

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

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.





Mejora de la transferencia de calor en un tubo con deflectores anulares insertados mediante superposición de un flujo oscilatorio

José Muñoz Cámara; Juan Pedro Solano Fernández

RESUMEN

Un gran número de procesos industriales requieren un elevado tiempo de residencia, lo que lleva a trabajar en tanques agitadores en modo de producción por lotes. Como alternativa, se desarrollaron los reactores de flujo oscilatorio (OBR), en los que se busca operar en régimen continuo. Para ello, una serie de deflectores son introducidos en el tubo principal y se superpone un flujo oscilatorio, de intensidad variable, al caudal neto principal. De esta manera, es posible regular la intensidad de la transferencia de calor y masa manteniendo un caudal neto bajo que asegure un elevado tiempo de residencia.

A pesar de la aplicabilidad de los OBRs, muchos aspectos relacionados con el comportamiento termohidráulico, como son el consumo de potencia o la transferencia de calor, no han sido todavía abordados en profundidad.

En este trabajo se presentan resultados experimentales para una geometría de deflectores anulares equiespaciados. Se presentan datos para evaluar la mejora en el coeficiente de convección cuando se superpone un flujo oscilatorio respecto al caso de operación con solo caudal neto, además de estudiarse el efecto sobre la caída de presión.

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 Generación y transformación de la energía Gestión y control de la energía Impacto ambiental de la energía Ingeniería de sistemas y equipos energéticos Máquinas térmicas y de fluidos
 Movilidad sostenible Problemática social de la energía Transferencia de calor y masa

COMPORTAMIENTO TERMOHIDRÁULICO DE TUBOS CON DEFLECTORES Y FLUJO OSCILATORIO SUPERPUESTO



**Universidad
Politécnica de
Cartagena**

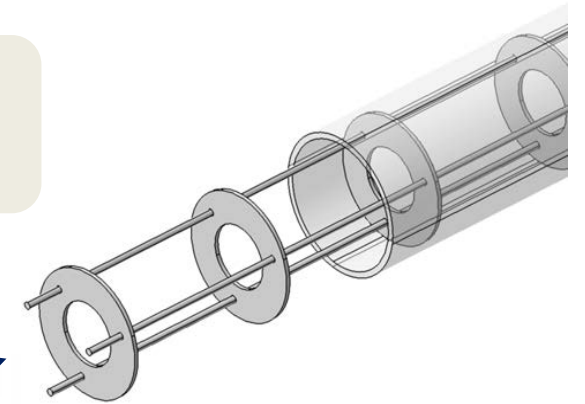
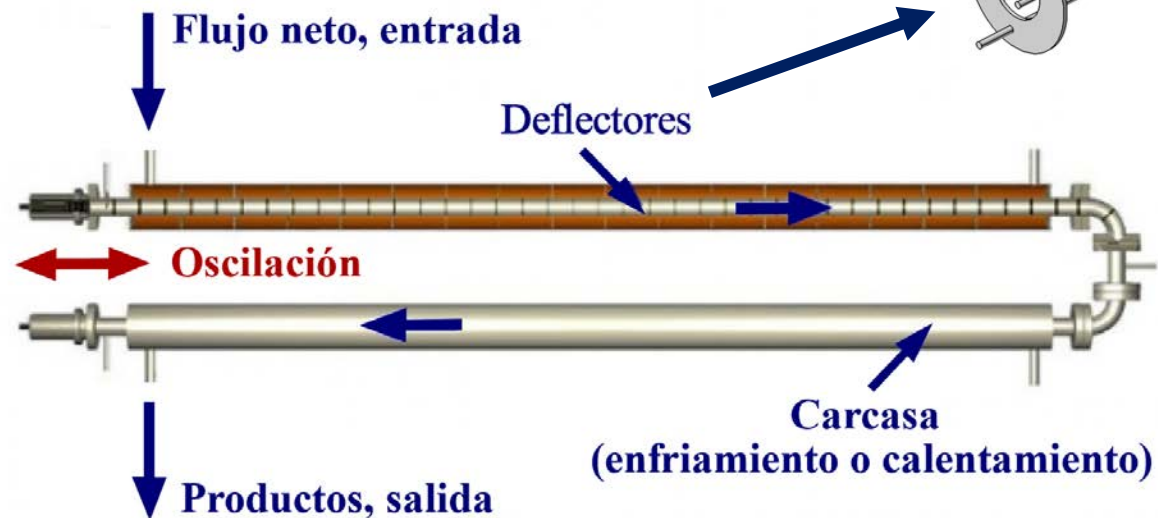
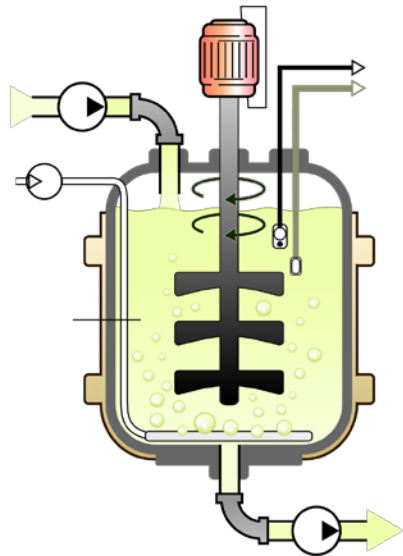
Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos

