

## CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE NANOFLUIDOS FORMADOS POR SnO<sub>2</sub> A DIFERENTES TEMPERATURAS

Alejandra Mariano<sup>1</sup>, M. J. Pastoriza-Gallego<sup>2</sup>, Luis Lugo<sup>2</sup>, Salvador Canzonieri<sup>1</sup>, Manuel M. Piñeiro<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Fisicoquímica. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional del Comahue. Buenos Aires 1400. (8303) Neuquén.

E-mail: alejandra.mariano@fain.uncoma.edu.ar

<sup>2</sup>Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo. Vigo, España.

### Introducción

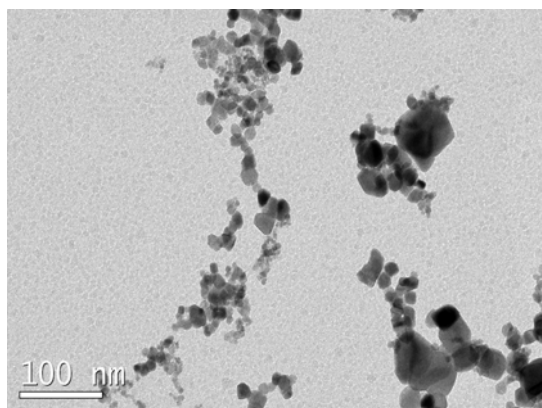
Las suspensiones de partículas nanométricas en un fluido, es un sistema coloidal llamado comúnmente "nanofluido". En los últimos años se ha encontrado que la adición de nanopartículas a un fluido produce cambios significativos en sus propiedades de transporte [1-5]. Estos cambios en las propiedades están relacionados con el tamaño de las partículas en suspensión y no solo con la naturaleza de las mismas.

El presente trabajo forma parte de un estudio realizado sobre muestras de nanofluidos, analizando la conductividad térmica, el comportamiento reológico y la densidad. En particular aquí se presenta la conductividad térmica de nanofluidos formados por nanopartículas de SnO<sub>2</sub>, utilizando como fluido base etilenglicol.

### Preparación y caracterización de las muestras

Las muestras de nanofluidos formados por SnO<sub>2</sub> fueron preparadas a partir de nanopartículas de óxido de estaño (IV) suministradas por Aldrich (diámetro < 100 nm). Como fluido base se utilizó etilenglicol (99%) también suministrado por Aldrich. El polvo de nanopartículas se pesó con una balanza electrónica Metler AE-240 de precisión 5 · 10<sup>-5</sup> g. El polvo de nanopartículas se dispersó en un volumen predeterminado del fluido base para obtener el porcentaje en masa deseado, se trabajó hasta un 25 % wt para mediciones de conductividad térmica.

La morfología y distribución de tamaños se estudió por microscopía de transmisión electrónica (TEM), el equipo utilizado en este caso fue un microscopio JEOL JEM-101 FEG (100kV). En la figura 1 se muestra una imagen TEM de las partículas de SnO<sub>2</sub> utilizadas. Se puede notar que el producto está compuesto por partículas cuasi esféricas y un tanto polidispersas.



**Figura 1.** Imágen TEM de nanopartículas de SnO<sub>2</sub> en etilenglicol.

## Resultados y discusión

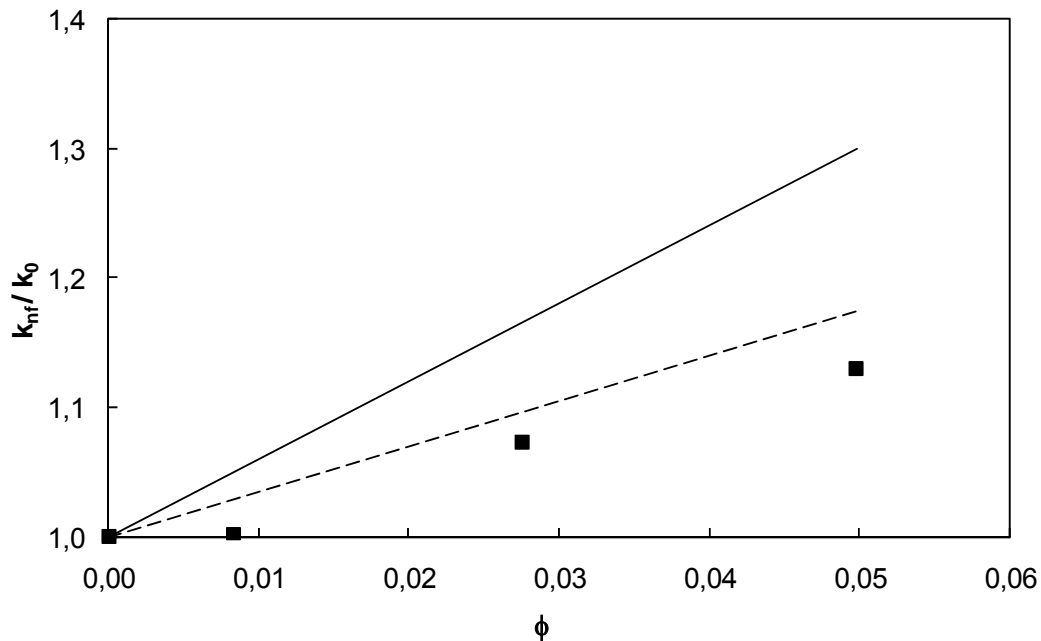
La conductividad térmica fue determinada por el método del hilo caliente, utilizando un analizador de propiedades térmicas Decagon KD2 Pro. La incertidumbre en la medición de la conductividad térmica se estimó menor al 3%.

