
ANEXO 2 ESTUDIO DE EXPERIMENTOS

ÍNDICE

ANEXO 2 ESTUDIO DE EXPERIMENTOS	1
A.1 PLANTEAMIENTO DE LA EXPERIMENTACIÓN	5
A.1.1 SISTEMA DE EXPERIMENTOS PLANTEADOS	6
A.2 TRATAMIENTO DE DATOS	9
A.3 RESUMEN DE EXPERIMENTOS.	174
A.4 ANÁLISIS DE VARIANZA.	181
A.5 BIBLIOGRAFÍA:	184

SIMBOLOGÍA DEL CAPÍTULO

Y_i :	<i>Medida i-ésima.</i>
SSX :	<i>Suma de cuadrados correspondiente a X (factor, interacción o error).</i>
N :	<i>Número total de observaciones.</i>
T :	<i>Suma de todas las medidas Y_i.</i>
\bar{Y} :	<i>Media de las medidas Y_i.</i>
A_i :	<i>Suma de todas las observaciones para el nivel i del factor A.</i>
$(AxB)_{jj}$:	<i>Suma de todos los valores de la interacción AxB, en su cruce j.</i>
NA_i :	<i>Número de observaciones bajo el nivel i del factor A.</i>
$N(AxB)_{jj}$:	<i>Número de valores del cruce j, de la interacción AxB.</i>
k_A :	<i>Número de niveles del factor A.</i>
$k_A k_B$:	<i>Número de cruces existentes en la interacción del factor A con el factor B.</i>
λ :	<i>Calor latente de cambio de fase agua líquida-vapor</i>
X_i :	<i>Humedad específica en las condiciones i</i>
C_{p_i}	<i>Calor específico a presión constante en las condiciones i.</i>
T_i	<i>Temperatura seca en las condiciones i.</i>
q_i :	<i>Flujo de calor específico en las condiciones i.</i>
He :	<i>Humedad específica.</i>
HR :	<i>Humedad relativa.</i>
i :	<i>Entalpía específica.</i>
ε :	<i>Eficacia de los procesos adiabáticos.</i>

A.1 Planteamiento de la experimentación

Se ha realizado un planteamiento factorial completo para la experimentación.

Este planteamiento implica la todas las combinaciones posibles de los niveles de los factores de control.

Es necesario el uso de algunas definiciones para entender bien el planteamiento de la experimentación:

Factor: Se denomina factor a toda variable o circunstancia que pueda intervenir en el resultado final de la característica de estudio.

- Un factor de control se refiere a aquel sobre el que se puede actuar conscientemente.
- Un factor de ruido se considera aquel sobre el que no se tiene control.

Nivel: El nivel representa cada uno de los valores que puede adoptar un factor en la experimentación.

Característica: Las características son las propiedades que se analizan en la experimentación.

Con un modelo factorial completo se obtiene toda la información posible de la influencia de cada uno de los niveles adoptado por los factores en la característica de estudio.

Para conocer el número de experimentos necesario para un diseño factorial completo, se multiplican los niveles de los distintos factores como se indica a continuación:

$$\text{Número de experimentos} = \prod_{i=1}^n N_i \quad \text{Ec-A0}$$

Siendo N_i el número de niveles asociado al factor i .

Se propone además un sistema que se supone ortogonal. Esto significa que al ensayar cada nivel de un factor el mismo número de veces para el resto de los factores y considerando lineal la dependencia de la característica con los factores, la contribución a la media del resto de los factores se anula [1, Tejero, 2012].

Puede verse un ejemplo de planteamiento ortogonal a continuación (Tabla A1):

	Factor A	Factor B	Int. Ax B	Factor C	Int. Ax C	Int. Bx C	Int. Ax Bx C
Ensayo 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1
Ensayo 2	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2
Ensayo 3	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2
Ensayo 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 1
Ensayo 5	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2
Ensayo 6	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1
Ensayo 7	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1
Ensayo 8	Nivel 2	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 1	Nivel 2

Tabla A1. Planteamiento ortogonal con iteraciones.[1,Tejero,2012]

Por último se va a introducir el concepto de iteración entre factores. Se define la iteración entre dos factores como el número de combinaciones que se puede realizar entre estos dos factores [1, Tejero, 2012] Esto puede verse gráficamente en la figura A1:

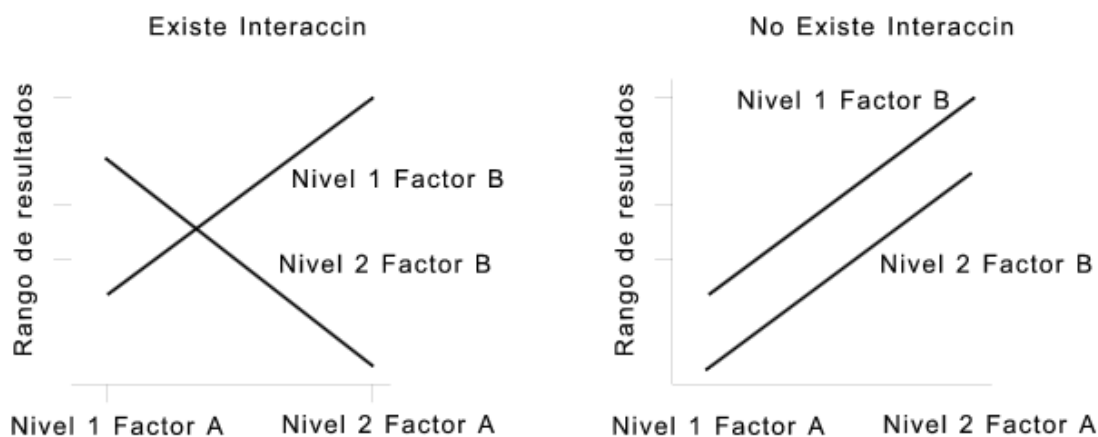


Figura A1. Iteración entre dos factores [1, Tejero, 2012]

En la figura puede distinguirse que existe iteración cuando un factor influye en la variación de otro. Esta iteración podría ser doble cuando involucra a dos factores únicamente o triple si involucrara a tres. Puede ser también de orden superior, pero para el caso práctico se consideran solo las iteraciones dobles.

A.1.1 Sistema de experimentos planteados

Se ha planteado un sistema con 3 factores de control. Estos son la temperatura, el caudal y la humedad específica de entrada. Las características de estudio serán las entalpías específicas sensibles, latentes y totales intercambiadas entre el aire y el agua además de la eficiencia y la propia humedad específica intercambiada en el proceso.

Se han planificado los experimentos de tal manera que pueda intentar llevarse a cabo un estudio en función del factor humedad relativa en vez de humedad específica para así determinar cuál de los dos es más influyente en las características de estudio.

Puede verse un diagrama psicrométrico (figura A2) marcando los puntos de factor humedad y factor temperatura para ver que existe una correlación más o menos regular entre humedad específica y relativa.

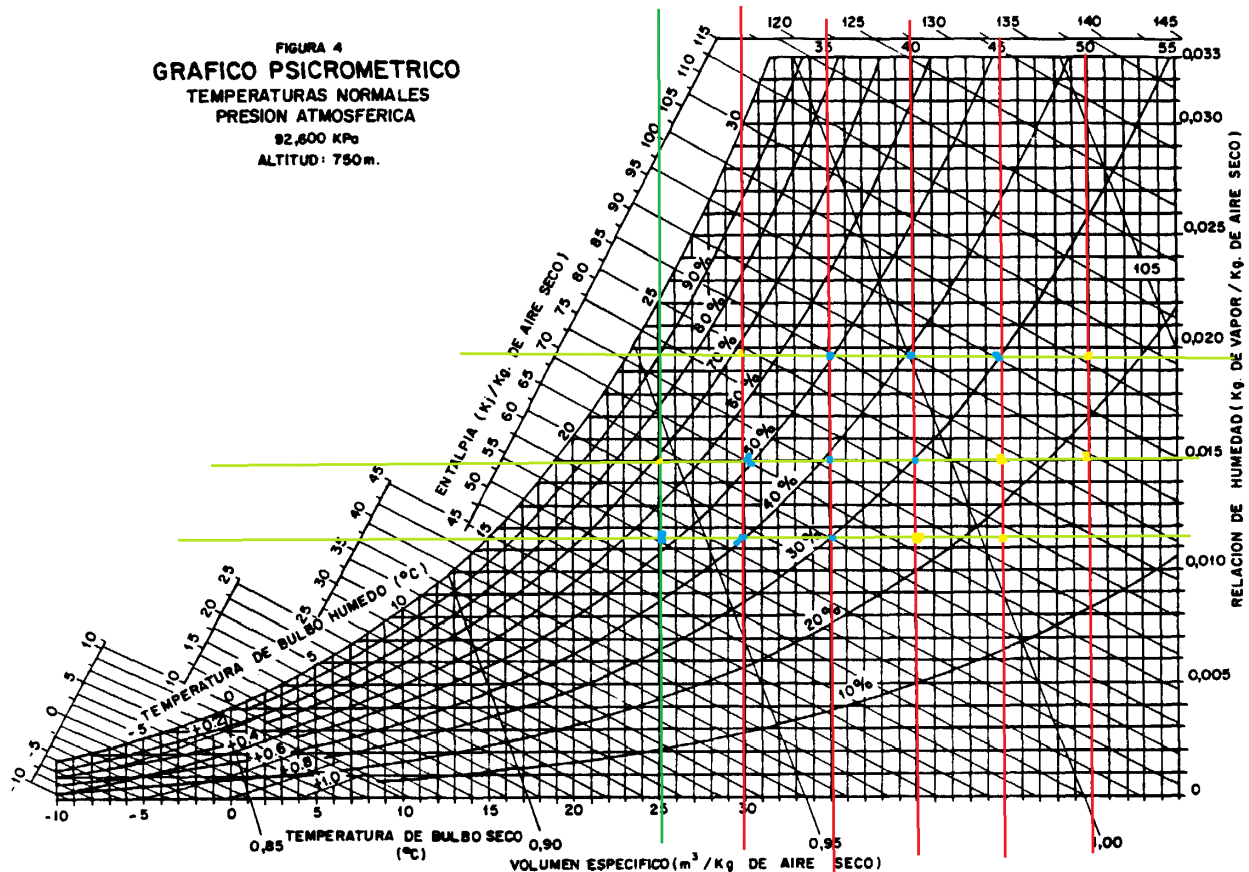


Figura A2 Correlación entre humedades específicas y relativas.

Se puede ver como se tienen varios puntos con mismas humedades relativas pudiéndose realizar una correlación entre ellas si se creyera necesario.

Asimismo, se da aleatoriedad al orden de los experimentos, para que los factores de ruido intervengan lo menos posible en el comportamiento en función de los factores de control. El único factor de control que se mantiene constante durante un gran número de experimentos es el caudal de aire, puesto que es el más difícil de controlar. Se presenta a continuación una tabla con los experimentos planificados y el orden de los mismos. (Tabla A2-A4).

Caudal consigna	Tª consigna	HE g/kgas	HR %	Orden
Caudal1 3,5m3/min	T1 25°C	HE1 0,0115	50	1
		HE2 0,015	70	9
		HE3 0,0195	90	11
	T2 30°C	HE1 0,0115	40	8
		HE2 0,015	50	3
		HE3 0,0195	70	7
	T3 35°C	HE1 0,0115	30	16
		HE2 0,015	40	5
		HE3 0,0195	50	2
	T4 40°C	HE1 0,0115	24	10
		HE2 0,015	30	12
		HE3 0,0195	40	4
	T5 45°C	HE1 0,0115	18	6
		HE2 0,015	24	14
		HE3 0,0195	30	15
	T6 50°C	HE1 0,0115	15	13
		HE2 0,015	18	17
		HE3 0,0195	24	18

Tabla A2 Orden experimentos Caudal1 3.5m3/min

Caudal consigna	Tª consigna	HE g/kgas	HR%	Orden
Caudal2 5m3/min	T1 25°C	HE1 0,0115	50	43
		HE2 0,015	70	42
		HE3 0,0195	90	54
	T2 30°C	HE1 0,0115	40	49
		HE2 0,015	50	39
		HE3 0,0195	70	48
	T3 35°C	HE1 0,0115	30	37
		HE2 0,015	40	46
		HE3 0,0195	50	51
	T4 40°C	HE1 0,0115	24	47
		HE2 0,015	30	50
		HE3 0,0195	40	38
	T5 45°C	HE1 0,0115	18	52
		HE2 0,015	24	45
		HE3 0,0195	30	44
	T6 50°C	HE1 0,0115	15	40
		HE2 0,015	18	53
		HE3 0,0195	24	41

Tabla A3 Orden experimentos Caudal2 5m3/min

Caudal consigna	Tª consigna	HE g/kgas	HR%	Orden
Caudal3 7,5m3/h	T1 25°C	HE1 0,0115	50	32
		HE2 0,015	70	36
		HE3 0,0195	90	23
	T2 30°C	HE1 0,0115	40	22
		HE2 0,015	50	34
		HE3 0,0195	70	33
	T3 35°C	HE1 0,0115	30	19
		HE2 0,015	40	21
		HE3 0,0195	50	35
	T4 40°C	HE1 0,0115	24	27
		HE2 0,015	30	31
		HE3 0,0195	40	20
	T5 45°C	HE1 0,0115	18	24
		HE2 0,015	24	26
		HE3 0,0195	30	29
	T6 50°C	HE1 0,0115	15	30
		HE2 0,015	18	28
		HE3 0,0195	24	25

Tabla A4 Orden experimentos Caudal3 7.5m3/min

A.2 Tratamiento de datos

Se va a realizar un estudio del calor latente y sensible intercambiado según las distintas situaciones mencionadas en el apartado A.1.

Para ello se va a calcular a través del caudal, las temperaturas y las humedades medidas, junto con la presión de laboratorio supuesta a 750 metros, para la utilización del diagrama psicrométrico en las representaciones, ya que coincide con la altura de Valladolid en una aproximación, los flujos másicos de aire y vapor, el calor sensible y el calor latente intercambiados en el enfriador evaporativo.

Este análisis, nos permitirá evaluar la eficiencia, calculada la temperatura de saturación previamente y el comportamiento del sistema a distintas condiciones. Además se podrá encontrar la variación del

comportamiento del sistema de enfriamiento evaporativo debida a cada una de las variables del proceso contraladas.

A continuación se expondrá el diagrama psicrométrico de cada experimento realizado, situando en el la evolución estable conseguida en la realización del experimento.

Asimismo se expondrán las gráficas de la evolución temporal de la temperatura y la humedad en la entrada y la salida del proceso, así como la variación de la temperatura del agua acumulada, calculando la media de la temperatura del tanque y la temperatura tras el paso por la bomba.

A estos esquemas les seguirá el cálculo de flujos másicos y de calor, obviando los pasos previos de cálculo de densidades, que pueden verse en el Archivo adjunto “Balances de energía.xlf”.

El calor sensible específico ganado por el aire por unidad de masa se calculara como:

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) \quad \text{Ec-A1}$$

Siendo:

C_{pas} y $C_{p_{vap}}$ los calores específicos a presión constante del aire seco y el vapor de agua respectivamente.

T_s y T_e las temperaturas secas de salida y entrada respectivamente.

X_e la humedad específica a la entrada pues el agua que se evapora en el proceso supone energía latente.

El calor latente específico ganado por el aire por unidad de masa se calculará como:

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) \quad \text{Ec-A2}$$

Siendo:

λ el calor latente de cambio de fase de agua-vapor por unidad de masa.

X_s y X_e la humedad específica a la salida y la entrada respectivamente.

La suma del flujo calores representará la energía ganada por el aire por unidad de tiempo como representa la siguiente ecuación.

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} \quad \text{Ec-A3}$$

La eficiencia, podrá calcularse para los procesos que se consideren adiabáticos o casi adiabáticos, ya que en el resto de procesos no se dispone de la temperatura extrema alcanzable en el sistema. Podría calcularse pero no se quiere enfocar estos casos desde el punto de vista de la eficiencia sino desde el punto de vista cualitativo, explicando lo que sucede y las implicaciones que esto puede tener. La ecuación seguida será Ec-A4

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} \quad \text{Ec-A4}$$

La fracción de agua evaporada se puede calcular como:

$$X_{eva} = X_s - X_e \quad \text{Ec-A5}$$

Por último, y puesto que es muy importante calcular la cantidad de calor total intercambiado en el sistema, además de calcular los calores específicos, se multiplicarán estos últimos por el flujo másico de aire de entrada para calcular el calor intercambiado total en Watios.

Experimento 1:

El experimento número 1 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada(%)	T salida($^\circ\text{C}$)	H salida(%)	T agua($^\circ\text{C}$)
25.20	55.40	20.08	85.62	17.10

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A3):

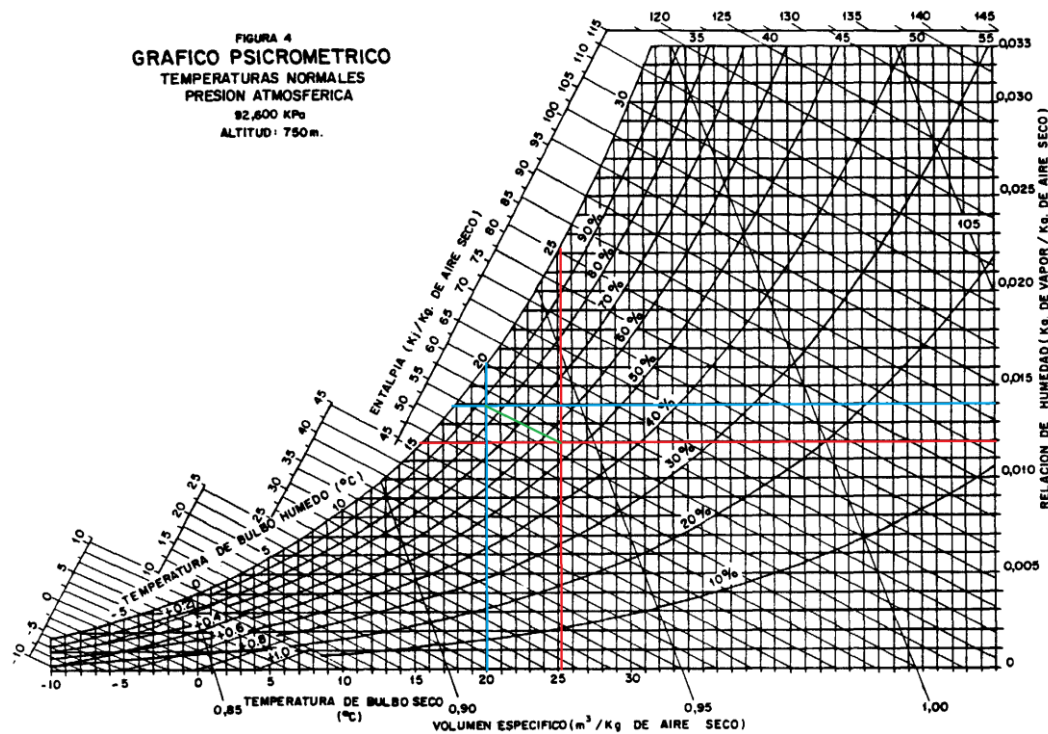


Figura A3 Diagrama psicrométrico $Q\ 3.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 25^\circ\text{C}$ $H_r\ 50\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A4), salida (figura A5) y del agua acumulada (figura A6) se representan a continuación:

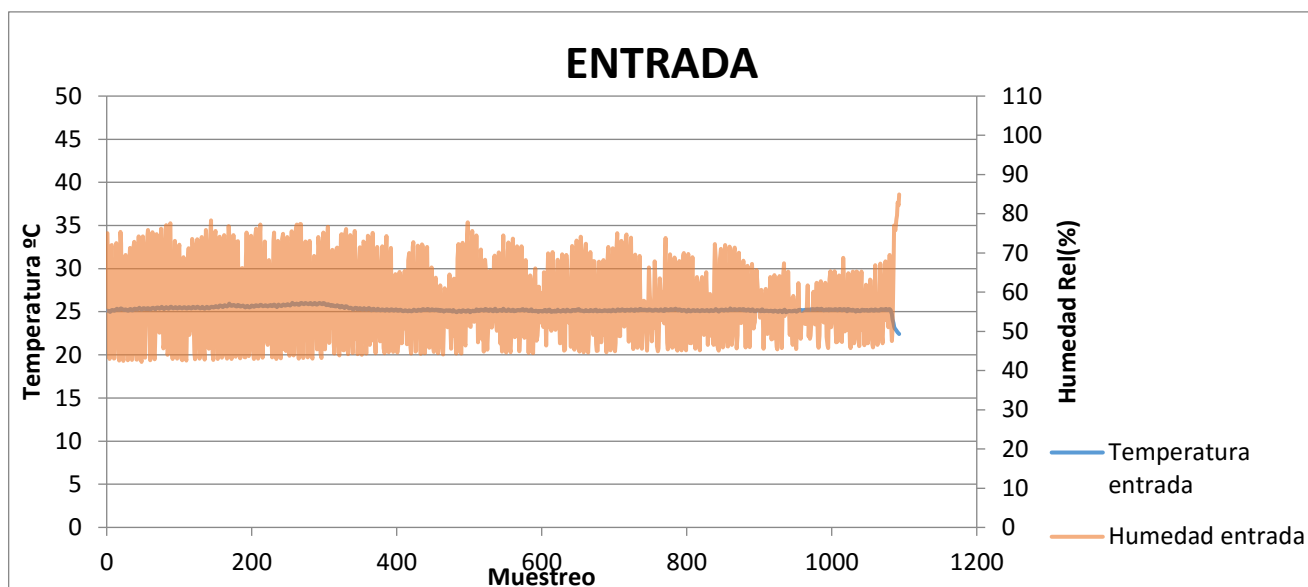


Figura A4 Evolución temporal a la entrada.

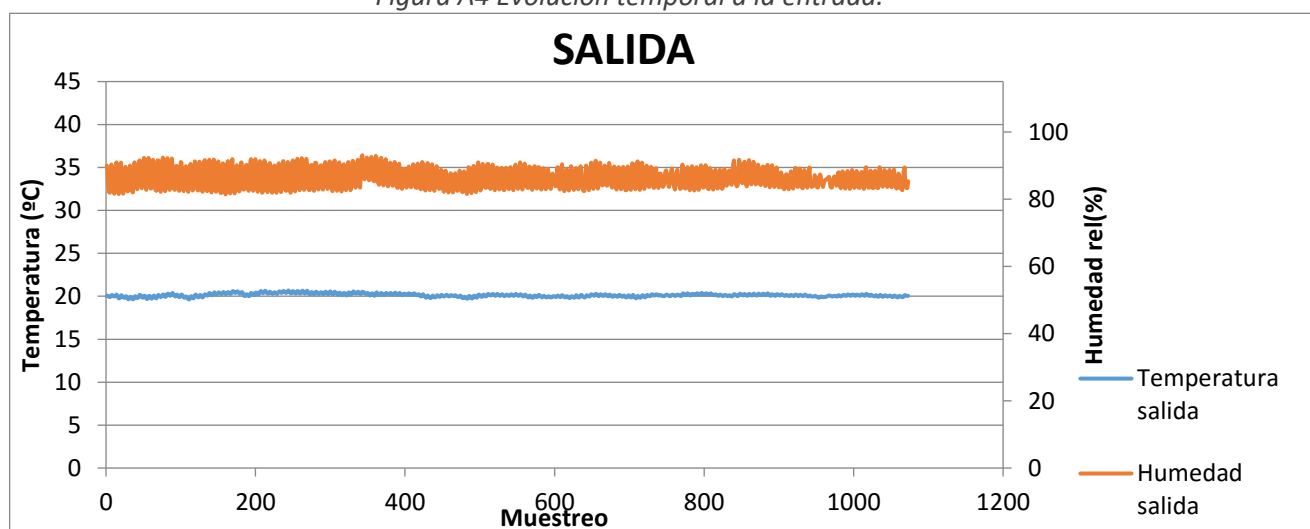


Figura A5 Evolución temporal a la salida.

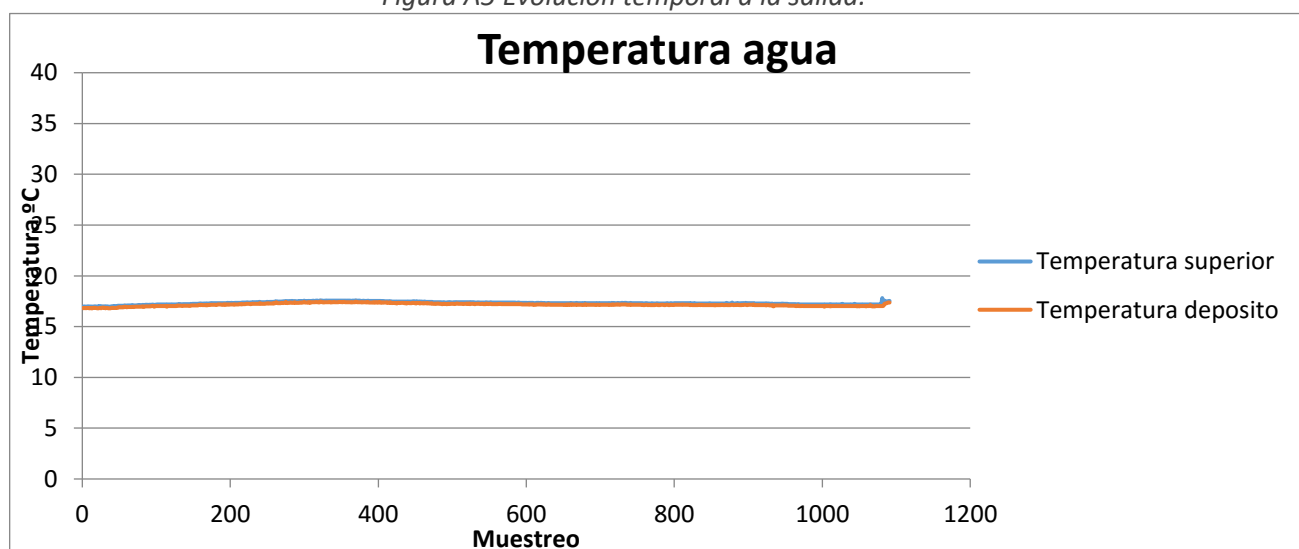


Figura A6 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -5.276 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 3.724 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.552 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.8$$

- Humedad específica ganada por el aire (Ec-A5):

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.00170 \frac{g}{kg}$$

Experimento 2

El experimento número 2 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada(%)	T salida($^\circ\text{C}$)	H salida(%)	T agua($^\circ\text{C}$)
36.27	55.41	26.73	94.25	23.46

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A7):

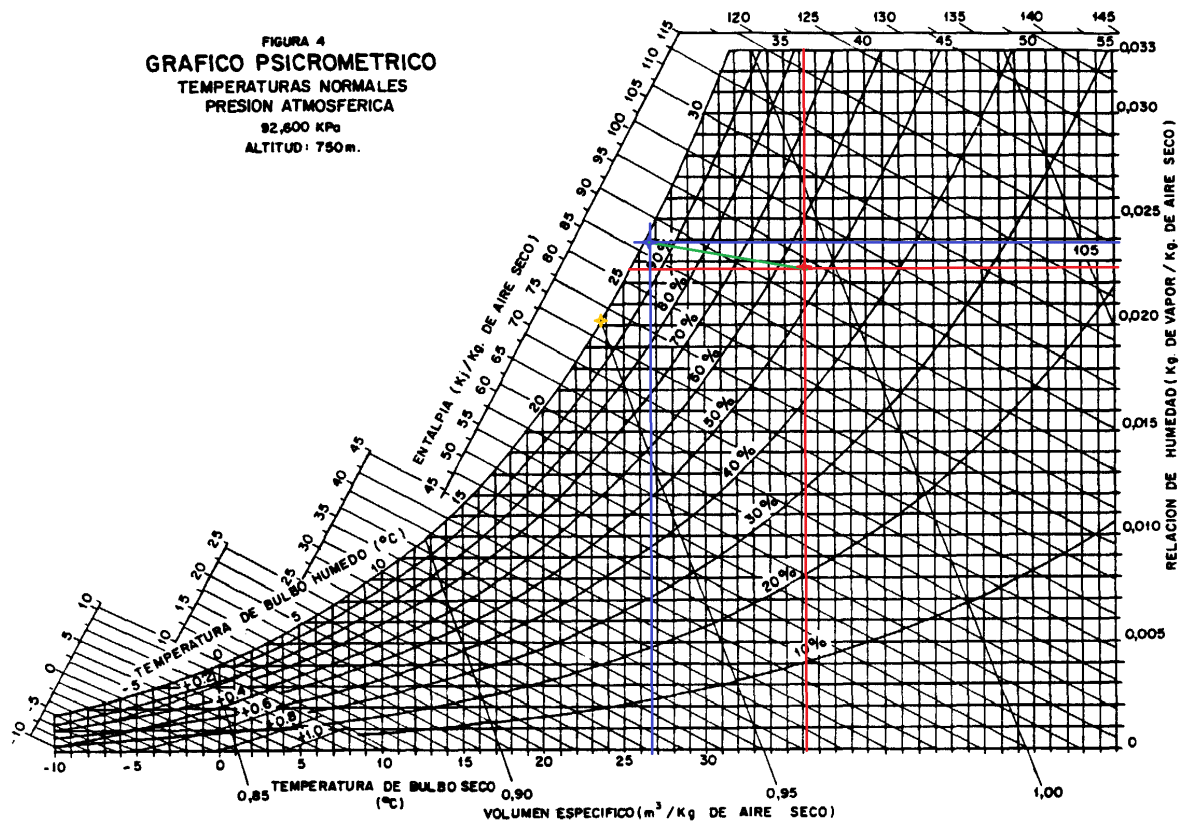


Figura A7 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 35°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A8), salida (figura A9) y del agua acumulada (figura A10) se representan a continuación:

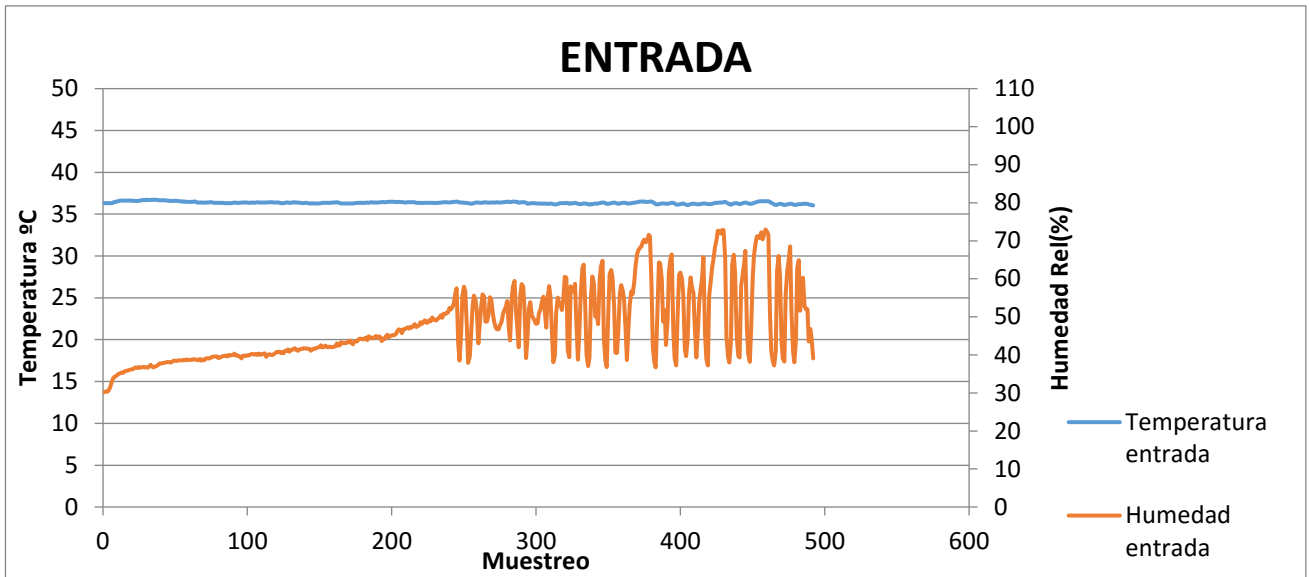


Figura A8 Evolución temporal a la entrada.

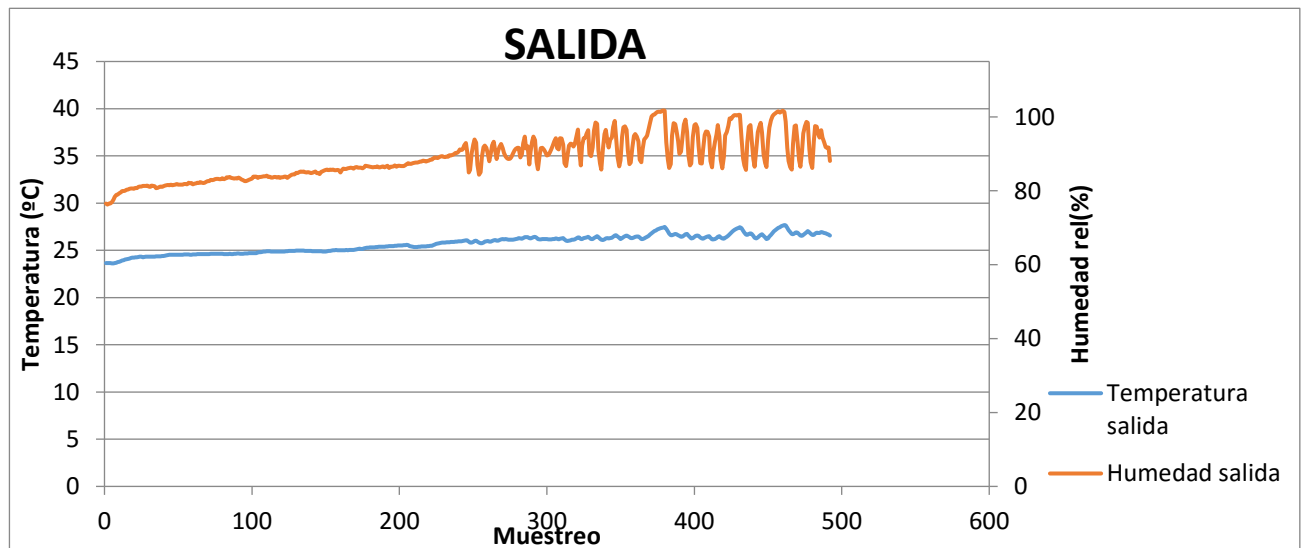


Figura A9 Evolución temporal a la salida.

