

The TC 02.1 unit operates a standard cooling method, used in the industrial sector. This method involves cooling hot water to environment temperature.

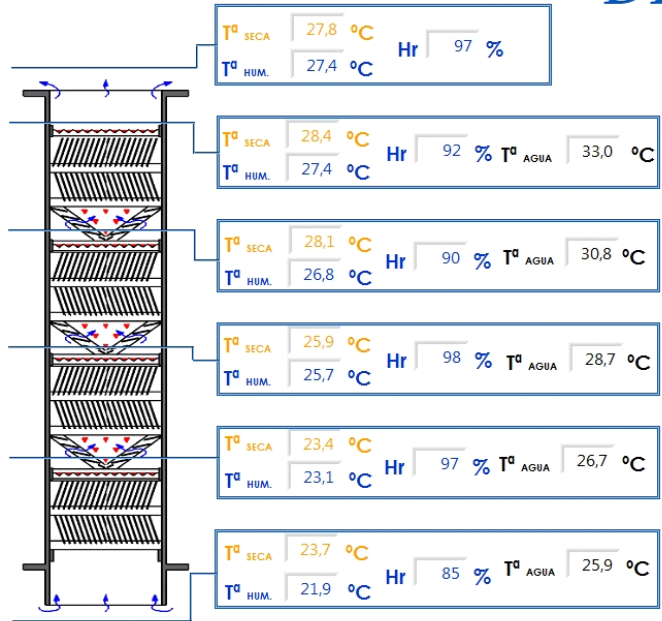
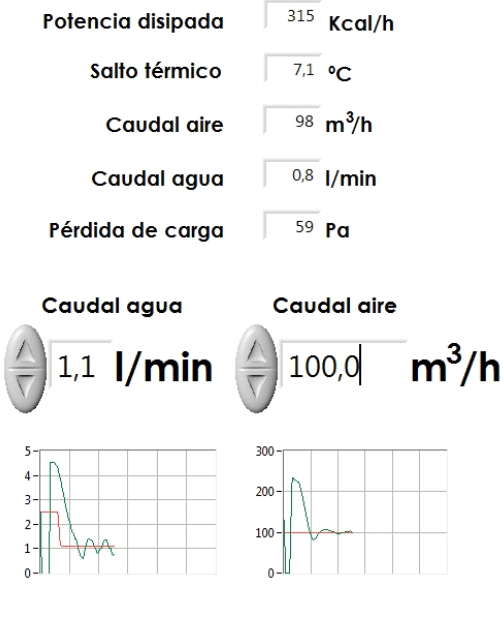
To this aim, air at environment temperature is blown in through the bottom of the tower by a fan. Meanwhile, the system sprays the hot water in the upper side of the tower, this water is cooled until environment temperature is achieved, then reheated and the process begins again.

The water tank is equipped with a calibrated feeder that shows precisely how much water has evaporated during the process.

The unit is supplied with a computer that has the software already installed. This software can adjust the water and air flow through two PID controllers, while the screen shows the temperature and moisture degree in certain strategic points and at the push of a button all the relevant data is stored in a table.

The software displays the data for any given cooling tower, along with a diagram flow, to make the learning of the phenomenon easier.

Additionally, the software incorporates an automated calibration system.