Se midió la conductividad térmica de tres muestras de nanofluidos SnO<sub>2</sub>/EG a 283,15 K, 303,5 K y 323,15 K; los valores experimentales medidos se presentan en la tabla 1 en función de la fracción en volumen.

**Tabla 1.**

$\phi$	$k / W m^{-1}K^{-1}$		
	283,15 K	303,15 K	323,15 K
0,000	0,239	0,243	0,247
0,008	0,242	0,245	0,248
0,028	0,259	0,262	0,265
0,050	0,274	0,277	0,279

A las concentraciones estudiadas, la conductividad térmica se incrementa con la fracción en volumen, como se muestra en la figura 2. Este comportamiento concuerda con lo obtenido por otros autores [6-8].



**Figura 2.** Incremento en la conductividad térmica a 303,15 K de nanofluidos SnO<sub>2</sub>/EG en función de la fracción en volumen (■). Línea sólida, predicción con la ecuación de Maxwell y línea punteada predicción con el modelo de Turian.

Como se observa en la figura 2, el aumento en la concentración de nanopartículas de óxido de estaño (IV), incrementa la conductividad térmica del nanofluido. Se encontró que este incremento ( $k_{nf}/k_0$ , donde los subíndices nf y 0 se refieren al nanofluido y al fluido base, respectivamente) es casi independiente de la temperatura para una dada concentración. El incremento promedio obtenido en la conductividad térmica es de hasta un 14 %.

La conductividad térmica se estimó con los modelos de Maxwell [9] y Turian [10], representados por las ecuaciones (1) y (2):

$$\kappa_{nf} = \frac{\kappa_p + \kappa_0 + 2(\kappa_p - \kappa_0)\phi}{\kappa_p + \kappa_0 - 2(\kappa_p - \kappa_0)\phi} \kappa_0 \quad (1)$$

$$\kappa_{nf} = \kappa_{part}^\phi \kappa_0^{(1-\phi)} \quad (2)$$

Donde  $\kappa_{nf}$ ,  $\kappa_p$  y  $\kappa_0$  representan la conductividad térmica del nanofluido, del sólido (bulk) y del fluido base, respectivamente.  $\phi$  representa la fracción en volumen de nanopartículas.

La conductividad térmica de las nanopartículas,  $\kappa_{part}$ , se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$\kappa_{part} = \kappa_p (1 - e^{-A \cdot D}) \quad (3)$$

Donde el valor de A es de  $0,01 \text{ nm}^{-1}$  y D es el diámetro medio de las nanopartículas en nm.

En la figura 2, se muestran las predicciones basadas en las ecuaciones 1 y 2 a 303,15 K. El comportamiento obtenido es similar para las otras temperaturas estudiadas. El modelo de Maxwell sobreestima significativamente el incremento en la conductividad térmica, mientras que las estimaciones realizadas con el modelo de Turian son cercanas a los valores experimentales obtenidos.

## Referencias

- [1] H. Chen y col. Journal of Nanoparticle Research. 11 (6), (2009), 1513-1520.
- [2] H. Chen y col. New Journal of Physics. 9 (2007), 367.
- [3] J. Chevalier y col. Applied Physics Letters. 91 (23), (2007), 233103.
- [4] D. R. Heine y col. Journal of Chemical Physics. 132 (18), (2010), 184509.
- [5] M. J. Pastoriza-Gallego y col. Nanoscale Research Letters. 6 (2011), 560.
- [6] E. V. Timofeeva y col. Physical Review E. 76 (6), (2007), 061203.
- [7] M. P. Beck y col. Fluid Phase Equilibria. 260 (2), (2007), 275-278.
- [8] E. V. Timofeeva y col. Journal of Applied Physics. 106 (1), (2009), 014304.
- [9] J. C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, Oxford University Press, London, 1892.
- [10] R. M. Turian y col. Fuel. 70 (10), (1991), 1157-1172.