**José Muñoz Cámara
Juan Pedro Solano Fernández**

- 1. Introducción**
2. Caída de presión y disipación de potencia
3. Transferencia de calor
4. Conclusiones

REACTOR DE FLUJO OSCILATORIO (OBR)

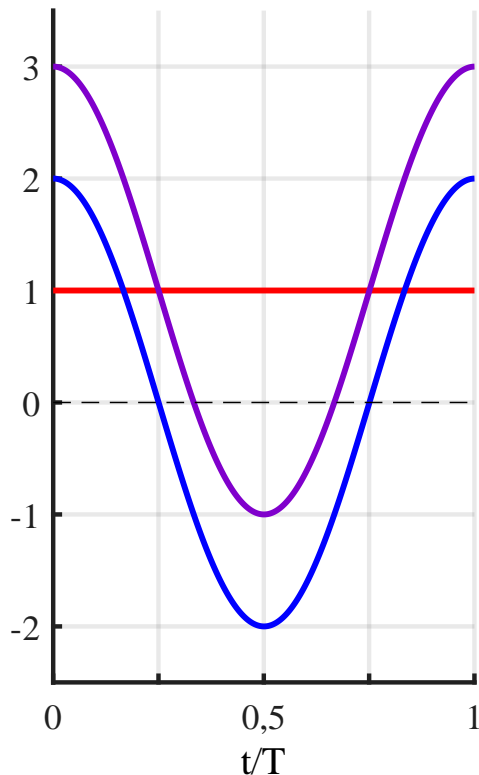
- Aplicaciones: Procesos con un **elevado tiempo de residencia**
- Intensificación de procesos: **Batch** → **Continuo**



I. Introducción

Reactores de flujo oscilatorio

Flujo neto bajo
+
Flujo oscilatorio



➔ *Ley de velocidad:* $u(t) = u_n + 2\pi f x_0 \text{sen}(2\pi f t)$

$$Re_n = \frac{\rho u_n D}{\mu}$$

$$Re_{osc} = \frac{\rho 2\pi f x_0 D}{\mu}$$

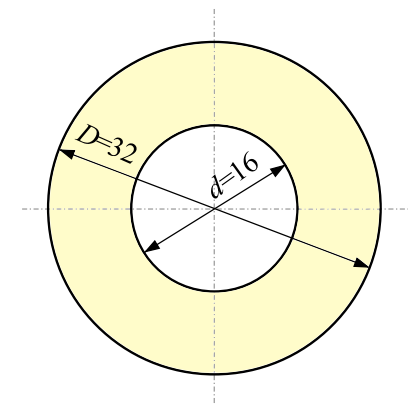
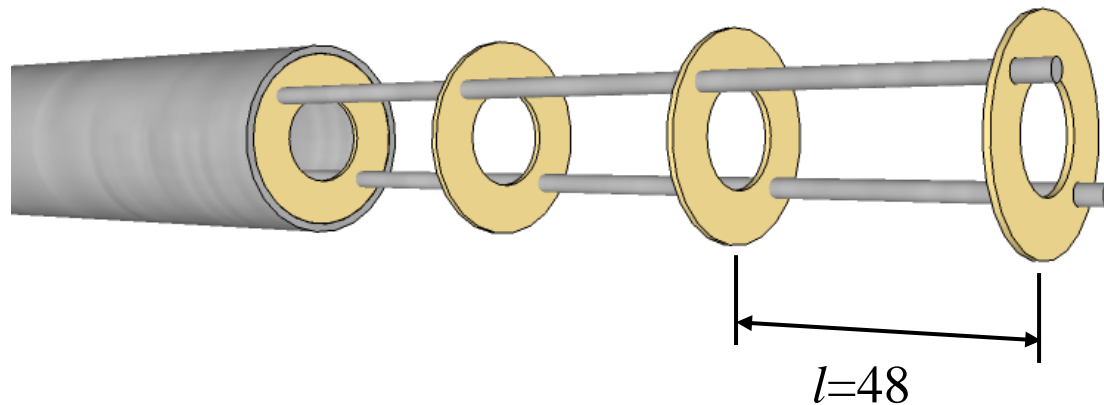
$$\frac{x_0}{D} = 0,5$$

1. Pérdida de carga y potencia de accionamiento

Obtener **curvas** para el **factor de fricción** (en régimen oscilatorio) en función de los parámetros adimensionales relevantes.

