



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
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

5.2. 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 las diferentes prácticas:

1. Usando 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
TC 07.1 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
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

6. PRÁCTICAS REALIZABLES

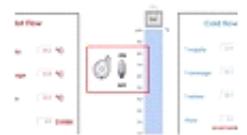
6.1. TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS: FLUIDO PARALELO

6.1.1. MÉTODO

Lo primero es calibrar los valores 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
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

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

$Bi = Ra = 2300$

$Bi = 4364$

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

$Bi = 3200 + Ra = 10^4$

$Bi = 1.021 \cdot Ra^{0.75} \cdot Pr^{0.4}$

Una vez obtenido el número de Biot correspondiente, despejamos el coeficiente de película "h" de la ecuación:

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

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

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

obteniendo el coeficiente de transmisión de calor teórico.

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

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

Donde:

- A_c : Área del flujo (m^2)
- P_{mojeda} : Perímetro mojado (m)

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

$$T_m = \frac{T_{entrada} + T_{salida}}{2}$$

DIKOIN
TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

6.1.2. INTERCAMBIADOR DE TUBOS CONCÉNTRICOS

Utilizamos la ecuación de **Dittus-Boelter**:

Regimen laminar: $Re < 2300$

$$h = 1.86 \frac{k}{L} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L} \right)^{0.33} \left(\frac{D_h}{D_o} \right)^{0.4}$$

$$h = 1.86 \frac{k}{L} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L} \right)^{0.33} \left(\frac{D_h}{D_o} \right)^{0.4} \cdot \left(1 + \frac{0.4}{Pr} \right)^{0.125}$$

$$h = 1.86 \frac{k}{L} \left(Ra \cdot Pr \cdot \frac{D_h}{L} \right)^{0.33} \left(\frac{D_h}{D_o} \right)^{0.4} \cdot \left(1 + 5 \cdot \left(\frac{D_h}{L} \right)^{0.5} \right)^{0.125}$$

Regimen turbulento:

$$h = 0.023 \frac{k}{D_o} Ra^{0.4} Pr^{0.3}$$

$h_{int} (m^2/s)$ (interiormente) $h_{ext} (m^2/s)$ (exteriormente)

Donde:

- k : Conductividad térmica del fluido ($\frac{W}{m \cdot K}$)
- D_o : Diámetro exterior (m)
- D_h : Diámetro hidráulico (m)
- L : Longitud (m)
- Pr : Viscosidad del fluido ($Pr = \frac{\mu \cdot c_p}{k}$)
- h_{ext} : Hacia el fluido a la temperatura de la pared ($Pr = 1$)
- Bi : Número de Biot.

Número de Reynolds tubo exterior:

$$Re = \frac{D_o \cdot \rho \cdot v}{\mu}$$

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

6.1.1. LECTURAS Y RESULTADOS FILTRO EN FRÍO

• LECTURAS

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
ANCHO MOLA FRO	3,1	4,8	2,8	2	2
TEMPERATURA AGUA FRO ENTRADA	21,0	29,8	28,7	20,8	21,9
OTORA	-437,7	-606,5	-668,7	-718,5	-1078,7
TEMPERATURA AGUA FRO SUPUESTO	28,8	28,8	28,7	28,7	28
TEMPERATURA AGUA FRO RETORNO	21,5	20,8	21,7	21,8	26,4
ANCHO MOLA CALIENTE	3,2	2,0	2,0	2,2	3,0
TEMPERATURA AGUA CALIENTE ENTRADA	30,2	29,8	31,4	34,2	39,8
OTORNO	186,6	183,8	181,8	684	1191,9
TEMPERATURA AGUA CALIENTE SUPUESTO	31,6	31,6	34	37,6	39,6
TEMPERATURA AGUA CALIENTE RETORNO	28,8	28,8	30,4	33	36,2

