

Organiza:



## V ENCUESTRO Ingeniería de la Energía

Patrocinadores:



Asociación Nacional  
de Productores  
de Energía Renovable



Cátedra  
Takasago Industria y  
Mantenimiento 4.0



CÁTEDRA DEL AGUA  
Y LA SOSTENIBILIDAD



# ACTAS DEL CONGRESO

## V ENCUESTRO DE INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE NOSTRUM



Editores:

Mariano Alarcón García (Editor)

Manuel Seco Nicolás (Co-editor)

© Mariano Alarcón García

ISBN: 978-84-09-29971-3

Dirección web de congreso: [V-EIECMN](http://V-EIECMN)

Universidad de Murcia

Campus Mare Nostrum

Del 23 al 26 de  
noviembre de 2020

Quinta edición del Encuentro orientado a servir de espacio de reunión para tratar las distintas facetas de las aplicaciones de la Energía en los ámbitos académico y profesional, así como de instituciones y empresas en el que compartir trabajos, se muestren avances creando un espacio virtual de debate y reflexión en el que plantear soluciones a los importantes retos que la Sociedad tiene en el ámbito de la Energía, englobado en el ODS-7, *Energía asequible y no contaminante*, desde una vocación tecnológica pero a la vez con sensibilidad social.





## PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE NANOFLUIDOS DE ALÚMINA CON APLICACIONES TÉRMICAS

**Serrano Lapuente, Carmen; Carissimi Nacaratto, Guzmán; Alarcón García,  
Mariano**

carmen.s.l@um.es\*

Universidad de Murcia

### RESUMEN

Los nanofluidos son un tipo de fluidos cuya fase dispersa está constituida por partículas de tamaño nanométrico. Su interés viene dado por el hecho de que presentan una mejora en las magnitudes térmicas y eléctricas respecto a los fluidos base, empleándose en biomedicina, el sector automovilístico o en dispositivos de energía solar térmica. Por este motivo, nos propusimos obtener y determinar las propiedades de un nanofluido que fuera apropiado para utilizar en un colector solar plano como fluido caloportador, proporcionando así una mejora en su rendimiento. En este trabajo se han preparado nanofluidos de alúmina,  $Al_2O_3$ , de concentración en volumen 0,62 % en agua milliQ dispersos mediante la técnica de sonicación. Este tipo de nanopartículas son de las más recurridas en experimentaciones de energía solar térmica por su mejora en el rendimiento de las instalaciones a costa de su baja inversión. Una vez preparados los nanofluidos, se estudiaron ciertos parámetros tanto microscópicos como macroscópicos como el diámetro hidrodinámico, el potencial zeta, el diámetro de partícula y la conductividad térmica. Los estudios realizados mediante observación al microscopio indican que el diámetro de partícula es de 13 nm, similar al que indica el fabricante, mientras que los diámetros hidrodinámicos obtenidos por dispersión de luz dinámica son 10 veces mayores. El potencial zeta de las nanopartículas es aproximadamente 60 mV, valor que supone que la estabilidad de la dispersión es correcta. Por último, se ha estimado la mejora en la conductividad térmica para la concentración de 0,62 % obteniendo un valor de knf/kbf de 1,018. No se ha apreciado una diferencia significativa en los tamaños de partícula comparando los experimentos realizados a diferentes tiempos y amplitudes de sonicación. Para más índole, aumentar la agresividad del tratamiento supone el desprendimiento de partículas de la punta del sonicador, alterando las muestras. En cuanto a la estabilidad de la dispersión, tras un periodo de 1 mes, se ha comprobado que las nanopartículas no se han agregado.

Indica con una X el tipo de comunicación que deseas:

ORAL  PÓSTER

Indica con una X en qué Área temática quieres que sea incluido tu resumen (si el trabajo se puede encuadrar en varias líneas, elegir una.):

Didáctica de la energía e Ingeniería de la energía  Economía y marco legal de la energía  
 Eficiencia energética  Energía en la edificación  Energías renovables

# SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE NANOFLUIDOS DE ALÚMINA CON APLICACIONES TÉRMICAS



SERRANO LAPUENTE, CARMEN <sup>(1)</sup>;  
CARISSIMI NACARATTO, GUZMÁN <sup>(2)</sup>;  
ALARCÓN GARCÍA, MARIANO <sup>(1)</sup>;  
VÍLLORA CANO, GLORIA <sup>(2)</sup>

CARMEN.S.L@UM.ES

<sup>(1)</sup>UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE ELECTROMAGNETISMO Y ELECTRÓNICA