2. Transferencia de calor

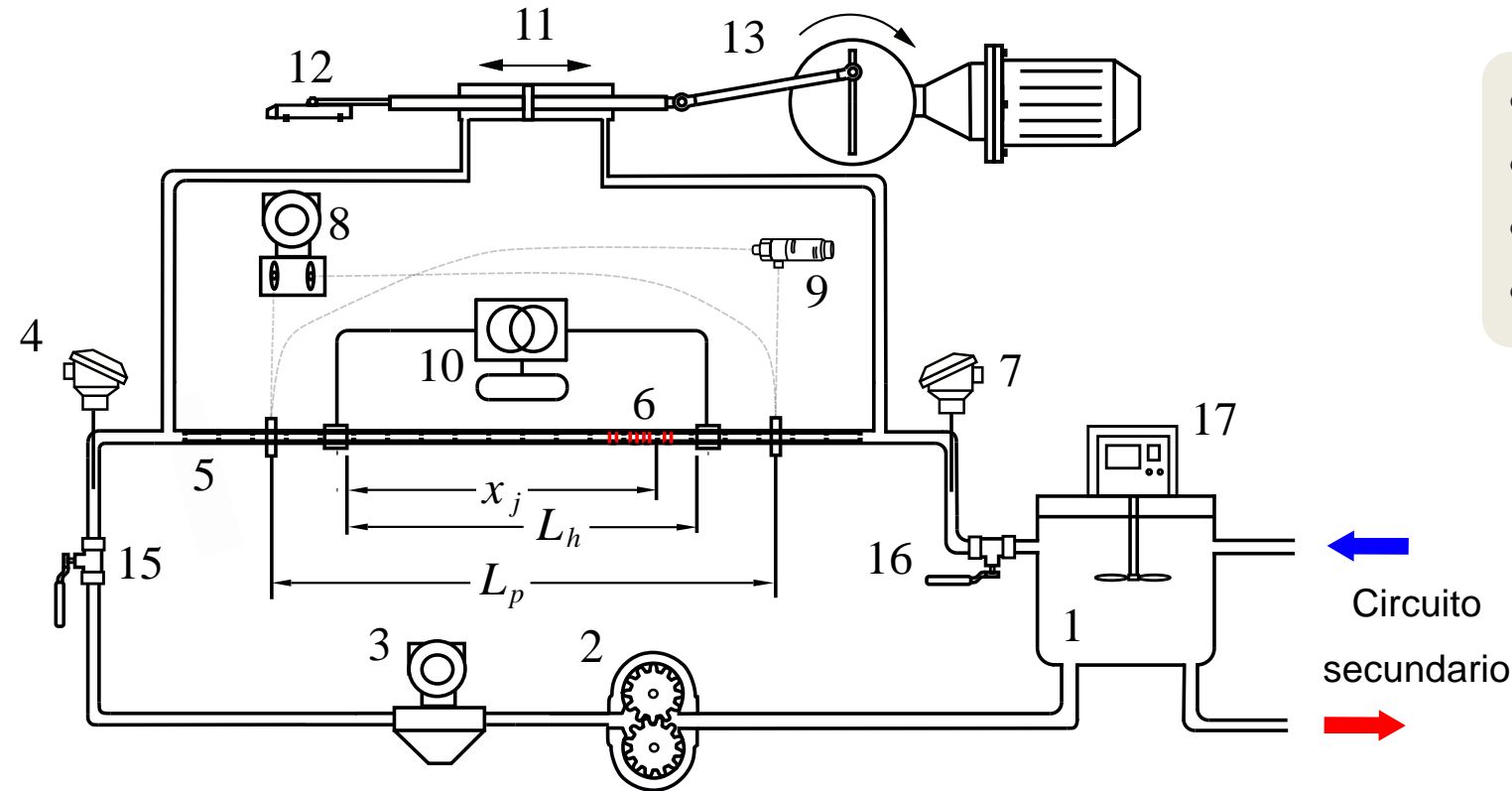
Estudiar el **efecto** de los **números adimensionales** implicados: Re_n , Re_{osc} y Pr .