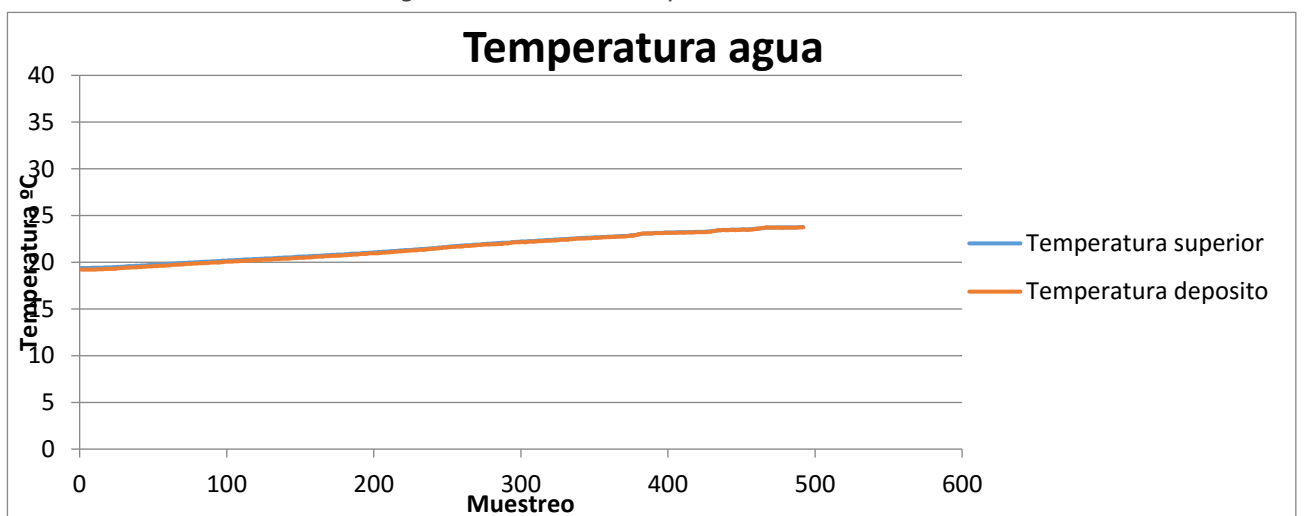


Figura A10 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{pvap} \cdot (T_s - T_e) = -10.012 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -0.181 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -10.193 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático sino deshumidificación

- Humedad específica ganada por el aire (Ec-A5):

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0001 \frac{g}{kg}$$

Experimento 3

El experimento número 3 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.015 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada(%)	T salida($^\circ\text{C}$)	H salida(%)	T agua($^\circ\text{C}$)
30.47	55.88	23.36	97.84	21.23

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A11):

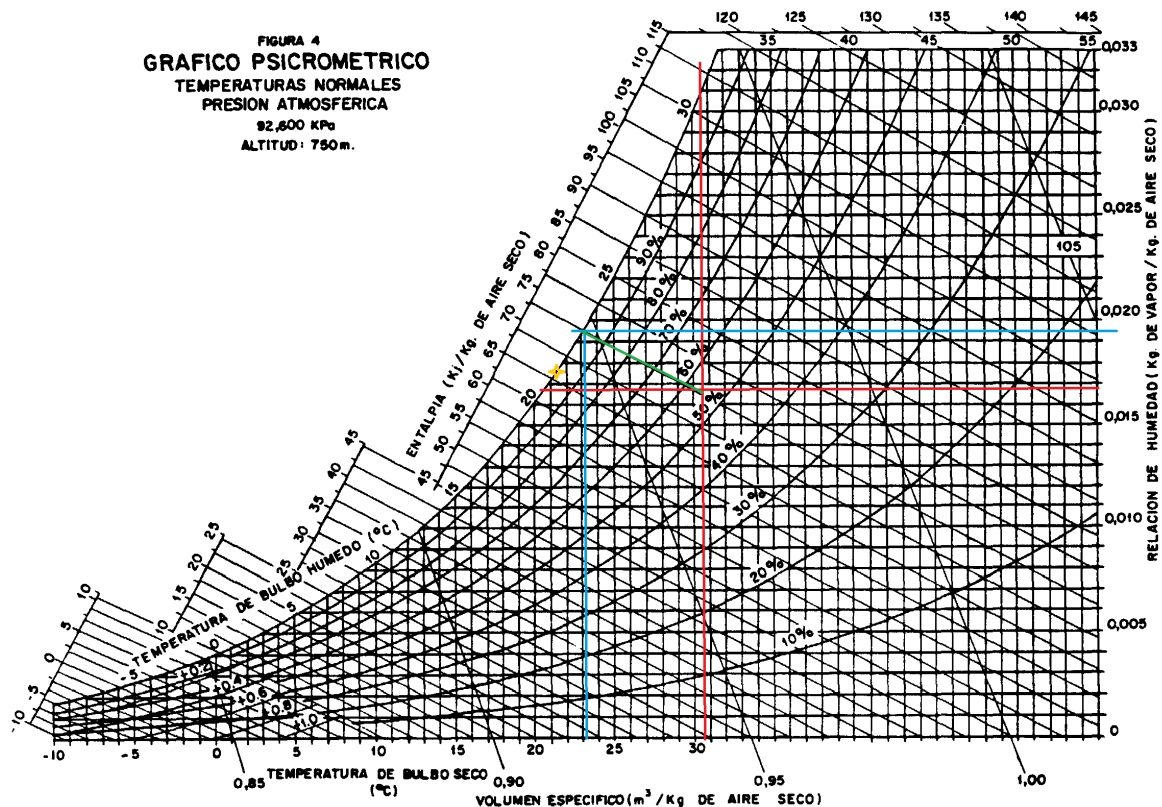


Figura A11 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A12), salida (figura A13) y del agua acumulada (figura A14) se representan a continuación:

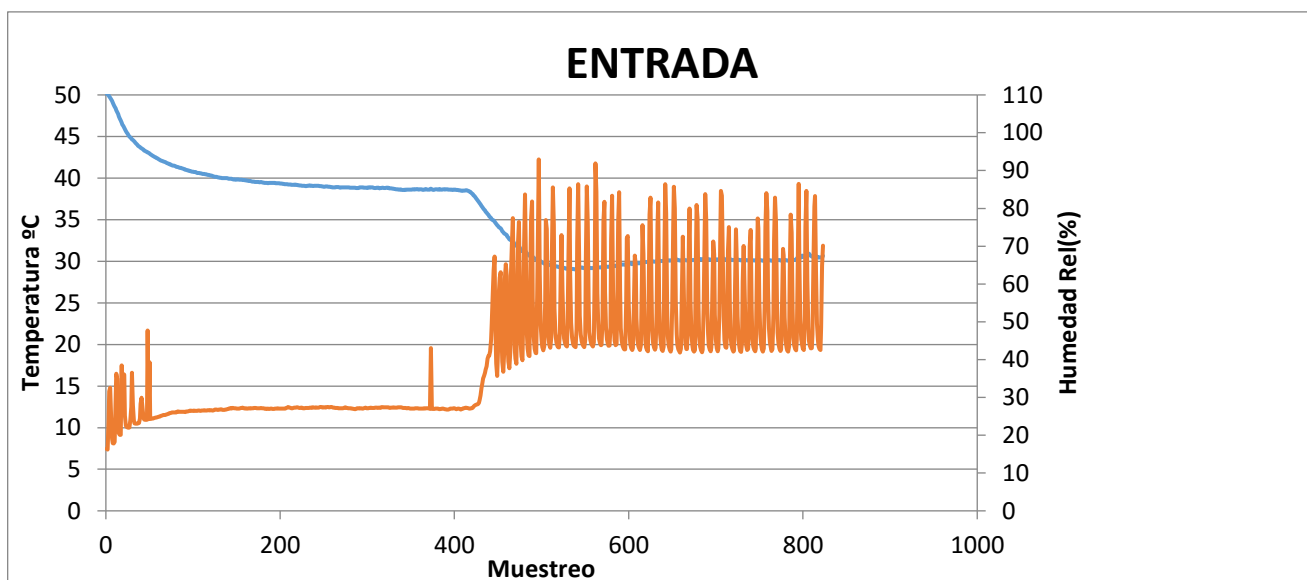


Figura A12 Evolución temporal a la entrada.

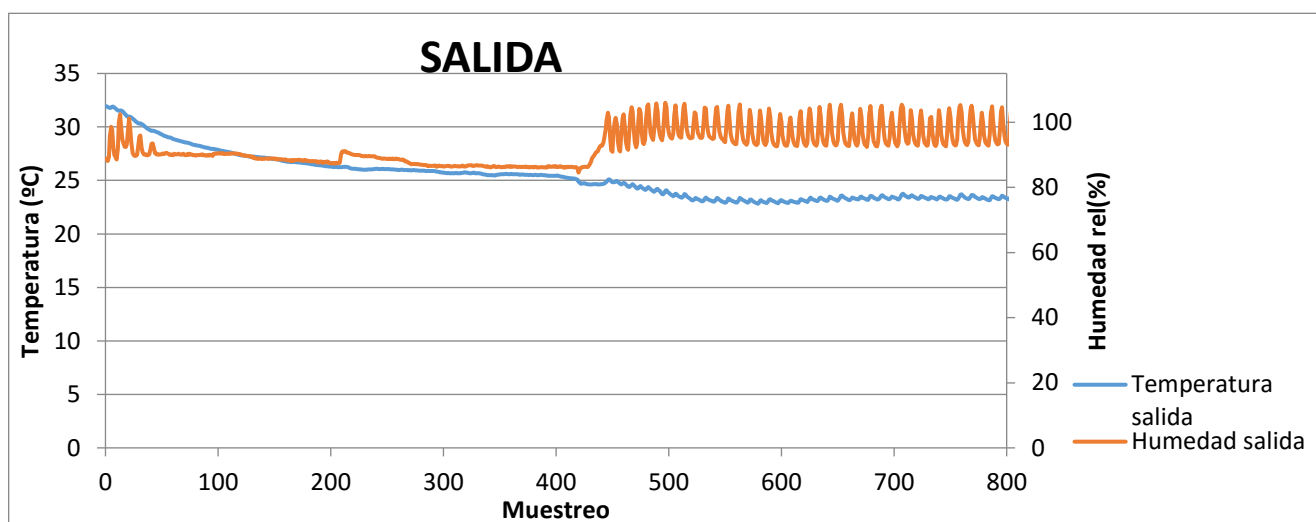


Figura A13 Evolución temporal a la salida.

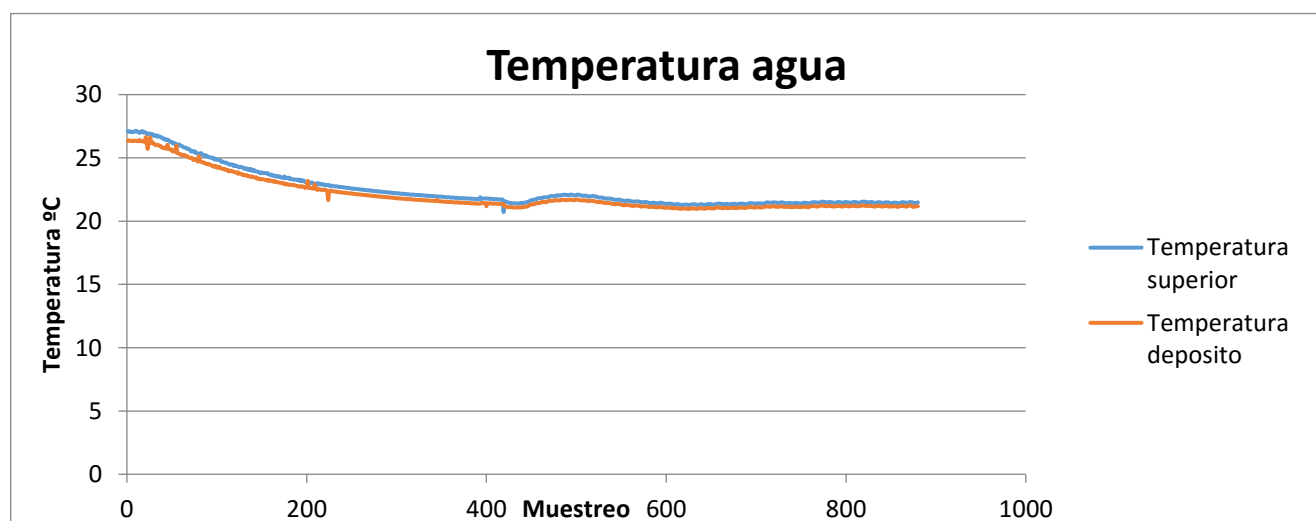


Figura A14 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -7.377 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 5.846 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.531 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.95$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0026 \frac{g}{kg}$$

Experimento 4

El experimento número 3 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada(%)	T salida($^\circ\text{C}$)	H salida(%)	T agua($^\circ\text{C}$)
39.60	48.84	27.69	94.09	24.53

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A15).

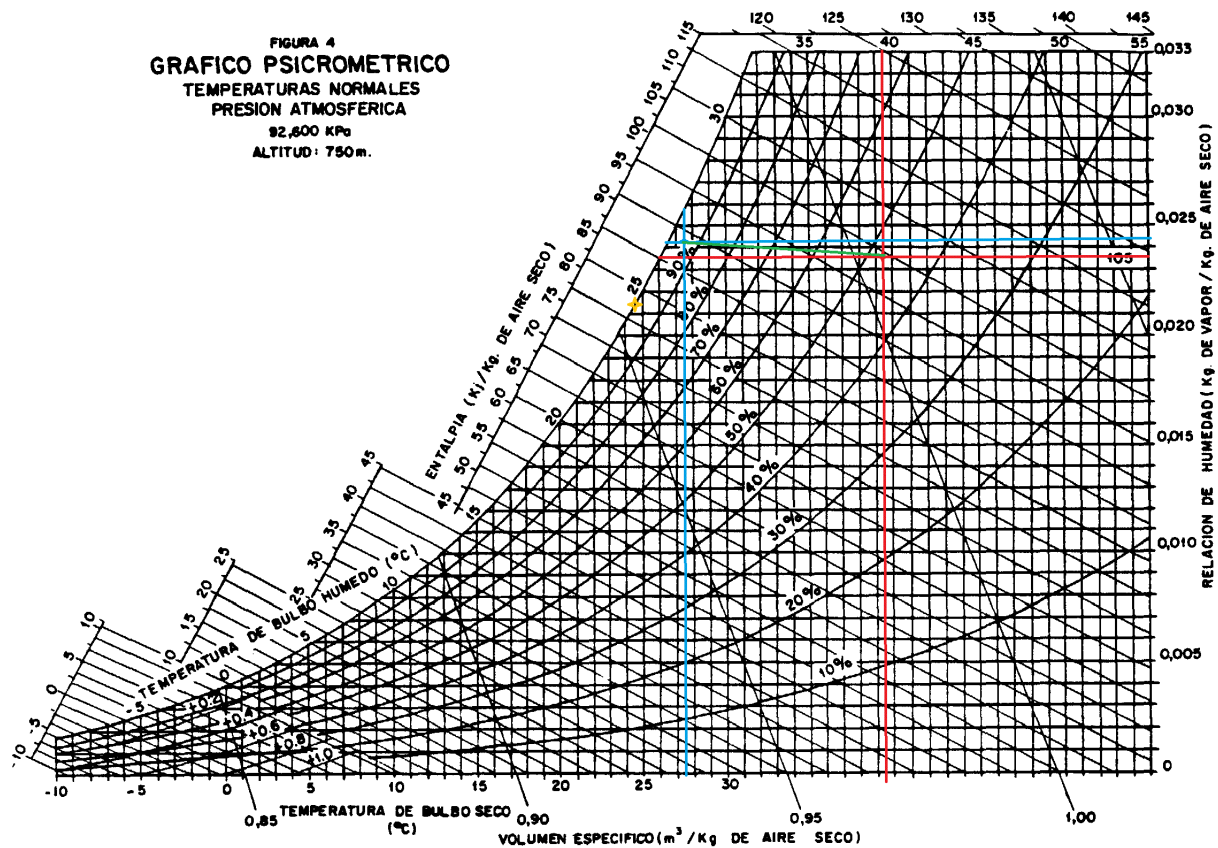


Figura A15 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 40%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A16), salida (figura A17) y del agua acumulada (figura A18) se representan a continuación:

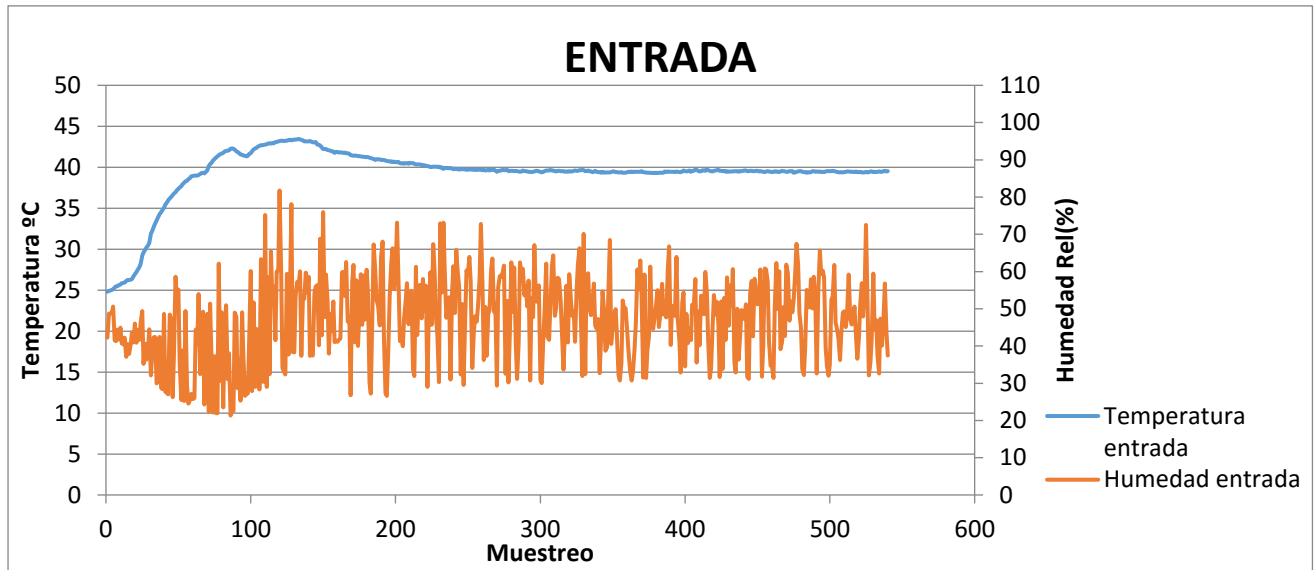


Figura A16 Evolución temporal a la entrada.

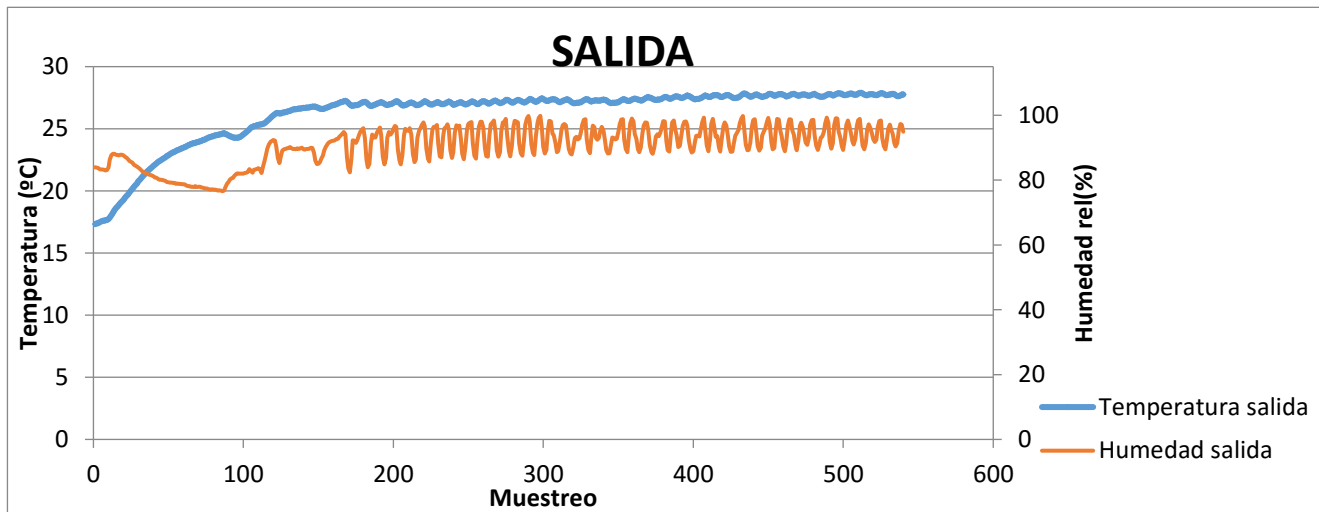


Figura A17 Evolución temporal a la salida.

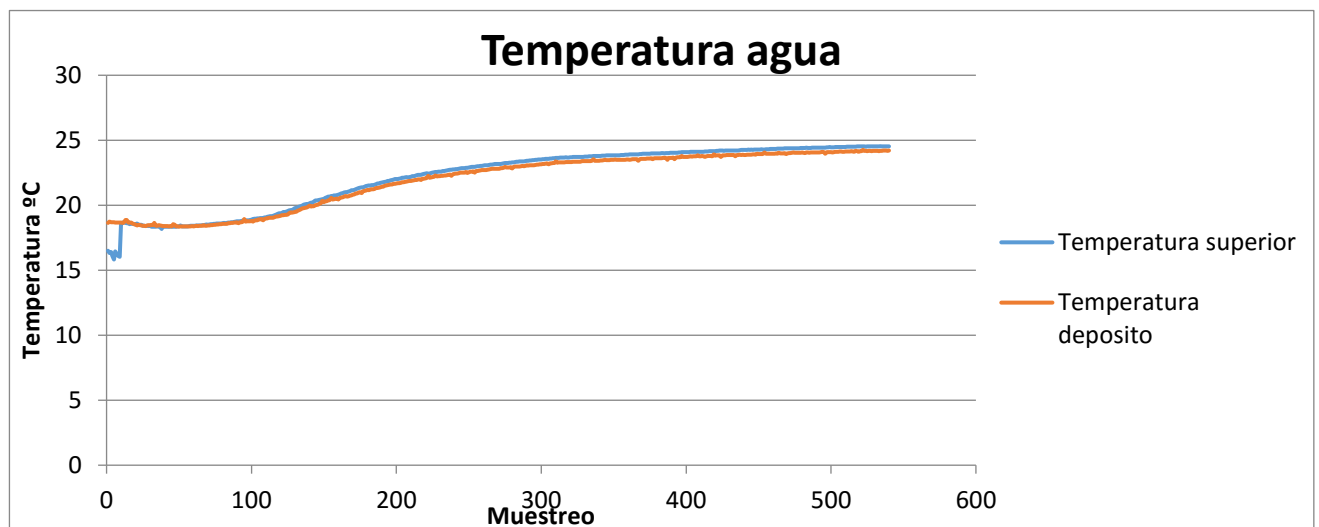


Figura A18 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -12.529 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -0.542 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -13.071 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No tiene sentido porque el proceso no es adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0002 \frac{g}{kg}$$

En este ensayo no se sigue un proceso adiabático. En él, el aire pierde tanto calor sensible como latente. Es el agua en su paso por la tela la que recoge esta energía y se calienta desde la temperatura de acumulación hasta la de la corte con saturación de la línea de evolución. Se trata casi de una evolución a humedad constante.

Experimento 5

El experimento número 5 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
35.93	42.99	26.00	95.69	22.99

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A19):

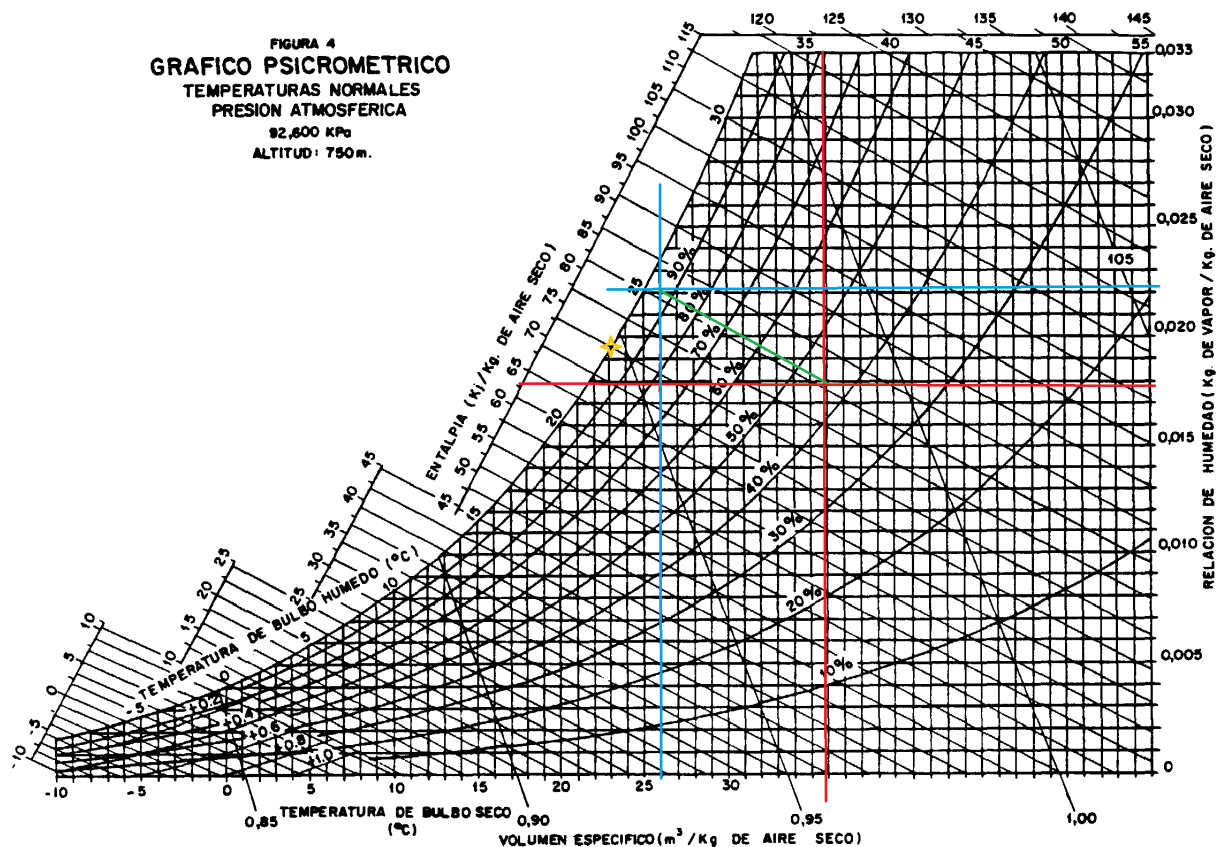


Figura A19 Diagrama psicrométrico $Q\ 3.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 35^\circ\text{C}$ $H_r\ 40\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A20), salida (figura A21) y del agua acumulada (figura A22) se representan a continuación:

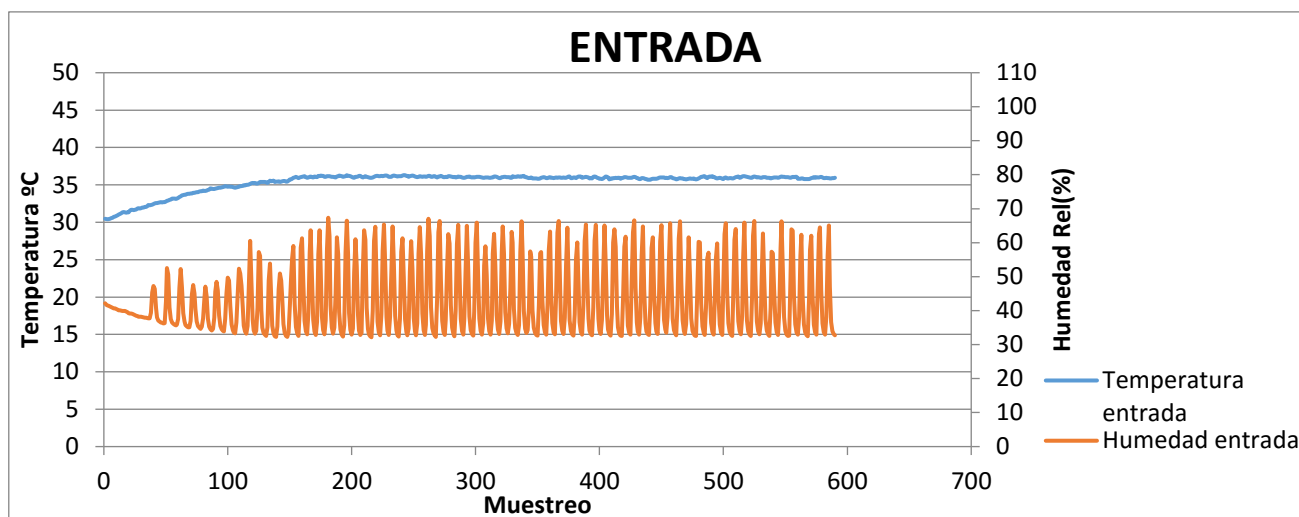


Figura A20 Evolución temporal a la entrada.

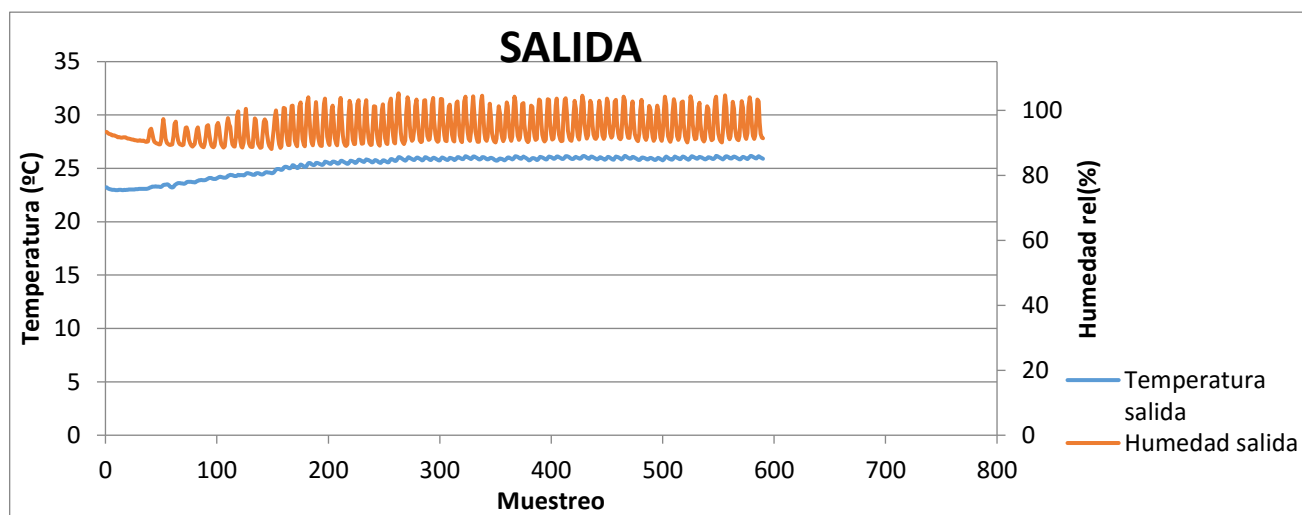


Figura A21 Evolución temporal a la salida.