<sup>(2)</sup>UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

# Introducción



Figura 1– Uso de la energía solar

# Introducción

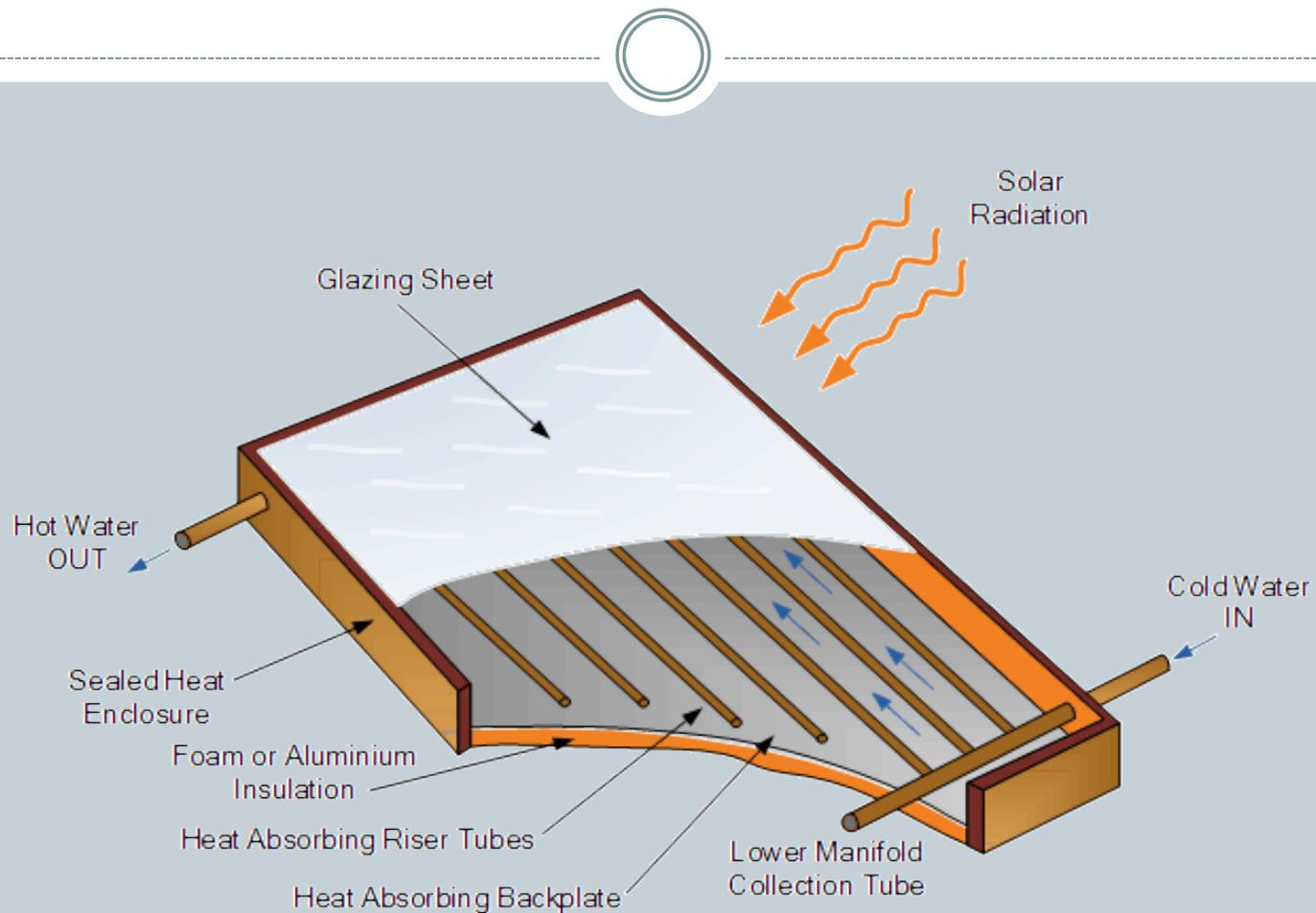


Figura 2– Colector solar de placa plana

# Interés de los nanofluidos

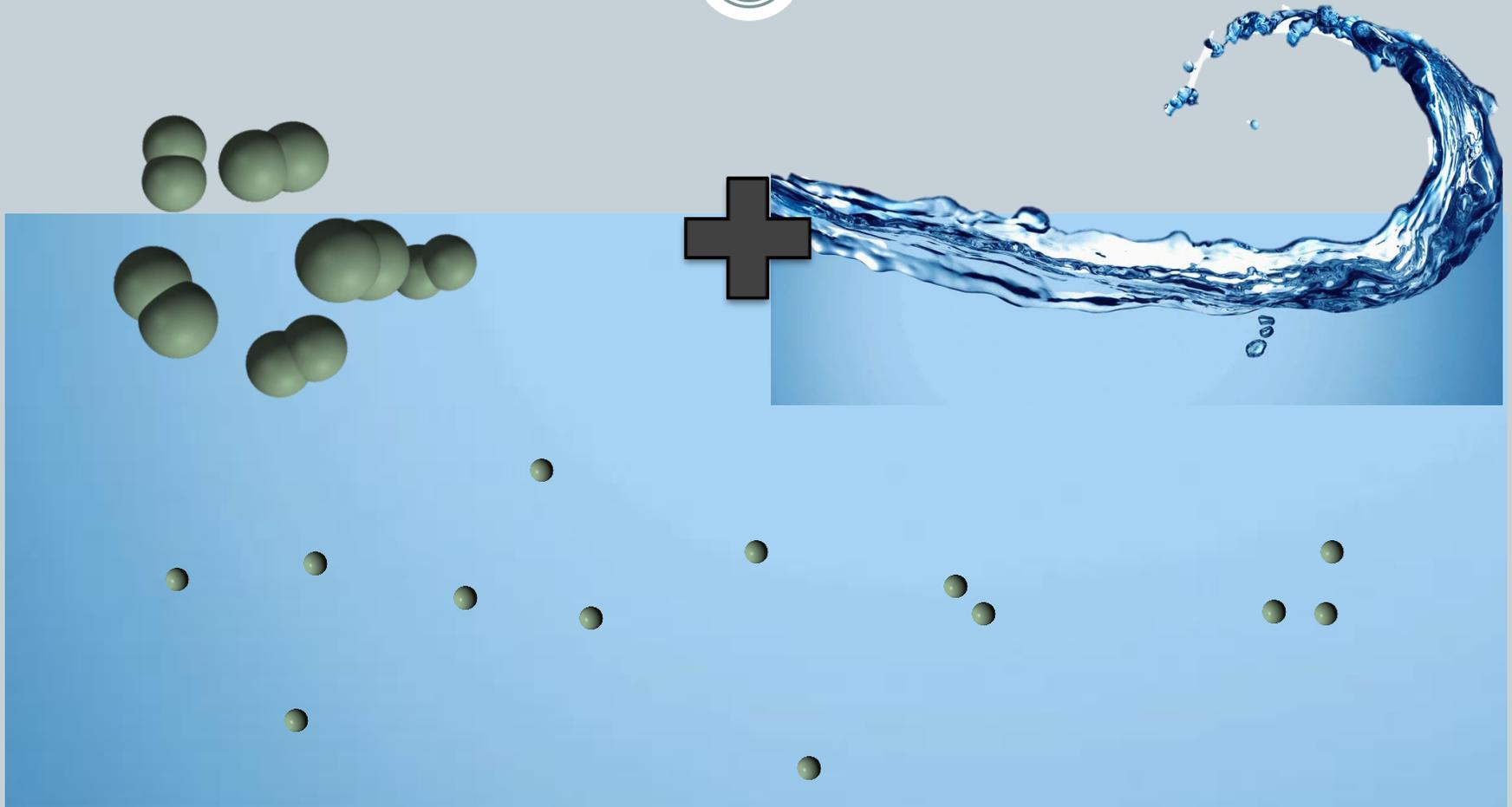


Figura 3– Síntesis de un nanofluido

# Interés de los nanofluidos

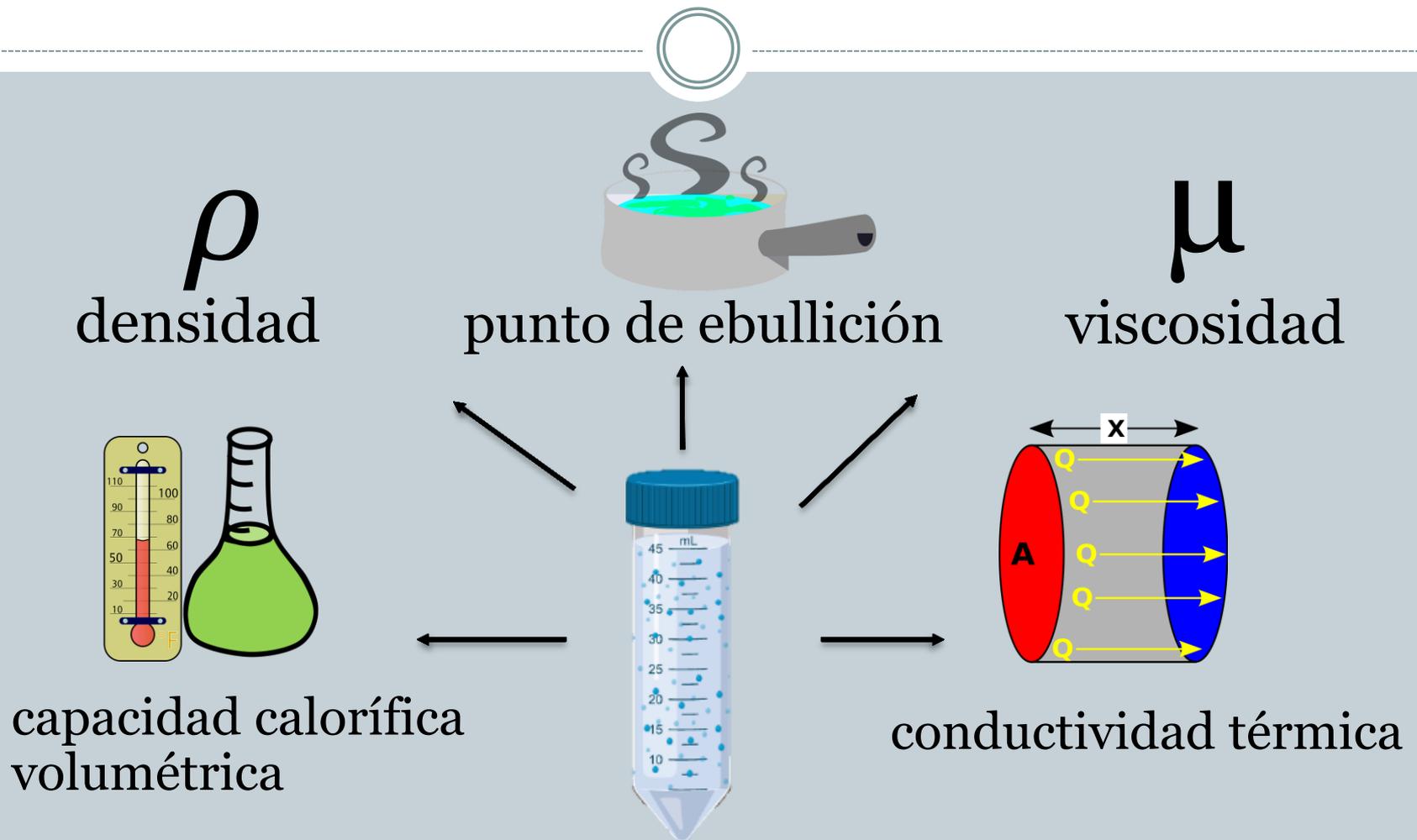
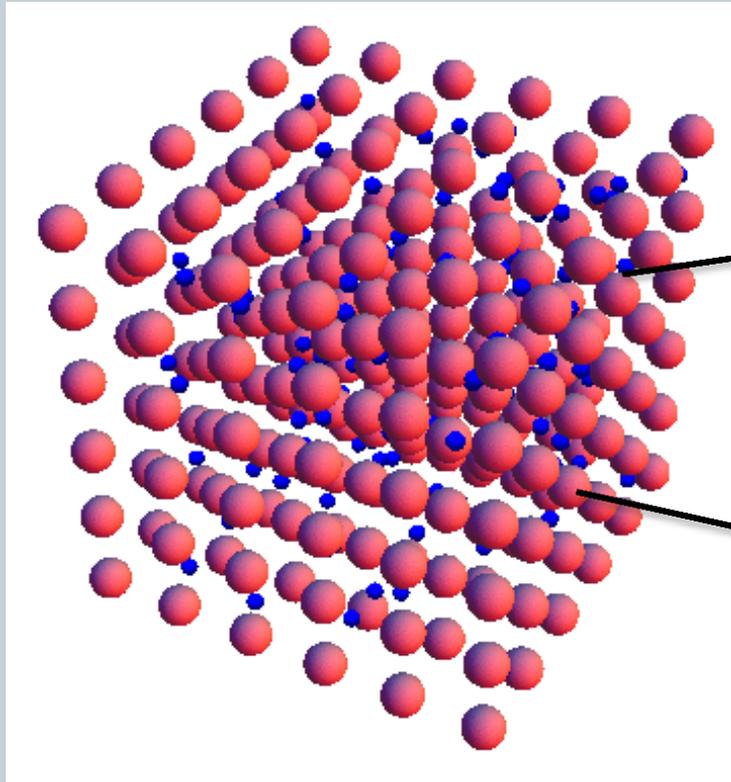


Figura 4– Propiedades de los nanofluidos

# Interés de los nanofluidos



**Electrón**



**Átomo**

Figura 5– Nube electrónica

# Interés de los nanofluidos



- Campos de aplicación:
  - Biomedicina
  - Sector automovilístico
  - Energía solar térmica