1. Introducción
2. Caída de presión y disipación de potencia
3. Transferencia de calor
4. Conclusiones

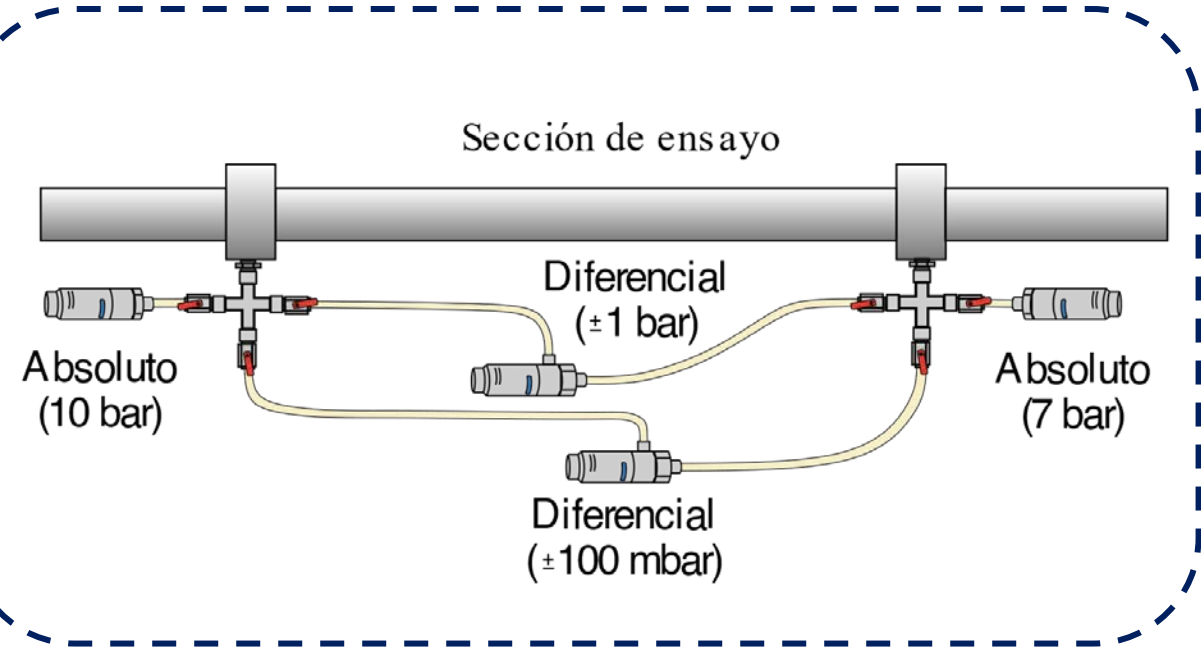
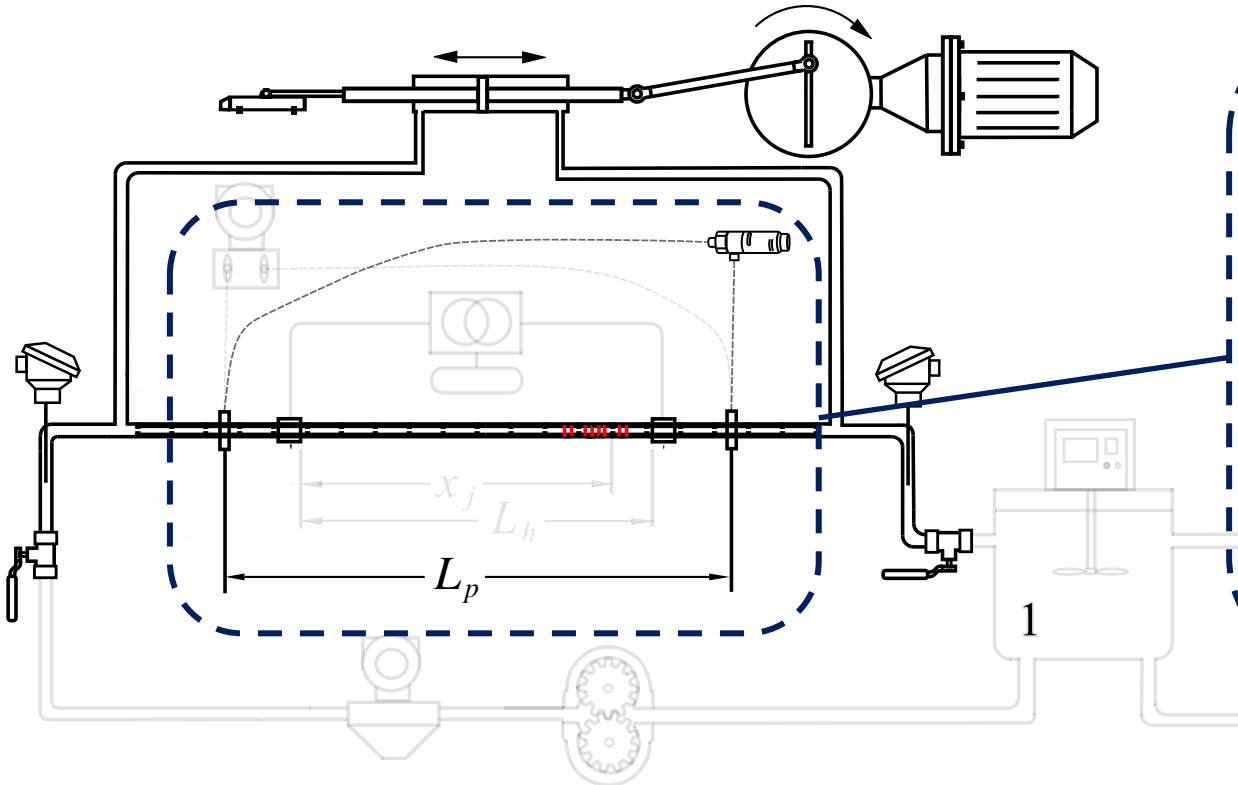
3. Caída de presión

