

El objetivo de este equipo es estudiar y conocer el funcionamiento de un intercambiador de tubos concéntricos.

El principio de funcionamiento básico de todo intercambiador de calor es el intercambio de calor entre dos fluidos, bien porque queremos enfriar o calentar alguno de ellos.

Por lo tanto, en el intercambiador siempre tenemos un fluido caliente que va disminuyendo su temperatura a lo largo del mismo, transmitiendo ese calor en favor del otro fluido frío en el que va aumentando la misma.

El equipo dispone de un PC desde el que controlar todo el proceso y registrar todos los datos.

DIKOIN
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

3.2. FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

Una vez encendido el equipo y conectado al suministro de agua del laboratorio, debemos tener en cuenta los siguientes elementos del equipo para poder realizar los diferentes prácticas:

1. Llave de paso de agua caliente: Esta válvula regula el paso del agua caliente al circuito. Mantener siempre abierta al mismo para la realización de las prácticas.



2. Válvula de regulación de agua fría: Con esta válvula regulamos el caudal de agua fría en el circuito.

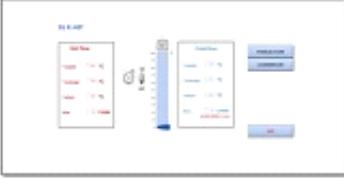


DIKOIN
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

3. Válvula de regulación de agua caliente: Con esta válvula regulamos el caudal de agua caliente en el circuito.



4. Sensores de temperatura: Los sensores de temperatura leen la temperatura de agua en los diferentes puntos bajo estudio.
5. Purgador: el circuito presenta dos purgadores que permiten eliminar el aire introducido en los tubos.
6. Pantalla de inicio del software.



DIKOIN
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

6. PRÁCTICAS REALIZABLES

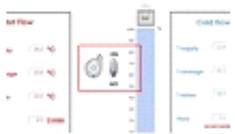
6.1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS: FLUJO PARALELO

6.1.1. MÉTODO

Lo primero es colocar las válvulas de control en la posición adecuada para trabajar con flujo en paralelo. Para realizar la toma de medidas debemos, por tanto, abrir las válvulas de control 2 y 3 tal y como se muestra a continuación.



El siguiente paso a realizar, es poner en marcha la bomba mediante el programa informático.



El manual de usuario muestra claramente y con gran cantidad de imágenes, todo el proceso a seguir para el manejo del equipo.

DIKOIN
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

Dado el caso de flujo laminar en el interior de un cilindro y flujo de calor por unidad de área a través de la pared de tubo uniforme, utilizamos la siguiente expresión para calcular el número de Biot:

$$Bi = Ra \cdot \frac{h_c}{k} = 4364$$

En régimen turbulento en el interior de un cilindro utilizamos la expresión:

$$Bi = 3200 + Ra \cdot \frac{h_c}{k} = 11^6$$

$$Nu_{int} = 0,023 \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

Una vez obtenidos el número de Biot (Bi) correspondiente, despejamos el coeficiente de película "h" de la ecuación:

$$Nu = \frac{h \cdot L_c}{k} \Rightarrow h = \frac{Nu \cdot k}{L_c}$$

Conocido "h" del fluido caliente y del frío, los sustituimos en la ecuación:

$$U_{conv} = \frac{1}{\frac{1}{h_c} + \frac{1}{h_f}}$$

Para el caso de conductas no cilíndricas, utilizamos el diámetro hidráulico:

$$D_h = \frac{4 \cdot A_c}{P_{mojeda}}$$

Ondes:

- A_c : Área del flujo [m²]
- P_{mojeda} : Perímetro mojado [m]

Dado el cálculo de las propiedades del agua caliente y fría utilizamos la temperatura media entre la de entrada y la de salida:

$$T_m = \frac{T_e + T_s}{2}$$

DIKOIN
TC07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

4.3-4. INTERCAMBIO DE TUBOS CONCÉNTRICOS

Utilizamos la ecuación de Otsuoka (1962):