# Nanofluidos de alúmina



## Relación entre conductividades térmicas de varios nanofluidos

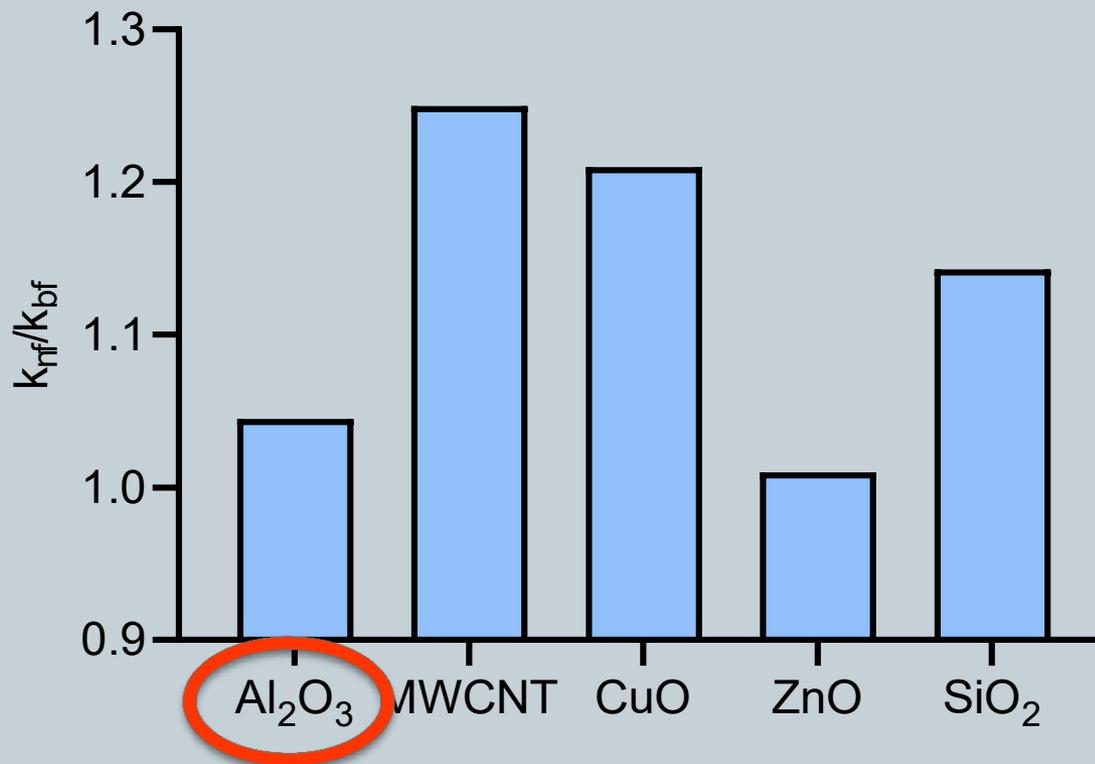


Figura 6– Conductividades térmicas de varios nanofluidos

# Nanofluidos de alúmina

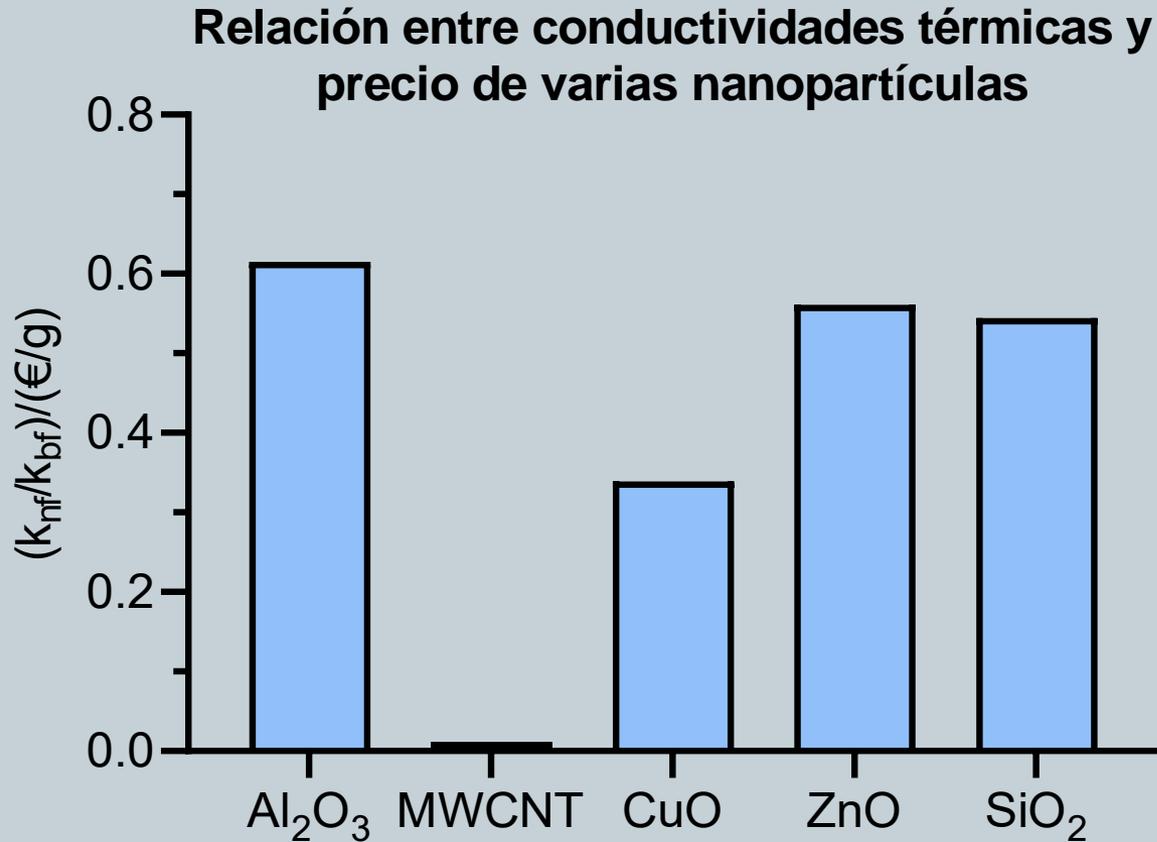


Figura 7– Relación conductividad-precio de varias nanopartículas

# Preparación de los nanofluidos

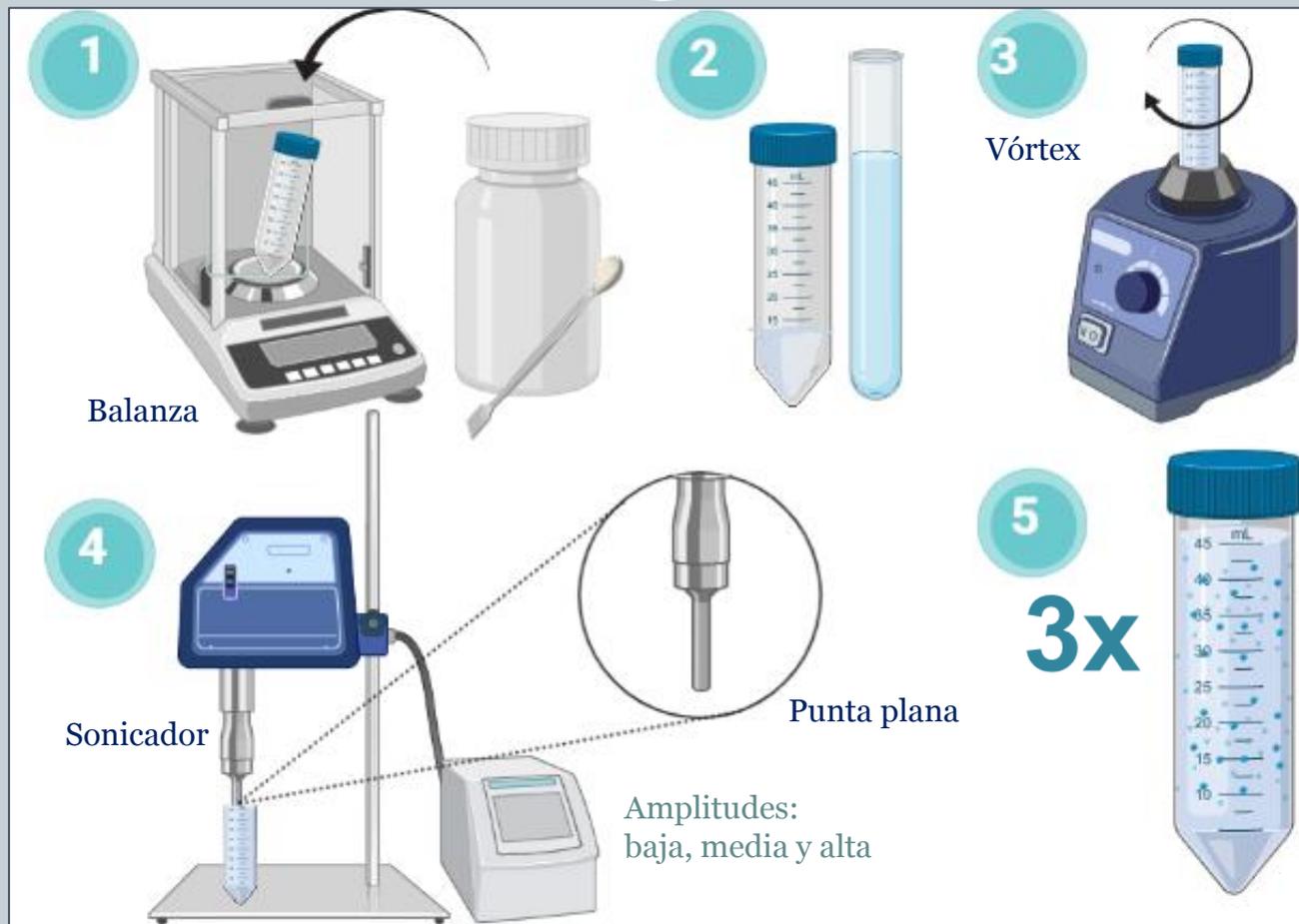