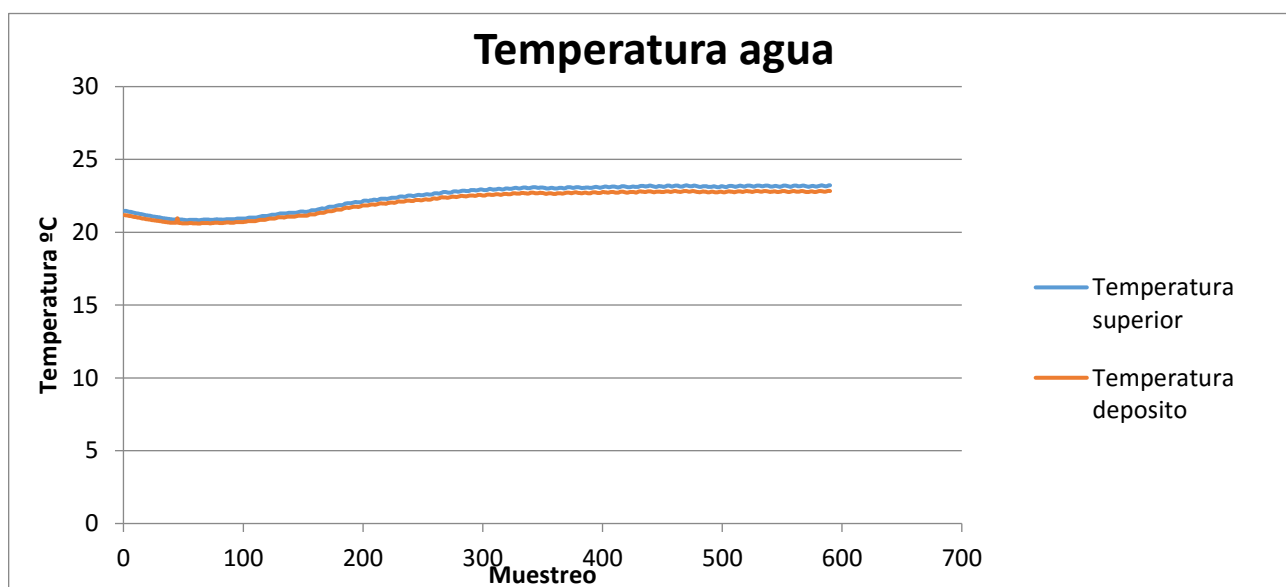


Figura A22 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -10.326 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 10.518 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.192 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.93$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0047 \frac{g}{kg}$$

Experimento 6

El experimento número 6 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
48.51	17.13	29.80	74.39	22.81

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A23):

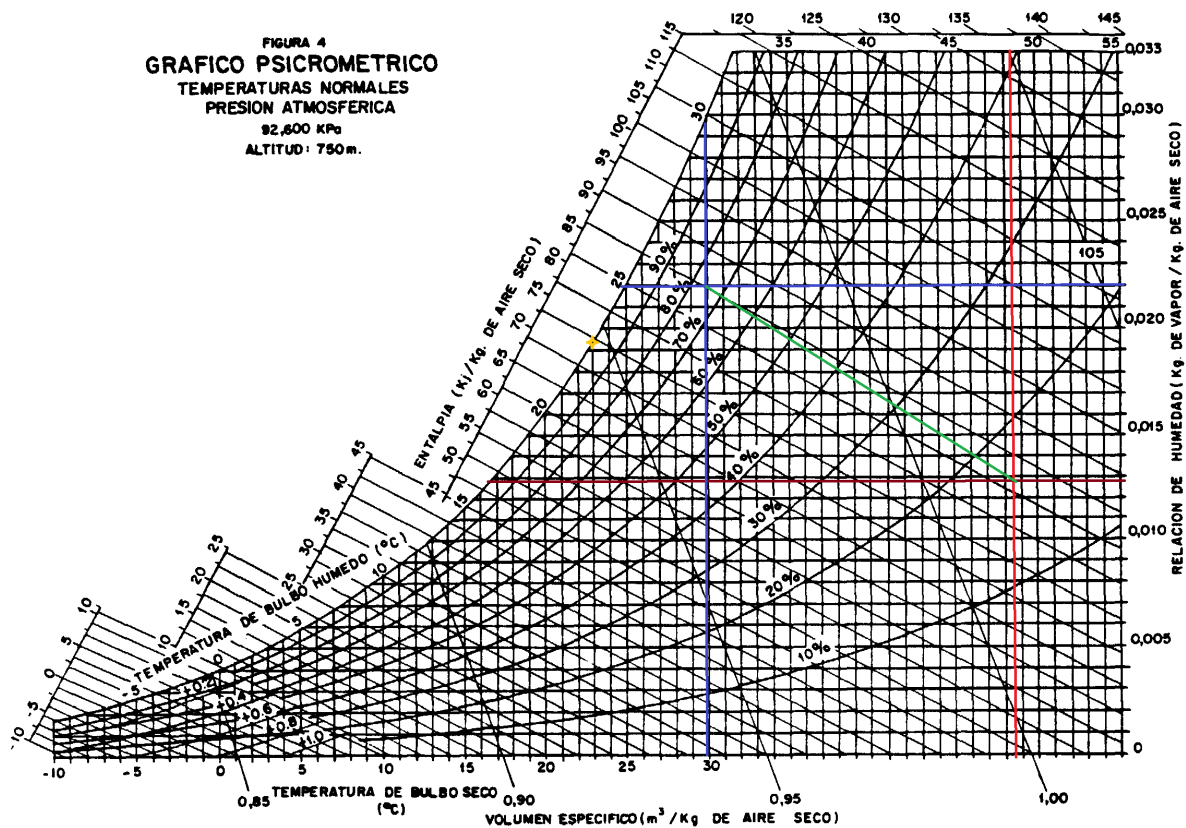


Figura A23 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 45°C Hr 18%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A24), salida (figura A25) y del agua acumulada (figura A26) se representan a continuación:

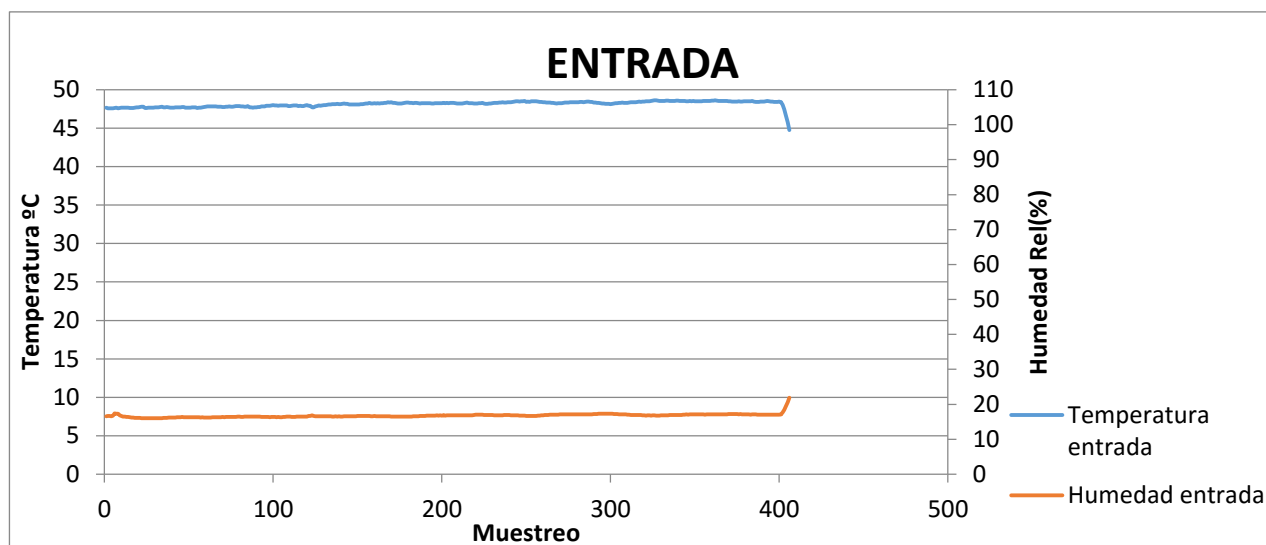


Figura A24 Evolución temporal a la entrada.

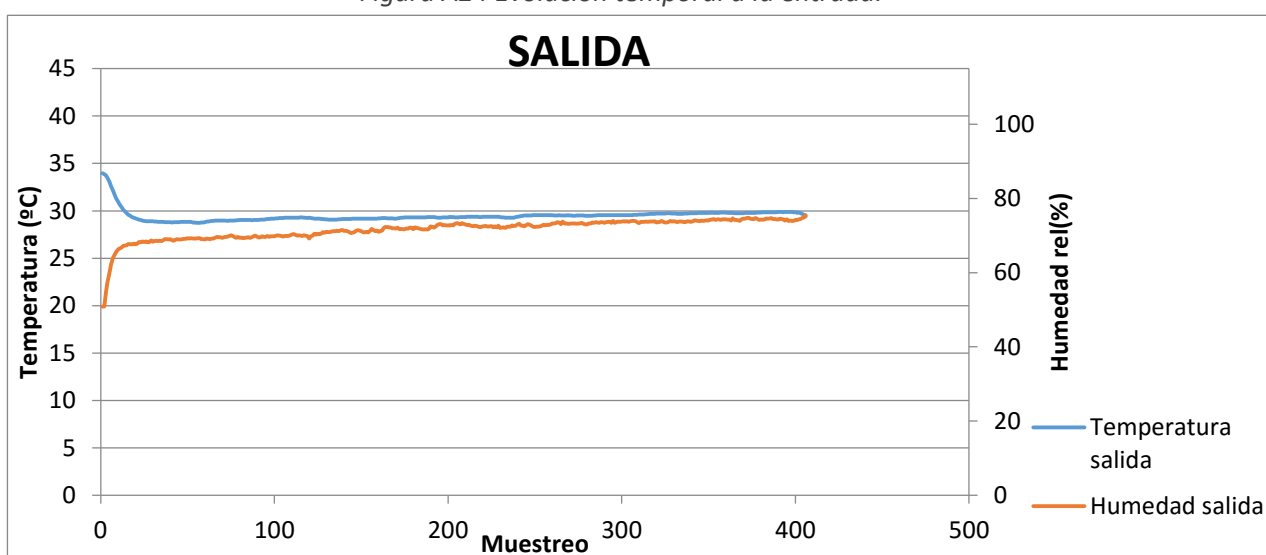


Figura A25 Evolución temporal a la salida.

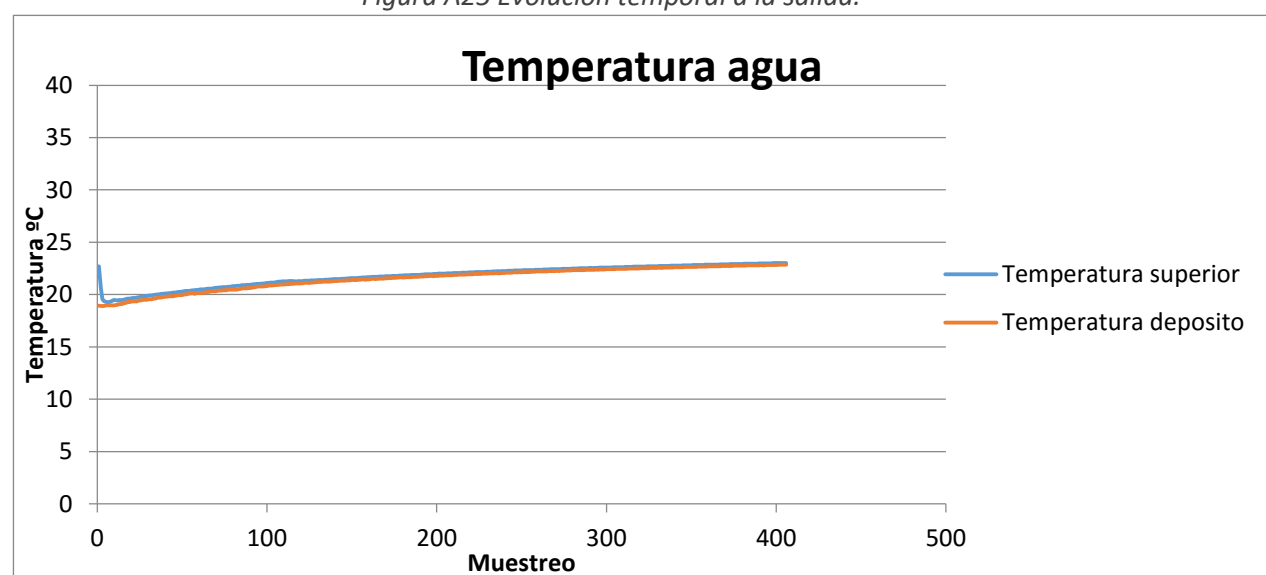


Figura A26 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizaran las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -19.320 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 17.988 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -28.938 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.83$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0080 \frac{g}{kg}$$

Experimento 7

El experimento número 7 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
29.22	71.42	23.63	100	22.72

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A27):

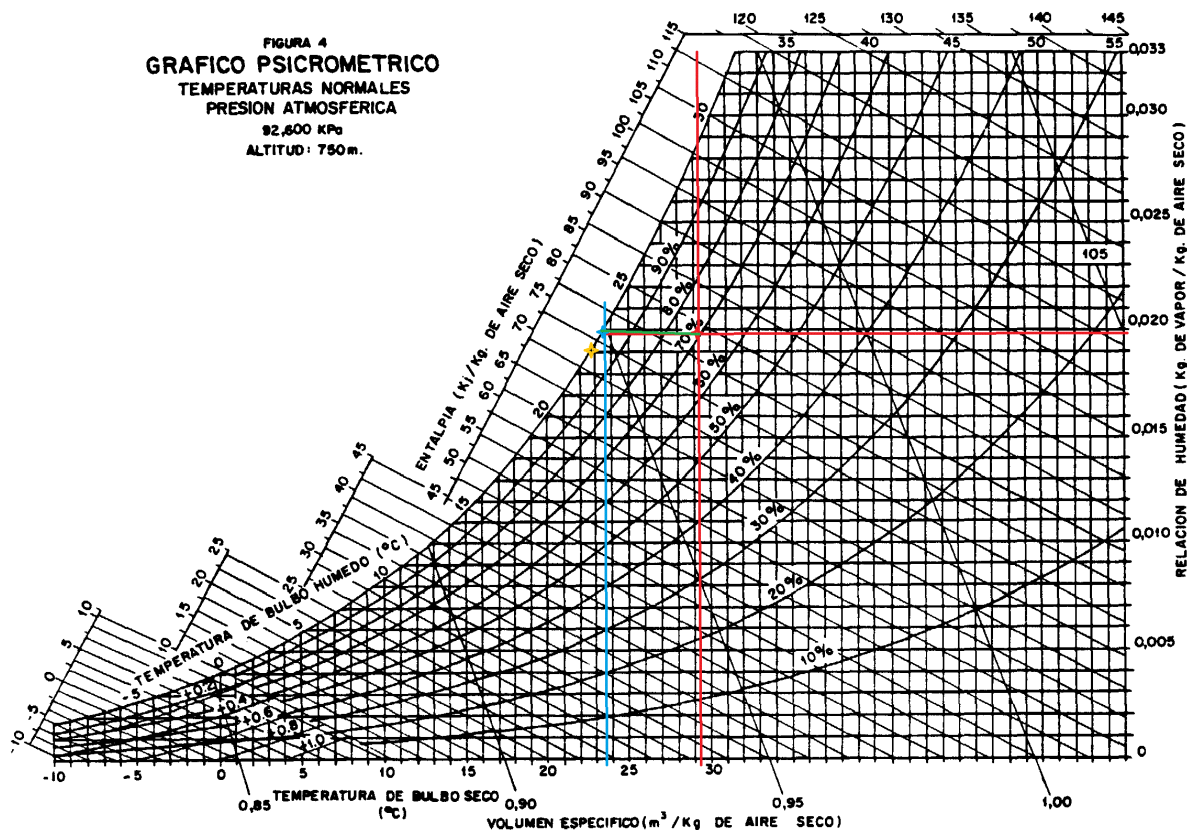


Figura A27 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 70%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A28), salida (figura A29) y del agua acumulada (figura A30) se representan a continuación:

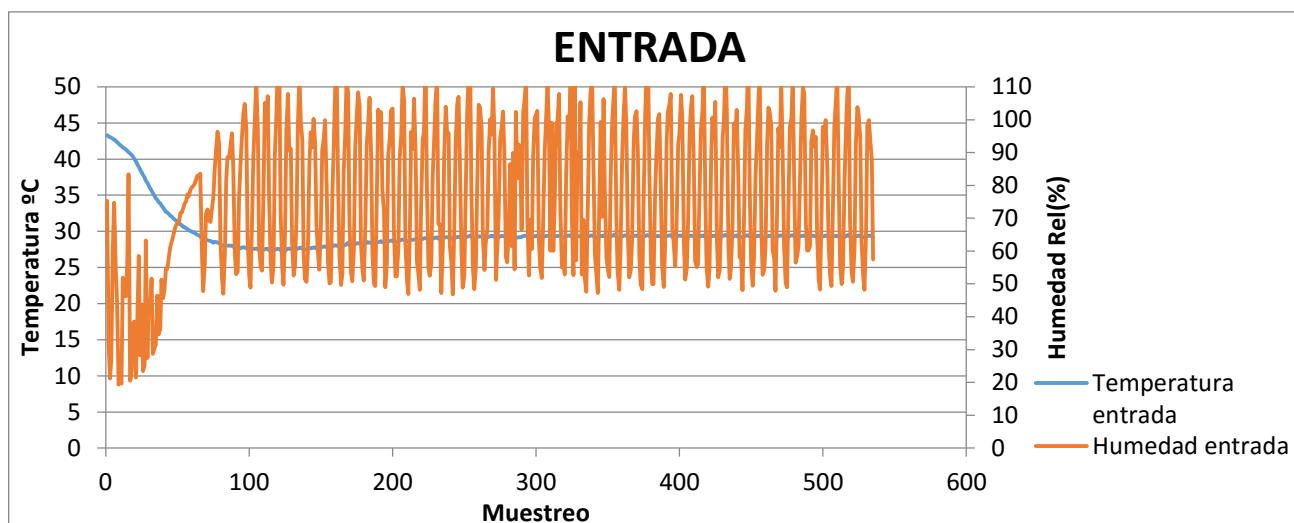


Figura A28 Evolución temporal a la entrada.

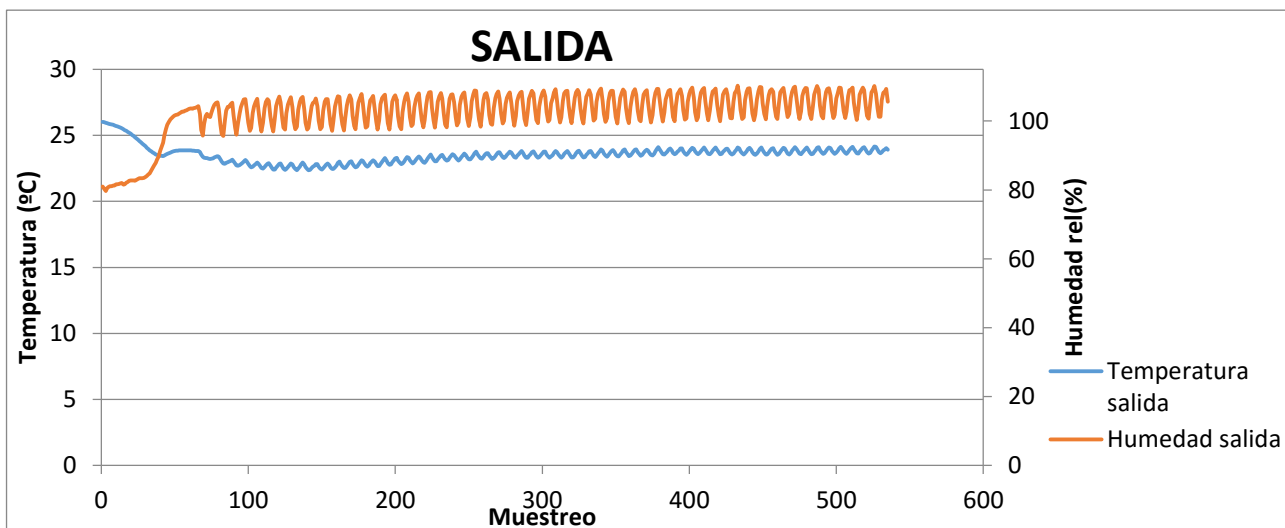


Figura A29 Evolución temporal a la salida.

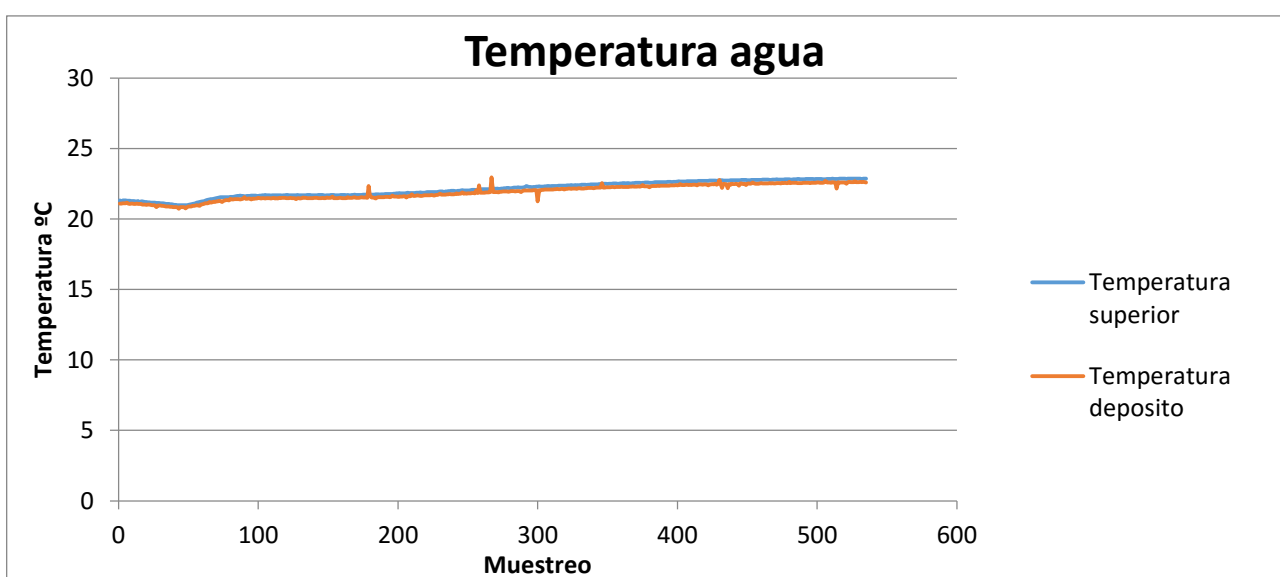


Figura A30 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -5.838 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 0.316 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.522 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No tenemos un proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0001 \frac{g}{kg}$$

En este caso se vuelve a tener que el aire pierde bastante entalpía, recogida por el agua en el proceso calentándose desde la temperatura de acumulación de agua hasta la de corte de la línea de saturación con la evolución, en un proceso casi a humedad constante.

Experimento 8

El experimento número 8 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
29.59	45.33	20.52	87.87	17.67

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A31):

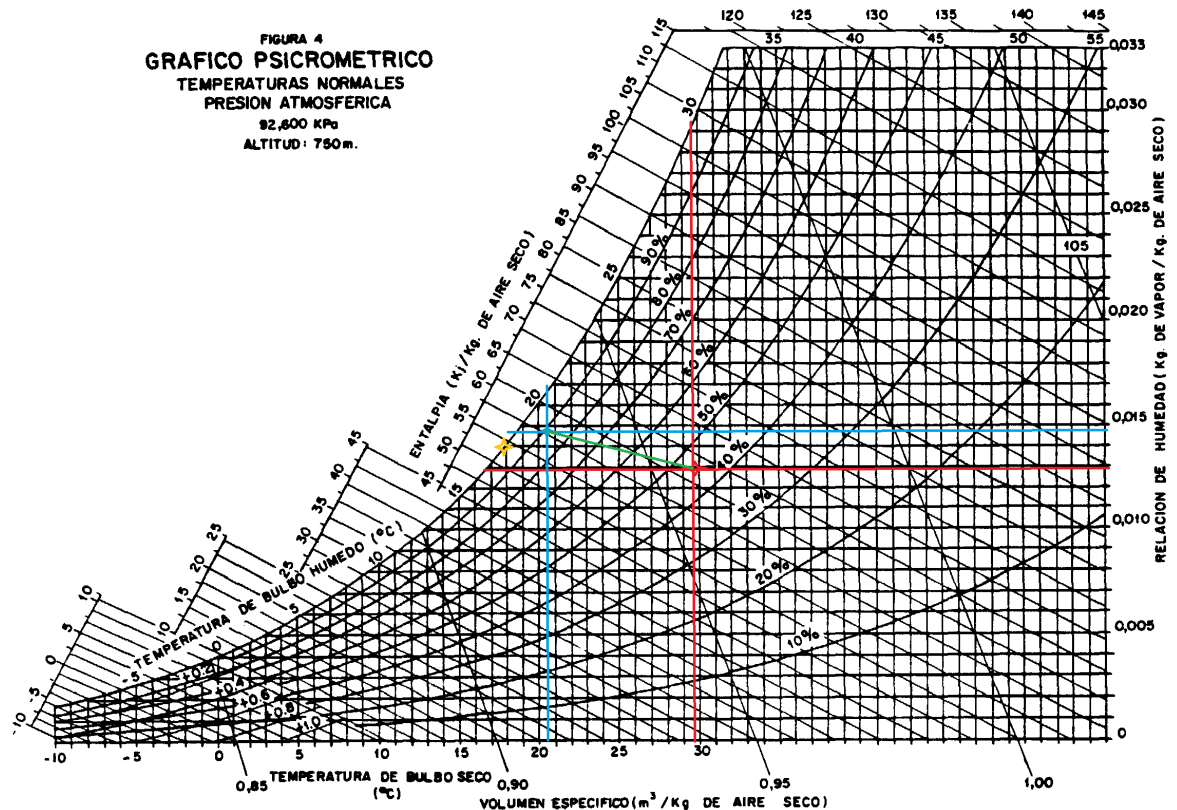


Figura A31 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 70%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A32), salida (figura A33) y del agua acumulada (figura A34) se representan a continuación:

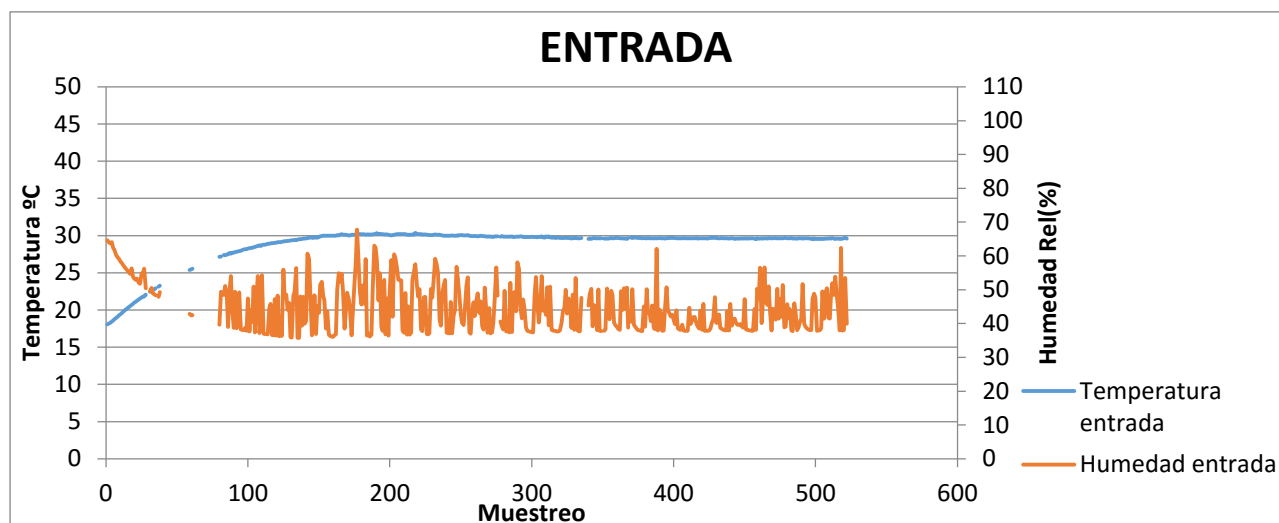


Figura A32 Evolución temporal a la entrada.

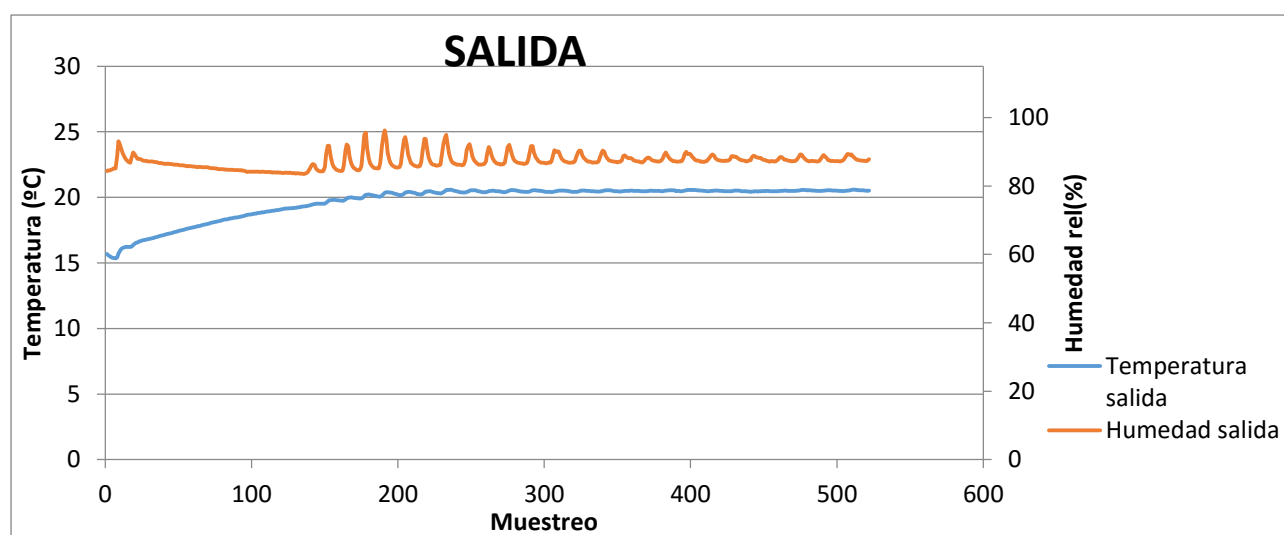


Figura A33 Evolución temporal a la salida.

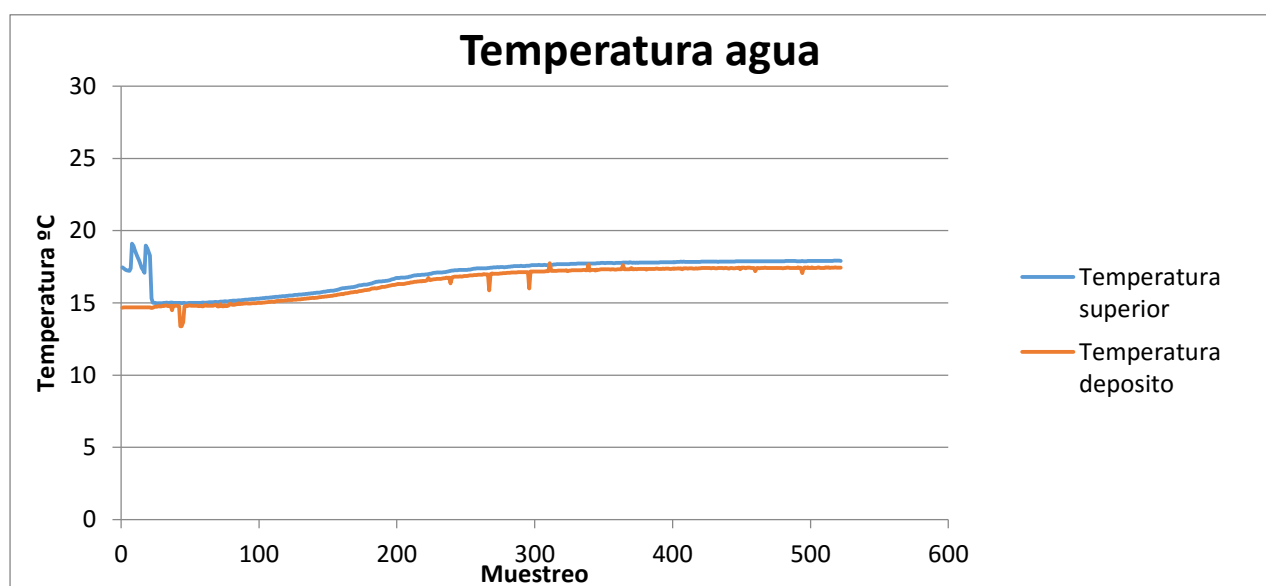


Figura A34 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -9.356 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 3.747 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.609 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0017 \frac{g}{kg}$$

Experimento 9

El experimento número 9 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
24.61	84.80	20.88	100	19.92

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A35):

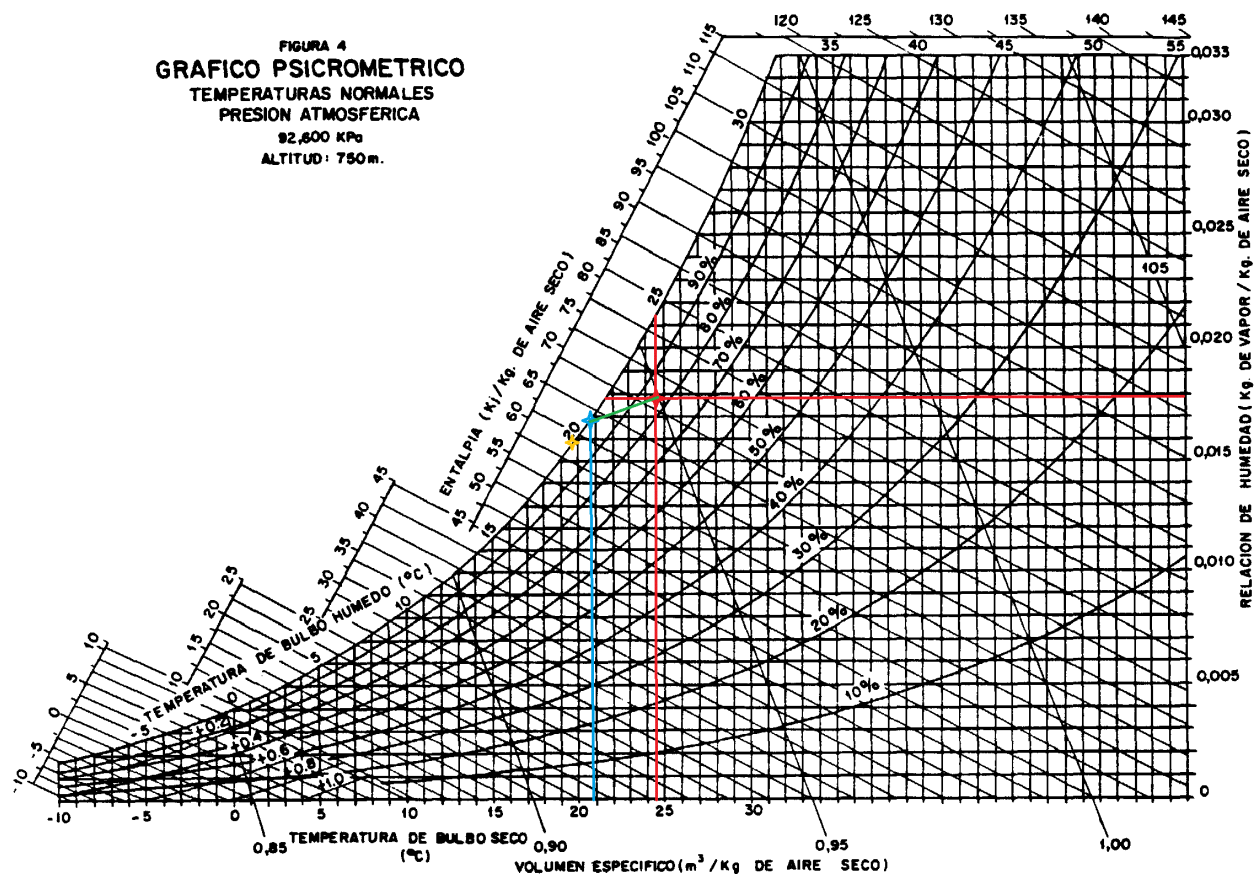


Figura A35 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 25°C Hr 70%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A36), salida (figura A37) y del agua acumulada (figura A38) se representan a continuación:

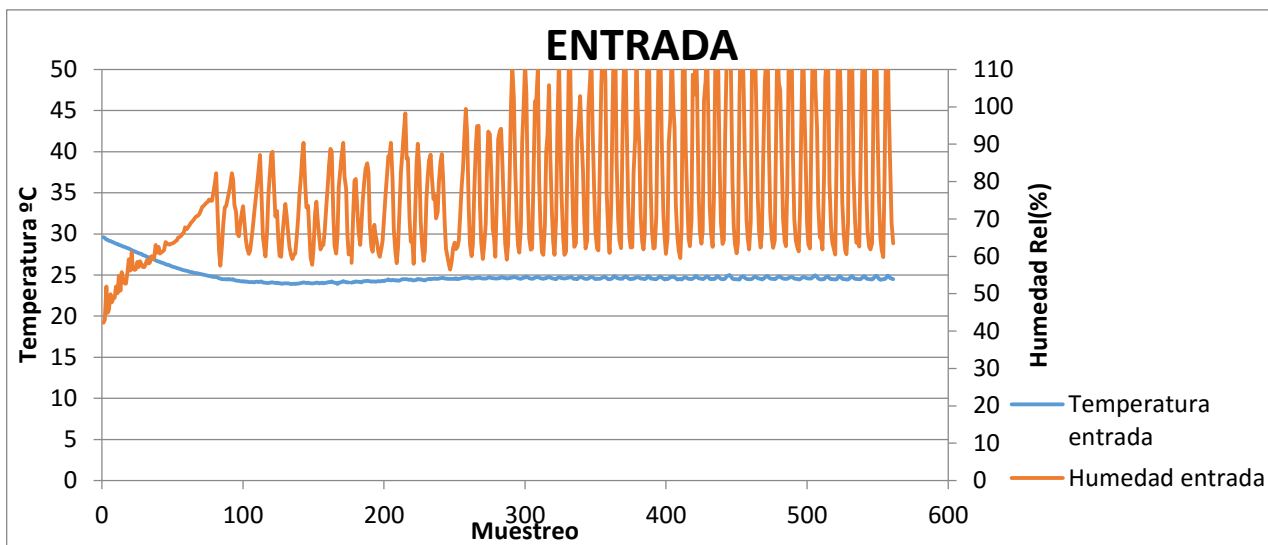


Figura A36 Evolución temporal a la entrada.