- Régimen laminar $Re < 2300$

$$Bi = \frac{h_c}{k} \cdot D_h = 60 \Rightarrow h = 1,42 \cdot \frac{k}{D_h} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L_c} \right)^{0.14} \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.44}$$

$$Bi = 2 \cdot \frac{h_c}{k} = 20 \Rightarrow h = 1,88 \cdot \frac{k}{D_h} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L_c} \right)^{0.14} \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.44} \cdot \left(1 + \left(\frac{D_h}{L_c} \right)^{0.4} \right)^{0.14}$$

$$Bi = 30 \cdot \frac{h_c}{k} = 60 \Rightarrow h = 1,85 \cdot \frac{k}{D_h} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L_c} \right)^{0.14} \left(\frac{Pr}{Pr_s} \right)^{0.44} \cdot \left(1 + 5 \cdot \left(\frac{D_h}{L_c} \right)^{0.4} \right)^{0.14}$$
- Régimen turbulento

$$h = 0,023 \cdot \frac{k}{D_h} \cdot Ra^{0.8} \cdot Pr^{0.4}$$

$$Nu_{ext} \text{ (calentamiento)} = Nu_{ext} \text{ (enfriamiento)}$$

Ondes:

- k : Conductividad térmica del fluido $\left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$
- D_h : Diámetro hidráulico [m]
- Pr : Número de Prandtl
- L_c : Longitud [m]
- μ : Viscosidad del fluido $(Pa \cdot s)$
- μ_{surr} : Viscosidad fluido a la temperatura de la pared. $(Pa \cdot s)$
- Bi : Número de Biot.

Número de Reynolds tubo exterior:

$$Re = \frac{4 \cdot Q_{conv}}{\pi \cdot D_{exterior} \cdot \nu}$$

El manual de prácticas muestra y explica todos los fundamentos teóricos, así como las fórmulas matemáticas utilizadas para la realización de toda la experimentación.

DIKOIN
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

8.1.1. LECTURAS Y RESULTADOS FLUJO EN PARALELO

• LECTURAS

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA AGUA FRÍA ENTRADA	21,1	21,8	21,8	21,7	21,8
TEMPERATURA AGUA FRÍA SALIDA	21,8	21,8	21,7	21,8	21,8
DEBIDA	437,7	406,5	458,7	419,6	4375,7
TEMPERATURA AGUA FRÍA BOMBINEO	18,8	18,8	18,7	18,7	18
TEMPERATURA AGUA FRÍA RETORNO	21,5	20,8	21,7	21,8	21,4
CAUDAL AGUA CALIENTE	3,2	2,8	2,8	2,2	3,3
TEMPERATURA AGUA CALIENTE ENTRADA	30,2	29,8	31,4	31,2	29,8
DEBIDA	585,6	585,8	585,8	684	5192,9
TEMPERATURA AGUA CALIENTE BOMBINEO	31,4	31,8	31	31,8	29,6
TEMPERATURA AGUA CALIENTE RETORNO	25,8	26,8	30,4	33	36,2