Figura 8– Preparación de un nanofluido

# Caracterización de los nanofluidos

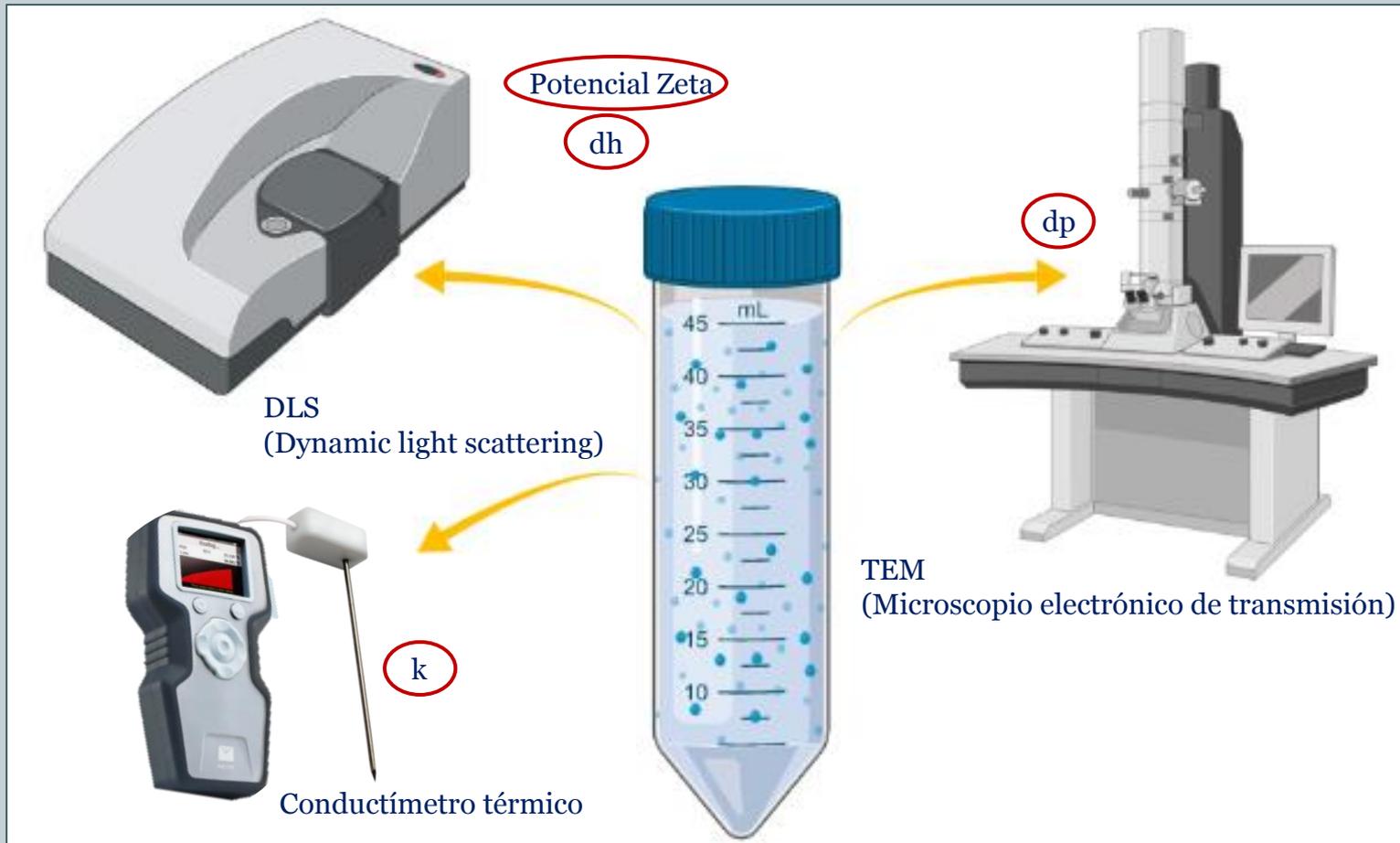


Figura 9– Caracterización de un nanofluido

# DLS

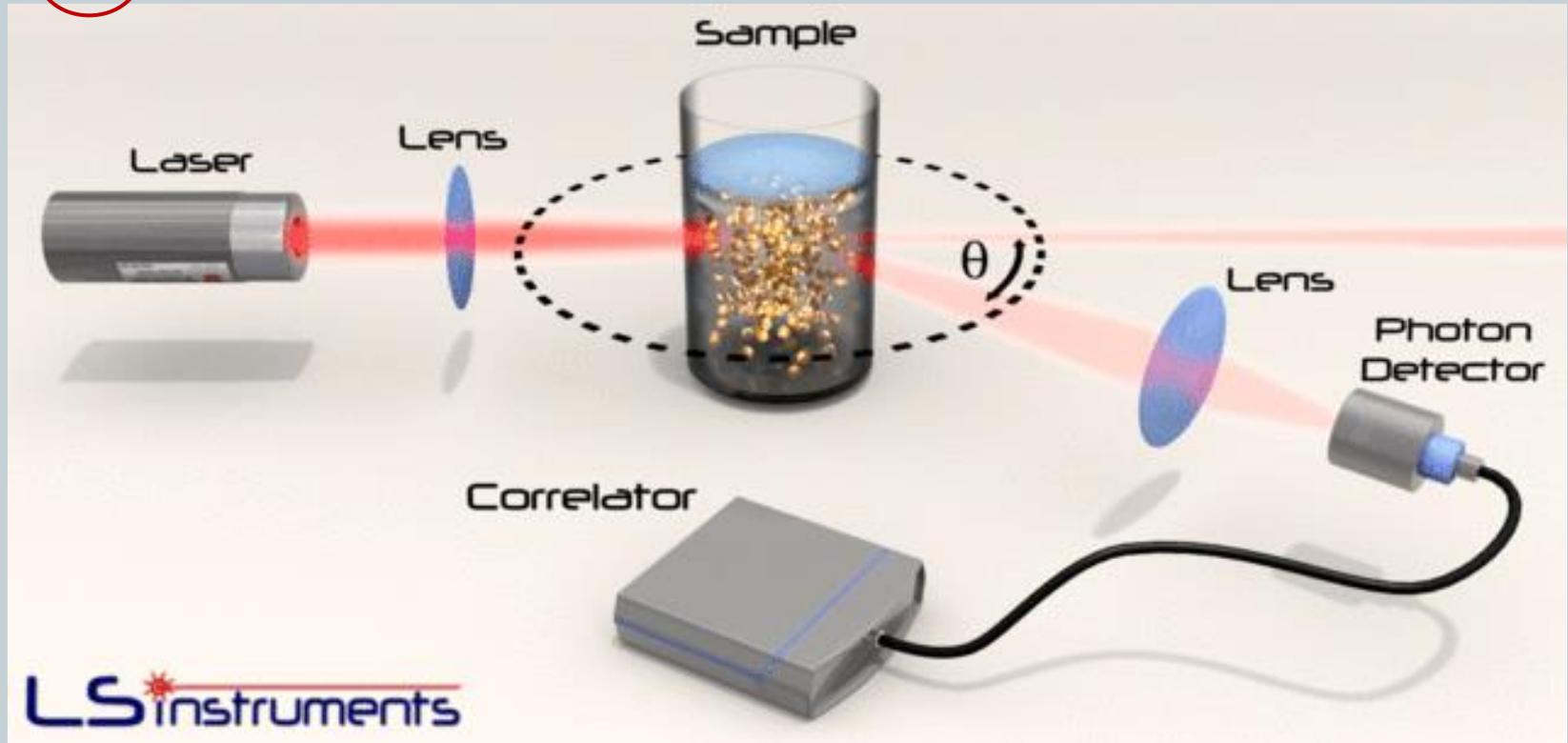


Figura 10– Funcionamiento de la dispersión de luz dinámica

# DLS



## Potencial Zeta

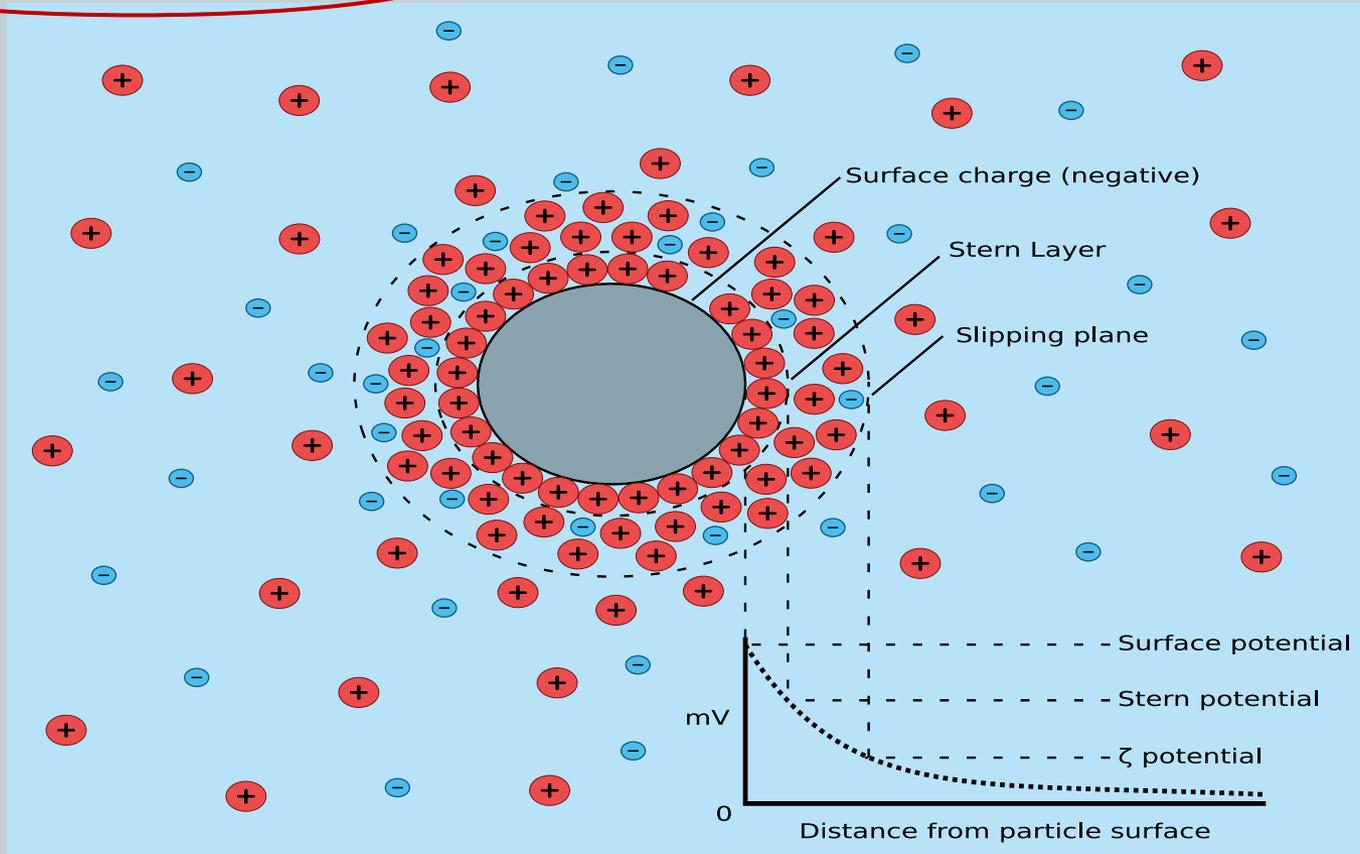


Figura 11– Carga superficial de una partícula dispersa