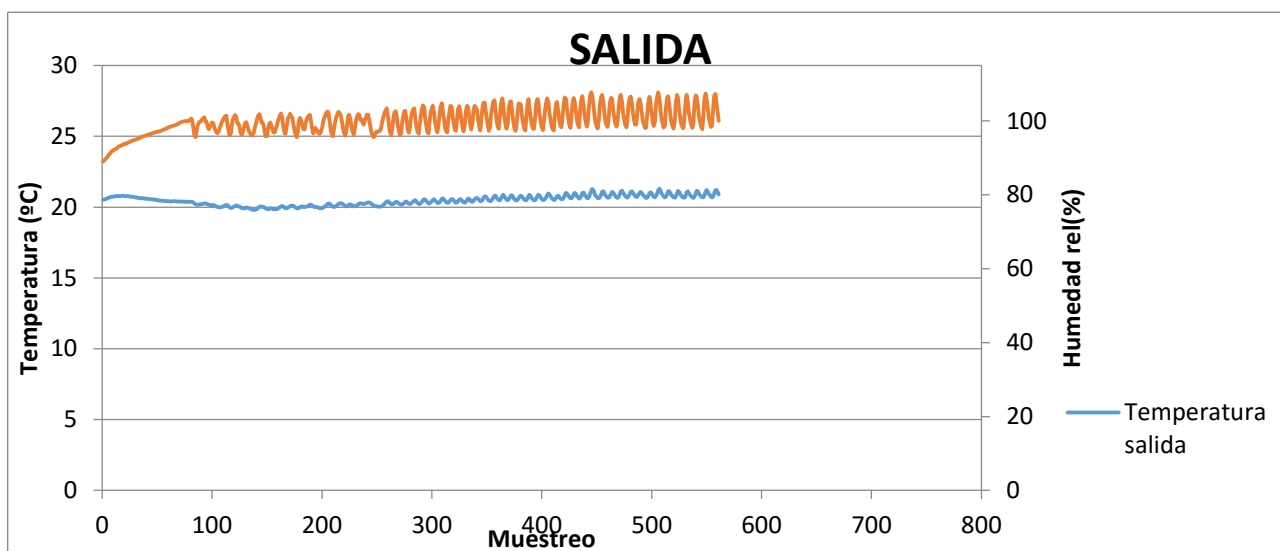


Figura A37 Evolución temporal a la salida.

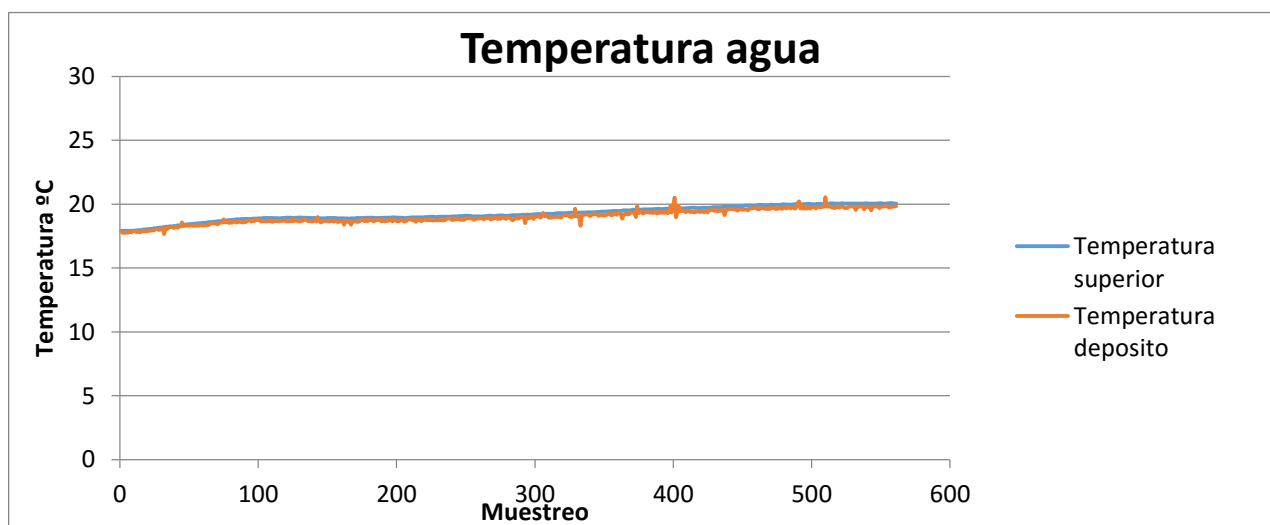


Figura A38 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar ar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizaran las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -3.883 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -2.438 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -6.320 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se sigue un proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0011 \frac{g}{kg}$$

En este caso se tiene un proceso de deshumidificación pues el aire se satura rápido, haciendo que el agua actúe como una cortina de agua a una temperatura muy baja en comparación con la de bulbo húmedo.

Experimento 10

El experimento número 10 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
39.69	30.28	25.19	83.79	20.89

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A39):

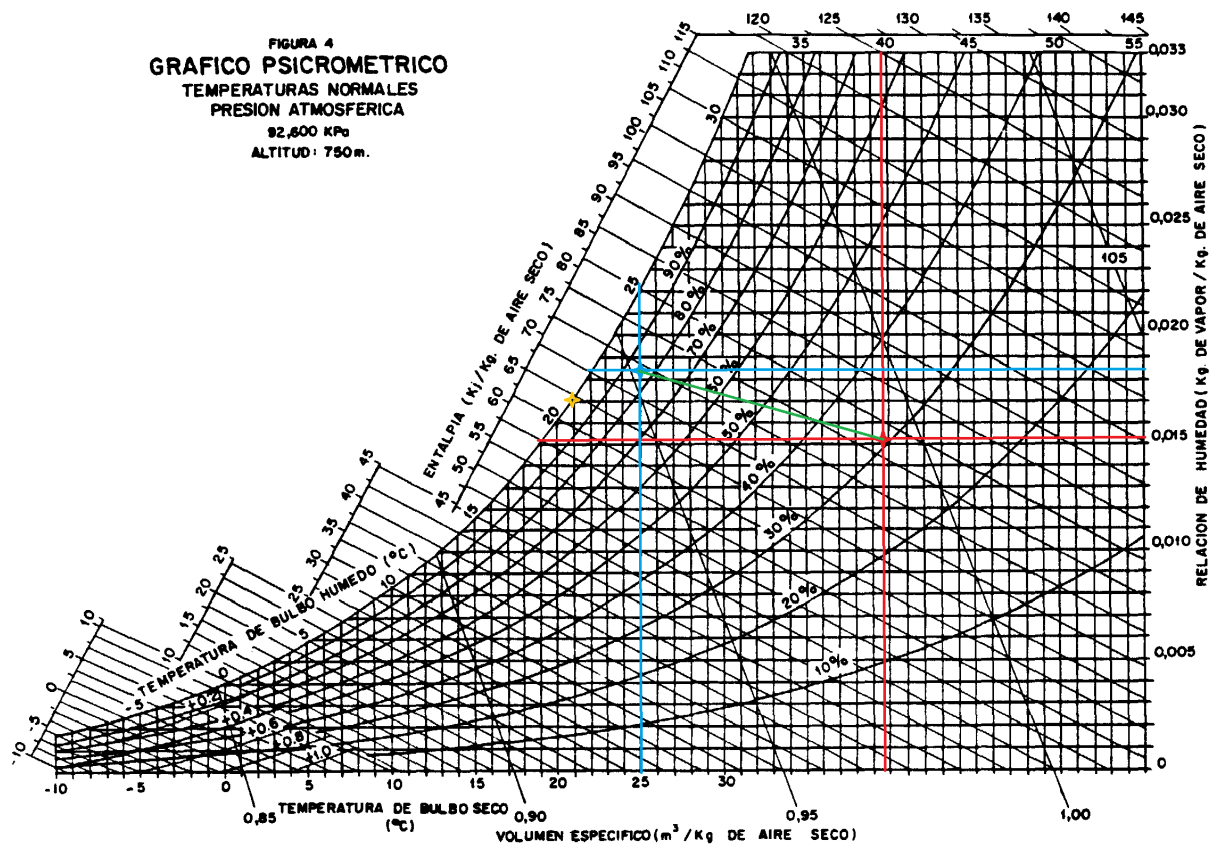


Figura A39 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A40), salida (figura A41) y del agua acumulada (figura A42) se representan a continuación:

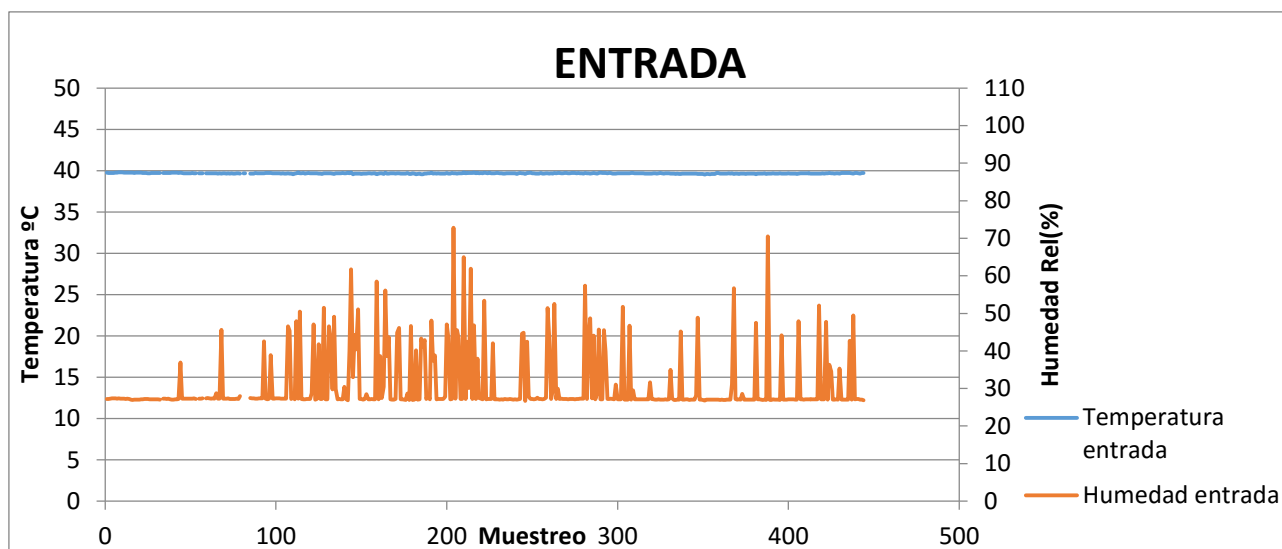


Figura A40 Evolución temporal a la entrada.

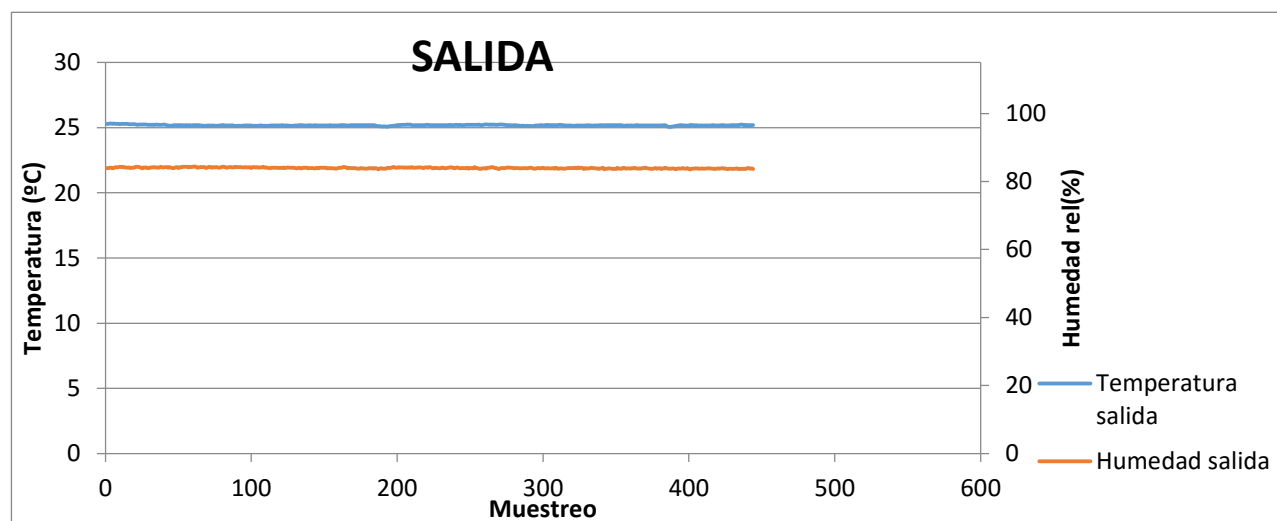


Figura A41 Evolución temporal a la salida.

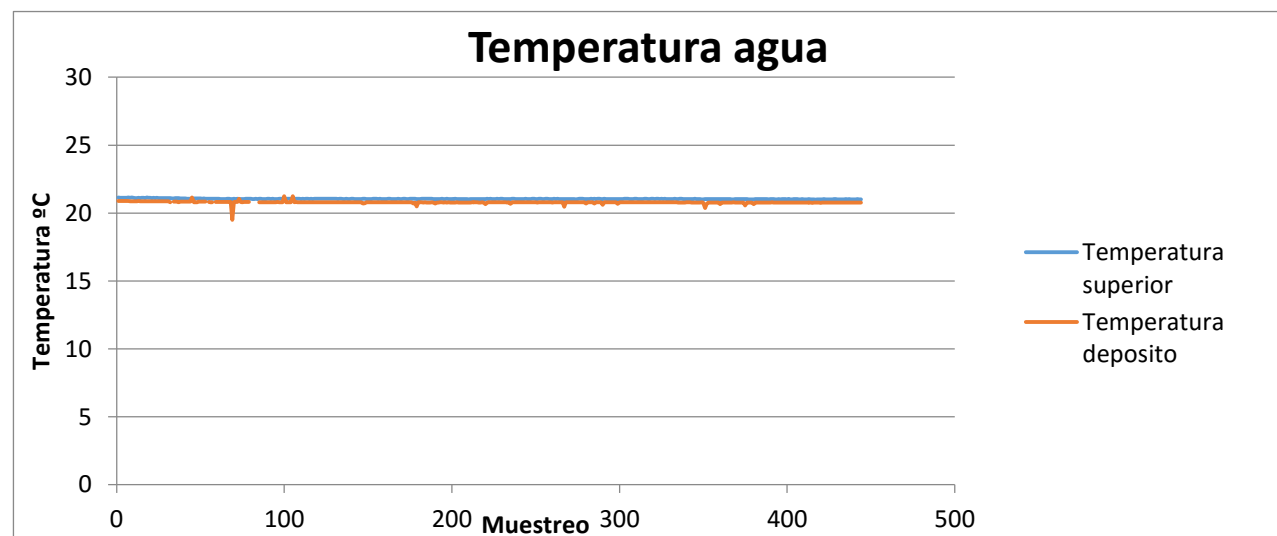


Figura A42 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -15.015 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.538 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -7.477 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0033 \frac{g}{kg}$$

No se pudo bajar más la humedad pues la humedad del laboratorio a esa temperatura era de un 30% y no se cuenta con deshumidificador en la UTA nada más que con la batería de frío por condensación, no dejando aumentar la temperatura a 40°C.

Experimento 11

El experimento número 11 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.015 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
39.95	32.32	25.99	91.11	22.59

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A43):

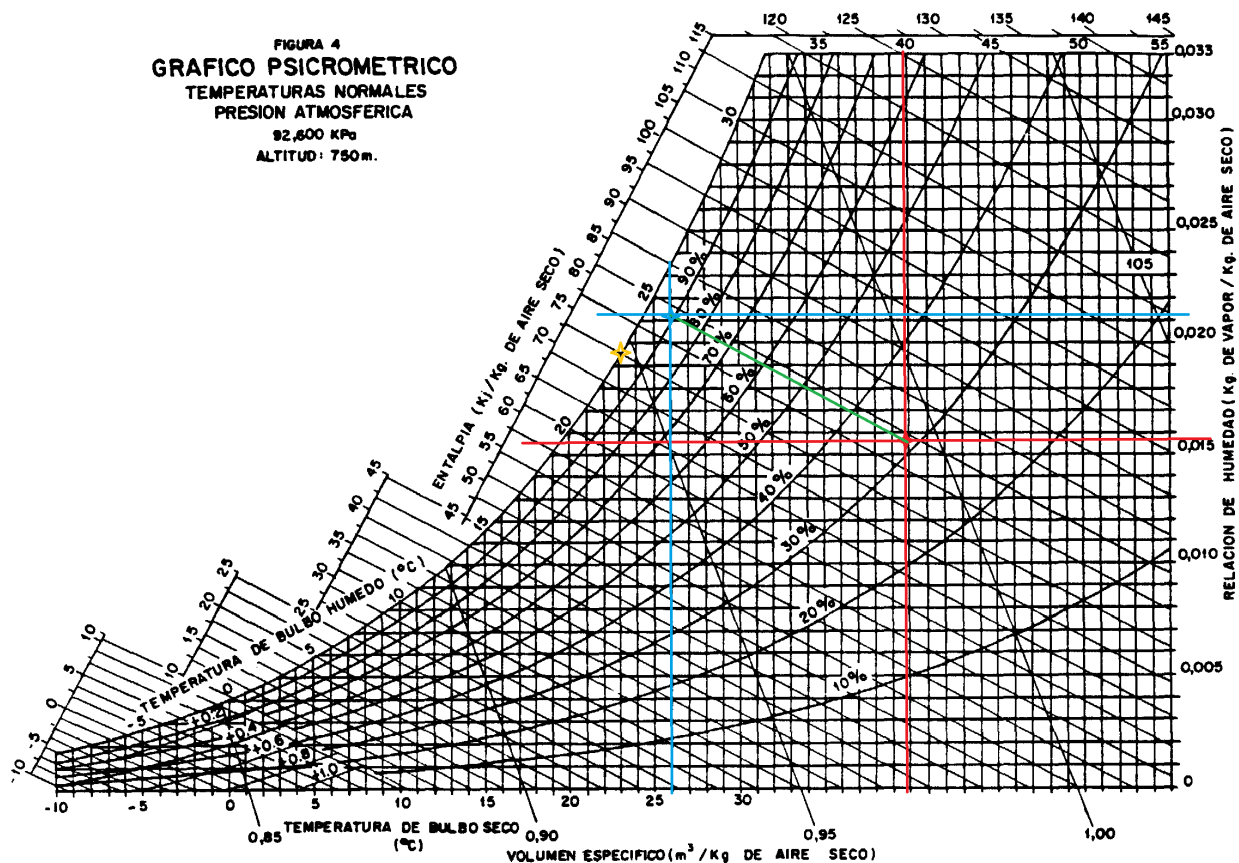


Figura A43 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 30%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A44), salida (figura A45) y del agua acumulada (figura A46) se representan a continuación:

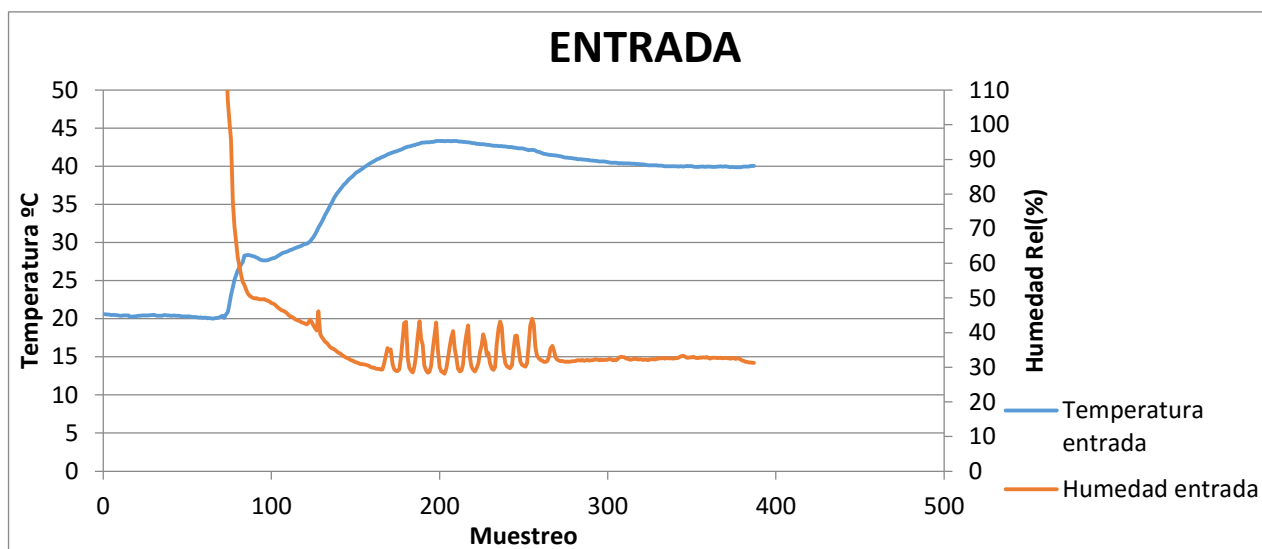


Figura A44 Evolución temporal a la entrada.

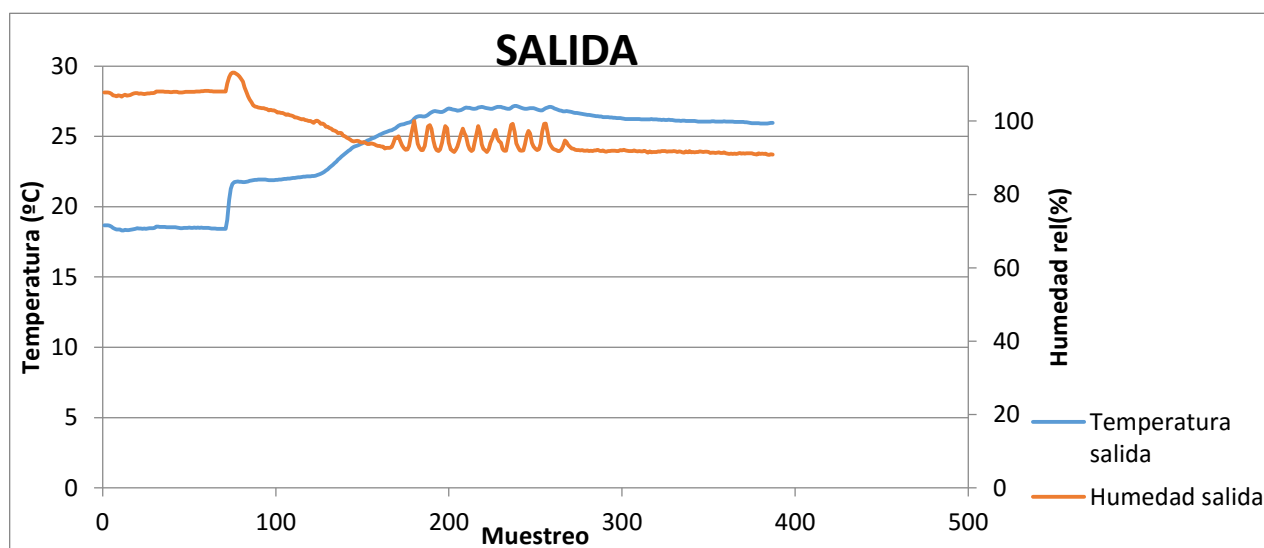


Figura A45 Evolución temporal a la salida.

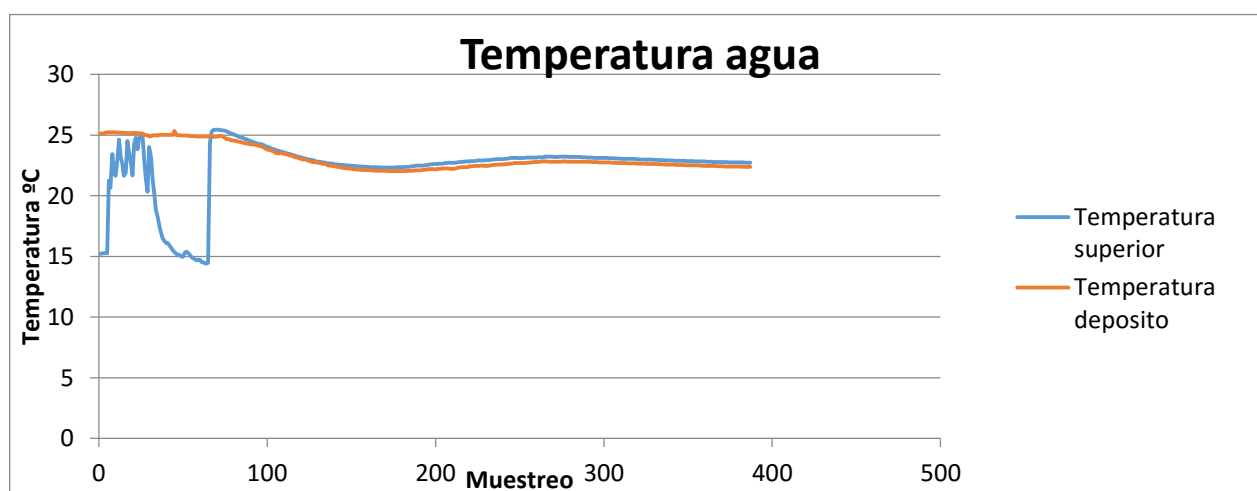


Figura A46 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -14.488 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 10.608 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -3.880 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.97$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0047 \frac{g}{kg}$$

En este caso se tiene un proceso que si puede considerarse adiabático y además corrobora la hipótesis de fallo por precisión de sondas de humedad del experimento 10.

Experimento 12

El experimento número 12 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 90%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.24	100%	22.73	100%	22.18

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A47):

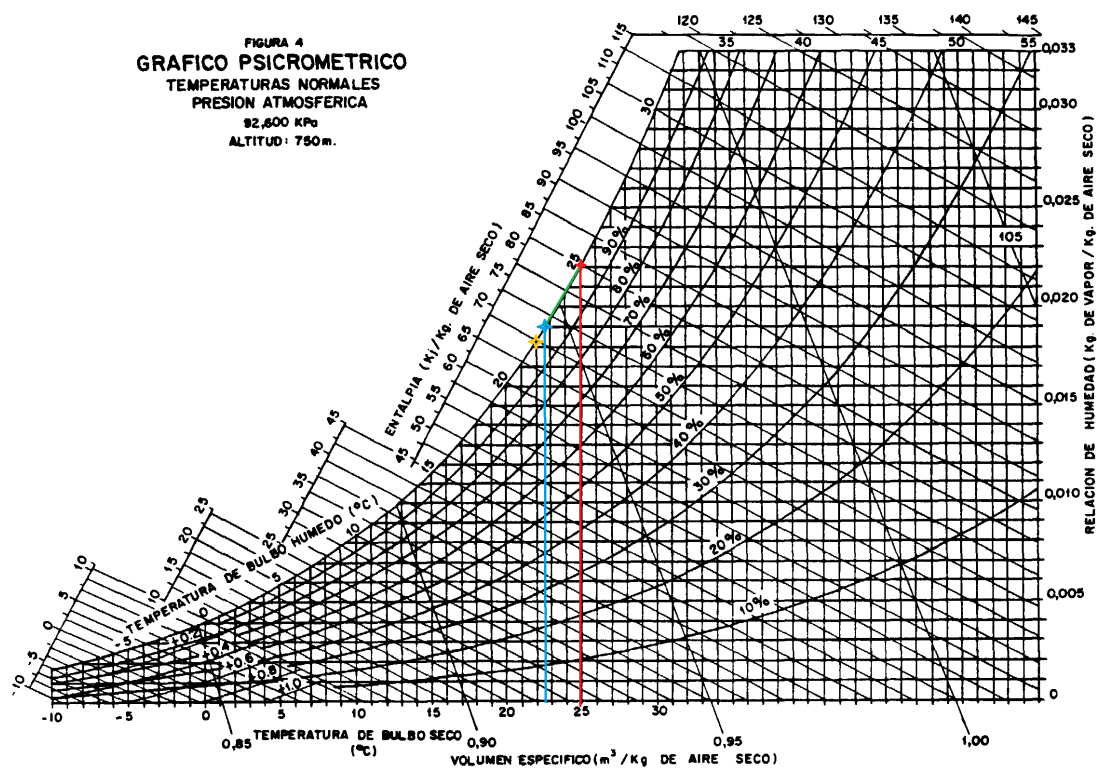


Figura A47 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 25°C Hr 90%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A48), salida (figura A49) y del agua acumulada (figura A50) se representan a continuación:

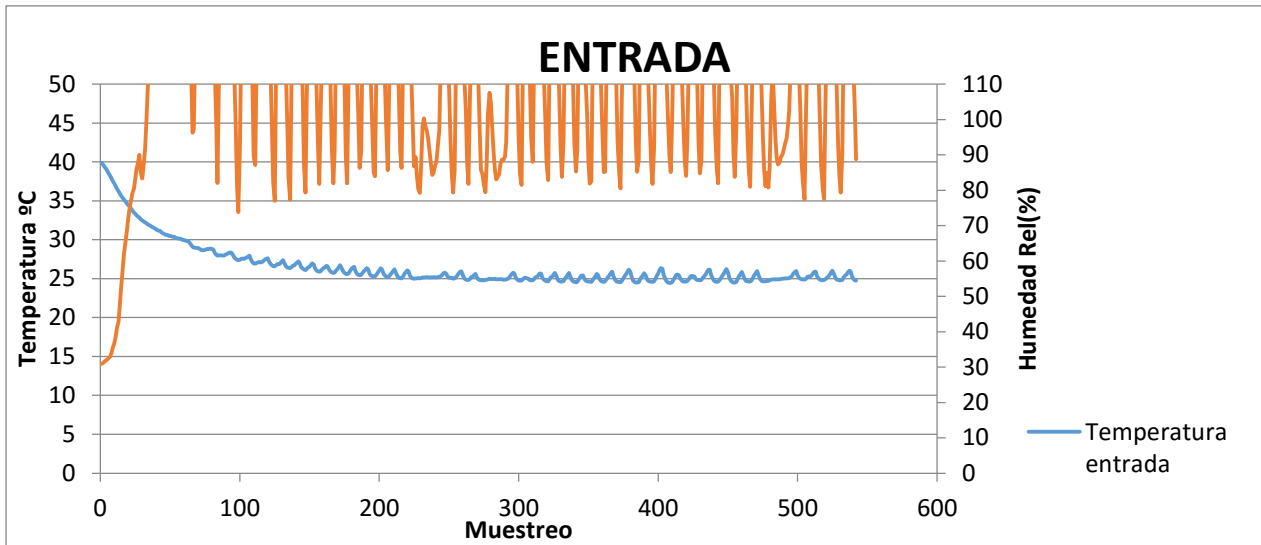


Figura A48 Evolución temporal a la entrada.

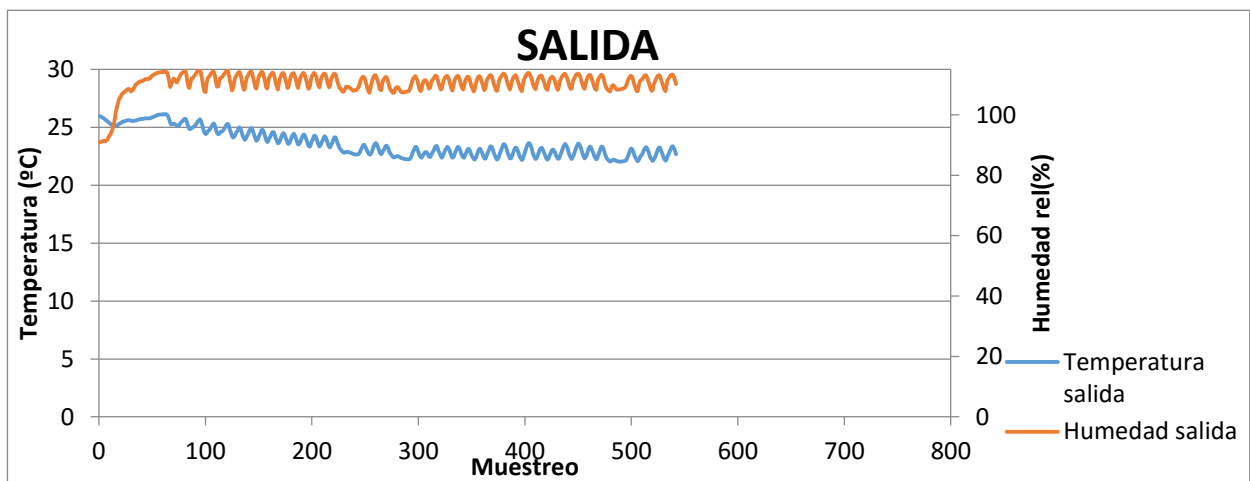


Figura A49 Evolución temporal a la salida.