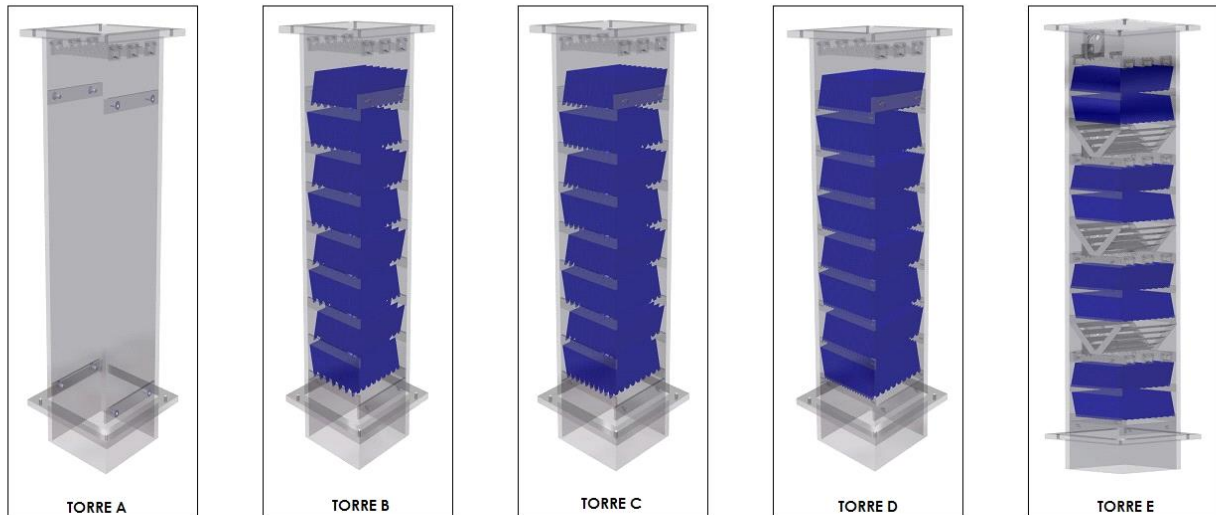


CALIBRAR

RECOGER

ATRAS

The equipment includes a PC with software to manage the equipment. In it, all the control points of the equipment are shown, and the data acquisition is permitted in manual or automatic mode.



SALIR

The software has an specific working mode for each column.



GENERAL | TORRE E

LECTURA	TS SECA	TS HUMEDA	TS AGUA	PERDIDA DE CARGA (Pa)	TB AGUA	TB HUMEDA	TB SECA	Q AIRE (m ³ /h)	Q AGUA (l/min)	POTENCA (Kcal/h)	SALTO TERMICO
1	21,5	20,9	27,3	4,3	22,1	18,6	19,9	31	1	344	5,1
2	21,5	21,1	28,2	0,3	23,1	18,8	19,8	18	1	197	5,1
3	21,4	21,1	28,4	0,2	23,3	18,8	19,9	18	1	234	4,9
1	23,7	2,1	16,8	42,0	25,0	-5,3	-1,9	80	3	0	0,0
1	26,7	26,1	33,9	82,4	28,4	19,7	21,4	110	3	879	5,5
1	28,7	28,5	34,9	284,2	29,3	20,7	22,1	228	4	1284	5,5
1	27,8	29,0	32,5	0,0	27,2	21,7	21,4	0	0	0	5,2
1	27,6	28,7	31,7	0,0	26,6	22,1	21,5	0	0	0	5,1
2	27,9	27,0	31,2	0,0	28,5	20,8	21,6	0	0	0	2,7
1	29,3	28,5	41,7	55,3	28,6	22,0	24,2	88	3	2045	13,4
2	29,9	29,5	33,5	108,4	28,1	23,1	24,8	126	2	807	5,4

- GRAFICA
- Tabla Excel
- Imprimir
- BORRAR
- ATRAS

During experiments, the different values from sensors and working parameters can be registered automatically, to work after, or export to excel, print or show them on graphs.



EJE X

CONTINUAR

EJE Y

ATRAS

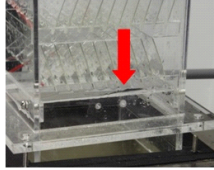
From the data obtained during experiments, the parameters to be displayed in the graphs can be selected.



TC 02.1 TORRE DE REFRIGERACION POR AGUA

5. INSTALACION Y MONTAJE

- Colocar el equipo base en una mesa cercana a una toma de corriente en una instalación donde exista buena circulación de aire.
- Para colocar la torre de enfriamiento sobre el equipo base deberemos encajarla suavemente en los 4 tornillos verticales



- Después colocaremos las tuercas **moldeadas** en los tornillos apretándolas con la mano.

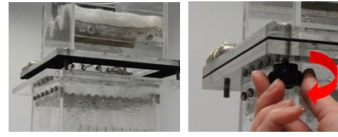


13



TC 02.1 TORRE DE REFRIGERACION POR AGUA

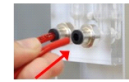
- De la misma manera fijaremos la tapa de salida de la torre de enfriamiento que vayamos a utilizar encajando los tornillos de la primera en los agujeros de la segunda y apretando nuevamente las tuercas con la mano.



- A continuación realizaremos la conexión de los sensores de temperatura entre las tomas de la torre y la caja de electrónica (Véase apartado "Anexos").
- También deberemos conectar las tomas de presión P1, P2 y P3 mediante los tubos suministrados. Con las dos primeras leemos la pérdida de carga del aire y con P3 obtenemos el caudal; el procedimiento de conexión de los enchufes rápidos es el siguiente:

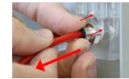
CONECTAR

Para conectar los tubos a las tomas de presión, simplemente empujar los tubos dentro de las mismas hasta que hagan tope.



DESCONECTAR

Para su desconexión, utilizar ambas manos. Con una presionar hacia adentro la anilla negra de la toma manométrica que rodea al tubo de conexión, y con la otra tirar de éste último.



14

The manual shows clearly and with a lot of images, the hole process to operate the equipment.