# TEM

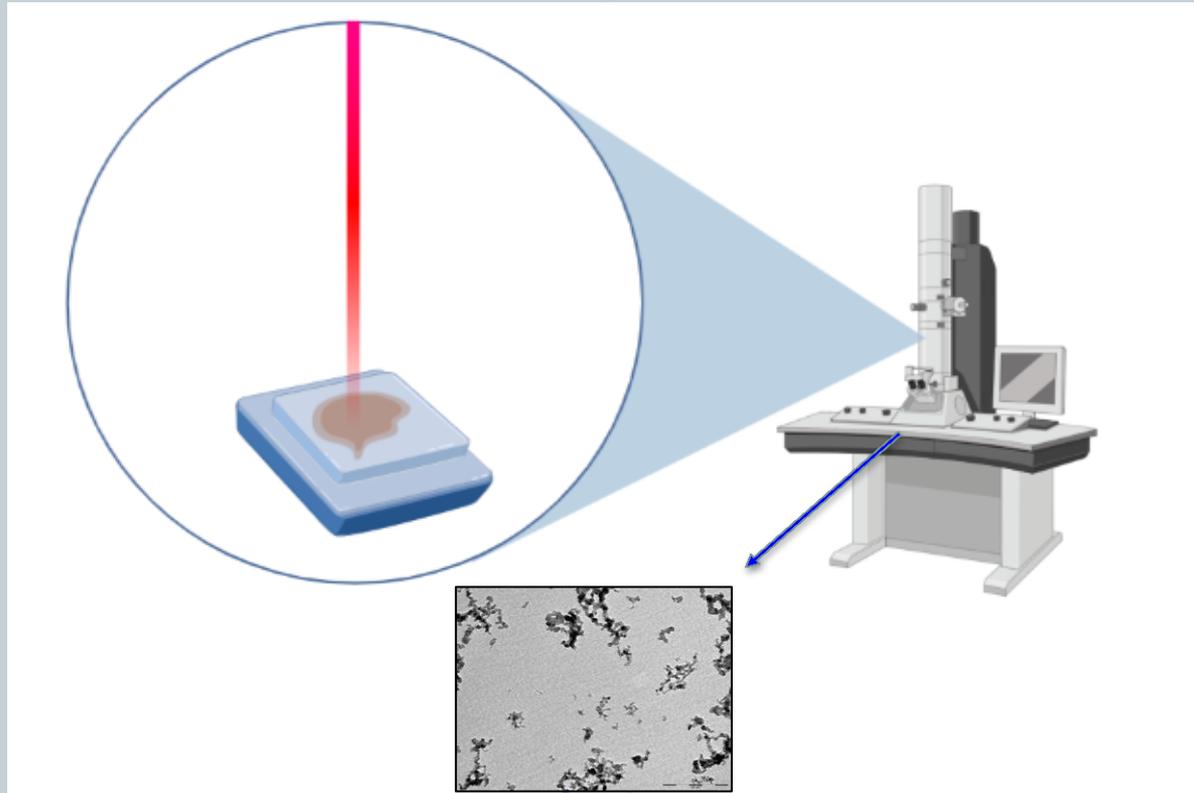


Figura 12– Vista de un nanofluido en el TEM

# Conductímetro térmico

k

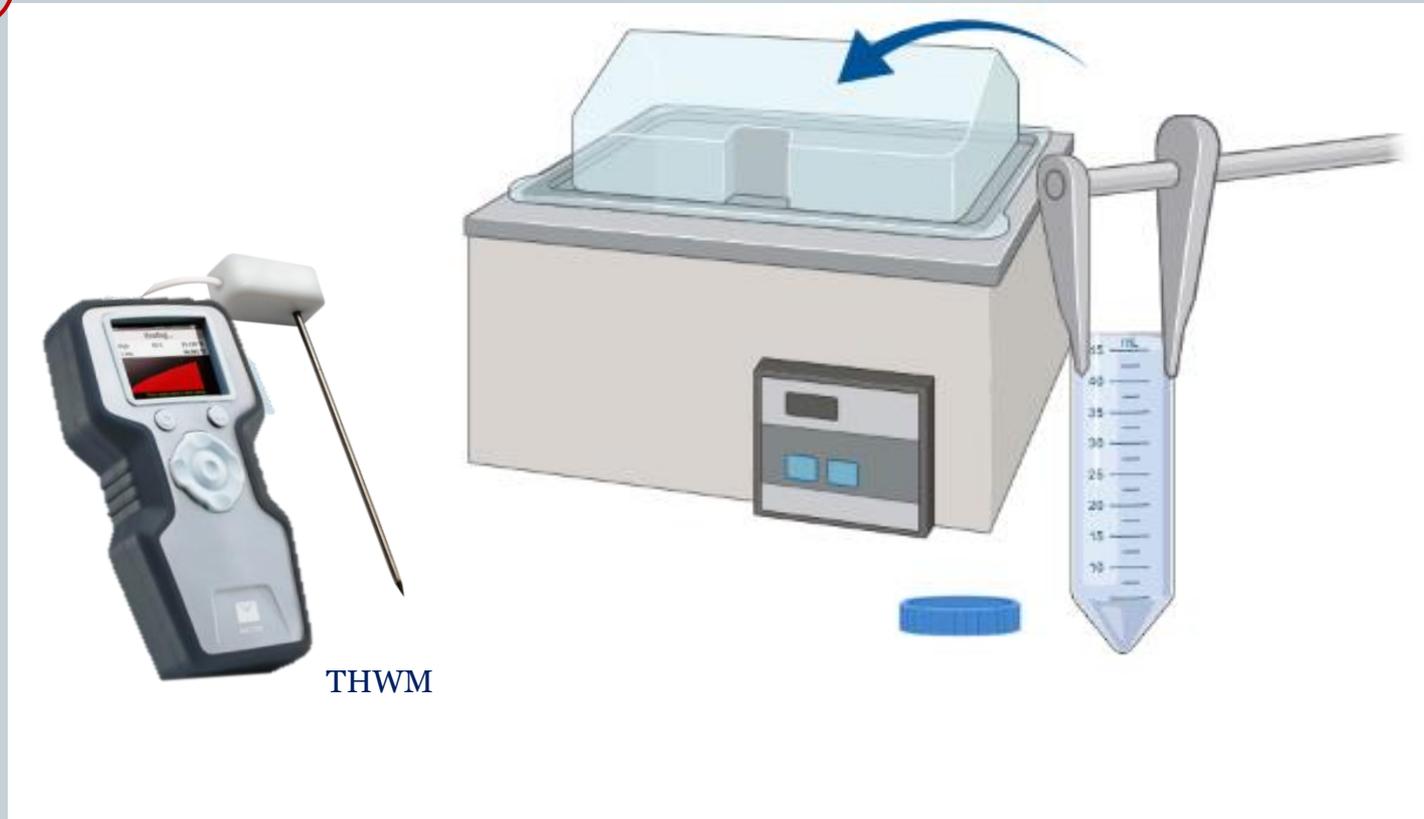


Figura 13– Medición de la conductividad térmica

# Resultados experimentales



Se desea obtener:

- Nanopartículas pequeñas
  - Dispersión estable
  - Conductividad térmica alta
- ↓ dp, dh
- ↑ Potencial Zeta
- ↑ k