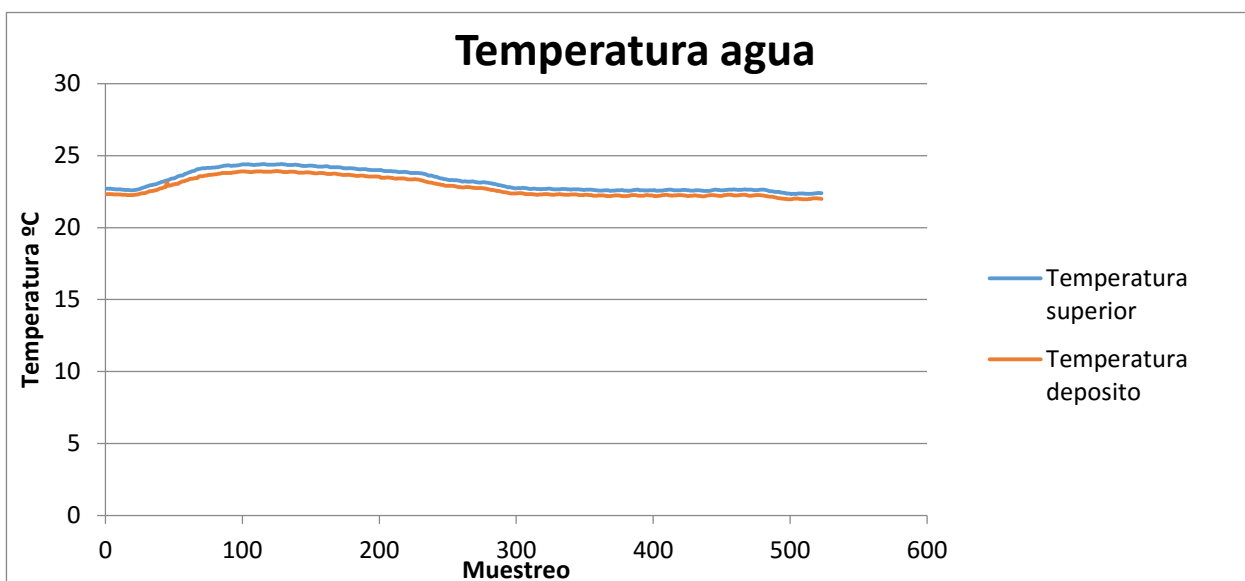


Figura A50 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -2.632 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -7.019 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -9.651 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No tenemos un proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0031 \frac{g}{kg}$$

En este experimento, al estar saturado el aire a la entrada, el agua condensa al enfriarse.

Experimento 13

El experimento número 13 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 15%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
46.48	17.69%	27.00	84.65%	22.07

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A51):

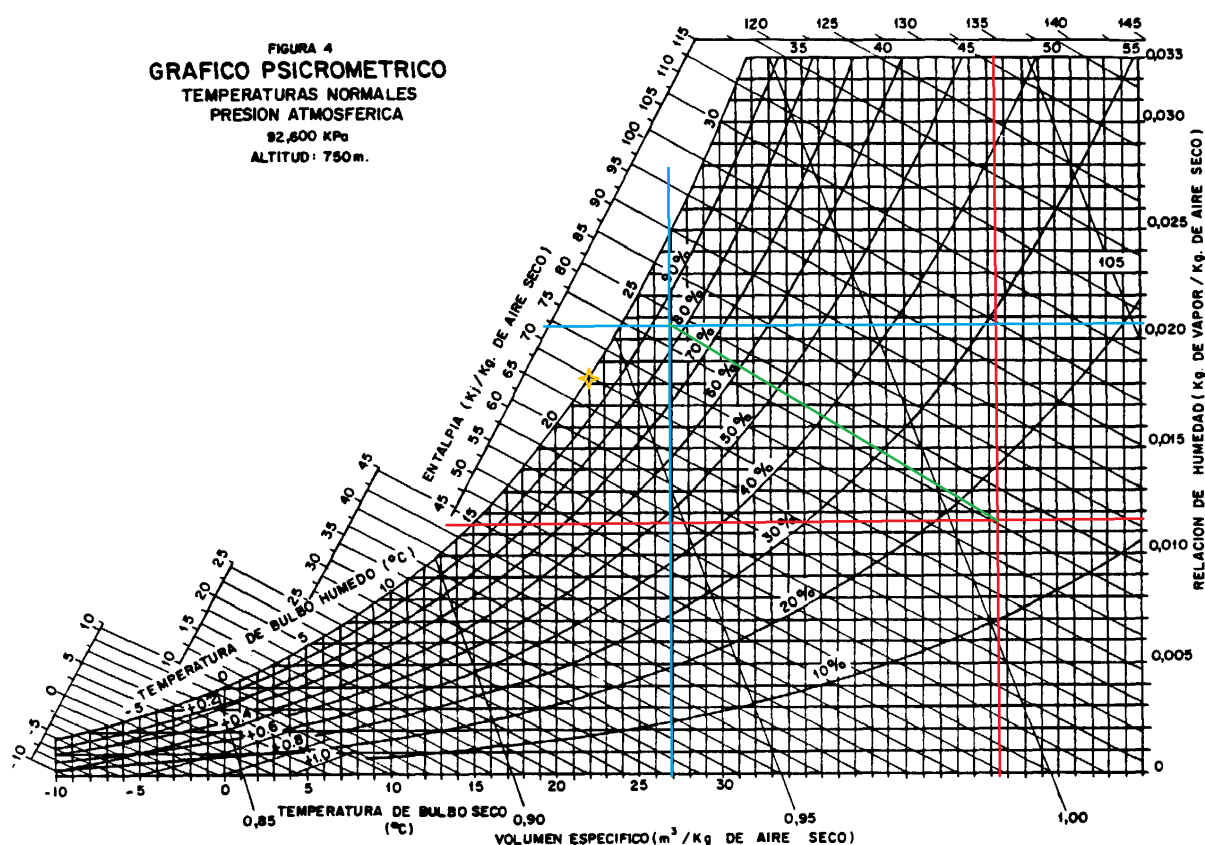


Figura A51 Diagrama psicrométrico $Q\ 3.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 15\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A52), salida (figura A53) y del agua acumulada (figura A54) se representan a continuación:

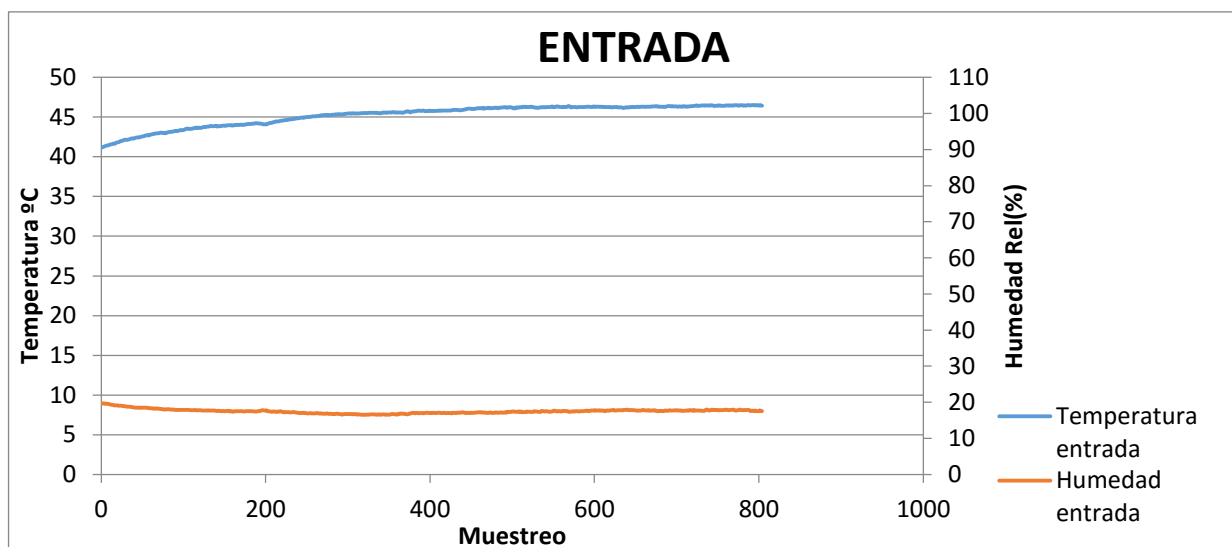


Figura A52 Evolución temporal a la entrada.

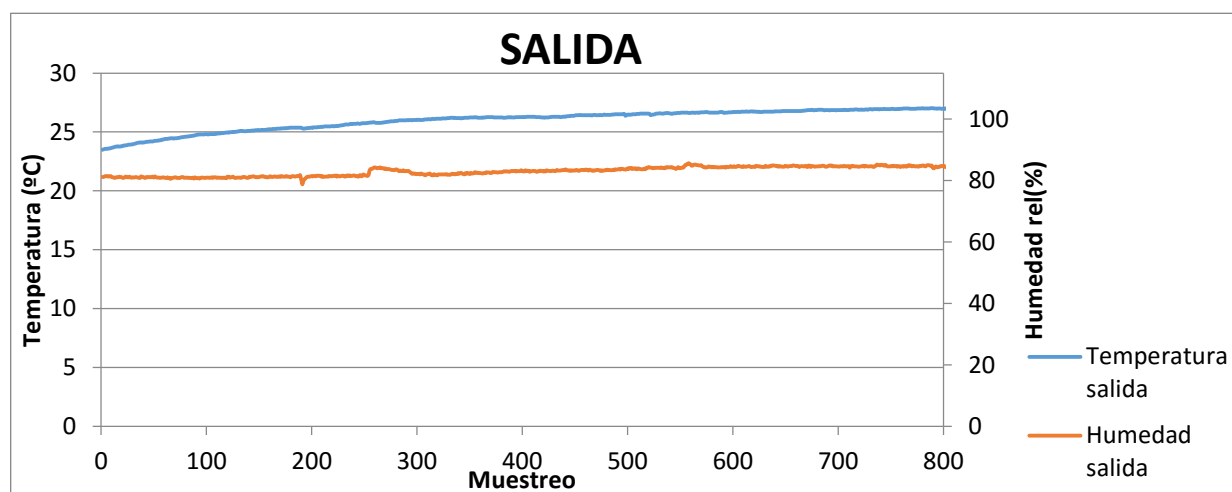


Figura A53 Evolución temporal a la salida.

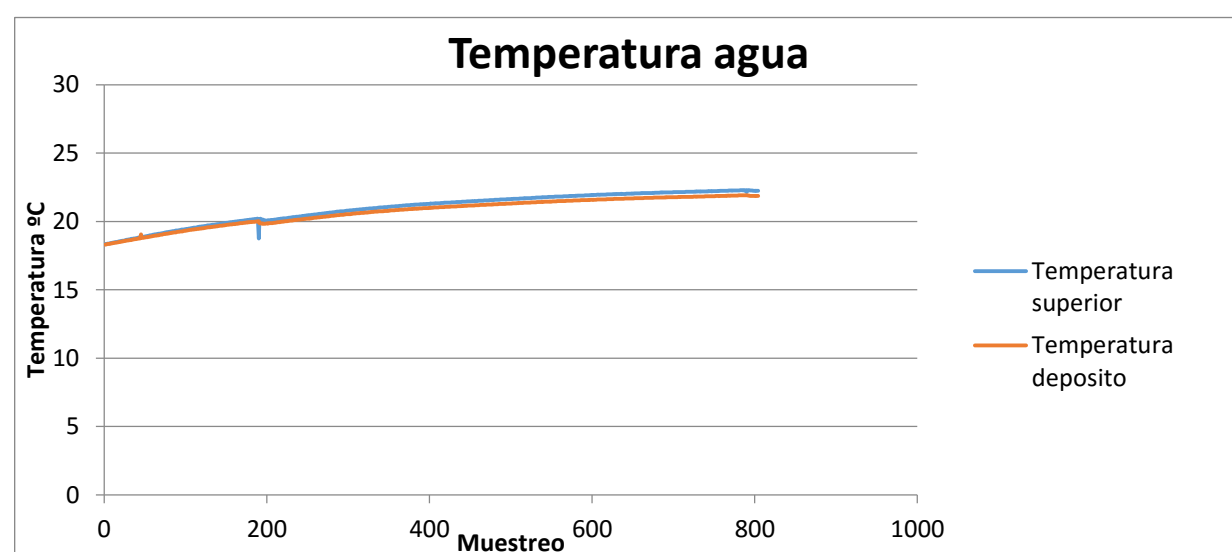


Figura A54 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -20.082 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 20.110 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.028 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.91$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.089 \frac{g}{kg}$$

Experimento 14

El experimento número 14 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
45.96	21.90	28.20	88.67	23.54

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A55):

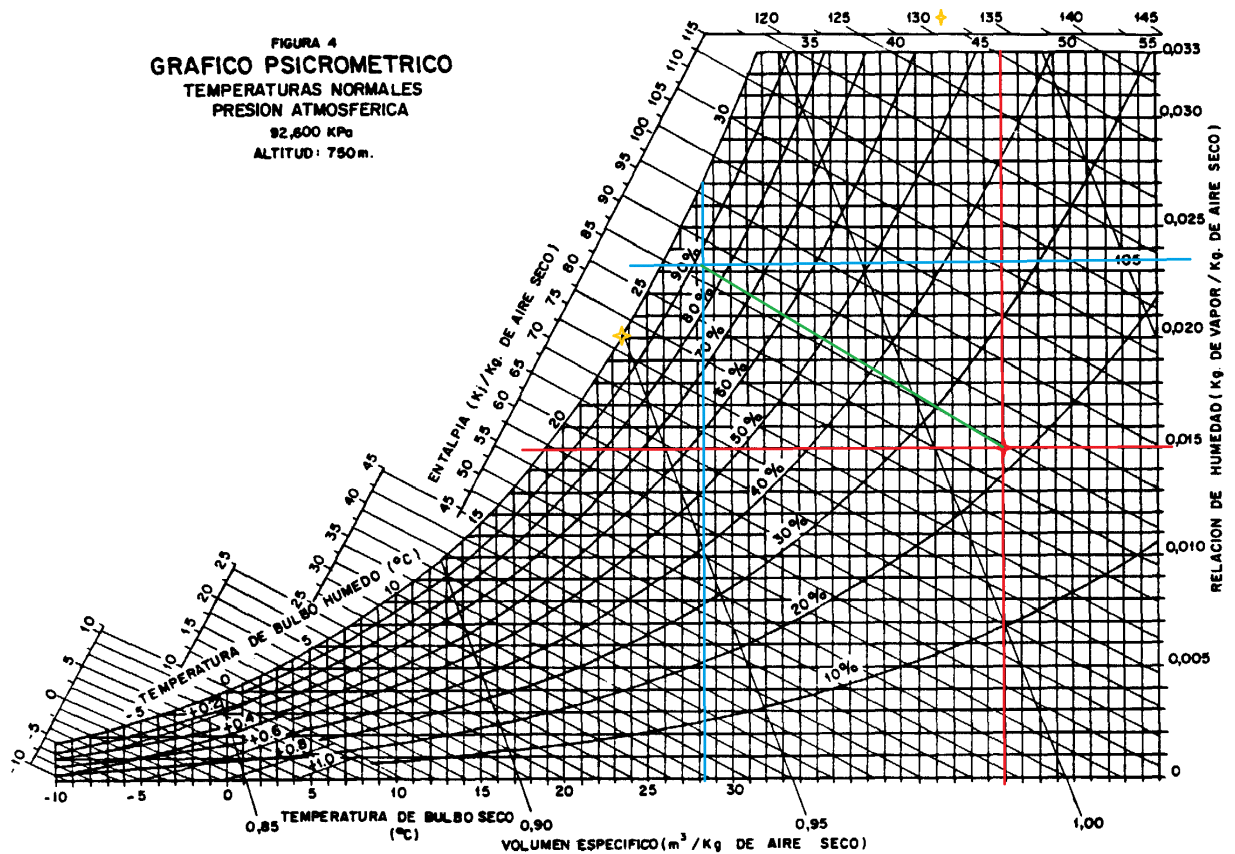


Figura A55 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 45°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A56), salida (figura A57) y del agua acumulada (figura A58) se representan a continuación:

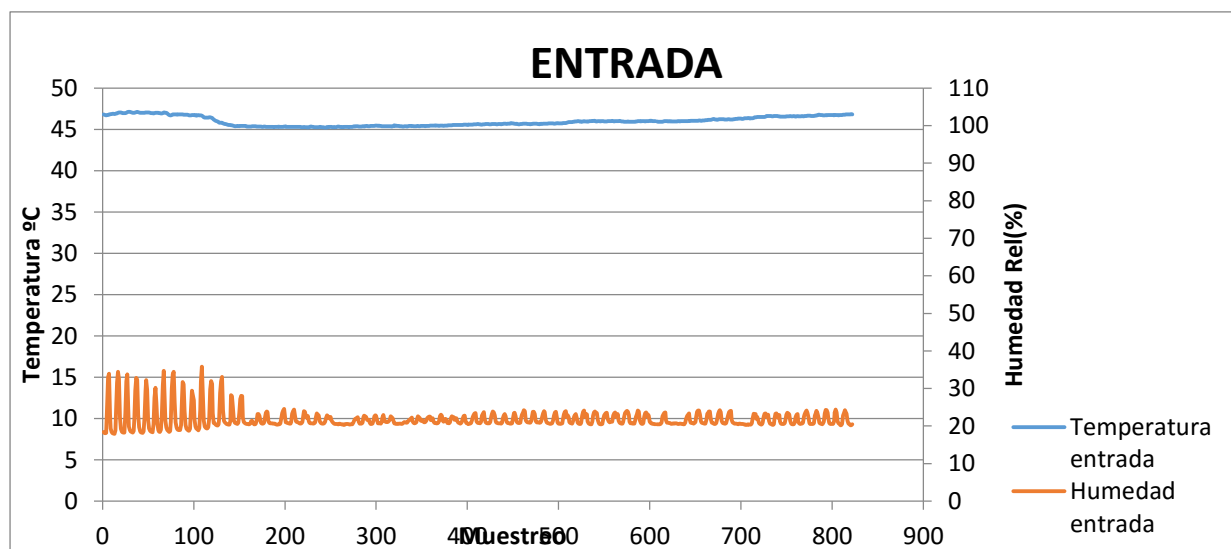


Figura A56 Evolución temporal a la entrada.

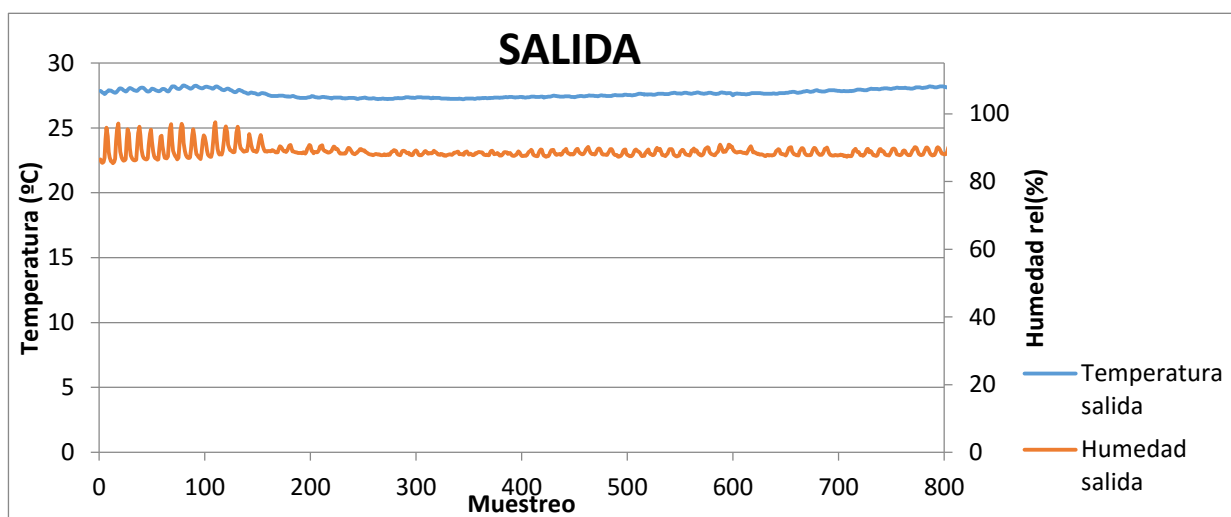


Figura A57 Evolución temporal a la salida.

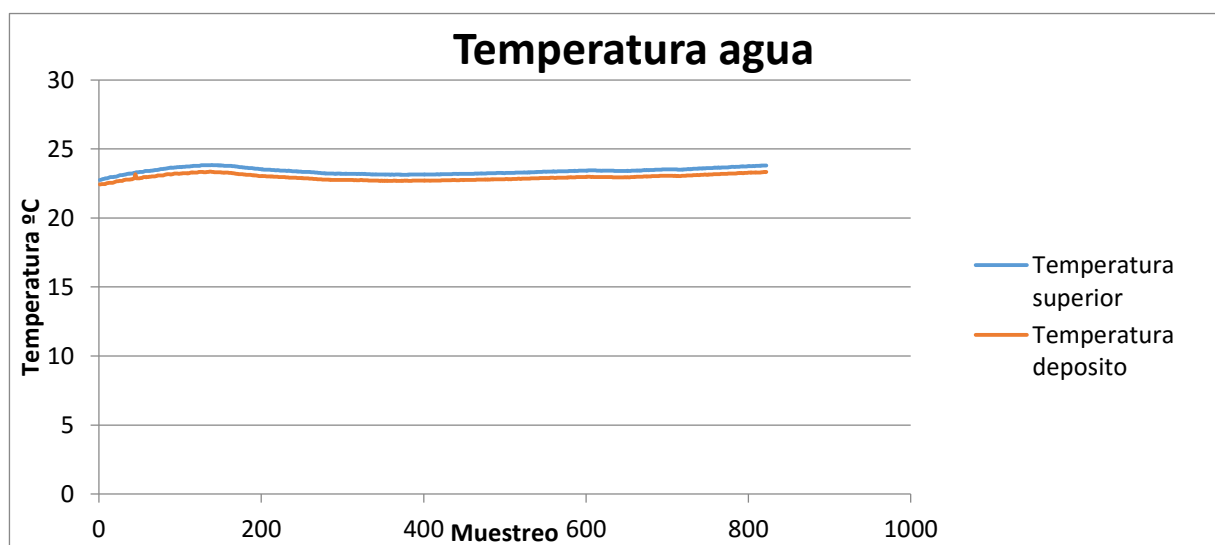


Figura A58 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -18.393 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 18.462 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.069 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.90$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.082 \frac{g}{kg}$$

Experimento 15

El experimento número 15 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
46.64	29.15	30.15	94.50	26.02

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A59):

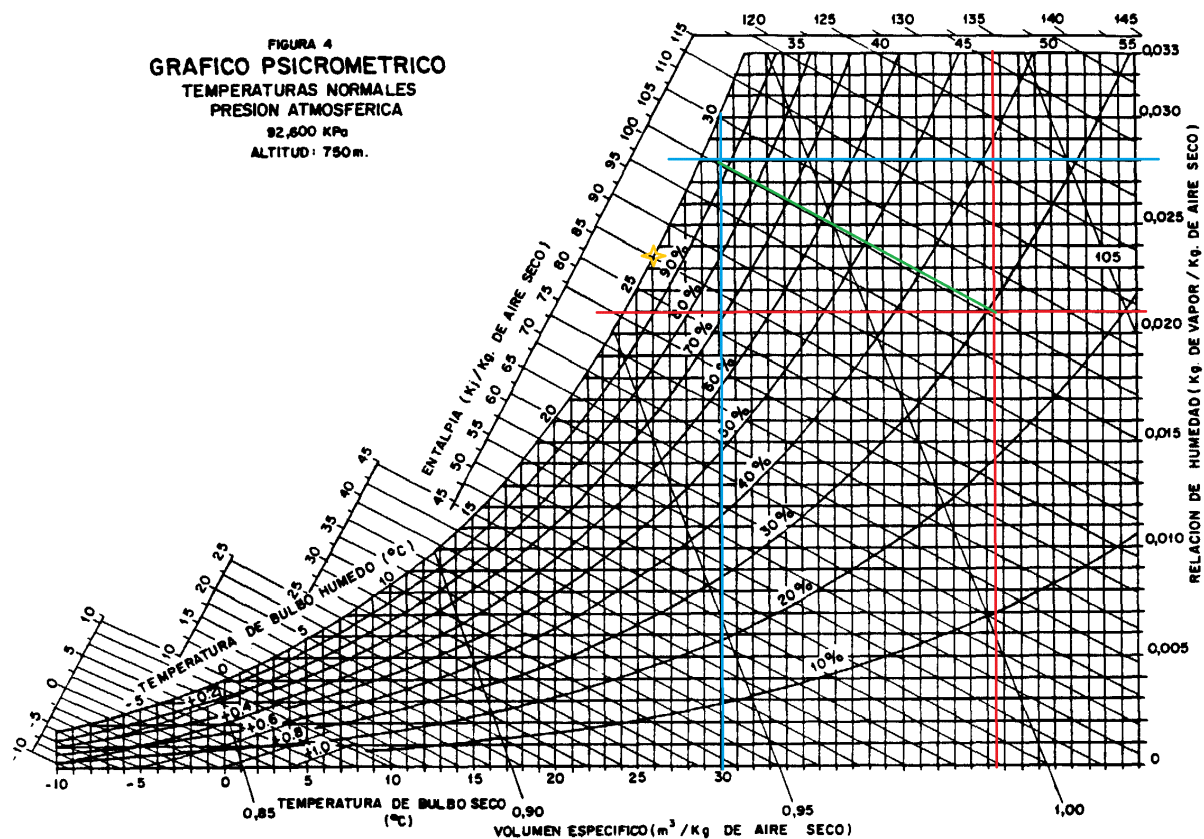


Figura A59 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 45°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A60), salida (figura A61) y del agua acumulada (figura A62) se representan a continuación:

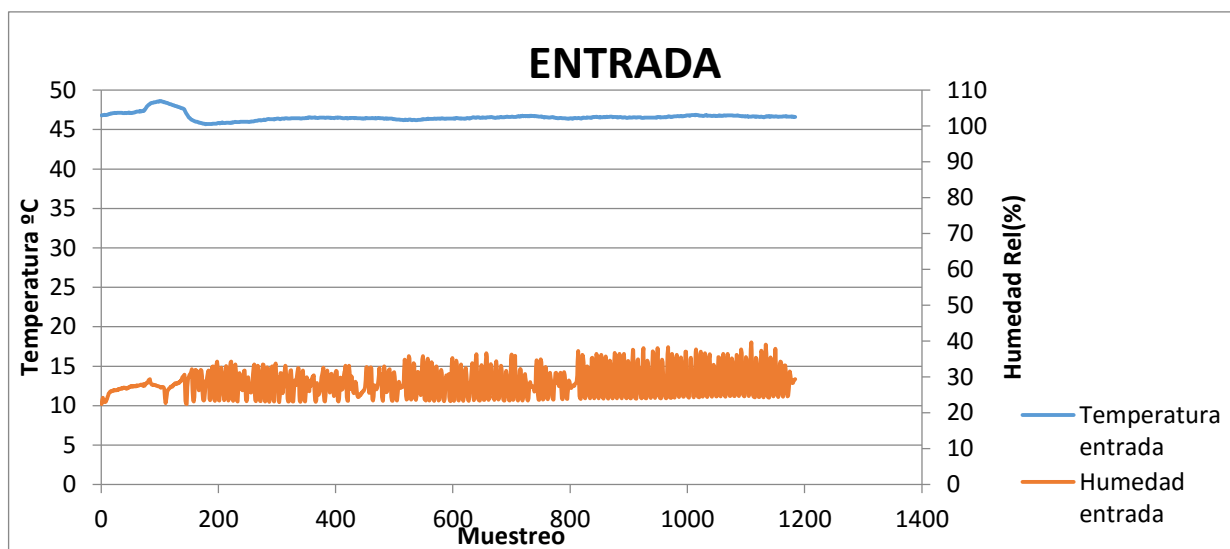


Figura A60 Evolución temporal a la entrada.

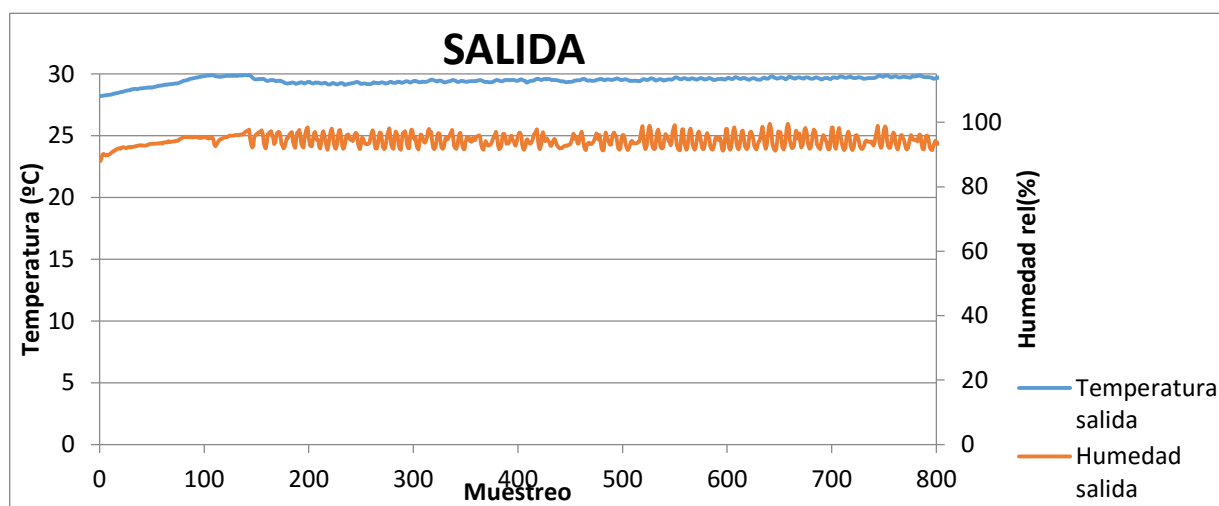


Figura A61 Evolución temporal a la salida.

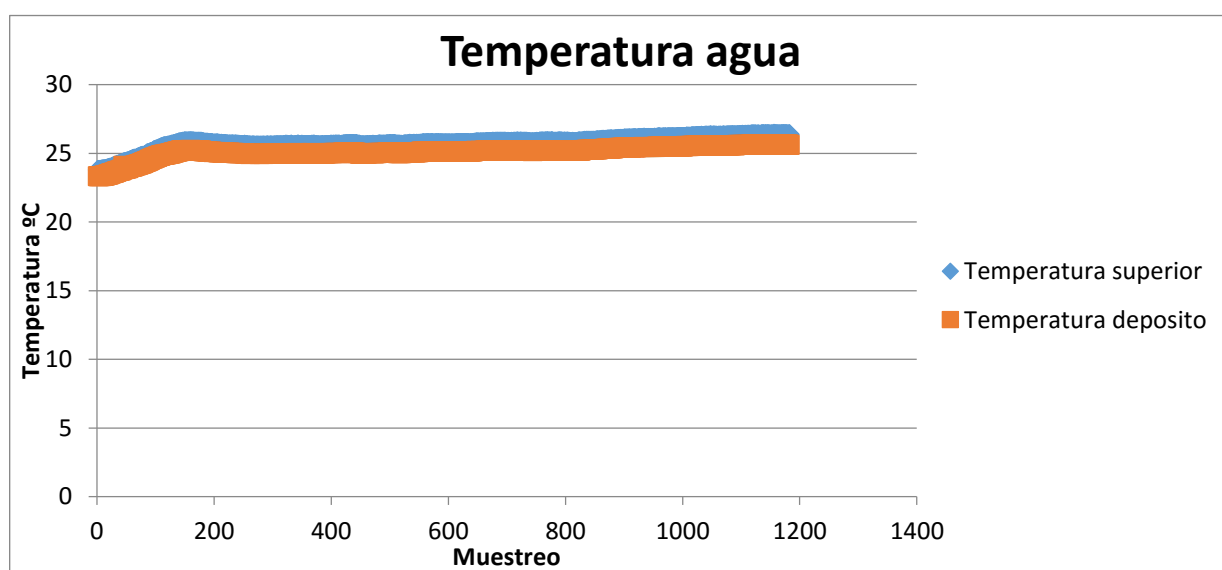


Figura A62 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -17.253 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 15.731 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.521 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.96$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.070 \frac{g}{kg}$$

Experimento 16

El experimento número 16 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
36.35	30.57	23.73	77.02	19.24

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A63):

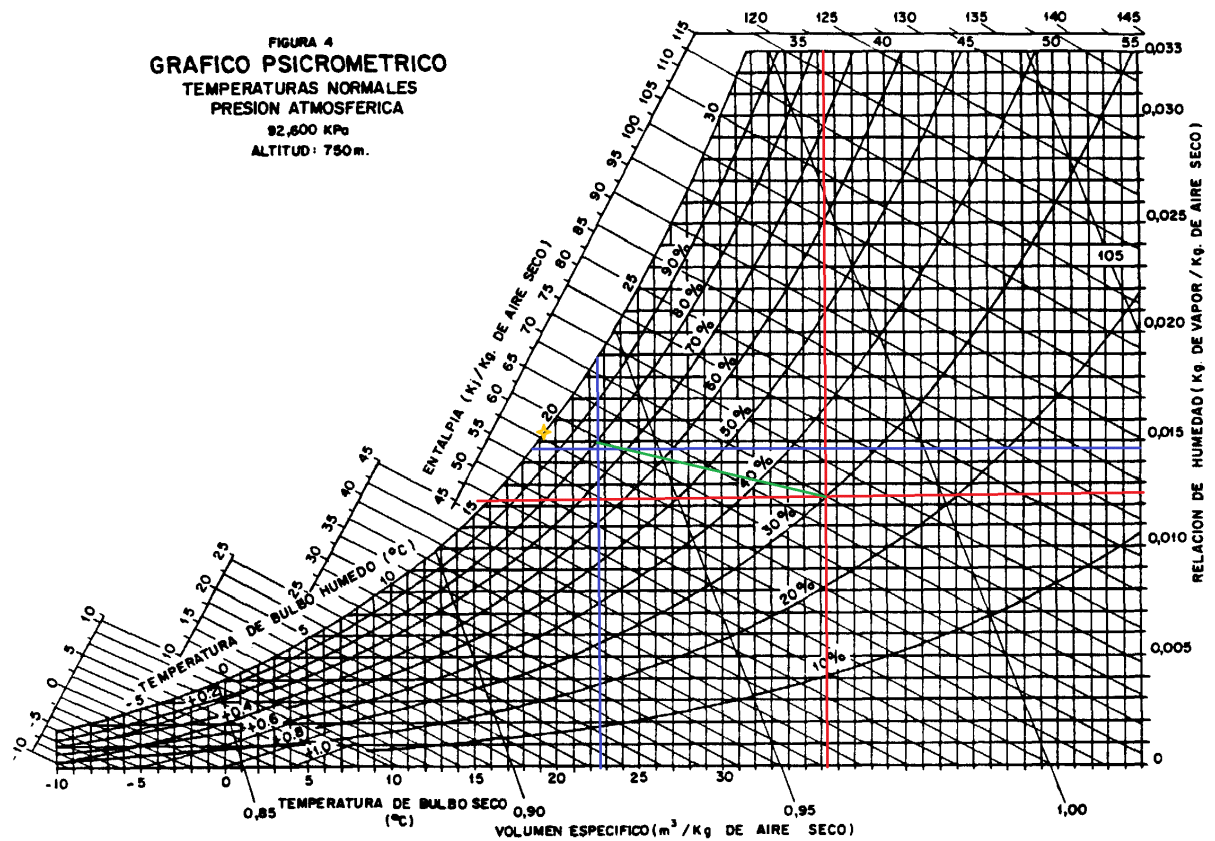


Figura A63 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 35°C Hr 30%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A64), salida (figura A65) y del agua acumulada (figura A66) se representan a continuación:

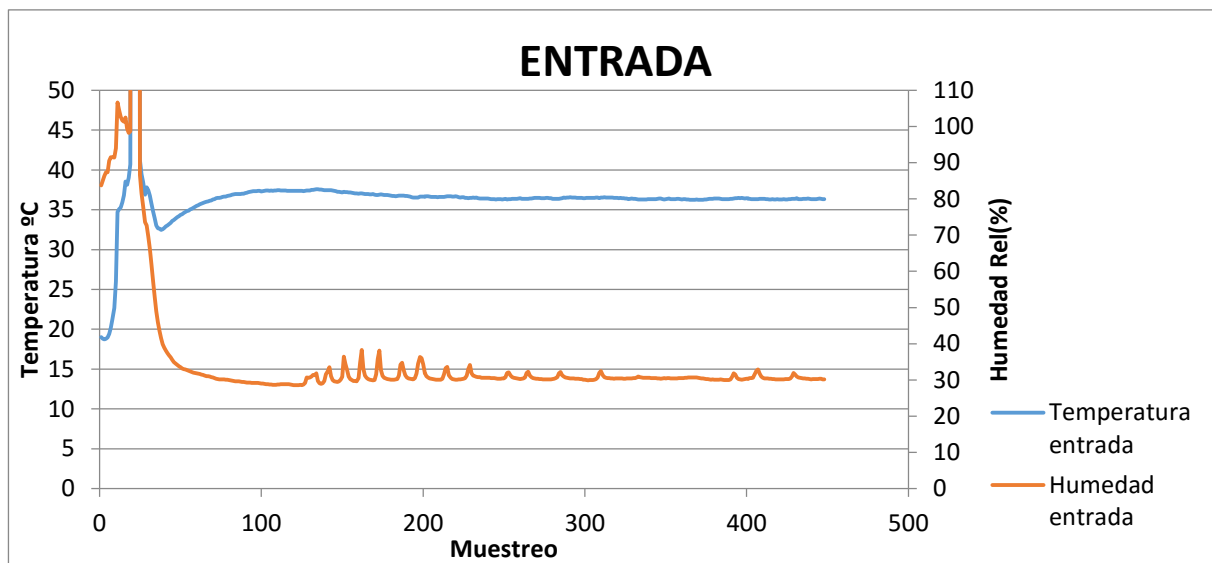


Figura A64 Evolución temporal a la entrada.

