

## IT 03.2 - NATURAL AND FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER



The IT 03.2 trainer is a very useful desktop unit for the study of heat transfer by natural or forced convection.

The equipment operation involves passing air through a duct, which is heated up by a series of elements with different geometric surfaces. A fan is installed for the study of forced convection.

The equipment has a hand-controlled module, and can also be connected to a computer by a USB. In addition to reading all the values, the equipment can be controlled from the software display on the PC (PC and software are not included).

The equipment to be used from a computer requires a 64-bit Operating System for Windows 7 or a later version.

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

continuidad, cantidad de movimiento y energía podríamos obtener "h", pero resolver estas ecuaciones para flujos que no sean simples, es muy complejo, por lo que normalmente "h" se calcula utilizando ecuaciones empíricas obtenidas del análisis dimensional principalmente.

4.1.1.1. CONVECCIÓN LIBRE O NATURAL

Se produce, como ya se ha explicado anteriormente, debido a que la diferencia de densidades que se produce en el seno del fluido por el cambio de temperatura, hace que el fluido se ponga en movimiento.

En convección natural, las fórmulas empíricas van a ser función del número de Grashof, que es el número que caracteriza la convección natural, del número de Prandtl y del número de Nusselt. Utilizaremos también el número de Rayleigh que es el producto del número de Prandtl por el de Grashof.

$$Ra = Pr \cdot Gr$$

4.1.1.1.1. Número de Grashof

Cociente entre las fuerzas de flotación y las fuerzas de viscosidad.

$$Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_f) \cdot L^3}{\nu^2}$$

Donde:

- g: aceleración de la gravedad ( $\frac{m}{s^2}$ )
- $\beta$ : coeficiente de expansión volumétrica ( $K^{-1}$ )
- $T_s$ : Temperatura superficie ( $^{\circ}C$ )
- $T_f$ : Temperatura fluido ( $^{\circ}C$ )
- L: Longitud característica de la superficie (m)
- $\nu$ : viscosidad cinemática ( $\frac{m^2}{s}$ )

..... Salto de página .....

95

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.1.1.2. Número de Prandtl

Cociente entre la difusividad molecular de la cantidad de movimiento y la difusividad molecular del calor.

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu \cdot C_p}{k}$$

Donde:

- $\mu$ : viscosidad dinámica (Pa·s)
- $C_p$ : calor específico del fluido ( $\frac{J}{kg \cdot K}$ )
- k: Conductividad térmica del fluido ( $\frac{W}{m \cdot K}$ )

Los valores del número de Prandtl para los gases es de alrededor de 1.

4.1.1.1.3. Número de Nusselt

Cociente entre el calor transferido por convección a través del fluido y el calor que se transferiría si solo hubiese conducción.

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

Donde:

- h: coeficiente de transmisión de calor por convección ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )
- $L_c$ : Longitud característica (m)
- k: Conductividad térmica del fluido ( $\frac{W}{m \cdot K}$ )

Los coeficientes de transmisión de calor por convección natural para el aire están comprendidos entre 5 y 25 ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ).

..... Salto de página .....

105

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.1.2. CONVECCIÓN FORZADA

Producimos el movimiento del fluido utilizando un medio externo, como un ventilador, compresor o similar.

En convección forzada, las fórmulas empíricas van a ser función del número de Reynolds, que es el número que caracteriza la convección forzada natural, del número de Prandtl y del número de Nusselt. Utilizaremos también el número de Peclet que es el producto del número de Prandtl por el de Reynolds.

$$Pe = Pr \cdot Re$$

4.1.1.2.1. Número de Reynolds

Cociente entre las fuerzas de inercia y las fuerzas de viscosidad.

$$Re = \frac{v \cdot L_c}{\nu}$$

Donde:

- v: velocidad del fluido ( $\frac{m}{s}$ )
- $L_c$ : Longitud característica (m)
- $\nu$ : viscosidad cinemática ( $\frac{m^2}{s}$ )

Los coeficientes de transmisión de calor por convección forzada para el aire están comprendidos entre 10 y 200 ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ ).

4.1.1.2.2. Flujo externo

El flujo del fluido es externo, rodea a la superficie con diferente temperatura. Este es el tipo de flujo que se produce en este equipo.

Para flujos externos:

- $Re < 5 \cdot 10^4$ : régimen laminar
- $Re > 5 \cdot 10^4$ : régimen turbulento

..... Salto de página .....

115

The practical manual shows and explains all the theoretical foundations, as well as the mathematical formulas used for the realization of all the experimentation.