Metodología



- Fluido: propilenglicol (60-95 %)
- Longitud total: $L=2$ m
- Diámetro: $D=32$ mm
- Circuito refrigeración: $15 < T(^{\circ}\text{C}) < 40$

> Caída de presión oscilatoria

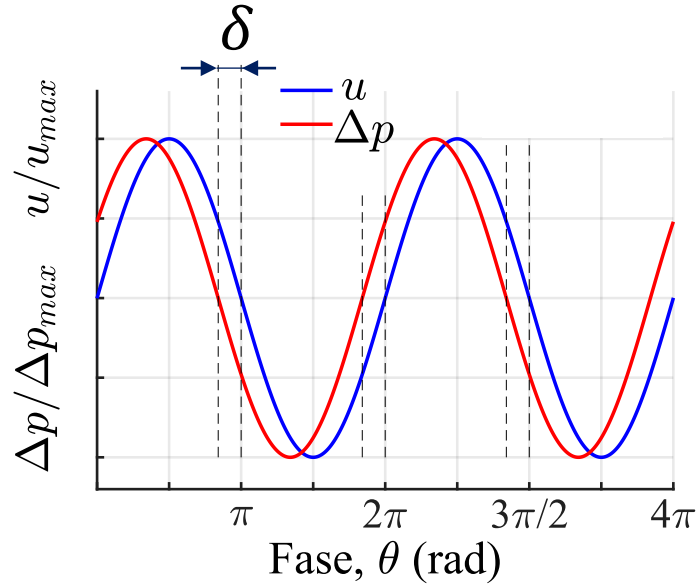


- Presurización del circuito.
- Condiciones **isotermas**. Temperatura ambiente
- $L_p = 1296$ mm

- 4 Sensores de **presión diferencial piezorresistivos**
- 20-80 ciclos/punto ($f_{adq} = 2,8$ kHz)

3. Caída de presión

Flujo oscilatorio. Generalidades

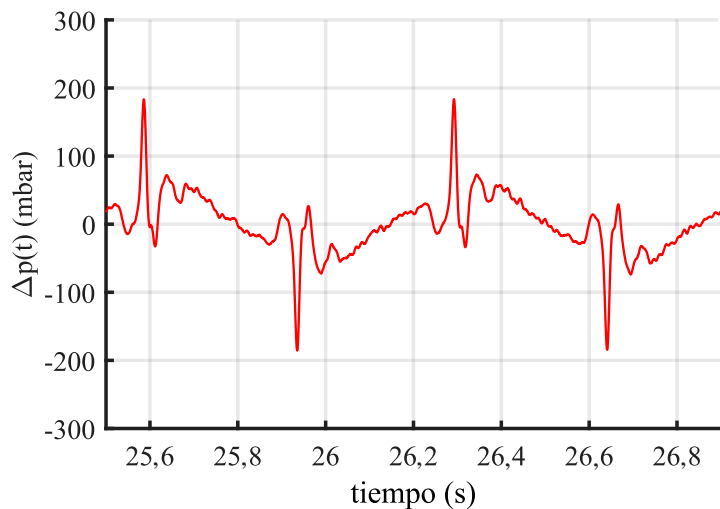


Pot. media disipada:

$$\overline{W}_{osc} = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t) \cdot \Delta p(t) dt$$

Asumiendo señales perfectamente senoidales

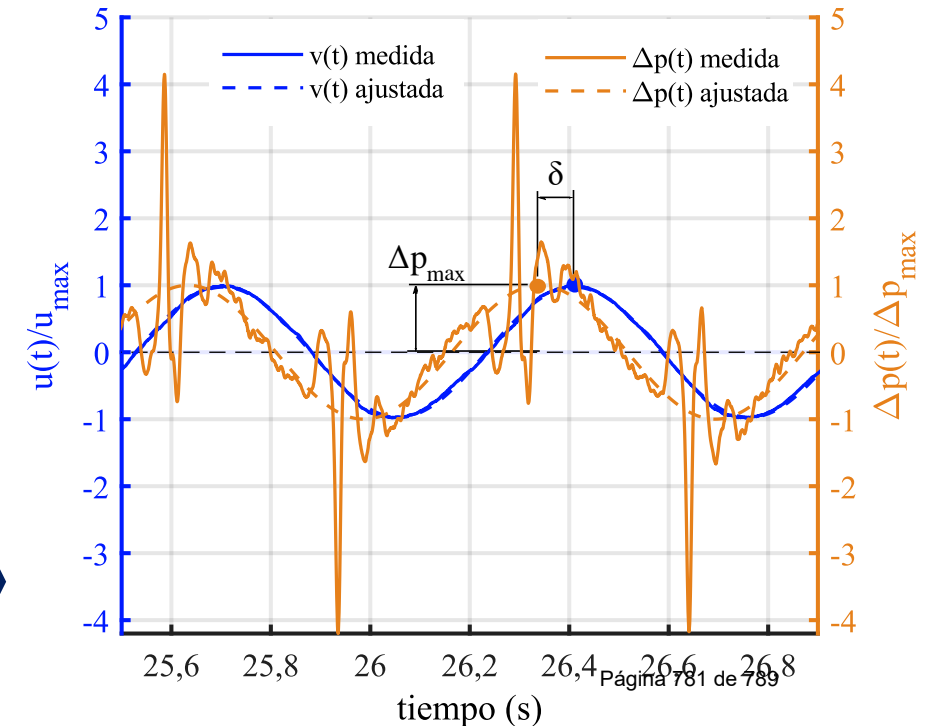
$$\overline{W}_{osc} = \frac{1}{2} \Delta p_{max} (2\pi f x_0 A) \cos(\delta)$$