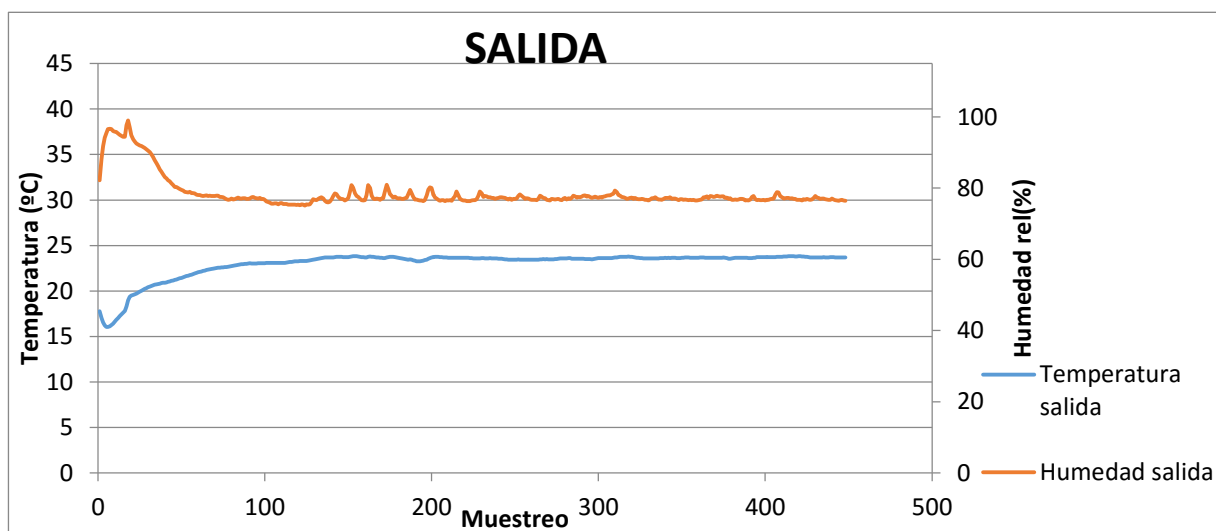


Figura A65 Evolución temporal a la salida.

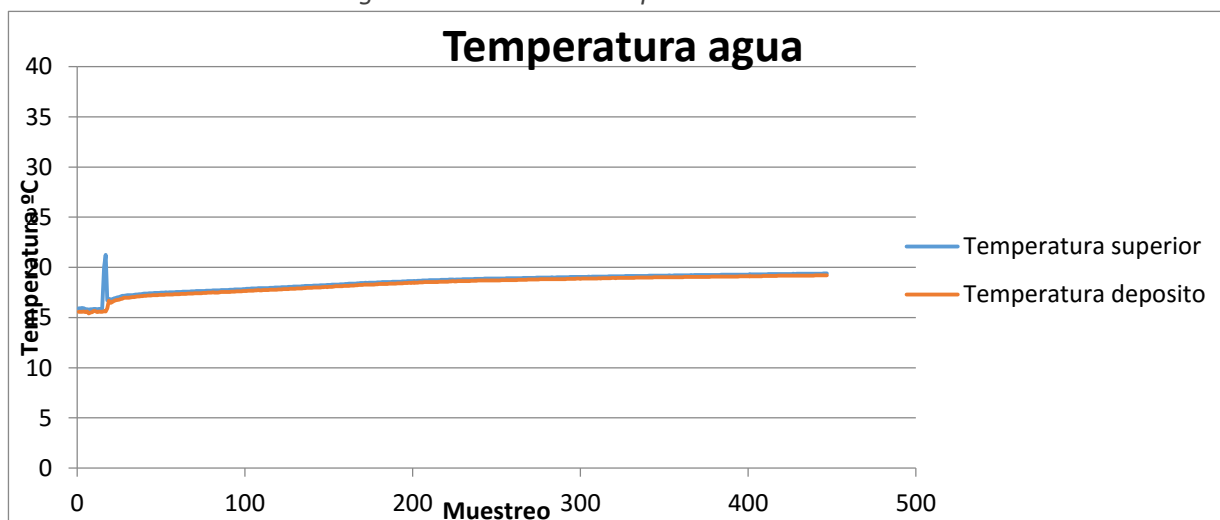


Figura A66 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{pvap} \cdot (T_s - T_e) = -13.012 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 6.5 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -6.512 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0029 \frac{g}{kg}$$

Experimento 17

El experimento número 17 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
48.52	15.41	29.26	83.10	23.48

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A67):

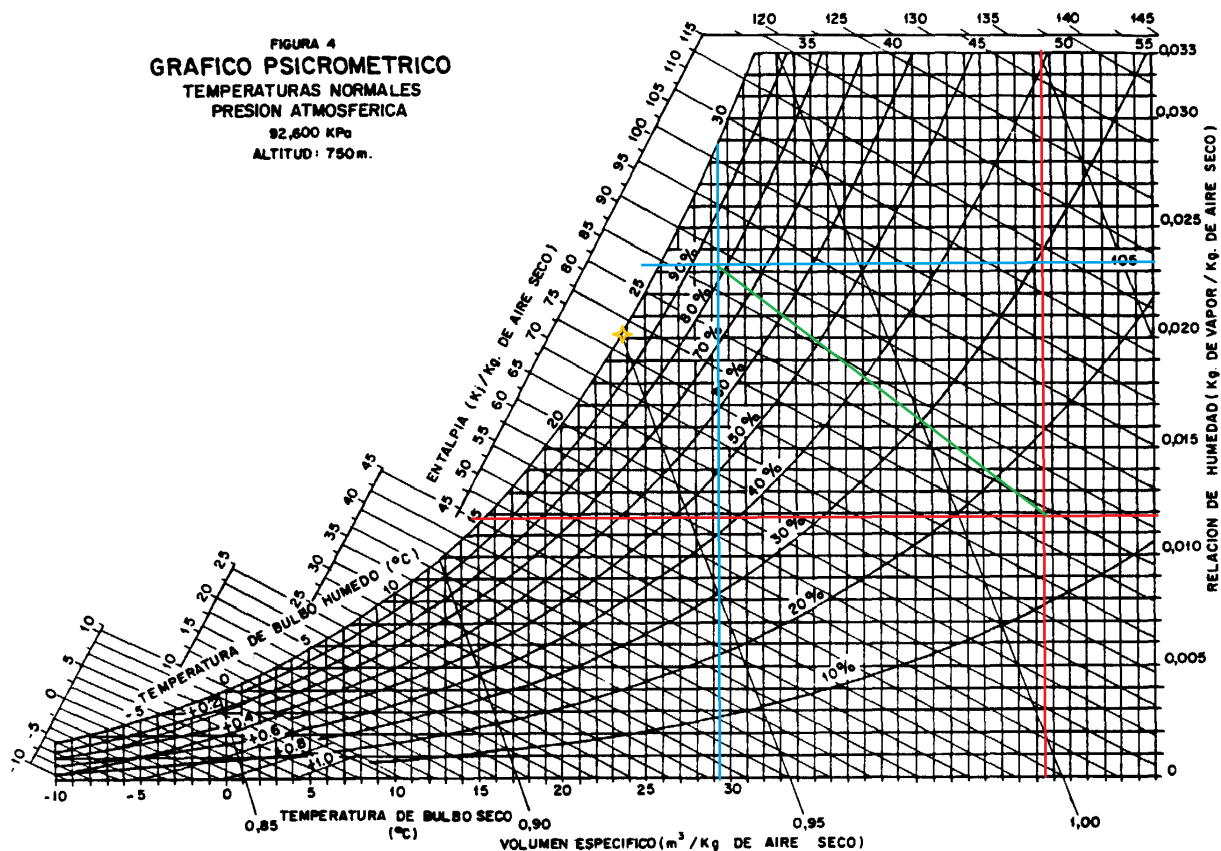


Figura A67 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 50°C Hr 18%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A68), salida (figura A69) y del agua acumulada (figura A70) se representan a continuación:

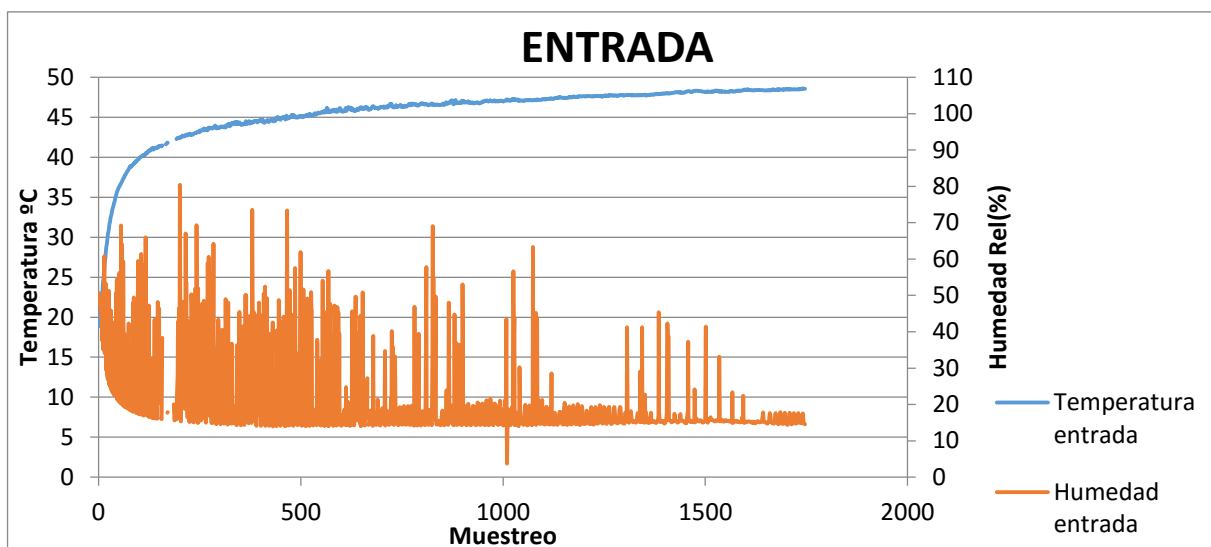


Figura A68 Evolución temporal a la entrada.

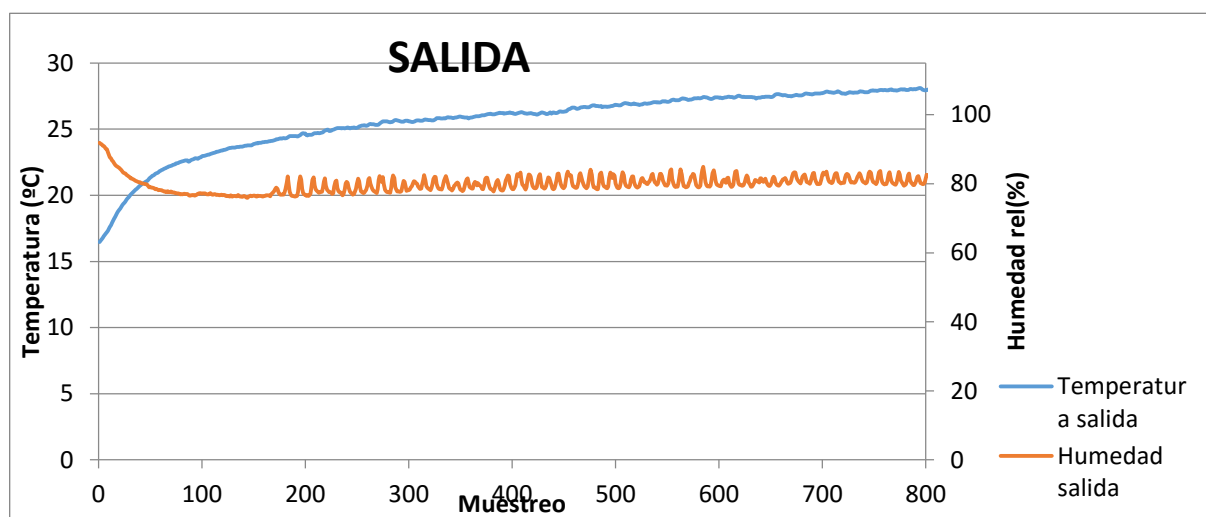


Figura A69 Evolución temporal a la salida.

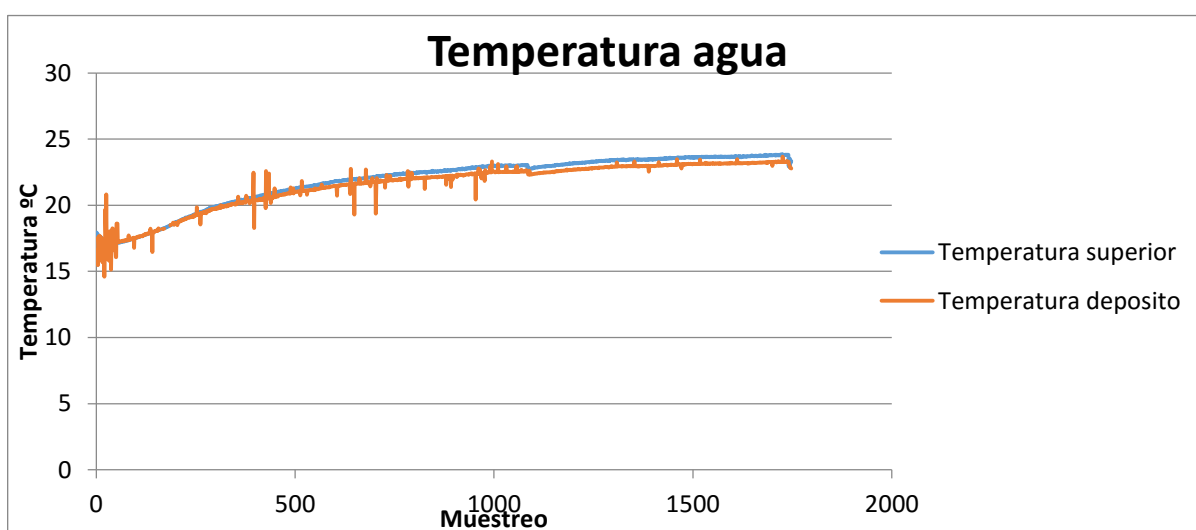


Figura A70 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -19.840 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 25.075 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 5.235 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.83$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0111 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si se tiene en cuenta el error del 5% de las sondas de humedad.

Experimento 18

El experimento número 18 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $3.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
50.15	22.34	31.98	93.41	26.69

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A71):

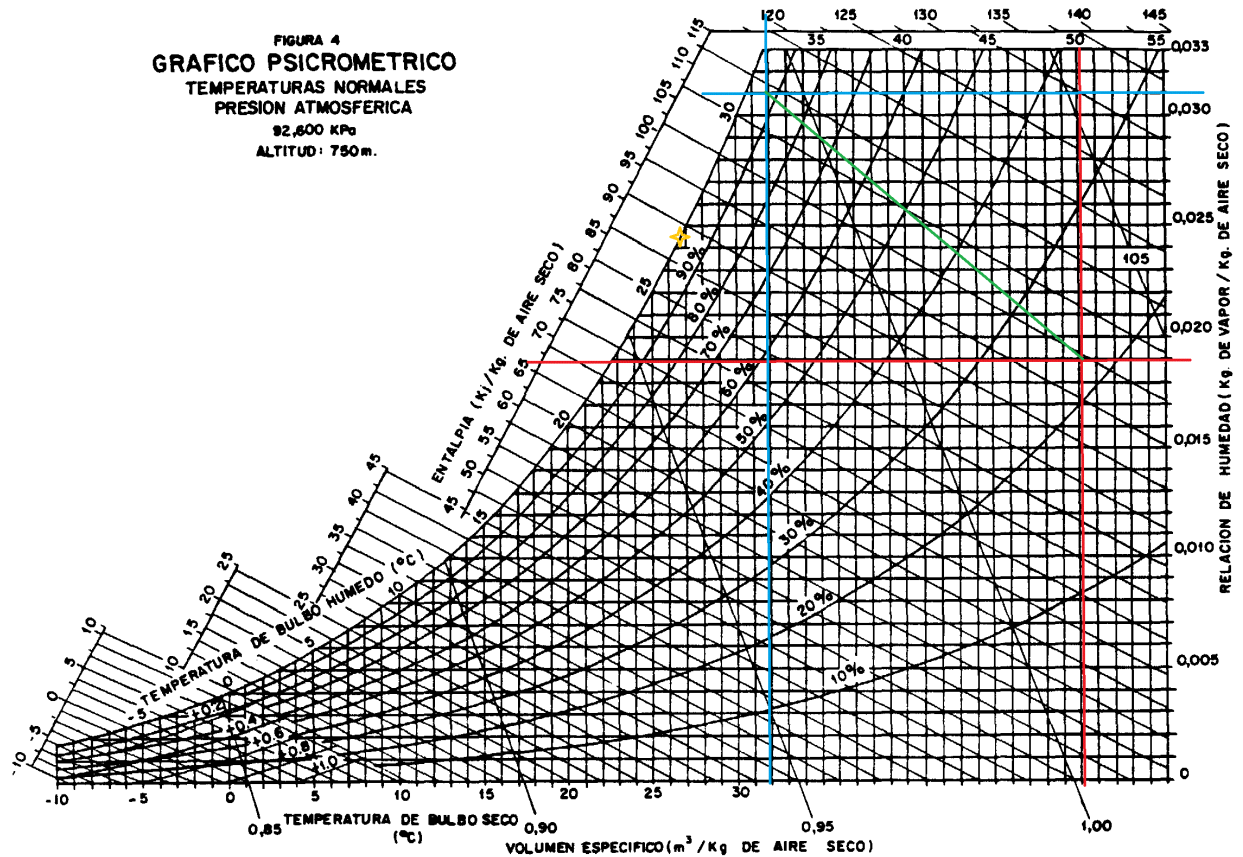


Figura A71 Diagrama psicrométrico Q $3.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 50°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A72), salida (figura A73) y del agua acumulada (figura A74) se representan a continuación:

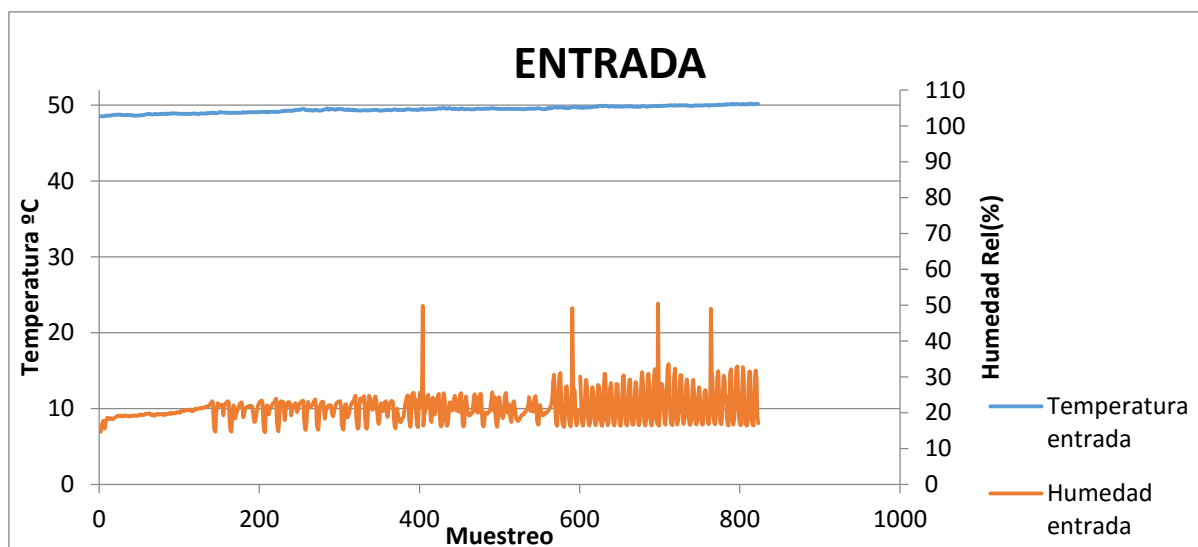


Figura A72 Evolución temporal a la entrada.

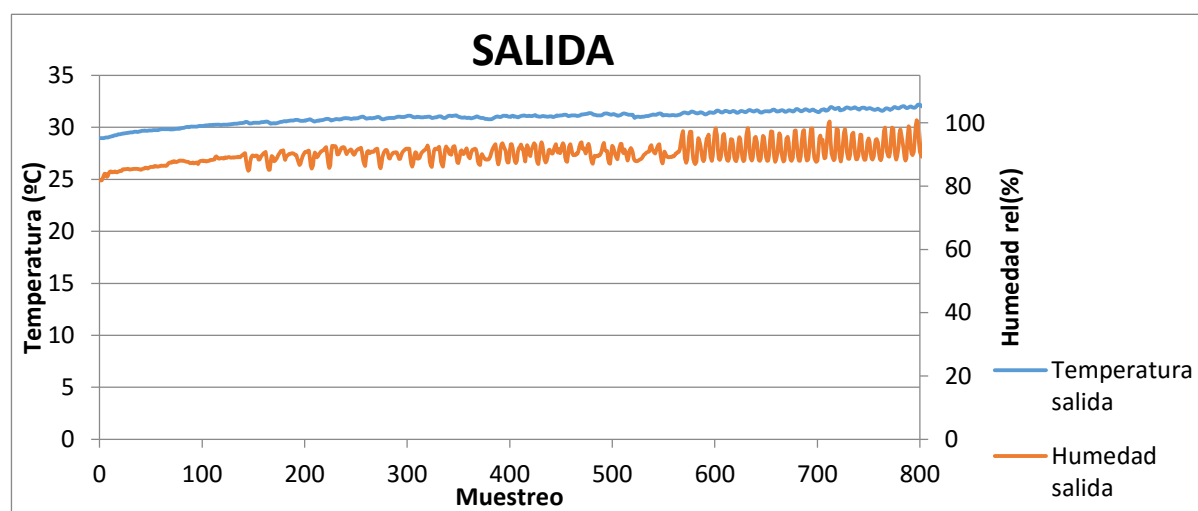


Figura A73 Evolución temporal a la salida.

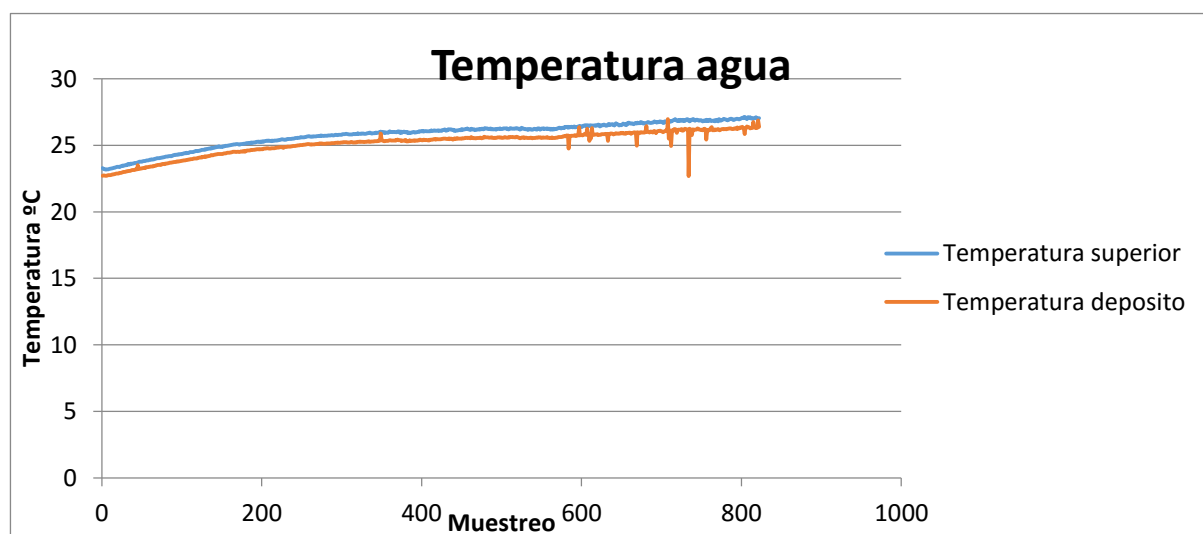


Figura A74 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -18.950 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 26.023 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 7.073 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.87$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0115 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si se tiene en cuenta el error del 5% de las sondas de humedad.

Experimento 19

El experimento número 19 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
35.95	31.56	25.93	70.46	19.72

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A75):

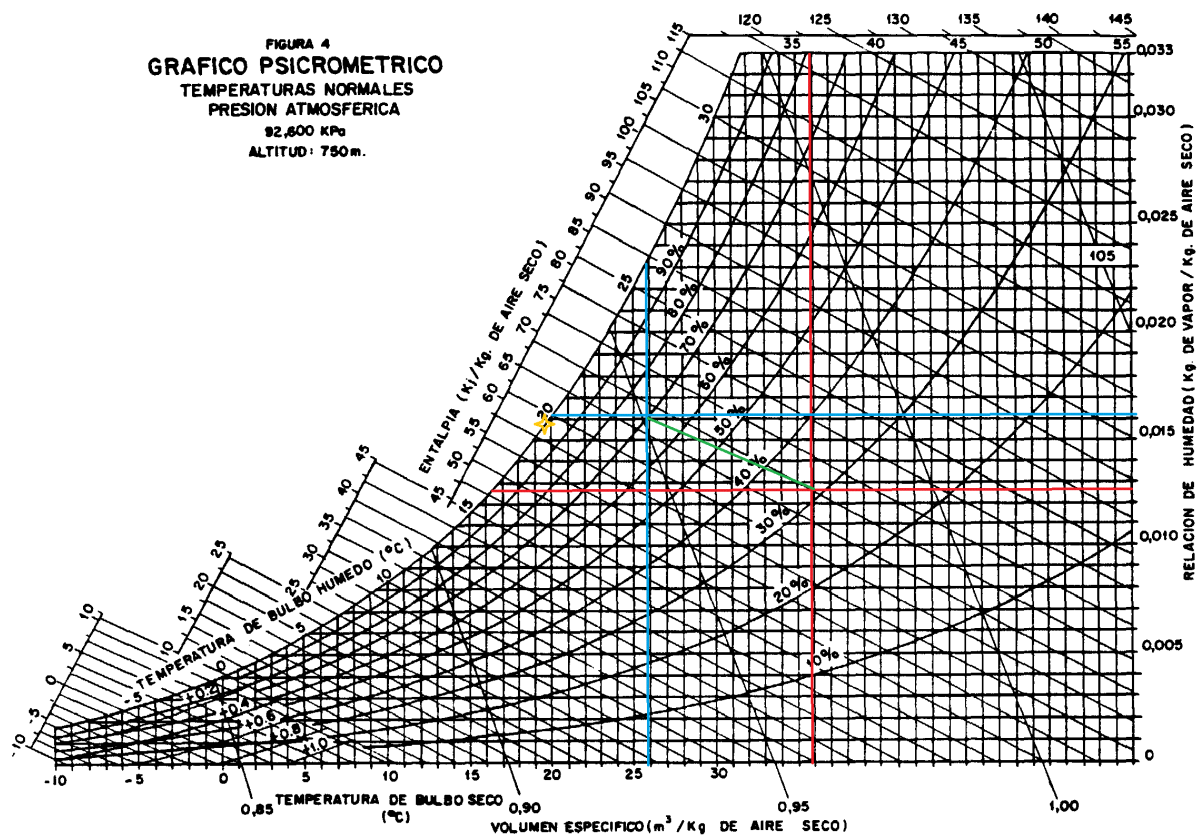


Figura A75 Diagrama psicrométrico $Q\ 7.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 35^\circ\text{C}$ $H_r\ 30\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A76), salida (figura A77) y del agua acumulada (figura A78) se representan a continuación:

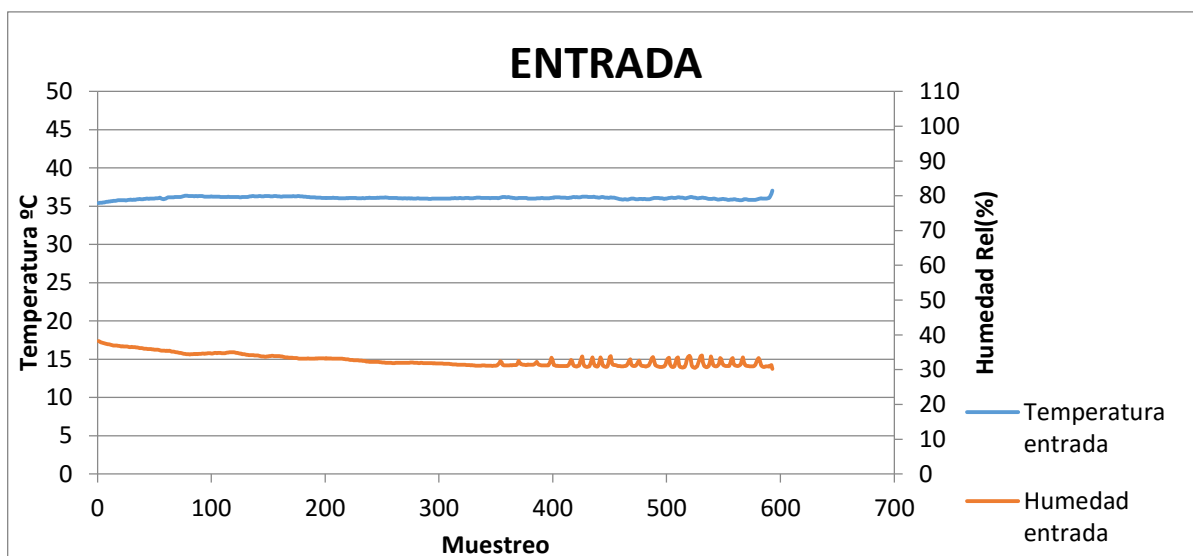


Figura A76 Evolución temporal a la entrada.

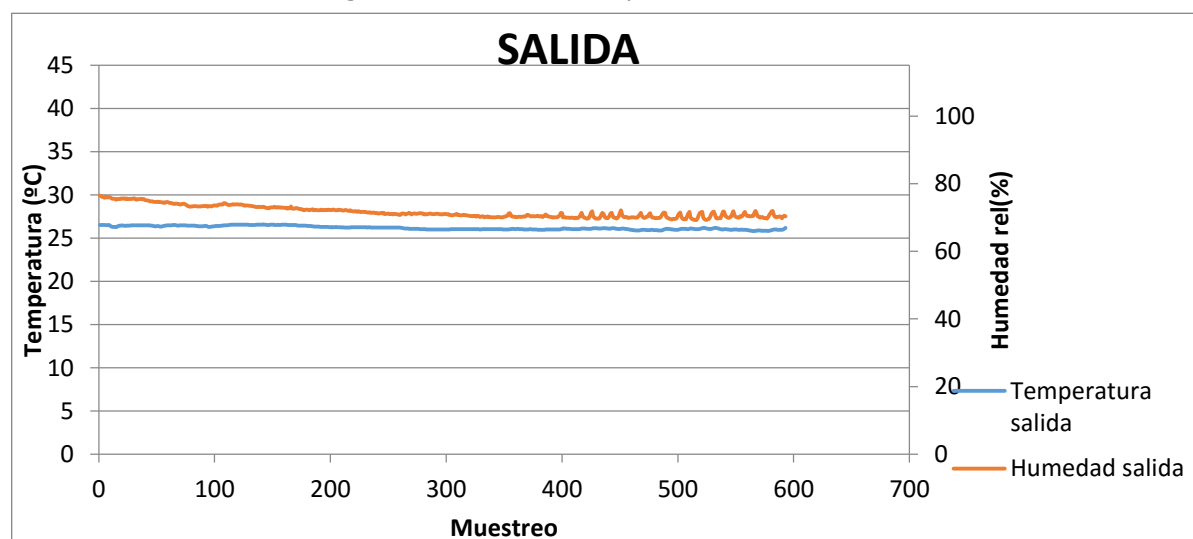


Figura A77 Evolución temporal a la salida.