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

Con este valor podemos calcular:

$$Re_{D_{ext}} = \frac{v_{max} \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- D: es el diámetro de los tubos (m)
- $\nu$ : es la viscosidad cinemática del aire ( $\frac{m^2}{s}$ )

Calculamos el número de Prandtl para la temperatura del fluido  $Pr_{D_{ext}}$  para la temperatura de la superficie  $Pr_{s,y}$  para la temperatura de película  $Pr_{D_{ext}}$ .

Con este equipo se puede dar una de las siguientes situaciones:

- Si  $1000 < Re_{D_{ext}} < 2 \cdot 10^4$  y  $0.7 < Pr < 5000$

$$Nu_D = K \cdot 0.387 \cdot Ra_{D_{ext}}^{1/4} \cdot Pr_{D_{ext}}^{1/4} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{1/4}$$

- Si  $100 < Re_{D_{ext}} < 10000$

$$Nu_D = K \cdot 0.51 \cdot Ra_{D_{ext}}^{1/4} \cdot Pr_{D_{ext}}^{1/4} \cdot \left( \frac{Pr}{Pr_s} \right)^{1/4}$$

Donde K es un factor corrector para haz de tubos con número de hilas inferior a 20, el haz de tubos del equipo tiene 5 hilas, con lo que el factor corrector será  $K=0.92$ .

Como en el caso anterior, la superficie del conjunto de los tubos es el perímetro de un tubo por su longitud y por el número total de tubos.

$$S_t = \pi \cdot D \cdot L \cdot n = \pi \cdot 0.015 \cdot 0.12 \cdot 17 = 0.096 m^2$$

Donde:

- D: La longitud característica, en este caso, es el diámetro de uno de los tubos 0.015m.
- L: Longitud del tubo (m)
- n: Número de tubos.


..... Salto de página .....

305

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

4.1.2. MONTAJE


- Con la instalación en marcha, abatimos de nuevo el ventilador sobre el conducto vertical y lo fijamos con el gancho de sujeción.



- En la pantalla principal del ordenador seleccionamos:

  - Calcular el coeficiente de transmisión de calor.
  - Haz de tubos
  - Convección forzada

- Aparece una ventana en la pantalla del ordenador en la que fijamos la potencia de la resistencia.




- Asimismo, fijamos la velocidad del aire en el conducto.

..... Salto de página .....

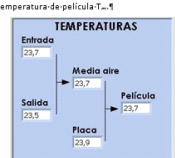
315

**DIKOIN**  
IT-03.2.-TRANSMISION-DE-CALOR-POR-CONVECCION-NATURAL Y-FORZADA.

- Con la sonda de temperatura móvil tocamos la superficie de la placa, por los agujeros realizados en el conducto.



- Esperamos unos minutos para que la placa se caliente y la sonda de temperatura se estabilice en la lectura. Pulsamos el botón "adquirir temperatura" la pantalla nos muestra:
- La temperatura de película  $T_{m,p}$ .



- Los valores de las propiedades del fluido a la temperatura de película, excepto para el coeficiente de expansión volumétrica que utilizamos la temperatura del fluido como media entre la de entrada y la de salida.

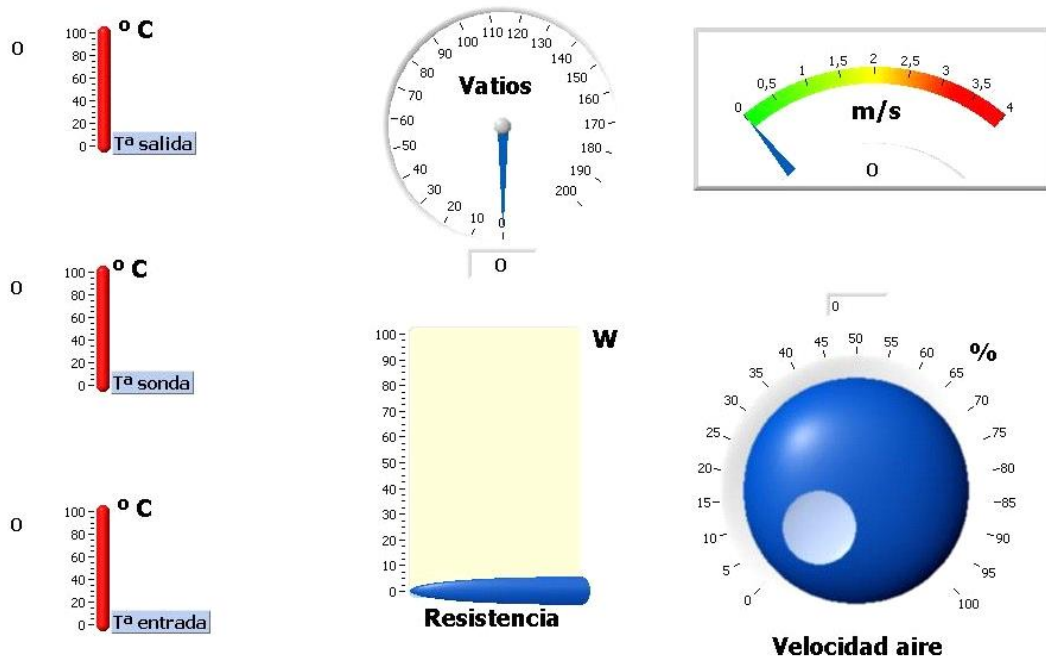
TABLA PROPIEDADES AIRE	
Densidad	1.19
Viscosidad	18.19E-6
Coefficiente de expansión volumétrica	3.37E-3
Calor específico	1006
Conductividad térmica	0.0262