# Resultados experimentales. $d_h$



Tiempo de sonicación vs  $d_h$

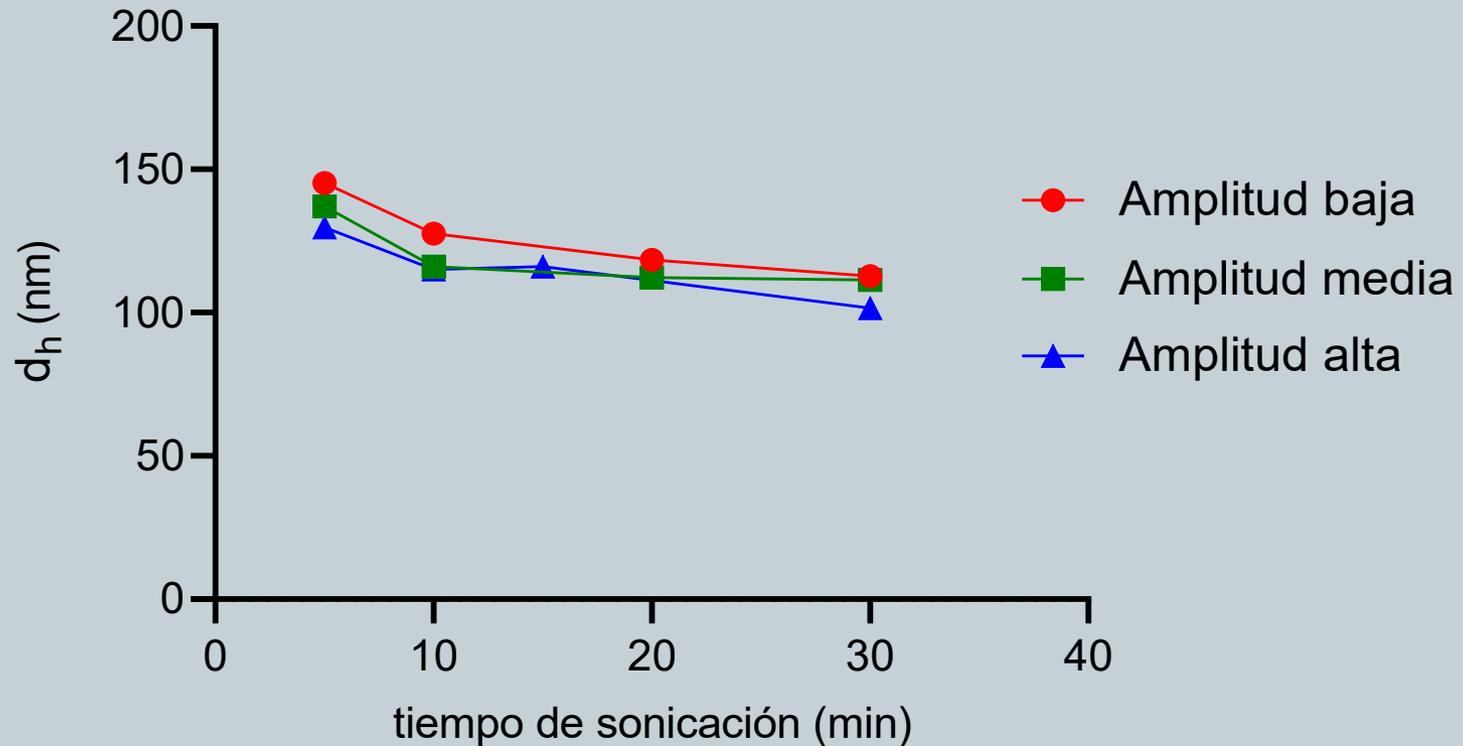


Figura 14– Tamaño de las nanopartículas en función del tiempo de sonicación

# Resultados experimentales. Potencial Zeta



## Tiempo de sonicación vs Potencial Zeta

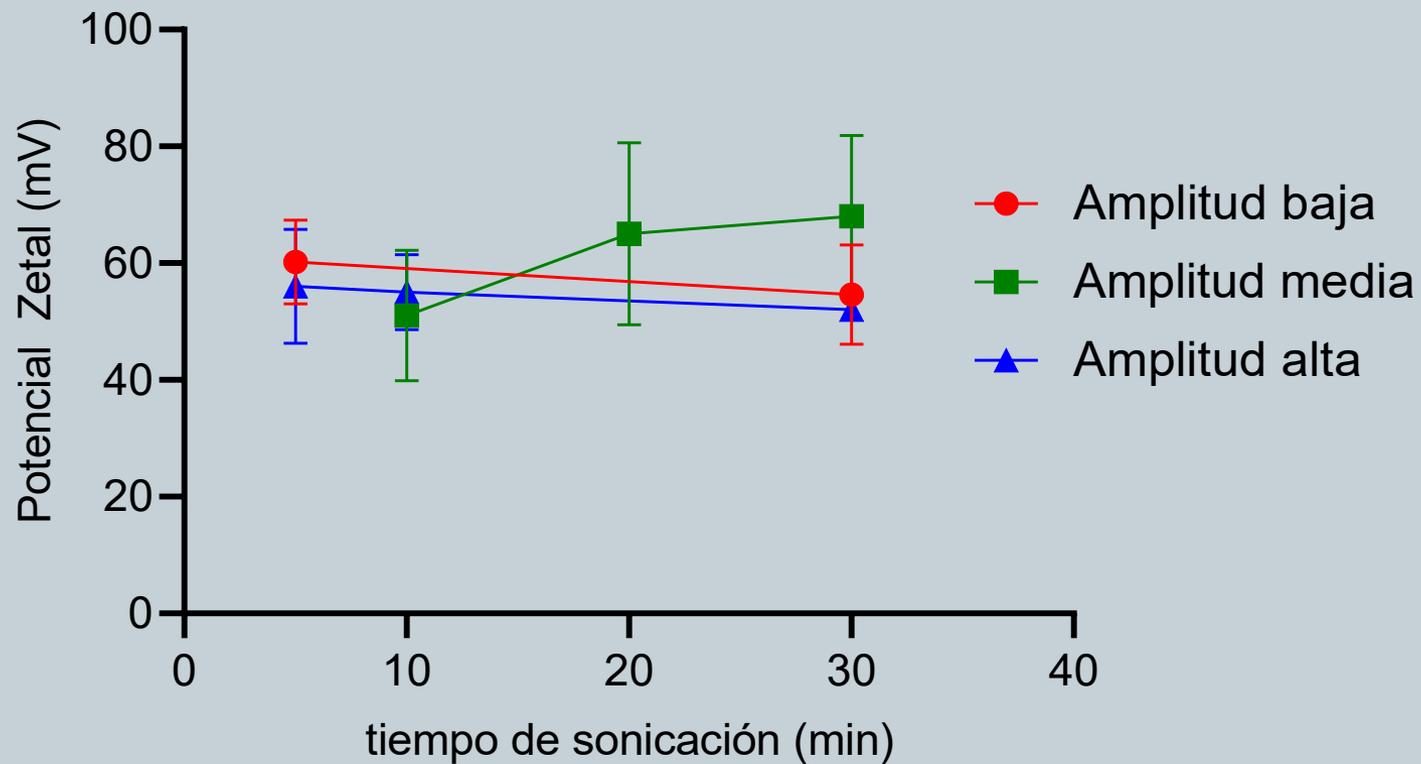
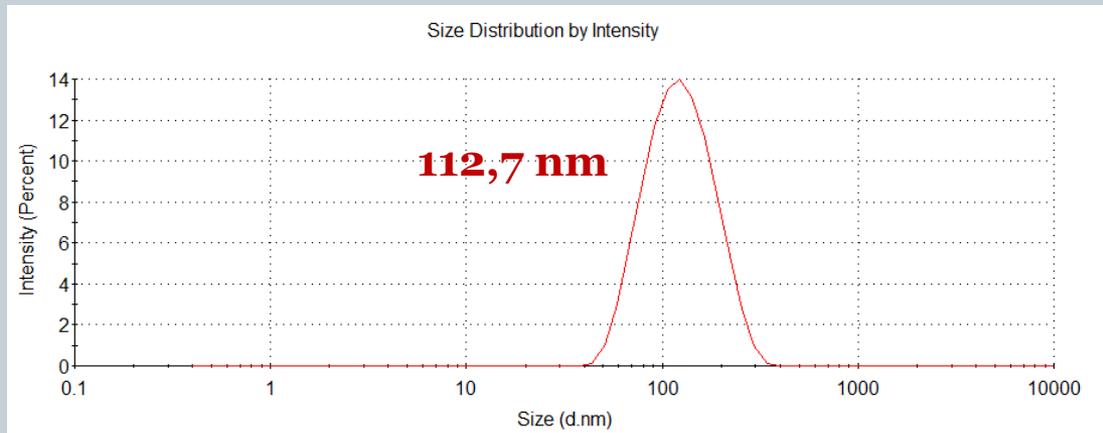
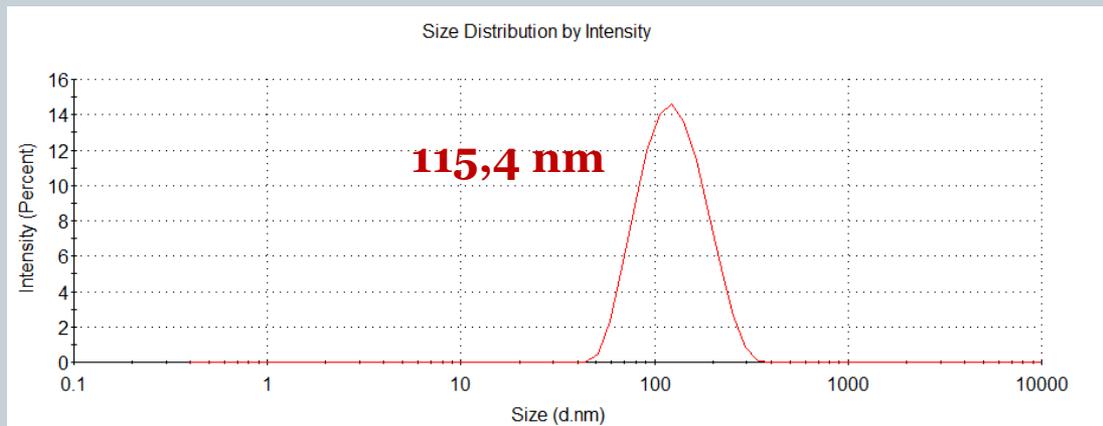


Figura 15– Potencial Zeta de las nanopartículas en función del tiempo de sonicación