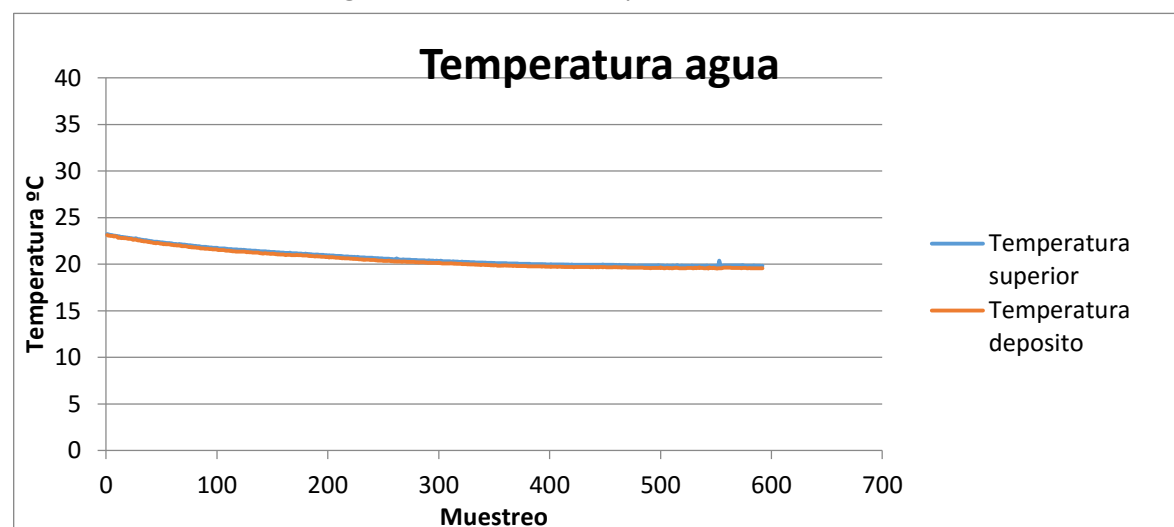


Figura A78 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -10.334 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.651 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -2.683 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.74$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0021 \frac{g}{kg}$$

Experimento 20

El experimento número 20 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
41.42	47.36	30.74	92.10	25.91

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A79):

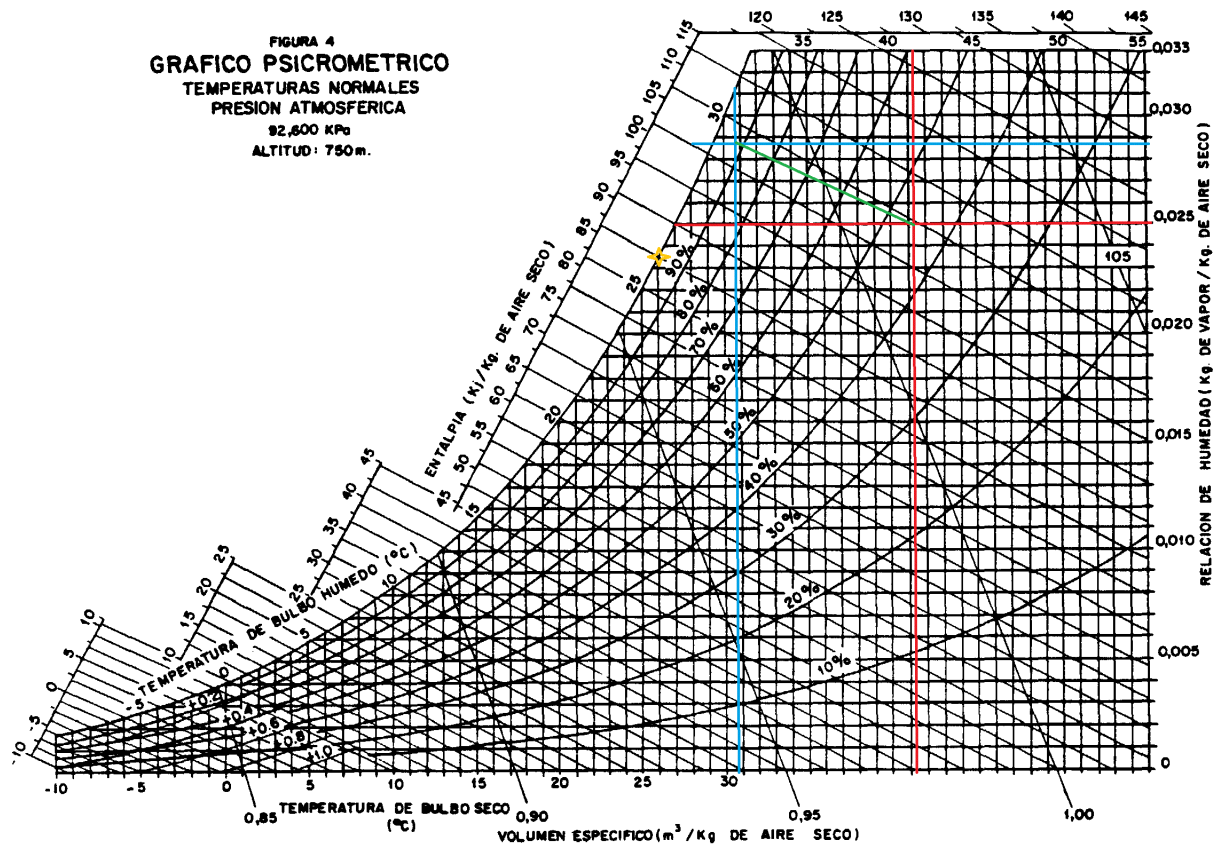


Figura A79 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 40%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A80), salida (figura A81) y del agua acumulada (figura A82) se representan a continuación:

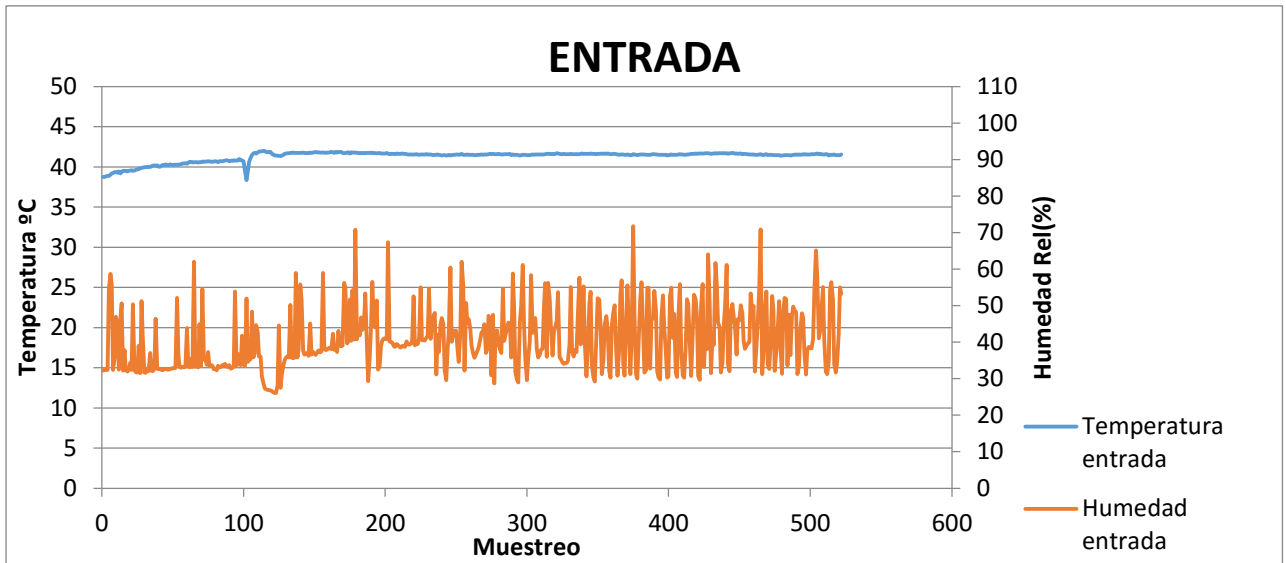


Figura A80 Evolución temporal a la entrada.

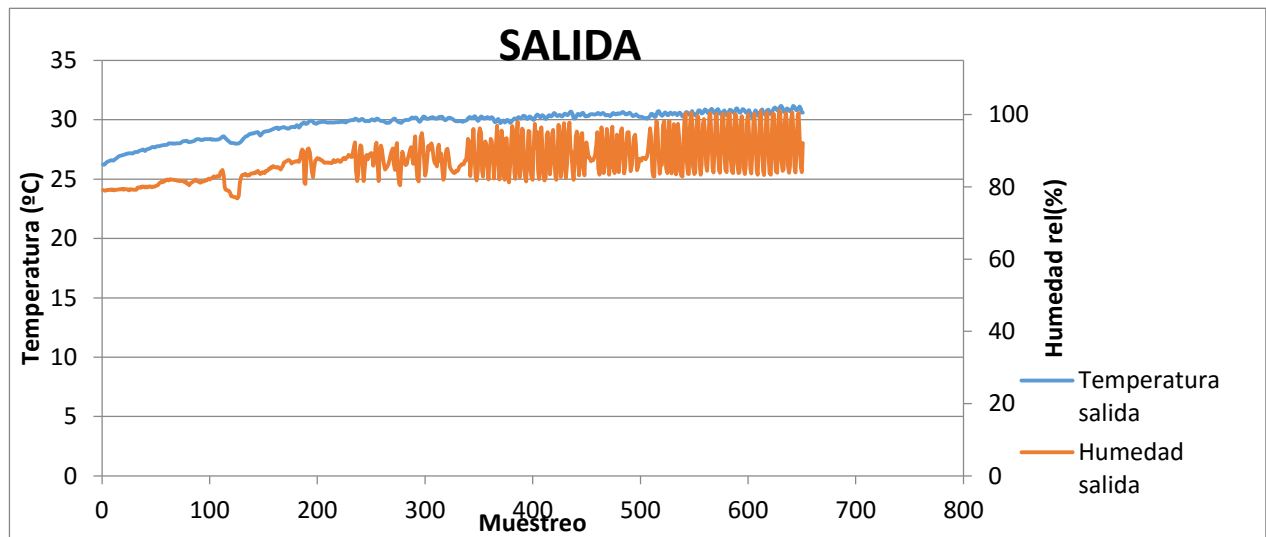


Figura A81 Evolución temporal a la salida.

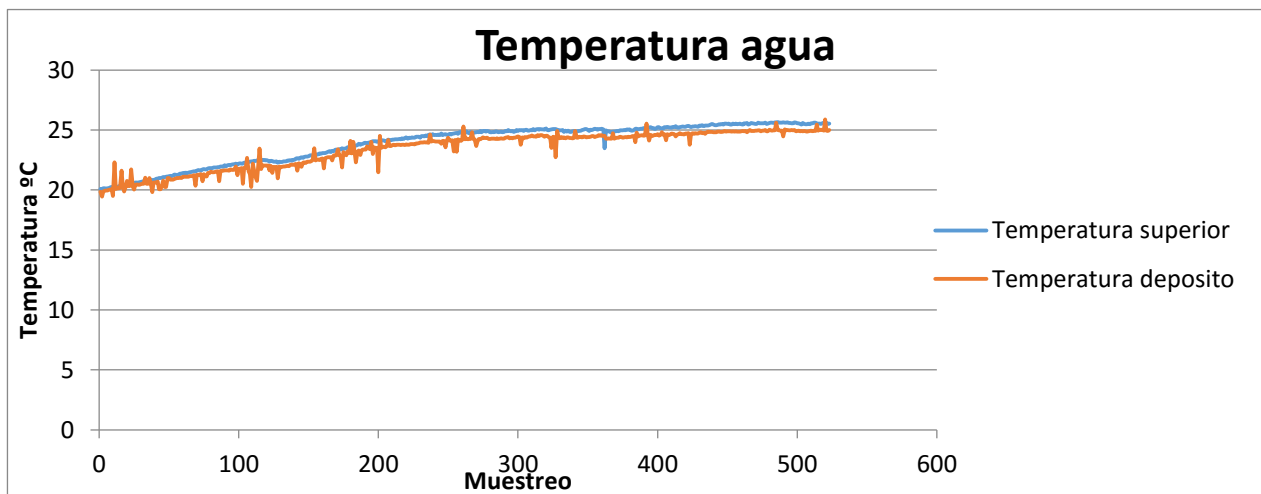


Figura A82 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -11.273 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 4.830 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -6.443 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No podemos considerar adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0021 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático pues hay mucha diferencia relativa entre entalpías.

Experimento 21

El experimento número 21 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
35.73	45.30	26.30	89.69	22.13

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A83):

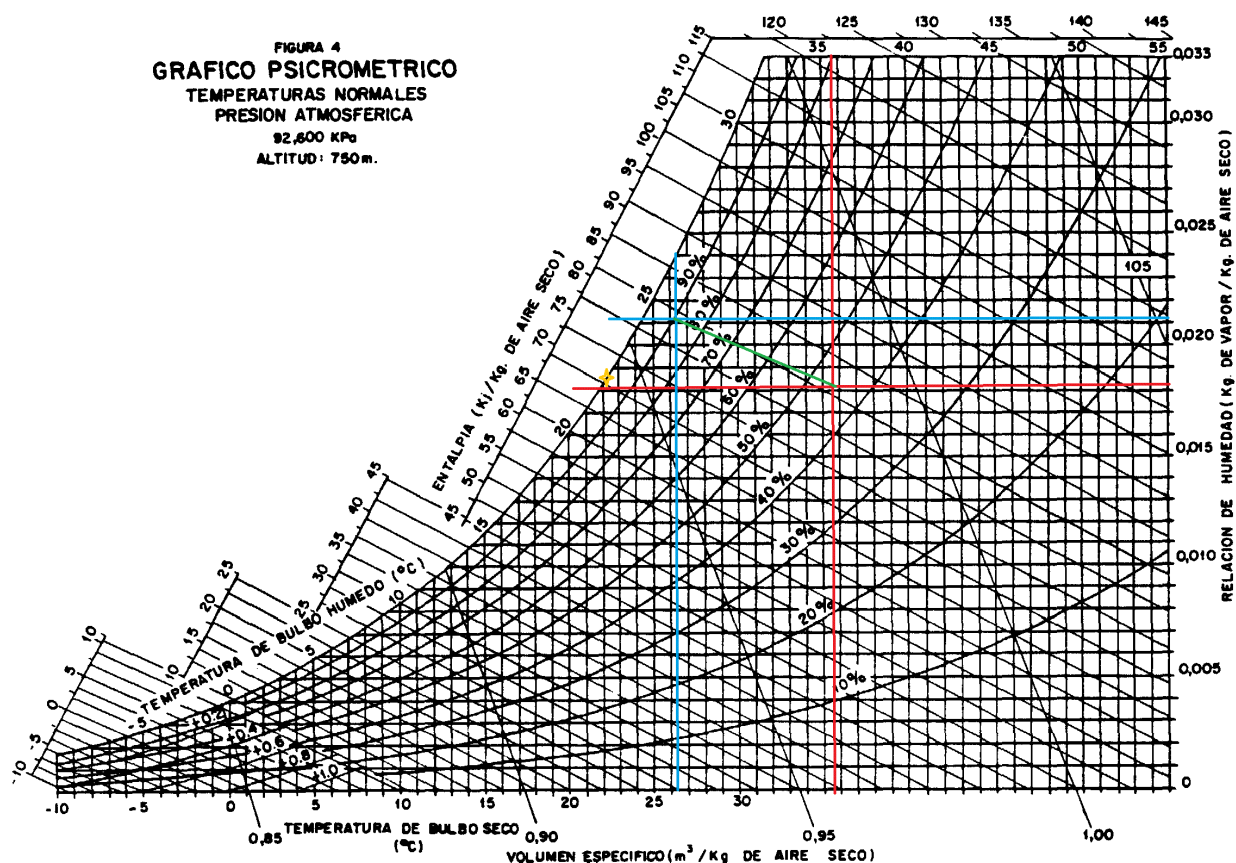


Figura A83 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 35°C Hr 40%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A84), salida (figura A85) y del agua acumulada (figura A86) se representan a continuación:

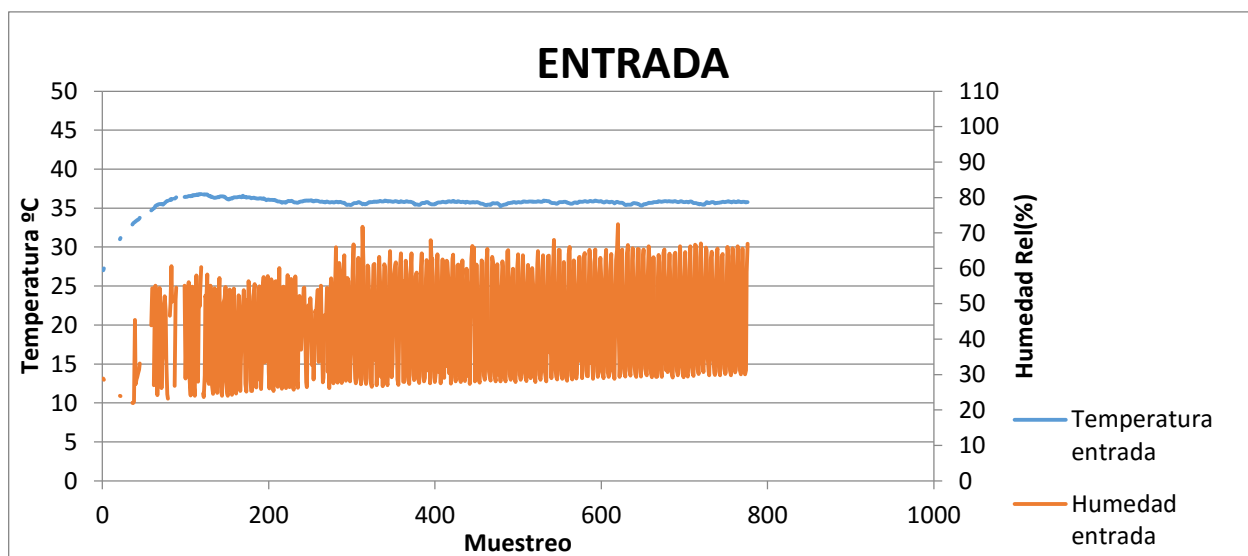


Figura A84 Evolución temporal a la entrada.

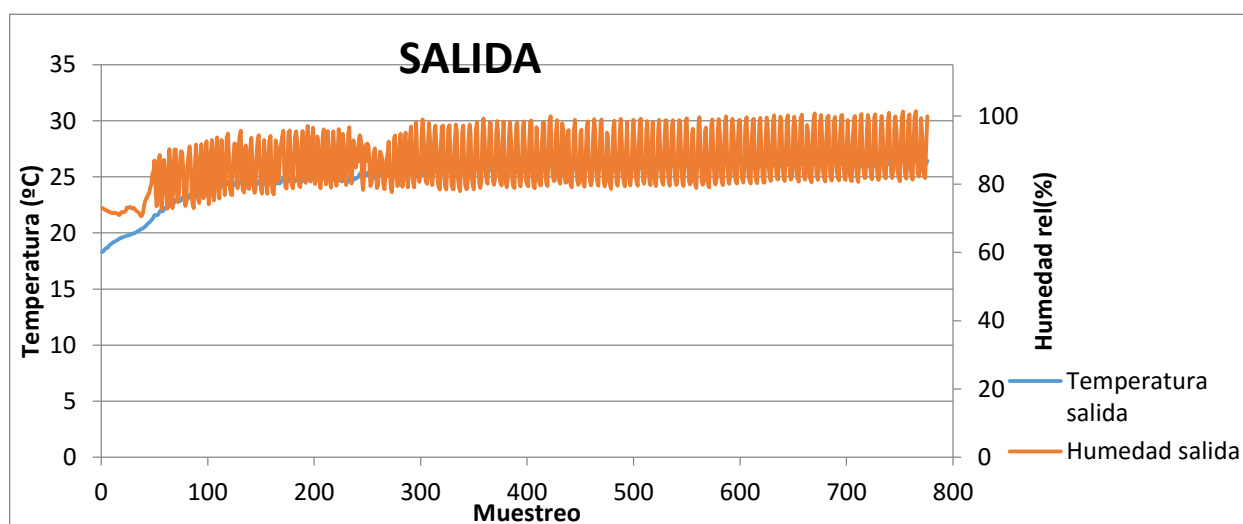


Figura A85 Evolución temporal a la salida.

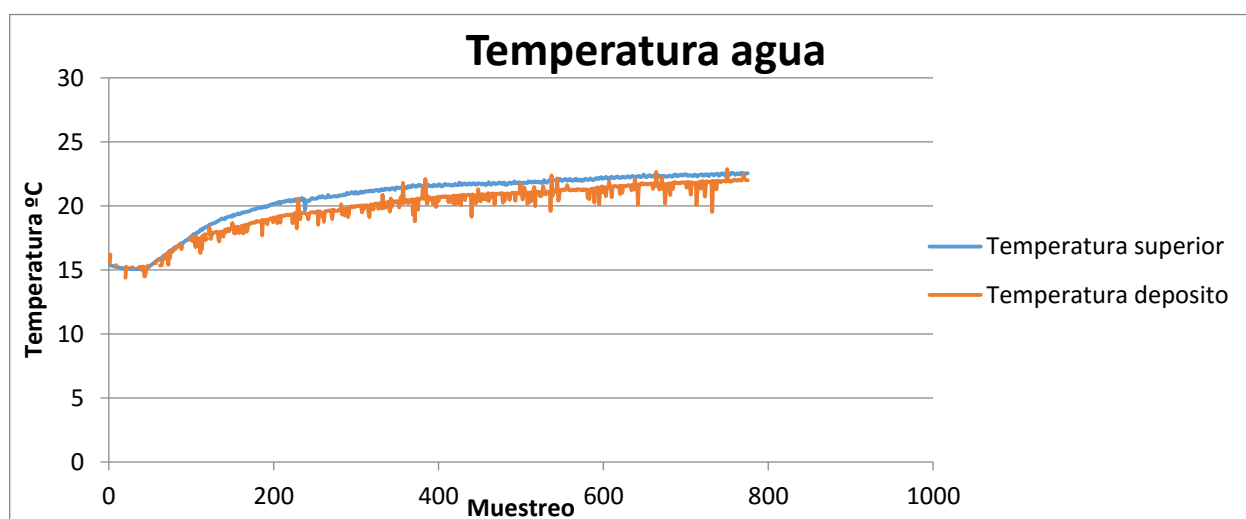


Figura A86 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -9.819 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 6.478 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -3.342 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.93$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0029 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si tenemos en cuenta la desviación de las sondas de humedad del 5%.

Experimento 22

El experimento número 22 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.41	43.92	22.15	87.59	19.26

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A87):

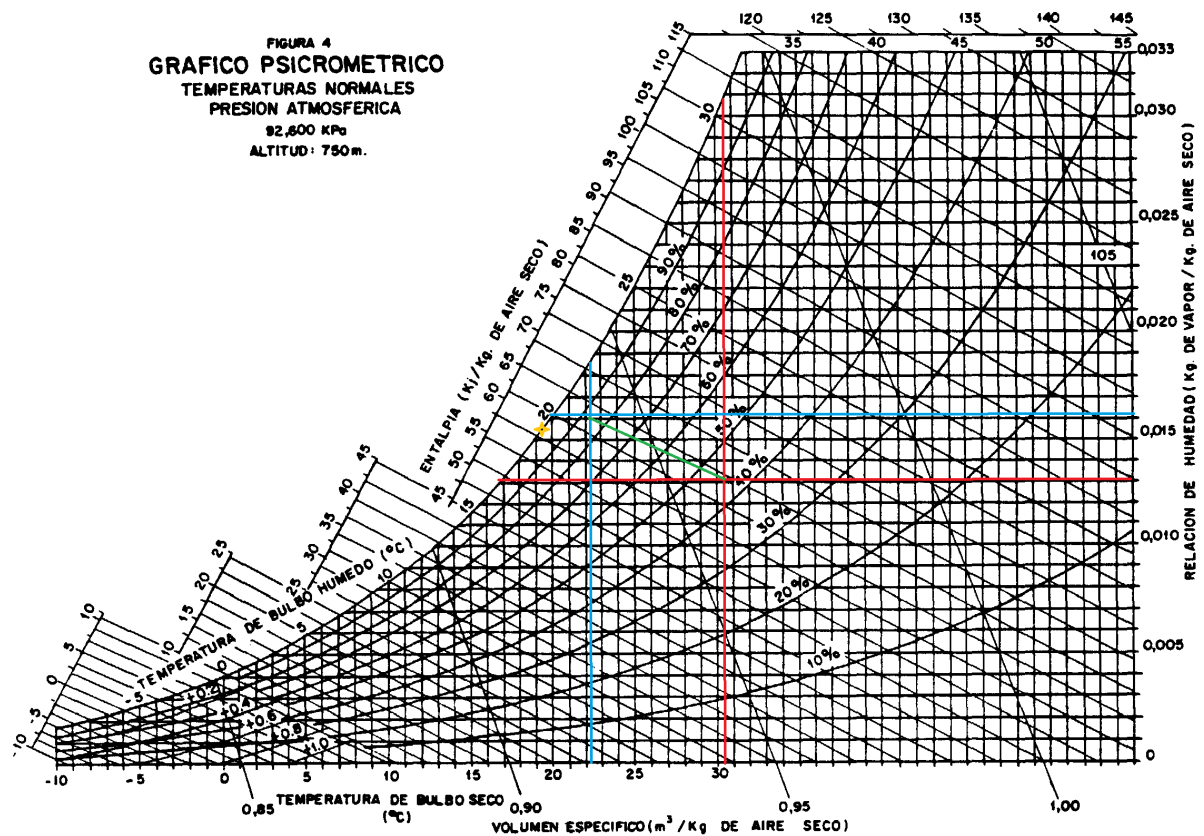


Figura A87 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 40%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A88), salida (figura A89) y del agua acumulada (figura A90) se representan a continuación:

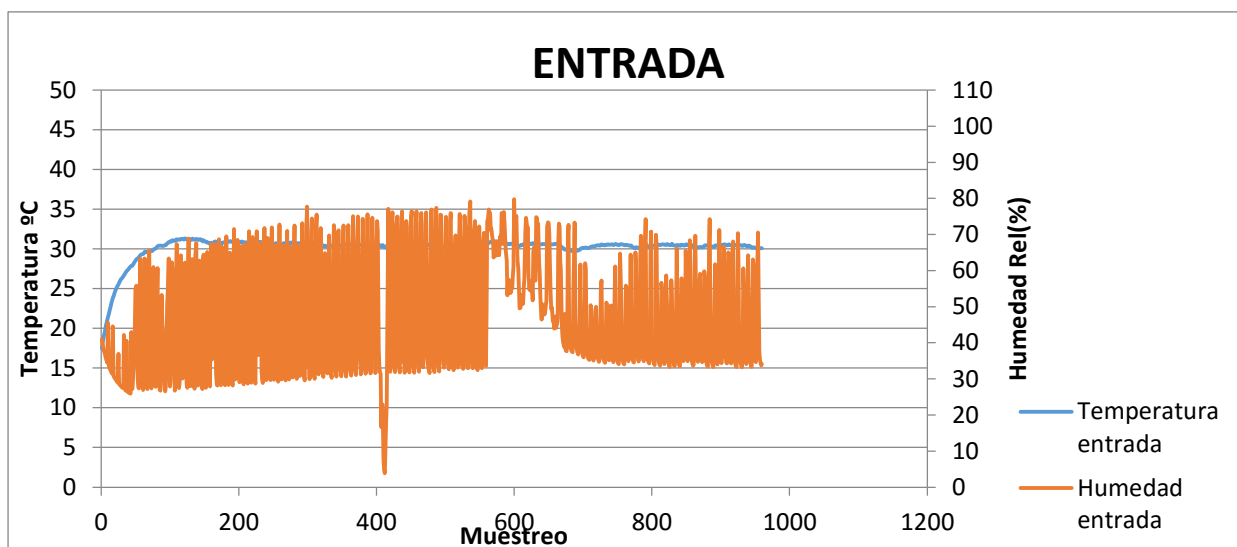


Figura A88 Evolución temporal a la entrada.

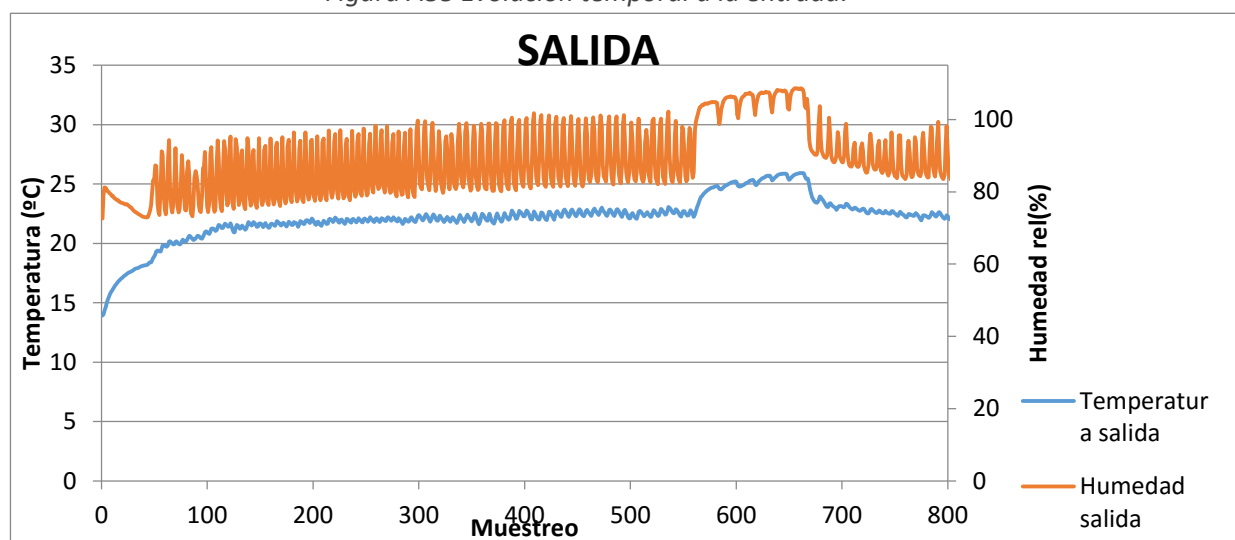


Figura A89 Evolución temporal a la salida.

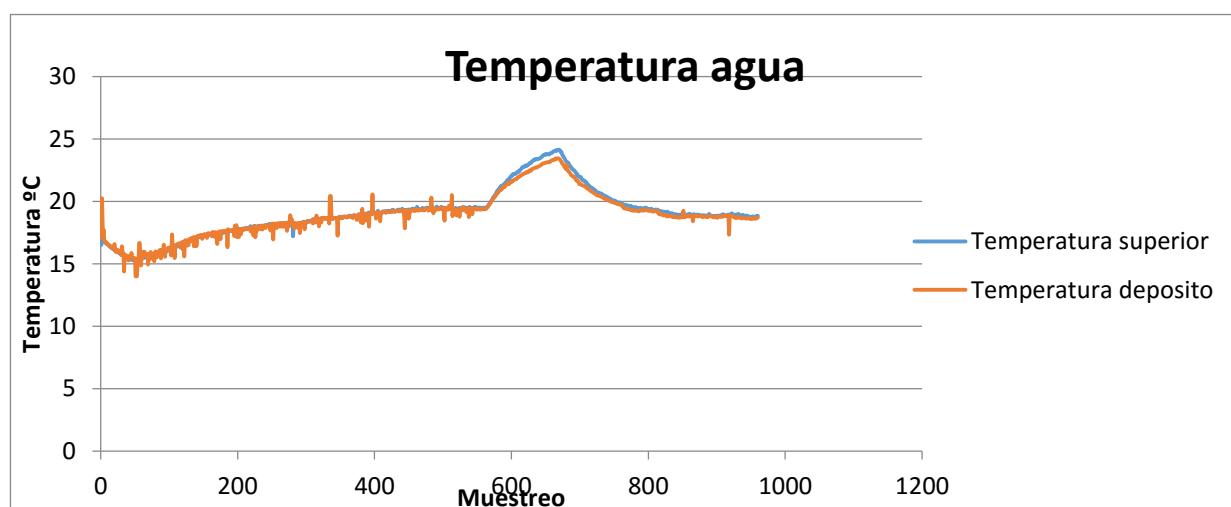


Figura A90 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -8.523 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 6.636 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.888 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.88$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0029 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si tenemos en cuenta la desviación de las sondas de humedad del 5%. En el experimento ha habido una zona inestable debido a que una bomba se ha quemado. Por ello esta zona no se trata en la experimentación teniendo menos datos de entrada que en otras ocasiones.

