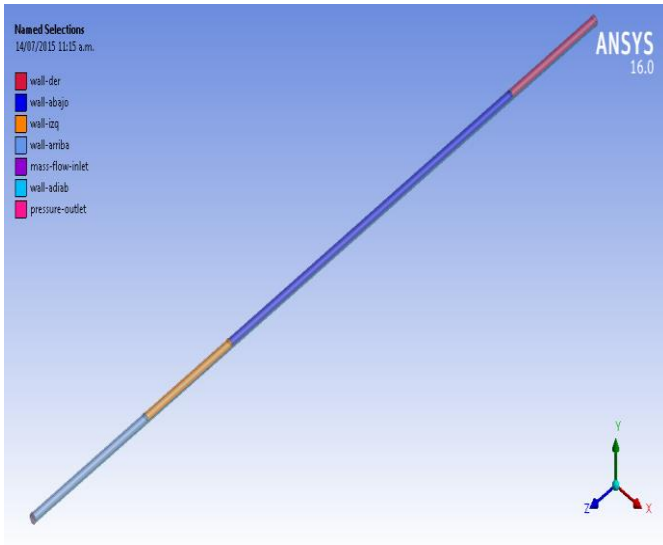


Figura 1: Diagrama de la tubería modelado en software ANSYS.

Tabla 1: Propiedades del refrigerante 134a usados para la simulación.

Propiedades físicas	Refrigerante 134 a	
	Fase líquida	Fase vapor
1. Densidad (kg/m ³)	1343	8.833
2. Capacidad calorífica (j/kg-k)	1306	833.5
3. Conductividad térmica (w/m-k)	0.1009	0.01609
4. Viscosidad (kg/m ² -s)	3.347e-04	5.529e-06
5. Peso molecular (kg/kg _{mol})	102.03	102.03
6. Entalpía estándar (j/kg _{mol})	0	21375285
7. Tensión superficial (N/m)	0.01376	

- Distribución de temperaturas en el evaporador

El diseño del evaporador tiene las medidas de 307mm de largo, 480 mm de ancho y 242 mm de alto, figura 2. El evaporador trabaja mediante convección natural por lo que las condiciones de frontera solo se determinan como paredes.

El análisis numérico de la temperatura en el evaporador, inicia al conocer las temperaturas de las secciones de la pared del tubo obtenidas en el análisis anterior, tabla 2.

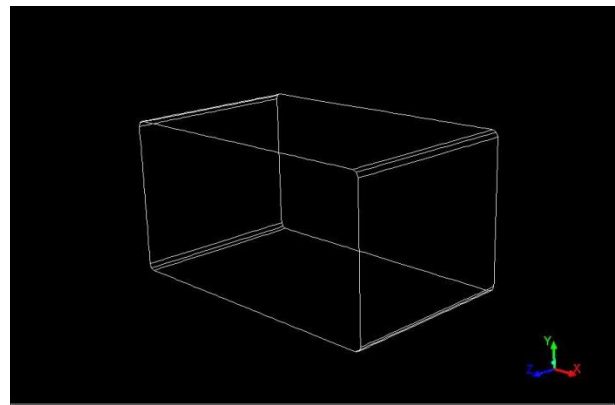


Figura 2: Diagrama del evaporador modelado en .software ANSYS.

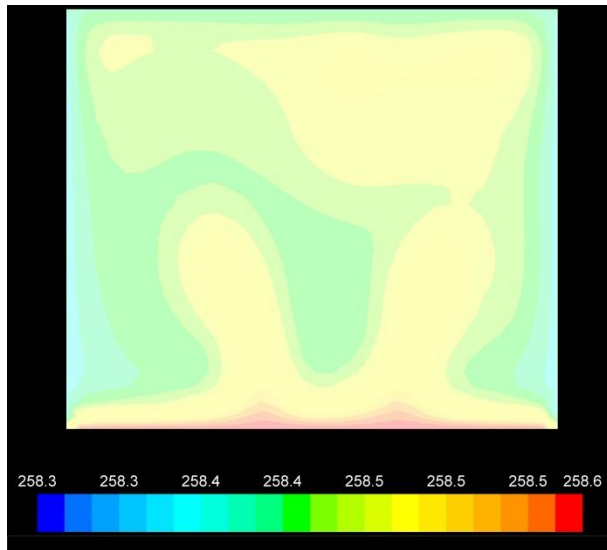
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la primera parte de este trabajo se obtienen a partir de la energía suministrada (necesaria para que exista un cambio de fase del refrigerante de líquido saturado a vapor saturado) a la tubería en sus diferentes secciones, considerando que el flujo de calor en un evaporador no es el mismo en todas paredes donde existe una transferencia de calor de la sustancia o el medio a refrigerar.