22

DIKOIN TC 07.1 TRANSFERENCIA DE CALOR EN TUBOS CONCÉNTRICOS

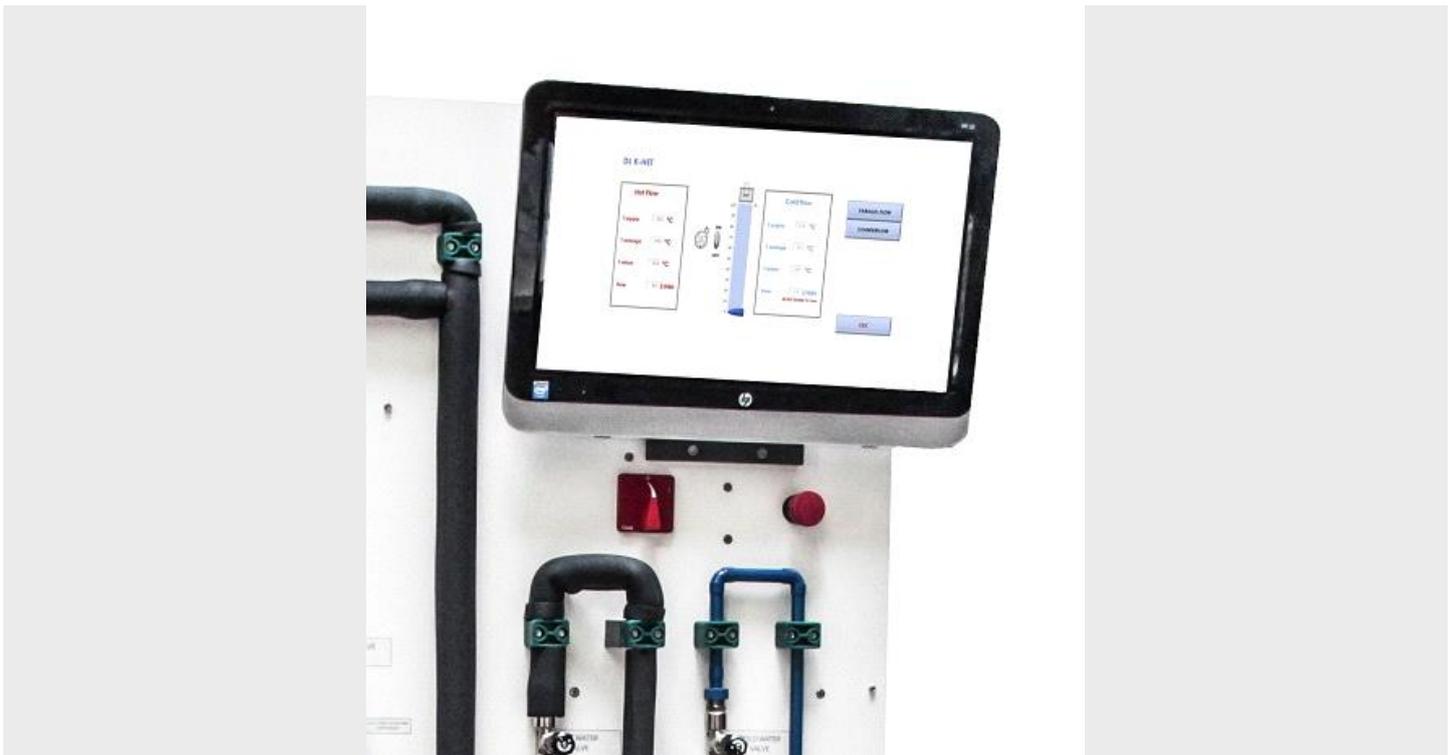
• PROPIEDADES FLUIDO CALIENTE A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA CALIENTE	30,6	30,7	32,2	35,3	37,4
CALOR ESPECIFICO AGUA CALIENTE	4179	4177	4277	4177	4279
ENTALPIA AGUA CALIENTE	981,2	981,2	994,6	981,7	992,9
ENTALPIA AGUA CALIENTE	0,778	0,778	0,782	0,782	0,800
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AGUA CALIENTE	0,582	0,582	0,591	0,609	0,621

• PROPIEDADES FLUIDO FRO A TEMPERATURA MEDIA

LECTURA Nº	1	2	3	4	5
TEMPERATURA MEDIA AGUA FRO	22	29,8	20,2	21,1	22,7
CALOR ESPECIFICO AGUA FRO	4181	4282	4182	4281	4179
ENTALPIA AGUA FRO	927,5	996,2	956,1	957,6	957,4
ENTALPIA AGUA FRO	0,978	1,021	0,999	0,970	0,982
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA AGUA FRO	0,585	0,600	0,594	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