..... Salto de página .....

325

The user manual clearly shows and with a large number of images, the entire process to be followed to operate the equipment.

### TA 03.2 CONVECCION NATURAL Y FORZADA



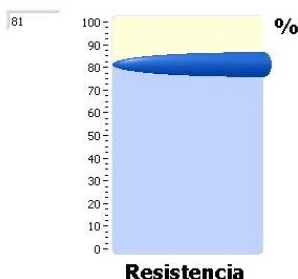
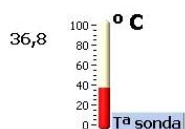
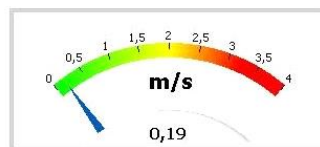
The equipment includes a USB connection, to control it from a PC with the optional management software.



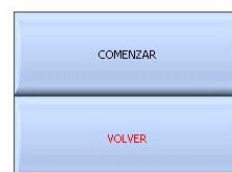
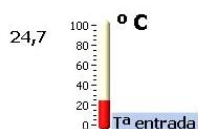
The system of decoupling the fan by fast anchorage and hinges, allows that in the study of natural convection, the duct is totally free of all obstacles, so that the calculation of convection is much more precise.



The equipment is supplied with 3 different heat transfer surfaces: Flat plate, finned and pinned.



LA TAPA DEL VENTILADOR HA DE ESTAR ABIERTA  
SELECCIONE EL VALOR DE RESISTENCIA,  
PONGA LA Sonda EN CONTACTO CON LA PLACA  
Y PULSE COMENZAR



### Optional Accessory: IT.S.03.2 - NATURAL AND FORCED CONVECTION SOFTWARE

The software to manage the IT 03.2 apparatus allows full control of it. The system shows all the readings from the control points placed in the equipment. The data can be collected in automated or manual mode.

When the apparatus is operated in PC mode, it provides data collected from the implemented sensors and it is possible to control air velocity as well as to regulate heating.

The equipment to be used from a computer requires a 64-bit Operating System for Windows 7 or a later version.

## IT 03.2 - NATURAL AND FORCED CONVECTION HEAT TRANSFER

### LEARNING OBJECTIVES

- Study of heat dissipation by natural convection.
- Study of heat dissipation by forced convection.
- The study of differences in heat transfer with different sink models.
- Calculation of parameters transfer phenomenon:
  - Efficiency.
  - Heat transfer coefficient.
  - Dissipated energy (or heat transfer).
- Calculation of number of Reynolds and Nusselt.

### TECHNICAL DATA

- Convection tower section 120x120mm
- Length convection tower: 1 m.
- Air speed with forced ventilation, regulated: 0 - 4 m/s
- Power of heating elements, regulated: 0 - 150W
- Maximum flow rate 200 m<sup>3</sup> / h.
- Double safety system for protection of the heating.
- 3 heaters are supplied with the following ways:
  - Heater tube bundle.
  - Flat plate heater.
  - Heater vertical fins.
- Surface temperature sensor is provided to take the temperature in different parts of the heaters.
- The equipment is supplied with an electronic control module with LCD display.
- The equipment can be controlled from a PC with USB. PC and software not included.

### REQUIREMENTS

- Power supply: 230 V / 50-60 Hz.