TC 02.1 TORRE DE REFRIGERACION POR AGUA

1.2. CÁLCULO DE LA HUMEDAD RELATIVA

Se calculará según según la siguiente expresión:

$$HR(\%) = \frac{0.6107 \cdot (1 + 1.4142 \cdot \text{sen}(TH))^{0.825} - 0.066 \cdot (TS - TH)}{0.6107 \cdot (1 + 1.4142 \cdot \text{sen}(TS))^{0.825}} \cdot 100$$

Obtenida a partir de:

C - Ecuación psicrométrica

La ecuación del psicrómetro se aplica para calcular la tensión de vapor actual a partir de los datos de temperatura húmeda y seca que da el psicrómetro (ver Unidad 2).

$$e_s = e^*(T_s) - \gamma \cdot (T_s - T_a)$$

donde:

$e^*(T_s)$ = tensión de vapor saturante a la temperatura húmeda;

$$e^*(T_s) = 0.6107 \cdot \left[1 + \frac{17.625}{T_s} \right]^{0.827}$$

γ = constante psicrométrica (kPa K⁻¹), definida por la relación:

$$\frac{P \cdot C_p}{T^2}$$

$$T = \frac{0.622 \lambda}{\lambda}$$

donde: P = presión atmosférica (kPa), C_p = calor específico del aire (J kg⁻¹ K⁻¹), λ = calor latente de vaporización (J kg⁻¹).

El valor de γ a una temperatura de 20 °C y a nivel del mar es:

$$\gamma = \frac{0.0033(100 - T_s)}{T_s^2}$$

$$\gamma = \frac{0.0033(100 - 20)}{20^2} = 0.0066 \text{ kPa K}^{-1}$$

Para calcular e_s con la ecuación psicrométrica, se parte de los datos de temperatura seca y húmeda.

Por ejemplo, para $T_s = 30$ °C y $T_h = 20$ °C, se deberá primero la tensión de vapor saturante a la temperatura húmeda:

$$e^*(T_h) = 0.6107 \cdot \left[1 + \frac{17.625}{20} \right]^{0.827} = 2.364 \text{ kPa}$$

siendo la tensión de vapor actual:

$$e_s = 2.36 - 0.0066(30 - 20) = 1.7 \text{ kPa}$$

Para calcular la humedad relativa, se calcula la tensión de vapor saturante a la temperatura seca:

$$e^*(T_s) = 0.6107 \cdot \left[1 + \frac{17.625}{30} \right]^{0.827} = 4.24 \text{ kPa}$$

siendo la humedad relativa del aire:

$$HR = \frac{e_s}{e^*(T_s)} \cdot 100 = \frac{1.7}{4.24} \cdot 100 = 40\%$$

Fuente: M.H González-Real y A.Rojas. Área de Ing. Agroforestal. Universidad Politécnica de Cartagena. España

4



TC 02.1 TORRE DE REFRIGERACION POR AGUA

1.3. CÁLCULO DEL CAUDALES

1.3.1. CAUDAL DE AIRE.

Para determinar el caudal de aire que circula por la torre, utilizamos el estrechamiento que hay en la parte superior de la misma como diafragma, de tal forma que midiendo la presión aguas arriba, y previa calibración con un tubo de Pitot, conocemos el caudal de aire que sale de la torre. La ecuación del cálculo del caudal es la siguiente:

La expresión general del diafragma es:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

que en nuestro caso particular y para las unidades especificadas queda como:

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = 25.25 \cdot \sqrt{\text{Presión}(Pa)}$$

1.3.2. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA.

Se determina directamente de la lectura de un sensor electrónico de caudal.

5



TC 02.1 TORRE DE REFRIGERACION POR AGUA

1.4. CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA.

La pérdida de carga se determina como la diferencia de presiones leída por un transductor de presión diferencial entre las tomas p1 y p2. Las unidades utilizadas son Pascales.

1.5. SALTO TÉRMICO.

Diferencia entre la temperatura del agua a la entrada de la torre por la parte superior y la temperatura del agua cuando sale de la torre por su base.

1.6. POTENCIA CALORÍFICA DISIPADA.

Cantidad de calor que una torre puede disipar Kcal/h.

$$Q = mc\Delta T$$

En nuestro caso tomamos como densidad del agua 1000 kg/m³ para obtener el caudal máscico a partir del caudal volumétrico y el calor específico del agua lo tomamos como 1 cal/g K siendo el salto térmico el incremento de temperatura.