22

DIKOIN
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

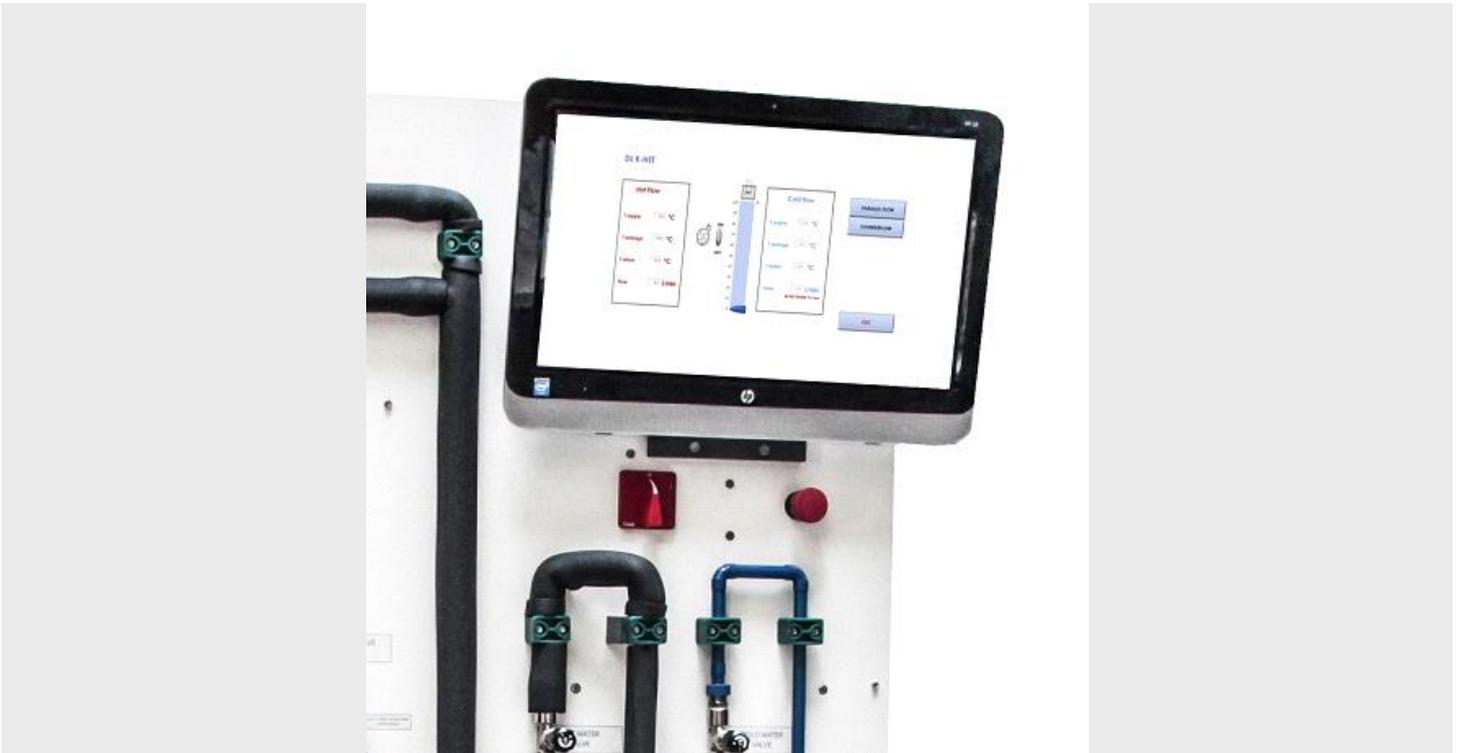
• PROPIEDADES FLUIDO CALIENTE A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA CALIENTE	30,6	30,7	32,1	31,3	31,9
CAUDAL AGUA CALIENTE	4177	4177	4577	4177	4578
DEBIDA AGUA CALIENTE	881,2	881,1	884,6	885,7	882,9
PERDIDAS AGUA CALIENTE	0,778	0,778	0,781	0,781	0,880
CONDUCTIVIDAD TÍPICA AGUA CALIENTE	0,582	0,582	0,581	0,609	0,623

• PROPIEDADES FLUIDO FRÍO A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA FRÍA	21	21,8	20,2	21,1	21,7
CAUDAL AGUA FRÍA	4181	4182	4182	4281	4179
DEBIDA AGUA FRÍA	397,3	398,2	398,1	397,0	397,4
PERDIDAS AGUA FRÍA	0,978	1,021	0,998	0,970	0,812
CONDUCTIVIDAD TÍPICA AGUA FRÍA	0,585	0,600	0,584	0,582	0,571

23



El equipo incluye un PC con el software de manejo del equipo. En el mismo se muestran los parámetros de todos los puntos de control del equipo, y se permite la recogida de datos en modo automático o manual.

TC 07.1 - TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

PRÁCTICAS REALIZABLES

Las prácticas y experiencias que se pueden realizar son las siguientes:

- Determinación de la pérdida de calor que se produce hacia el exterior.
- Cálculo de la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura.
- Determinación del coeficiente global de transmisión de calor experimental.
- Determinación del coeficiente global de transmisión de calor teórico.
- Cálculo de la efectividad.

DATOS TÉCNICOS

- Dimensiones: 1180x1210x1850 mm
- Potencia de la bomba: 55W
- Caudal máx.: 300 L/h
- Altura de elevación: 4.5m
- Potencia de las resistencias: 3000W
- Termostato: 30....90°C
- Depósito agua caliente: 20.5 l

Circuito agua caliente:

- Diámetro exterior tubo 15 mm.
- Diámetro interior tubo 12.4 mm.
- Longitud tubo intercambio de calor: 2 x 740mm

Circuito agua fría:

- Diámetro exterior tubo 22 mm.
- Diámetro interior tubo 20 mm.
- Longitud tubo intercambio de calor: 2 x 740mm

REQUERIMIENTOS

- Alimentación eléctrica 230V/50Hz
- Suministro de agua mínimo: 5 l/min
- Desagüe