Realidad más compleja:

- Perturbaciones en los finales de carrera

Ajuste estadístico
Cálculo de Δp_{max} y δ



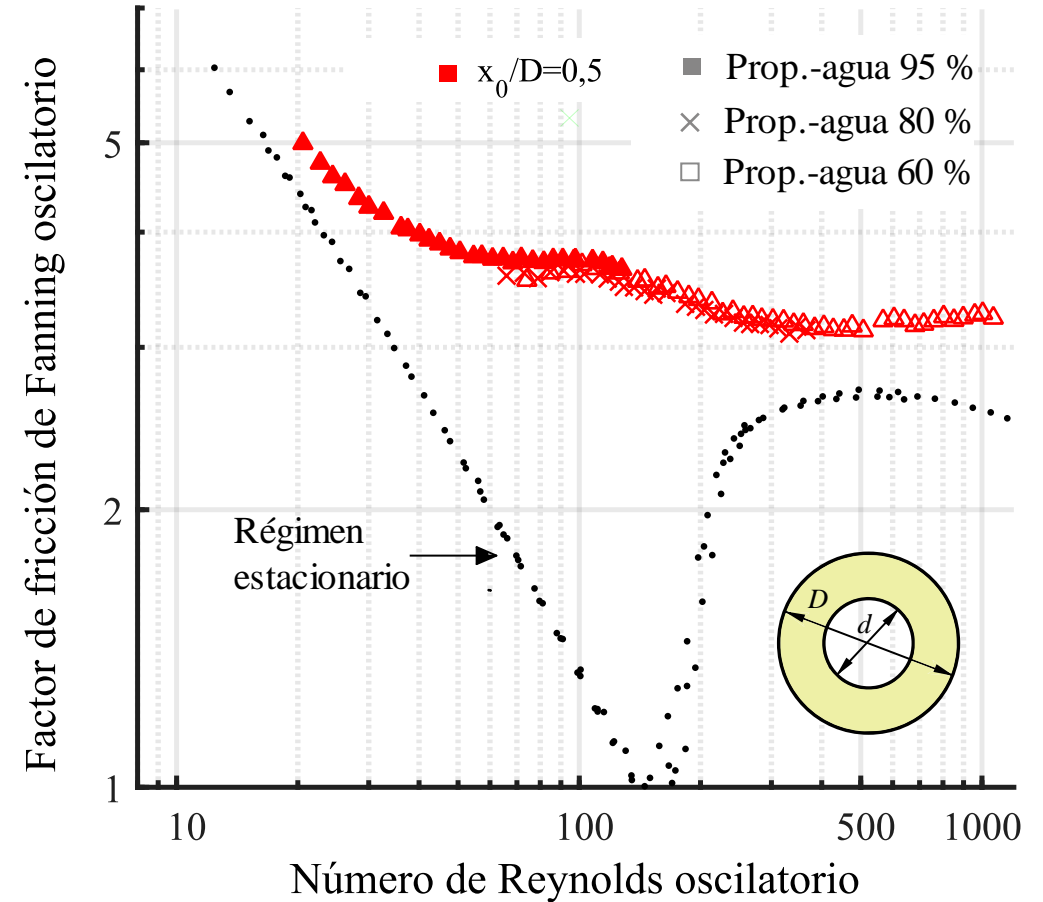
3. Caída de presión

Flujo oscilatorio. f_{osc} y δ

- Adimens. de la amplitud de la onda de presión:

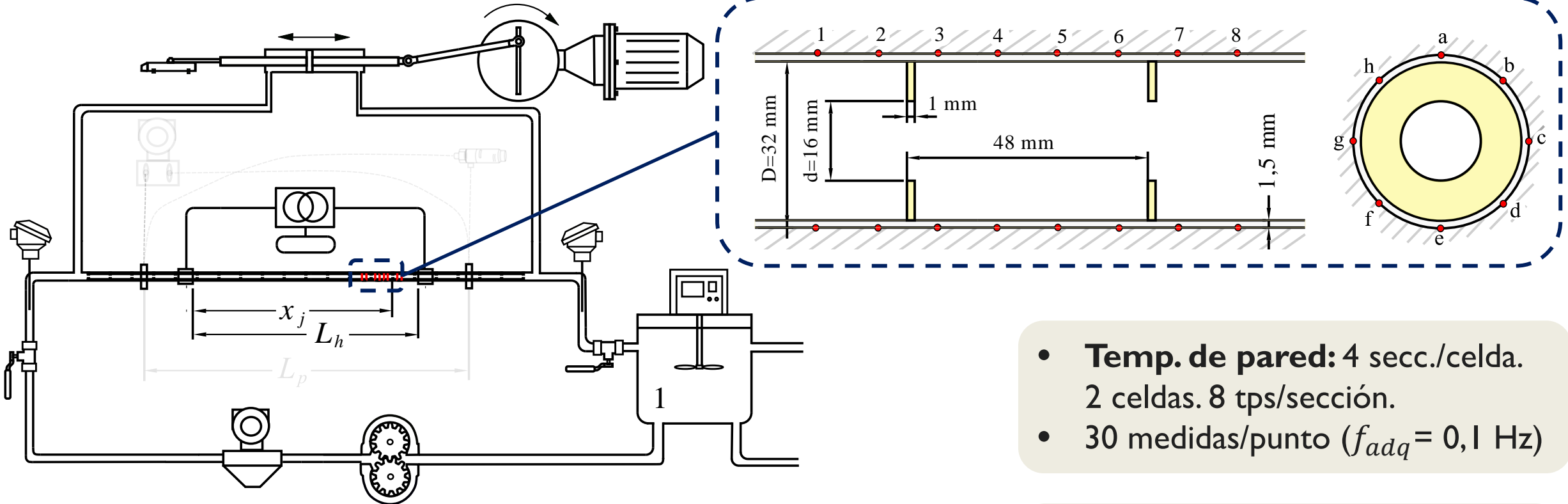
$$f_{osc} = \frac{\Delta p_{max}}{2\rho (2\pi f x_0)^2} \frac{D}{L_p}$$

- Bajos Re_{osc} \rightarrow tendencia a f_n



1. Introducción
2. Caída de presión y disipación de potencia
- 3. Transferencia de calor**
4. Conclusiones

> Transferencia de calor



- Flujo de calor uniforme.
- Efecto Joule
- $L_h = 840$ mm

- Temp. fluido sección medida:

$$T_{b,j} = T_{b,e} + \frac{Q - Q_p}{\dot{m} \cdot c_p} \cdot \frac{x_j}{L_h}$$

- **Temp. de pared:** 4 secc./celda. 2 celdas. 8 tps/sección.
- 30 medidas/punto ($f_{adq} = 0,1$ Hz)