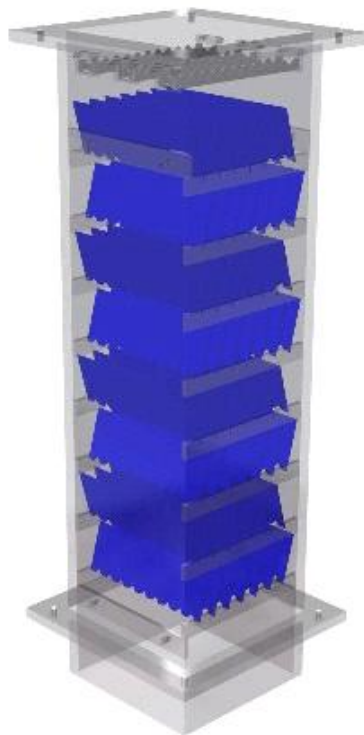
6

The instruction manual explains and shows all the theoretical foundations, as well as all the mathematical expressions used during the experimentation.



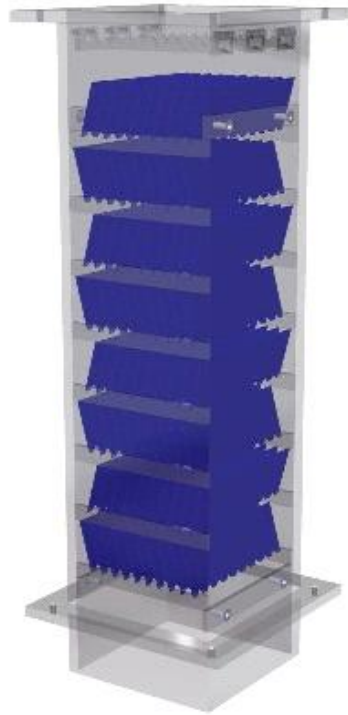
Optional Accessory: TC 02.2 - TYPE A COOLING COLUMN

The A 02.2 tower type, is presented as an empty tower without wetting surfaces.



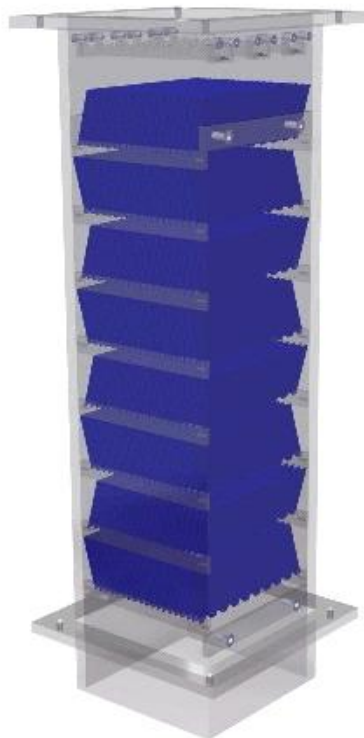
Optional Accessory: TC 02.3 - TYPE B COOLING COLUMN

The B TC 02.3 tower type, is presented as a tower of 8 levels and 7 panels per level.



Optional Accessory: TC 02.4 - TYPE C COOLING COLUMN

The C TC 02.4 tower type , is presented as a tower of 8 levels and 10 panels per level.



Optional Accessory: TC 02.5 - TYPE D COOLING COLUMN

The D TC 02.5 tower type , is presented as a tower of 8 levels and 19 panels per level.



Optional Accessory: TC 02.6 - TYPE E COOLING COLUMN

The tower E TC 02.6 type, is presented as an 8-level tower and 19 panels per level, with temperature sensors at 3 points.

The sensors are:

- 7 dry bulb temperature sensors.
- 7 wet bulb temperature sensors.
- 3 water temperature sensors.

LEARNING OBJECTIVES

- Thermodynamic Fundamentals of water cooling towers.
- Measuring airflow, water temperatures and humidity.
- State changes in h-x diagram.
- Determination of the cooling capacity.
- Energy Balances.
- Calculation of process parameters such as distance limit cooling, width of the cooling zone, etc.

TECHNICAL DATA

- Tower section 150x150 mm.
- Measuring airflow using calibrated orifice Ø80mm.
- Heater adjustable in 3 steps: 0,5kW, 1kW and 1.5kW.
- High temp hot water: 50°C.
- Centrifugal fan:
 - Power consumption: 90W.
 - Maximum air flow: 510m³ / h.
- Peripheral Pump:
 - Maximum flow: 10 l / min (5 mwc.)
 - Power consumption: 180W.
- Hot water circuit with Bypass.
- Electronic control the flow of hot water and air flow through the computer system.
- The unit is supplied with an electronic and computerized system for control and representation, including computer.

REQUIREMENTS

- Power supply: 230 V / 50-60 Hz.
- Water inlet.
- The equipment needs at least a cooling tower to work.