Paredes	Temperatura (k)
1. Abajo	258.58
2. Arriba	258.40
3. Derecha	258.26
4. Izquierda	258.53
5. Frontal	258.3
6. Posterior	258.3

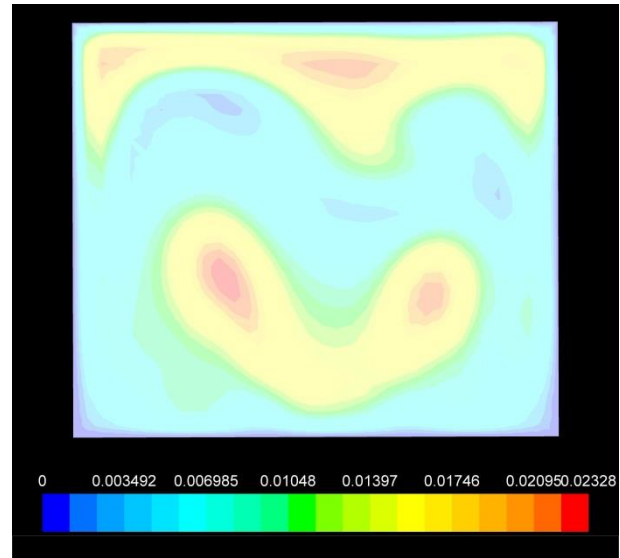
Tabla 2: Resultados de temperaturas en paredes.

Obteniendo las temperaturas de las paredes, mediante métodos numéricos se logra ver la distribución de temperatura al interior del evaporador, figura 3.



a)

Figura 3: a) Contornos de temperatura en plano XZ; b) contornos de velocidad en plano XZ.



b)

Figura 3: a) Contornos de temperatura en plano XZ; b) contornos de velocidad en plano XZ.

Se puede observar que la distribución de la temperatura, a pesar de no ser homogénea, demuestra que se alcanza un valor aceptable para los requerimientos domésticos.

Este trabajo permitió generar conocimiento de cómo es el comportamiento de un sistema de refrigeración casero, además del desarrollo de nuevas técnicas de simulación en dinámica de fluidos computacional y con ello lograr la optimización de este tipo de evaporadores para poder aumentar su desempeño. Así como también lograr una temperatura más baja dentro de la cavidad refrigerada.

Este trabajo podría ser mejorado al analizar el evaporador con un dominio computacional completo que incluya el cambio de fase del refrigerante y la cavidad donde se tiene la distribución de temperaturas comprobarlo los resultados con datos experimentales.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo, se desarrolló el análisis de la temperatura del aire en la cavidad de un evaporador que opera con convección natural, tomando en cuenta la energía necesaria que se retira del espacio a refrigerar para que la sustancia refrigerante cambie de fase.

La temperatura de operación resultante en la simulación del evaporador, concuerda con las especificaciones de fabricantes de refrigeradores de este tipo. Además que la distribución de temperaturas en la cavidad del evaporador es aceptable para las condiciones de operación de este tipo de refrigeradores, sin embargo, se pueden buscar mejoras para tener oportunidades que permita el ahorro de energía.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi asesor el Dr. Gallegos Muñoz y al Dr. Belman Flores por sus aportaciones al trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Laguerre, O., Bem Amara, S., Mounrch, J., Flick, D. (2006). Numerical Simulation of air flow and heat transfer in the domestic refrigerators. *Journal of food engineering* 81, 144-156
- [2] Torobi, M., Saedodin, S., Salami Naserian, R., Salchi, P. (2007). A combined experimental and three-dimensional numerical study of natural convection heat transfer in a domestic freezer for optimization and temperature prediction. *Journal international review of mechanical engineering*. 4(6).
- [3] Cengel, Y.A., Cimbala, J.M., (2006) *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones* (1st ed.): McGraw-hill.