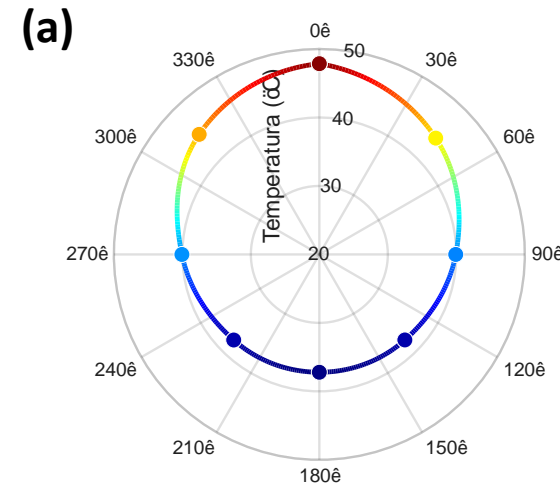
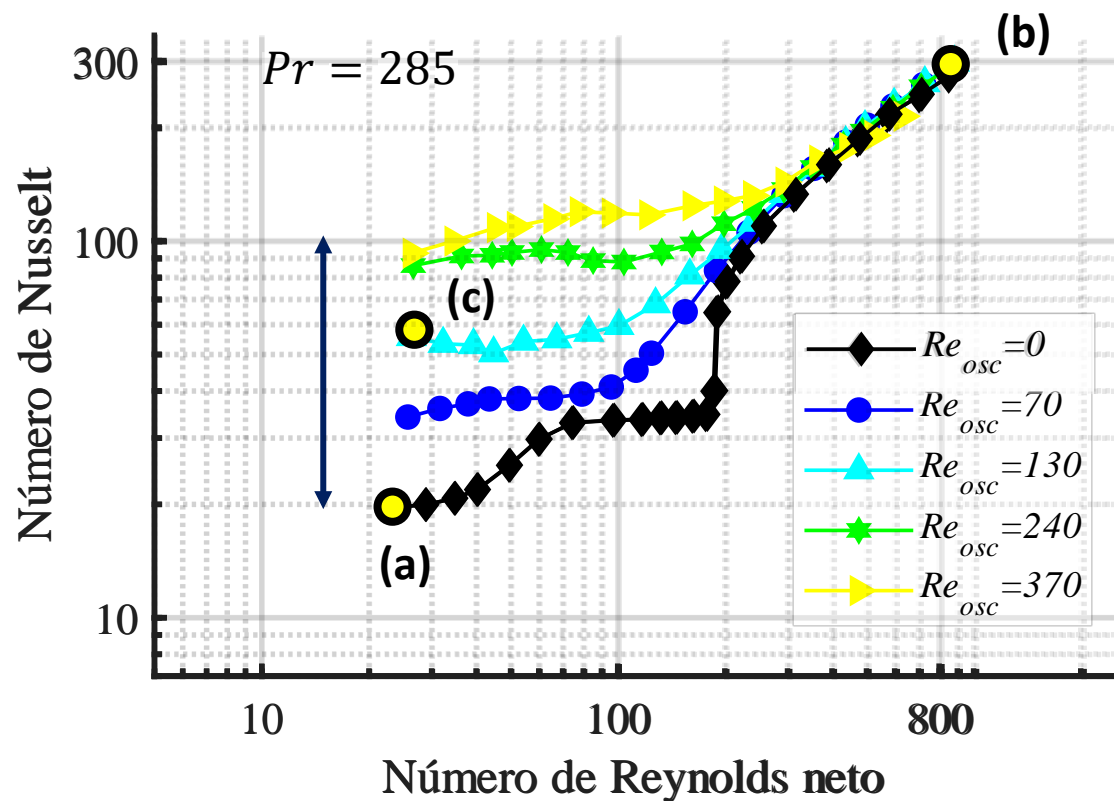
- Número de **Nusselt:**

$$Nu_j = \frac{q''}{(T_{wi,j} - T_{b,j})} \cdot \frac{D}{k_j}$$

4. Transferencia del calor

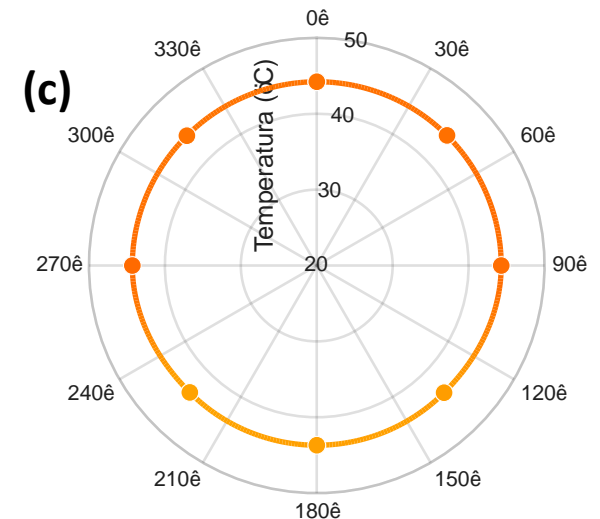
Flujo compuesto

- $\times 5 Nu$ respecto caso estacionario
- Poca influencia Re_{osc} para $Re_n \uparrow \uparrow$



- Región laminar:
- Gradiente vertical de T^a ($\approx 10^{\circ}C$)

- Flujo oscilatorio caótico-asimétrico
- Perfil uniforme



1. Introducción
2. Caída de presión y disipación de potencia
3. Transferencia de calor
4. Conclusiones

5. Conclusiones

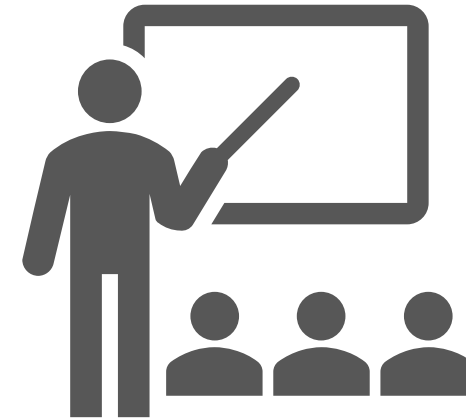
Disipación de potencia:

- $f_{osc}(Re_{osc})$ proporciona **resultados adimensionales**.

Transferencia de calor:

- Superposición del **flujo oscilatorio: x5 incremento en Nu** .
- El **flujo oscilatorio** superpuesto **aumenta el mezclado**, disminuyendo/**eliminando** el efecto de la **estratificación**.

**Muchas gracias por su atención,
¿Preguntas?**



**Universidad
Politécnica de
Cartagena**

José Muñoz Cámara



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) 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