# Resultados experimentales. Potencial Zeta



**11 de febrero  
2020**



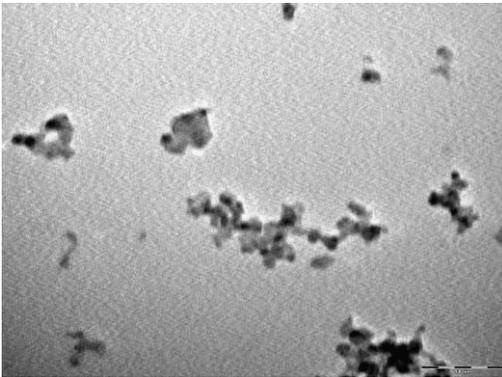
**10 de marzo  
2020**

Figura 16– Estabilidad de los nanofluidos preparados

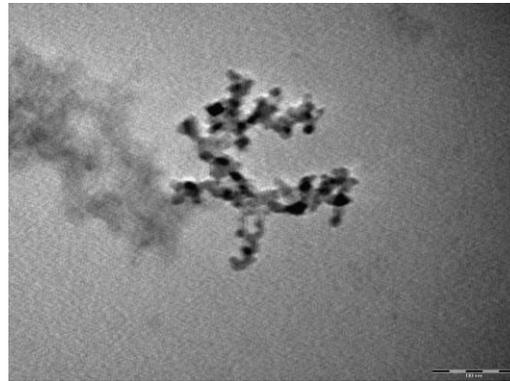
# Resultados experimentales. dp



Amplitud baja



Amplitud media



Amplitud alta

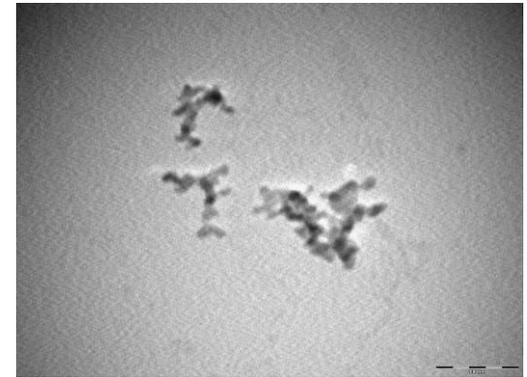


Figura 17– Imágenes del TEM para varias amplitudes de sonicación

# Resultados experimentales. dp



## DTP a diferentes amplitudes de sonicación

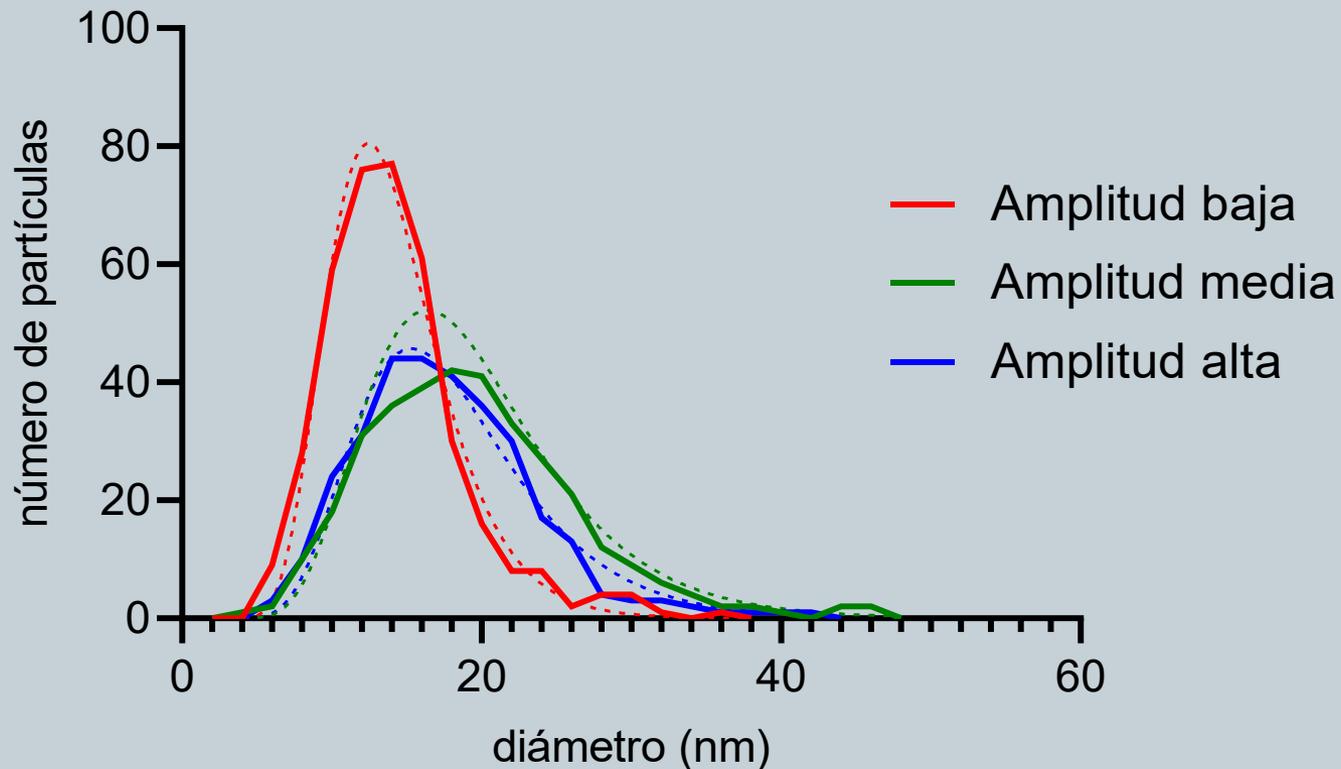


Figura 18– Tamaños de nanopartícula a diferentes amplitudes

# Diferencia entre dh y dp



<b>DLS</b>	<b>TEM</b>
Contabiliza partículas individuales y grupos de nanopartículas	Contabiliza partículas individuales
Millones de nanopartículas	100-200 nanopartículas
Resultado objetivo	Resultado subjetivo

Tabla 1– Diferencias principales entre el DLS y el TEM

# Diferencia entre $d_h$ y $d_p$

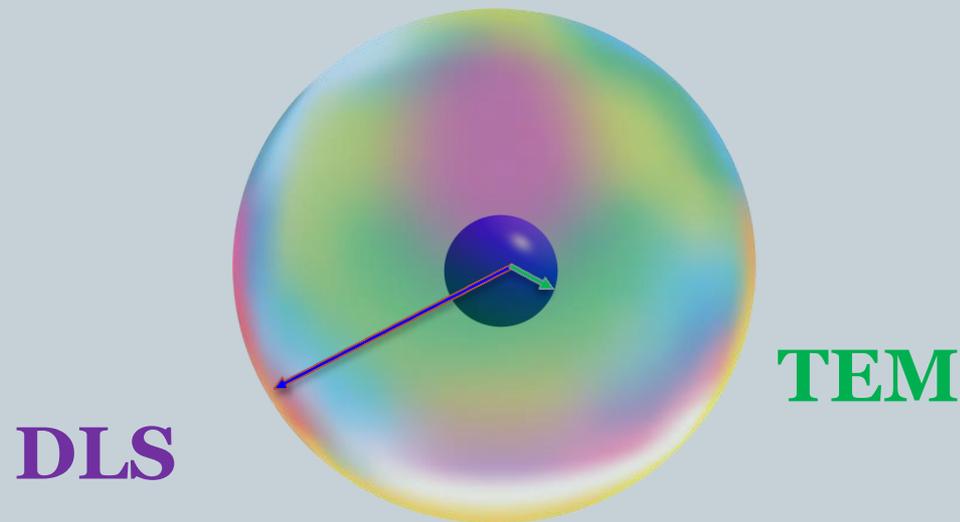


Figura 19– Representación de los diámetros medidos por el DLS y el TEM

# Resultados experimentales. k



**MEDIDA DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**



**ESTIMACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD TÉRMICA**

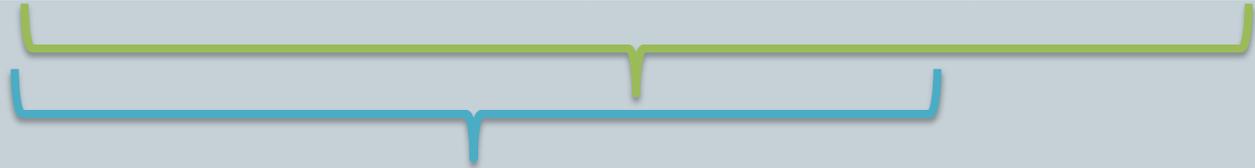
La conductividad térmica ( $k$ ) depende de:

- Volumen
- Temperatura
- Concentración

# Resultados experimentales. k



<b>Autores</b>	Maxwell	Bruggeman	Timofeeva et al	Minsta et al
<b>knf/kbf</b>	1,01730	1,01749	1,01800	1,01032



$$\text{knf/kbf} = 1,01578 \pm 0,0365$$



$$\text{knf/kbf} = 1,01759 \pm 0,00036$$

Tabla 2– Relación de conductividades en otros estudios  $\varphi=0.62\%$  Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en H<sub>2</sub>O

# Resultados experimentales. k



Variación de k con la concentración estudiada por diferentes autores

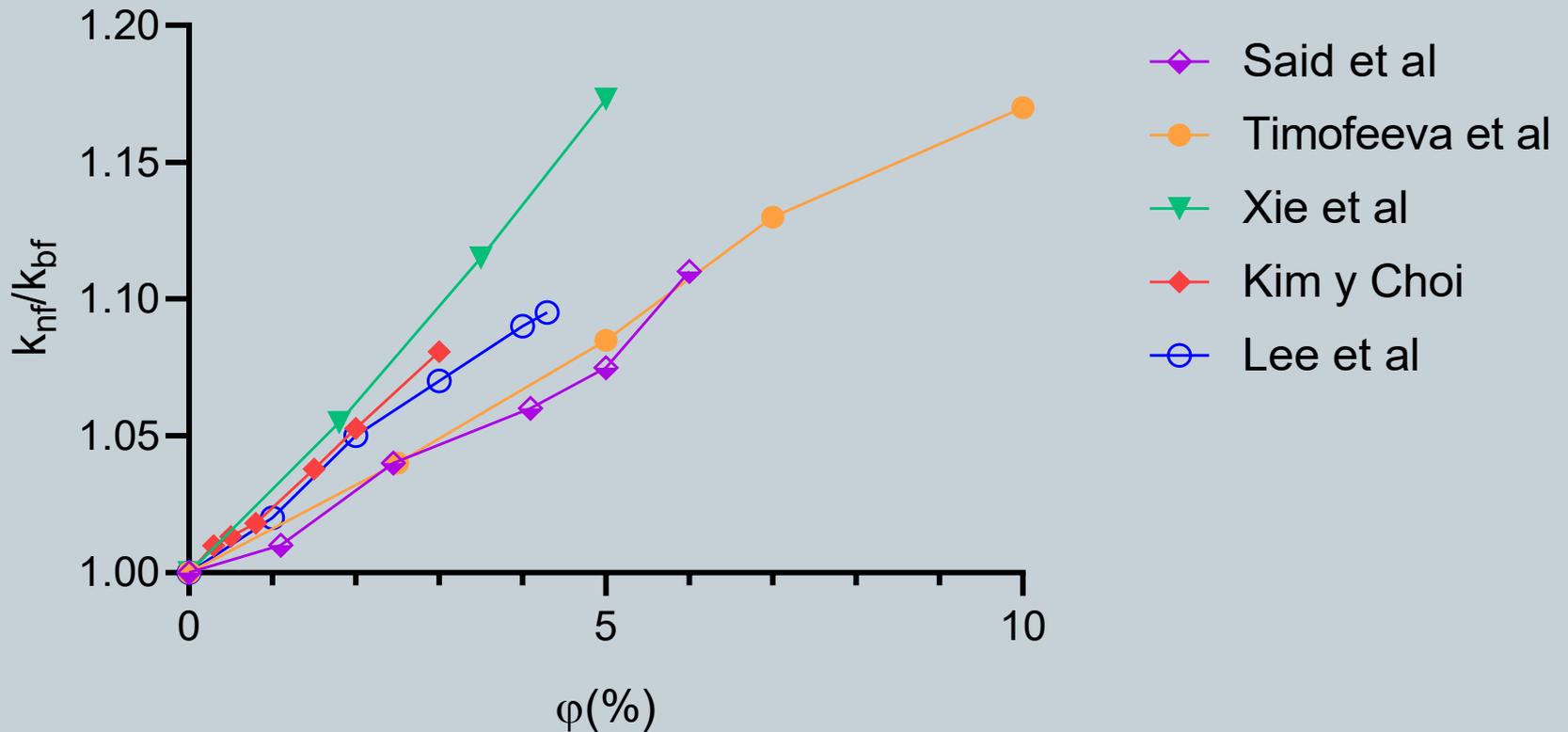


Figura 20– Variación de k con la concentración para nanofluidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

# Resultados experimentales. k



Variación de k con la temperatura estudiada por diferentes autores

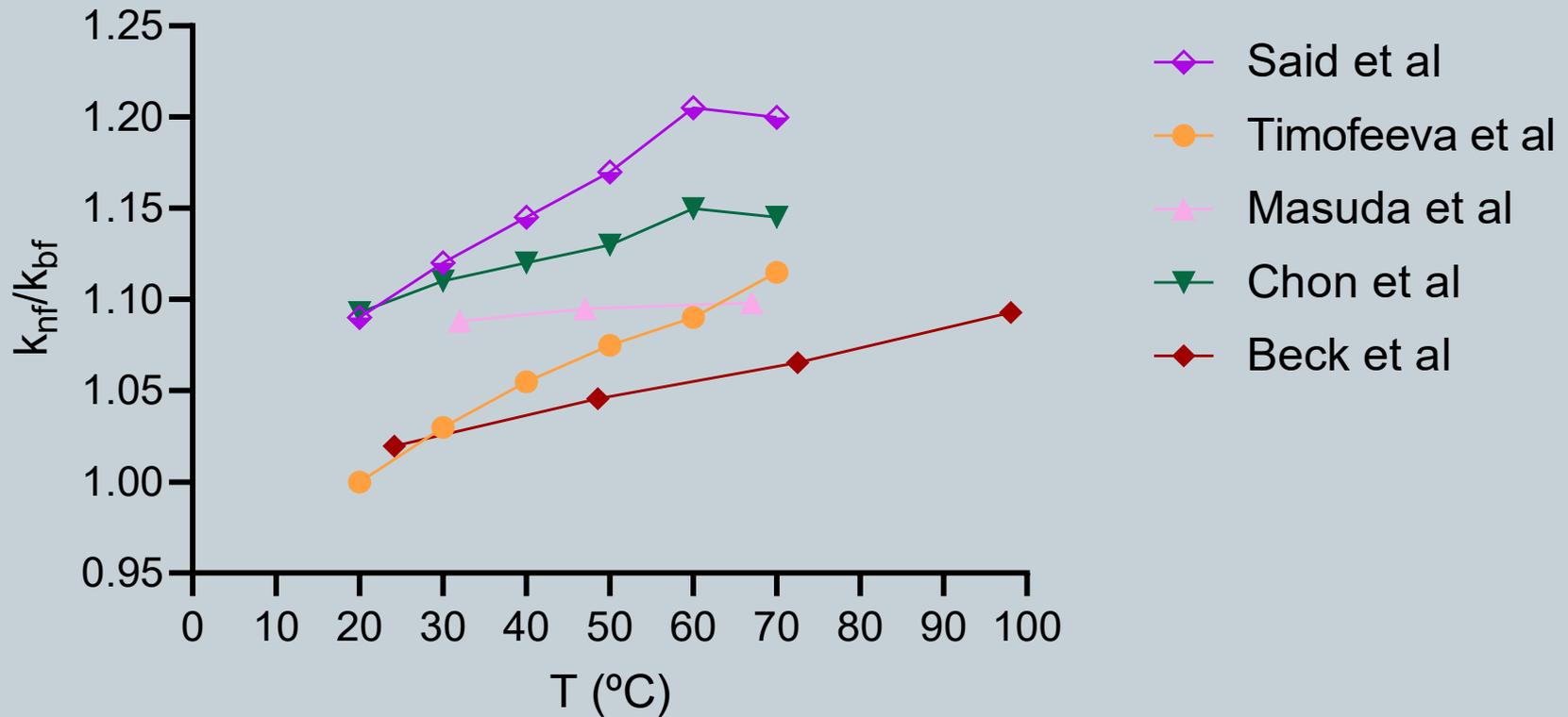
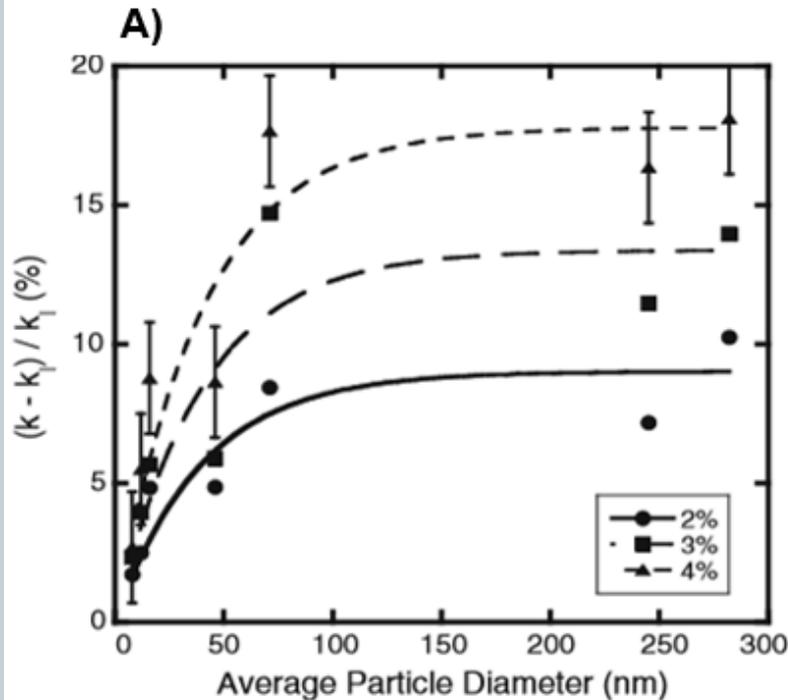
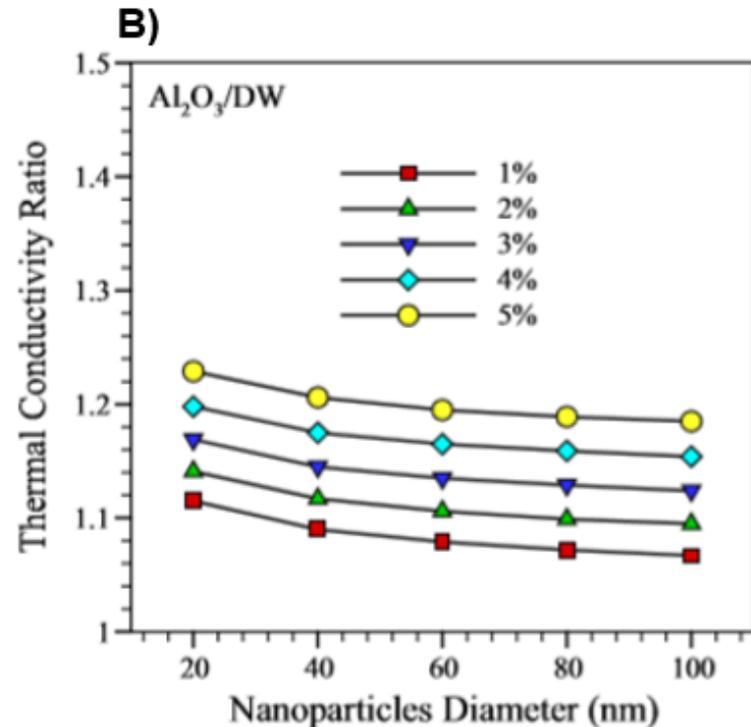


Figura 21– Variación de k con la temperatura para nanofluidos de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

# Resultados experimentales. k



Warrier, P., & Teja, A. (2011). Effect of particle size on the thermal conductivity of nanofluids containing metallic nanoparticles. *Nanoscale Research Letters*



Alawi, O. A., Sidik, N. A. C., Xian, H. W., Kean, T. H., & Kazi, S. N. (2018). Thermal conductivity and viscosity models of metallic oxides nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*

Figura 22– Variación de k con la concentración para nanofluidos de  $Al_2O_3$

# Para futuros estudios...



- Uso de concentraciones alrededor de  $\varphi = 3 \%$ , que supongan una mejora palpable en la conductividad térmica. Este es el valor aconsejado por algunos autores.
- Uso de **amplitudes de sonicación inferiores**, puesto que, si la diferencia del 60 % al 100 % no es significativa, puede que incluso trabajando en condiciones menos agresivas se consigan buenas dispersiones.
- Estudio de los **efectos que poseen las nanopartículas en un circuito**; erosión de los canales por donde circulan, sedimentación, aumento de las necesidades energéticas de la bomba impulsora...



# Muchas gracias

**SERRANO LAPUENTE, CARMEN <sup>(1)</sup>;  
CARISSIMI NACARATTO, GUZMÁN <sup>(2)</sup>;  
ALARCÓN GARCÍA, MARIANO <sup>(1)</sup>;  
VÍLLORA CANO, GLORIA <sup>(2)</sup>**

**CARMEN.S.L@UM.ES**

**(1) UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE  
ELECTROMAGNETISMO Y ELECTRÓNICA**

**(2) UNIVERSIDAD DE MURCIA, FACULTAD DE QUÍMICA, DEPARTAMENTO DE  
INGENIERÍA QUÍMICA**



## Comités del V Congreso Encuentro de Ingeniería de la Energía del Campus Mare Nostrum

### Comité organizador

Mariano Alarcón García (Presidente)  
Manuel Seco Nicolás  
Francisco del Cerro Velázquez  
Juan Pedro Luna Abad  
Alfonso P. Ramallo González  
Fernando Lozano Rivas

### Comité científico

Alfonso P. Ramallo González (UM)  
Antonia Baeza Caracena (UM)  
Antonio González Carpena (UM)  
Antonio Urbina Yeregui (UPCT)  
Antonio Viedma Robles (UPCT)  
Félix Cesáreo Gómez de León Hijes (UM)  
Fernando Illán Gómez (UPCT)  
Francisco del Cerro Velázquez (UM)  
Francisco Vera García (UPCT)  
Gloria Alarcón García (UM)  
Gloria Villora Cano (UM)  
Joaquín Zueco Jordán (UPCT)  
José A. Almendros Ibáñez (UCLM)  
José Miguel Martínez Paz (UM)  
José Ramón García Cascales (UPCT)  
Juan Pedro Luna Abad (UPCT)  
Juan Pedro Montávez Gómez (UM)  
Manuel Lucas Miralles (UMH)  
Manuel Seco Nicolás (UM)  
Mariano Alarcón García (UM)  
Miguel Ángel Zamora Izquierdo (UM)  
Pedro J. Vicente Quiles (UMH)  
Teresa Maria Navarro Caballero (UM)  
Teresa Vicente Vicente (UM)

ley. Dirijase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, [www.cedro.org](http://www.cedro.org)) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

**ACTAS DEL CONGRESO V ENCUENTRO DE  
INGENIERÍA DE LA ENERGÍA DEL CAMPUS MARE  
NOSTRUM**

**PROCEEDINGS OF THE V MEETING OF ENERGY ENGINEERING OF  
CAMPUS MARE NOSTRUM**

*Editor*

Mariano Alarcón García

*Co-editor*

Manuel Seco Nicolás

Murcia 2021