Experimento 23

El experimento número 23 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 90% (hubo un error y es 60%)

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.21	92.65	23.13	100	21.28

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A91):

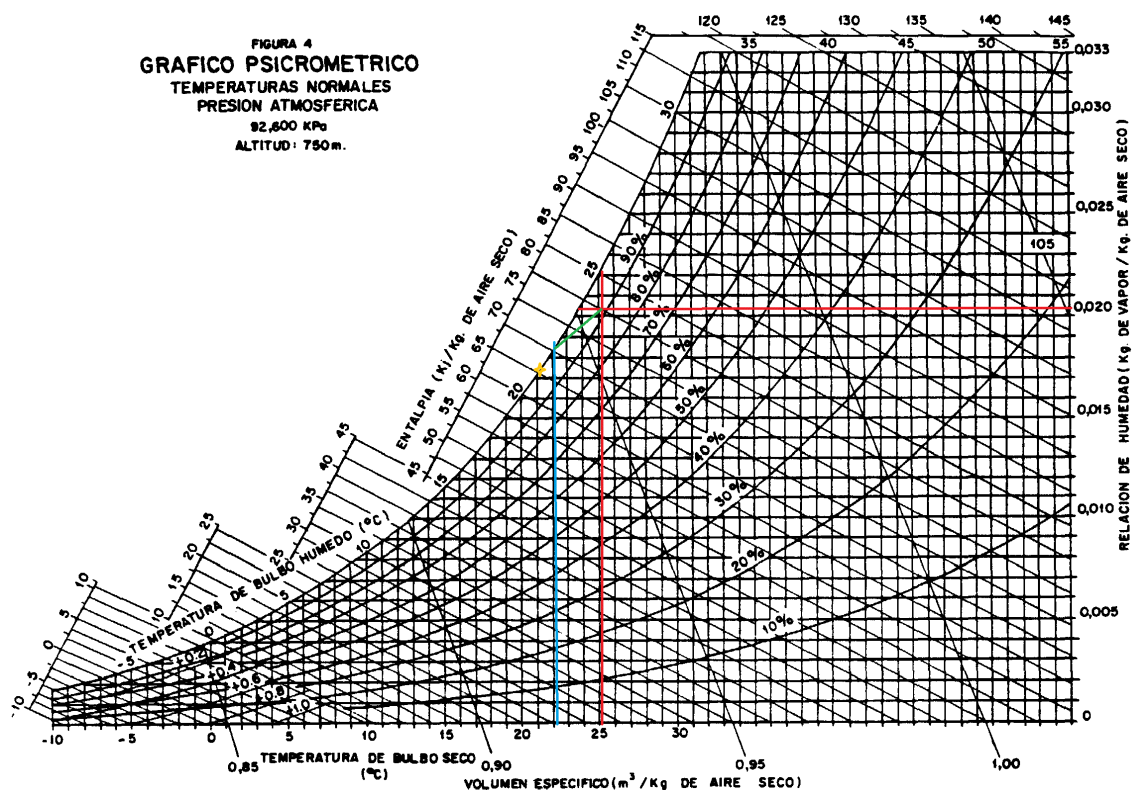


Figura A91 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 25°C Hr 60%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A92), salida (figura A93) y del agua acumulada (figura A94) se representan a continuación:

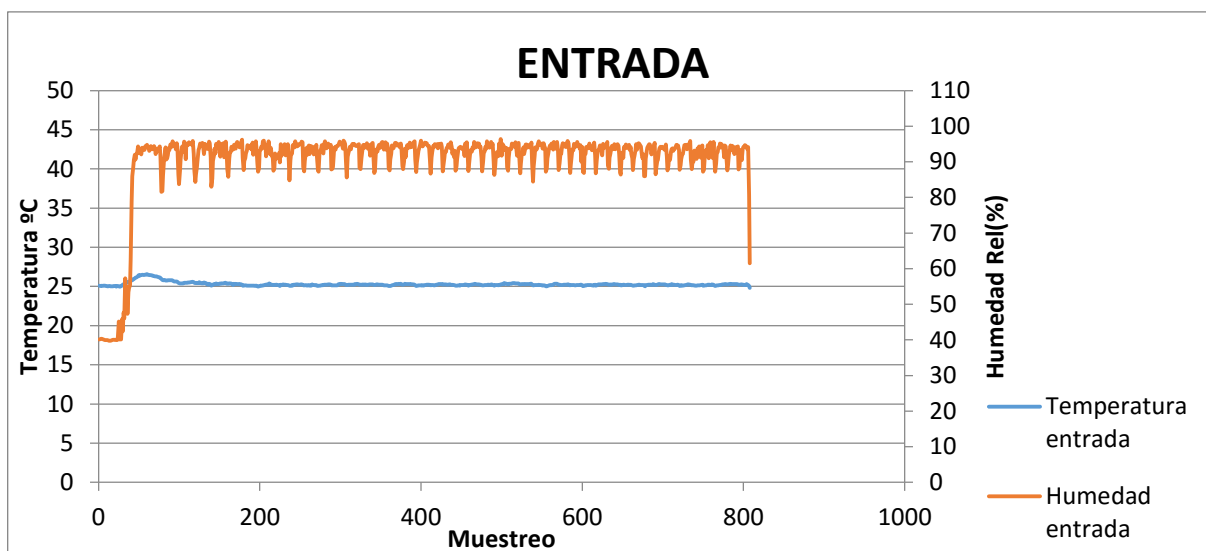


Figura A92 Evolución temporal a la entrada.

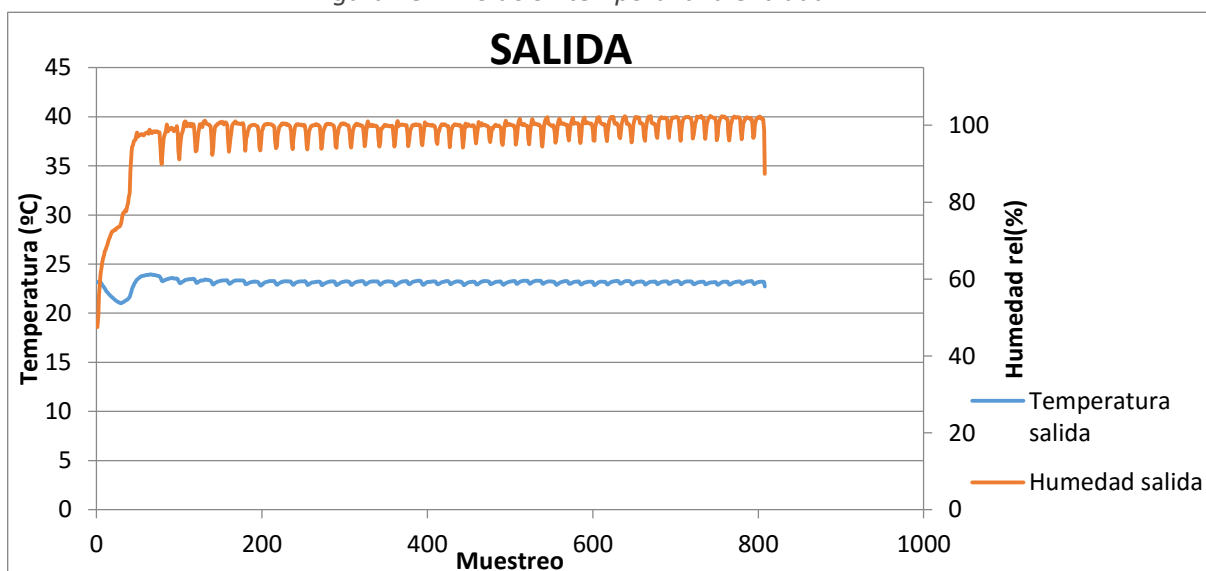


Figura A93 Evolución temporal a la salida.

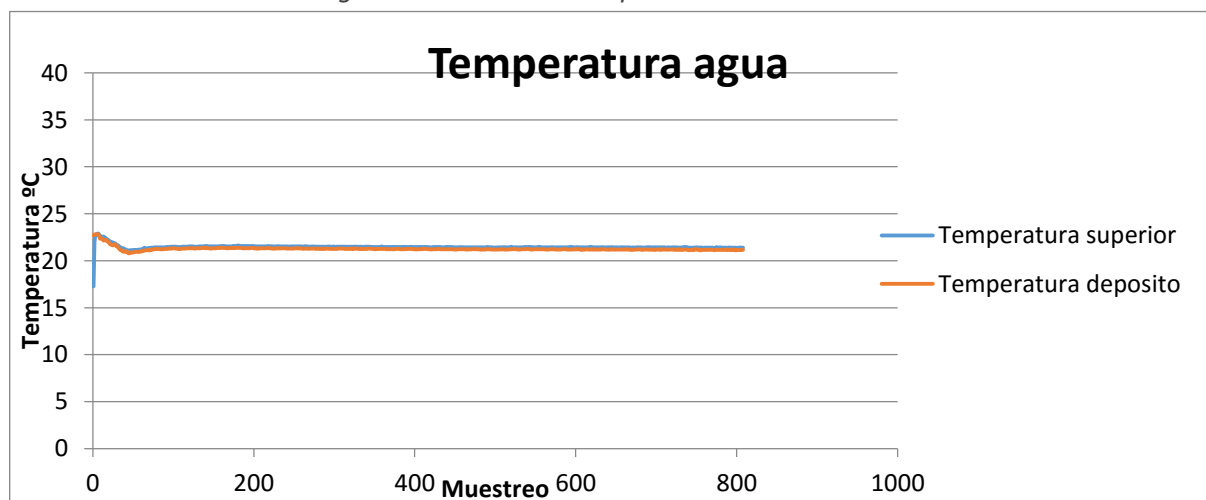


Figura A94 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -2.174 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -2.189 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -4.364 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se tiene una evolución adiabática

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.001 \frac{g}{kg}$$

Experimento 24

El experimento número 24 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
45.92	16.94	29.47	71.66	21.40

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A95):

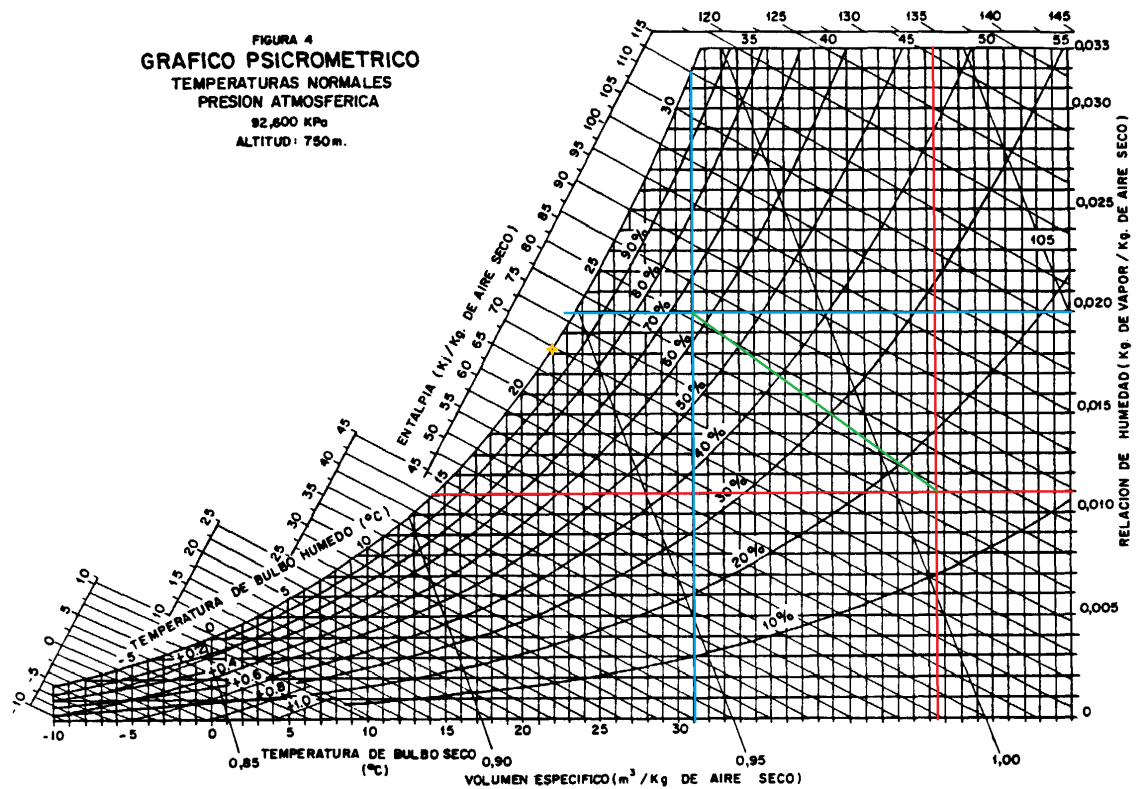


Figura A95 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 45°C Hr 18%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A96), salida (figura A97) y del agua acumulada (figura A98) se representan a continuación:

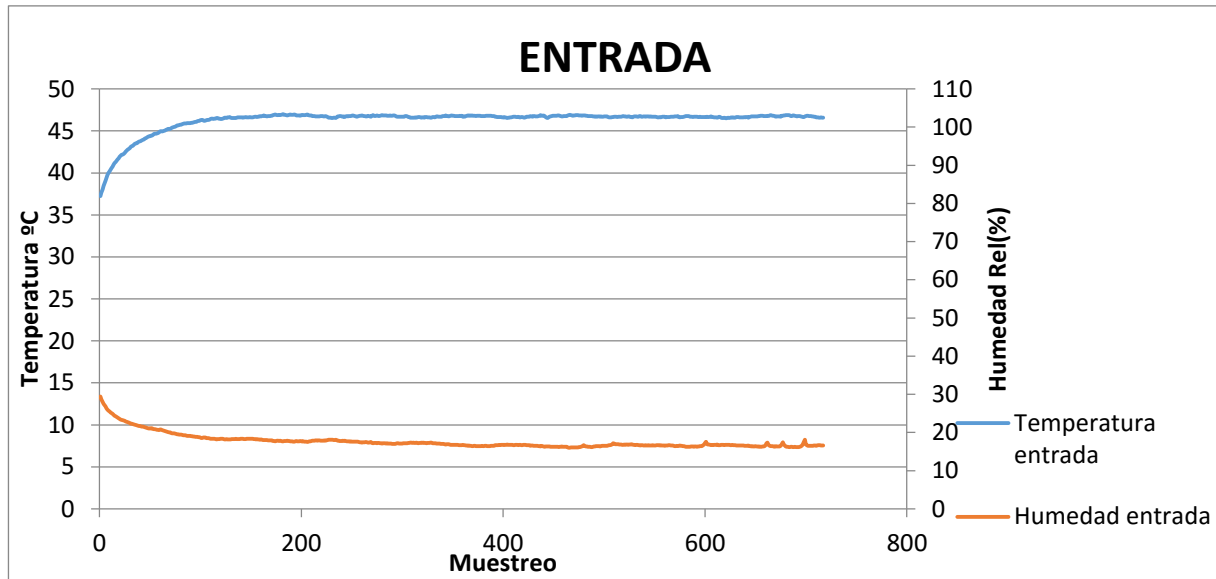


Figura A96 Evolución temporal a la entrada.

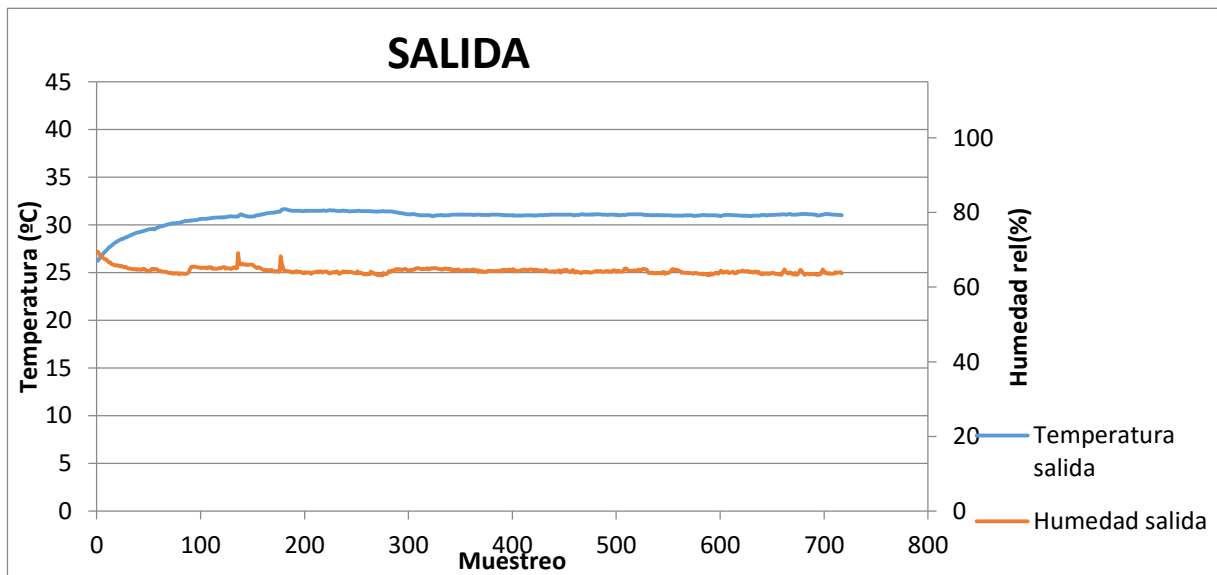


Figura A97 Evolución temporal a la salida.

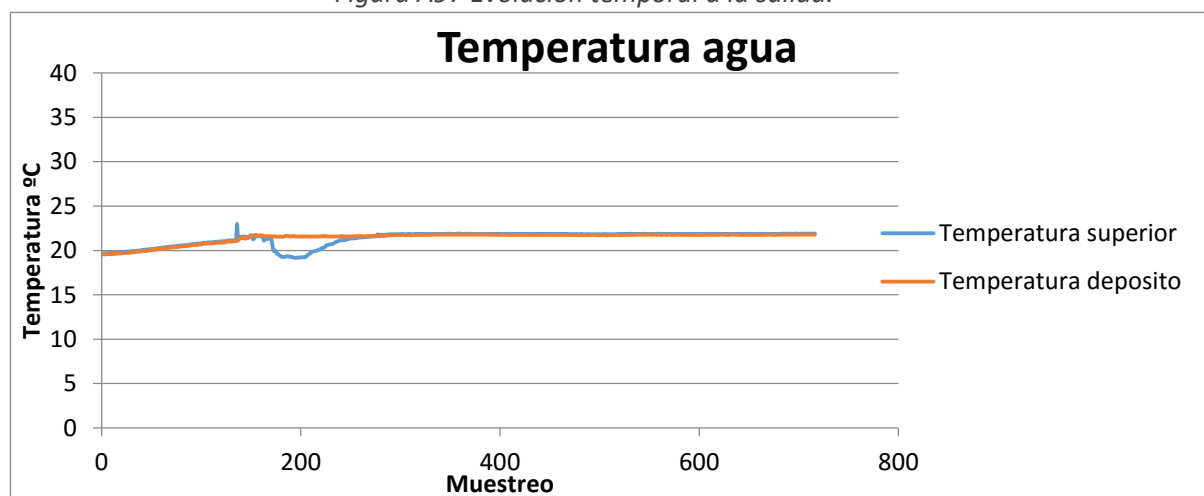


Figura A98 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -16.114 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 17.808 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 1.693 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.71$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0079 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático teniendo en cuenta el error de la sonda de medida de humedad. Este error debe existir porque si no es físicamente imposible que tanto agua como aire ganen entalpía en el proceso, siendo la temperatura del ambiente inferior a la de proceso.

Experimento 25

El experimento número 25 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
51.13	23.29	37.37	68.90	25.42

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A99):

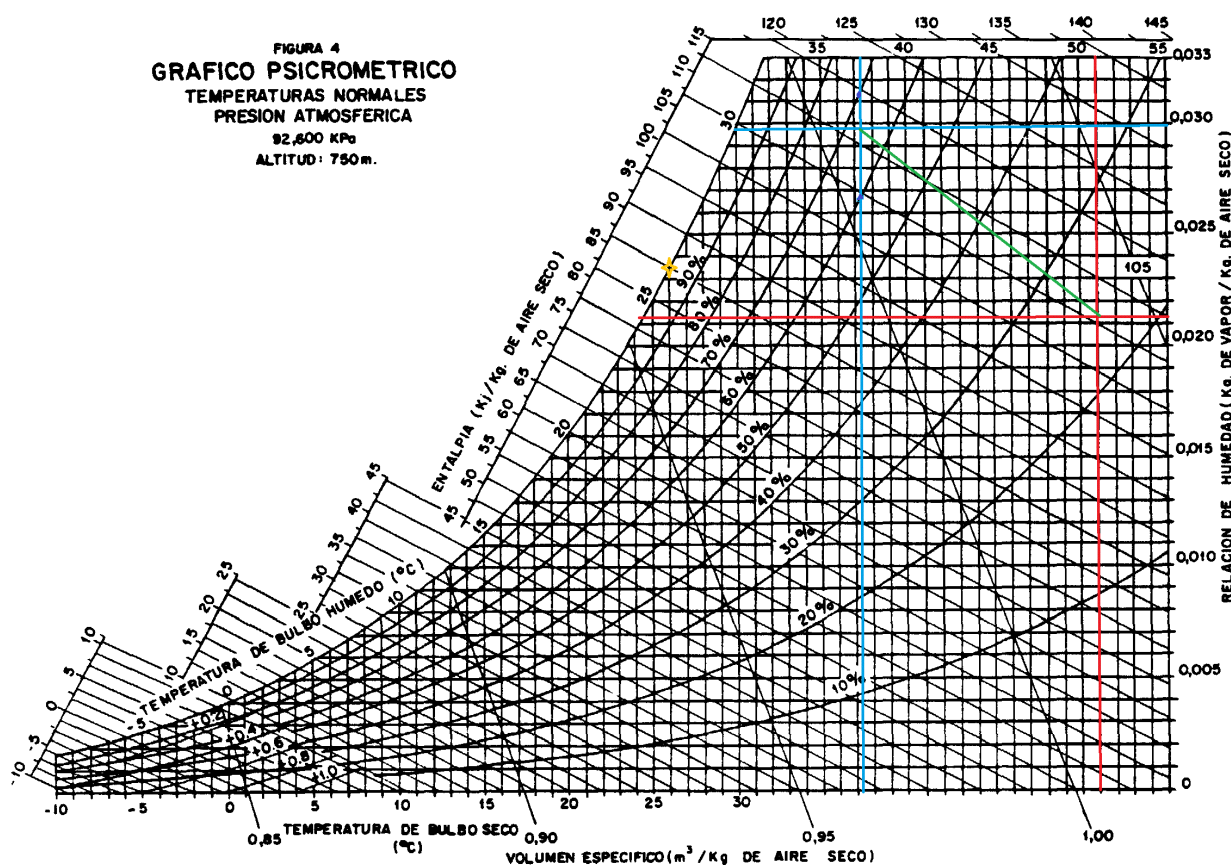


Figura A99 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 50°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A100), salida (figura A101) y del agua acumulada (figura A102) se representan a continuación:

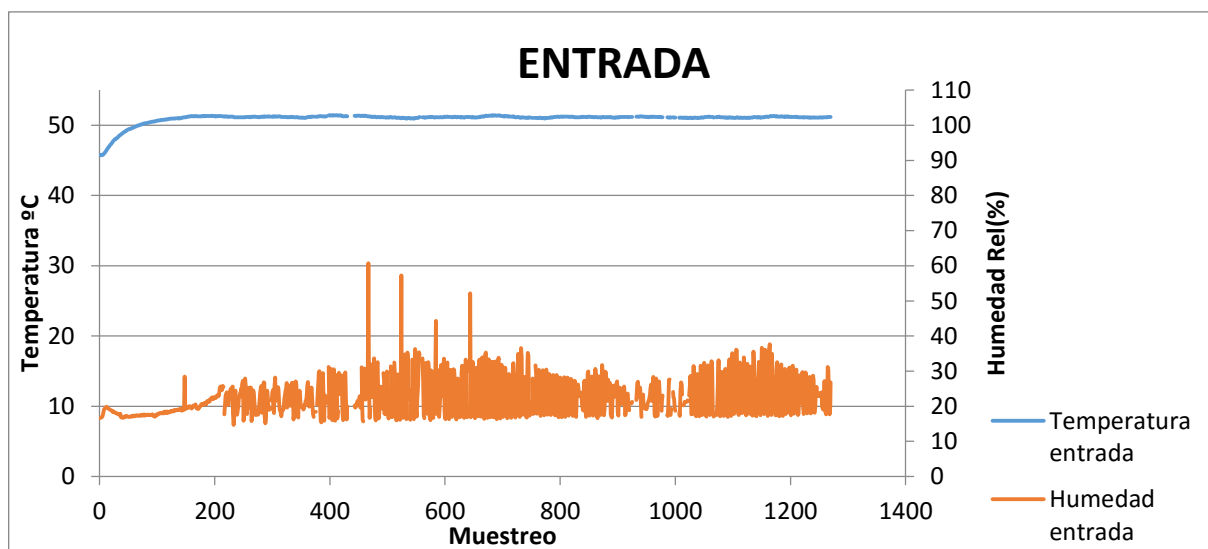


Figura A100 Evolución temporal a la entrada.

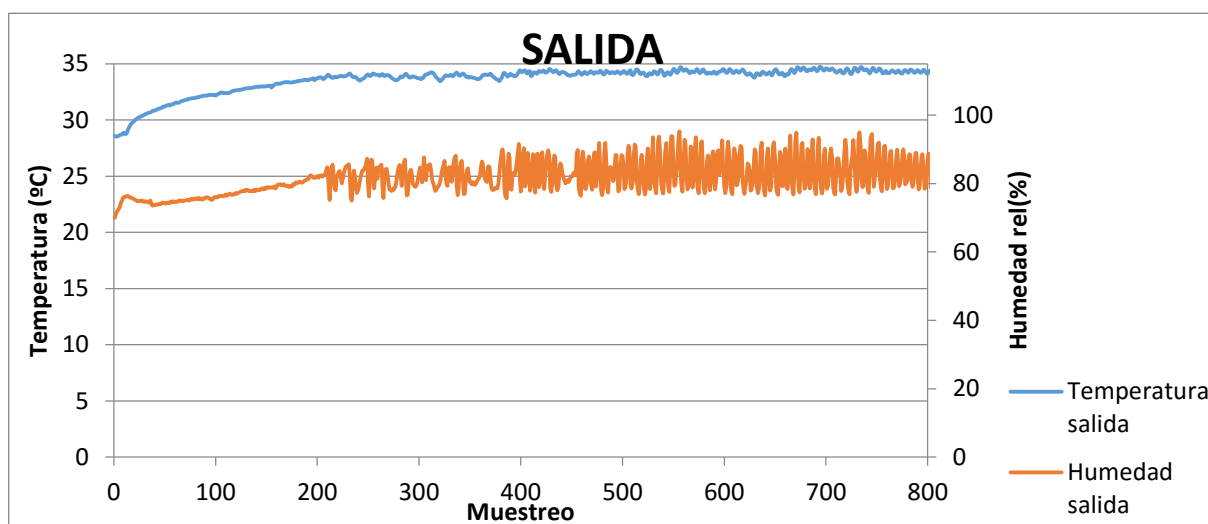


Figura A101 Evolución temporal a la salida.

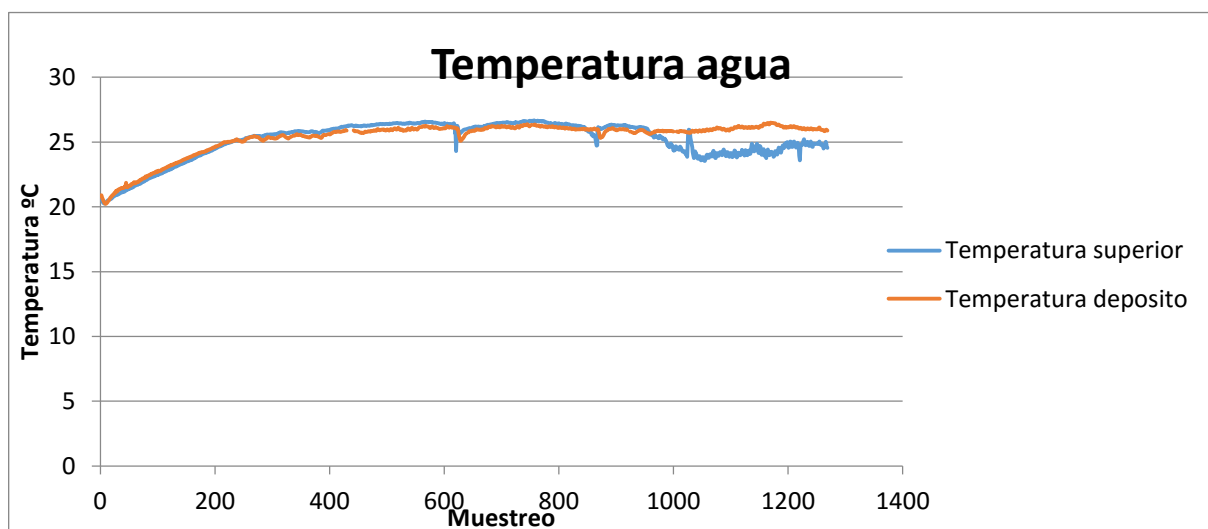


Figura A102 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -14.384 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 22.705 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 8.322 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.66$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0101 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático teniendo en cuenta el error de la sonda de medida de humedad. Este error debe existir porque si no es físicamente imposible que tanto agua como aire ganen entalpía en el proceso, siendo la temperatura del ambiente inferior a la de proceso.

Experimento 26

El experimento número 26 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
46.77	28.80	32.80	73.48	25.35

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A103):

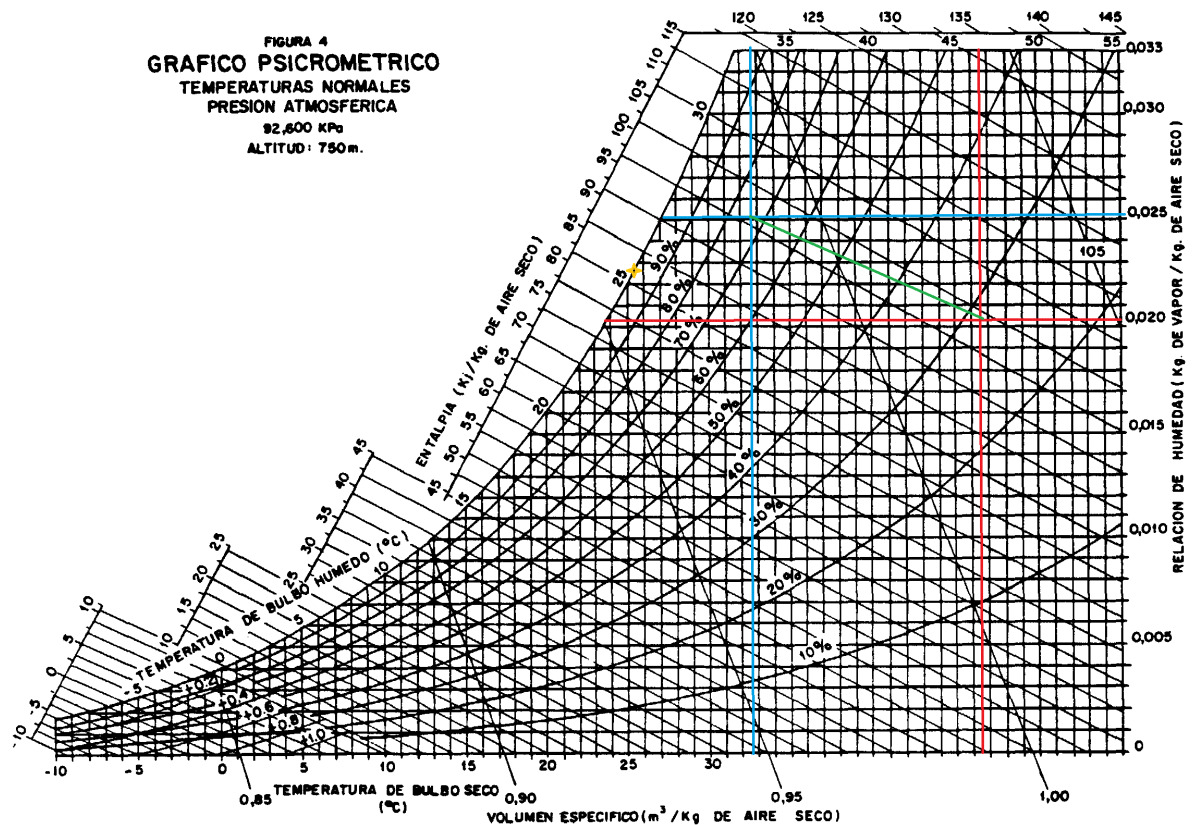


Figura A103 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 45°C Hr 24%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A104), salida (figura A105) y del agua acumulada (figura A106) se representan a continuación:

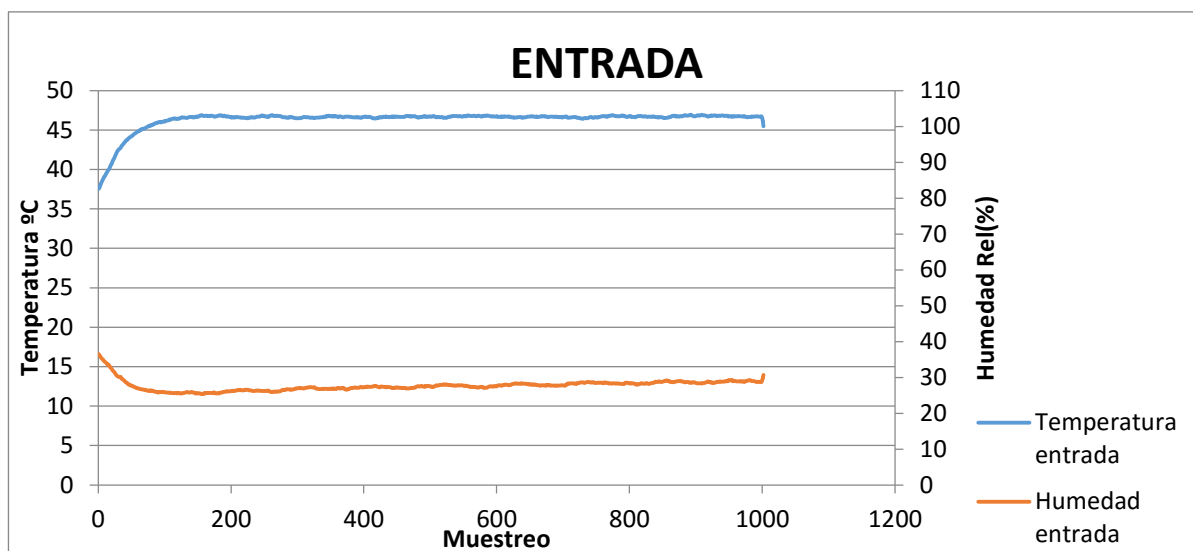


Figura A104 Evolución temporal a la entrada.

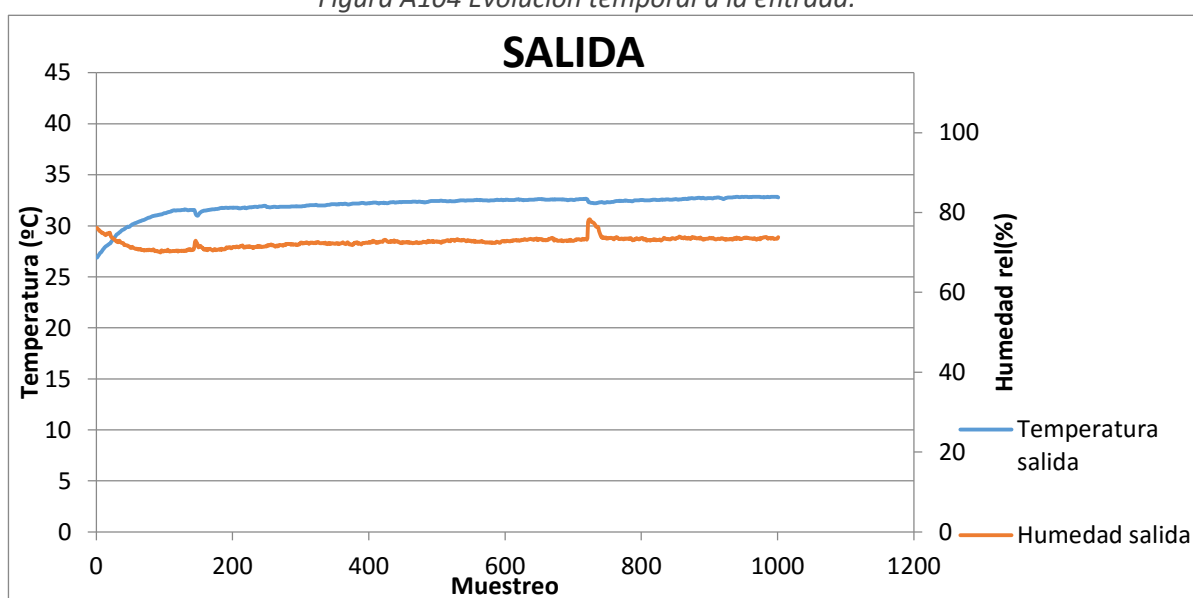


Figura A105 Evolución temporal a la salida.

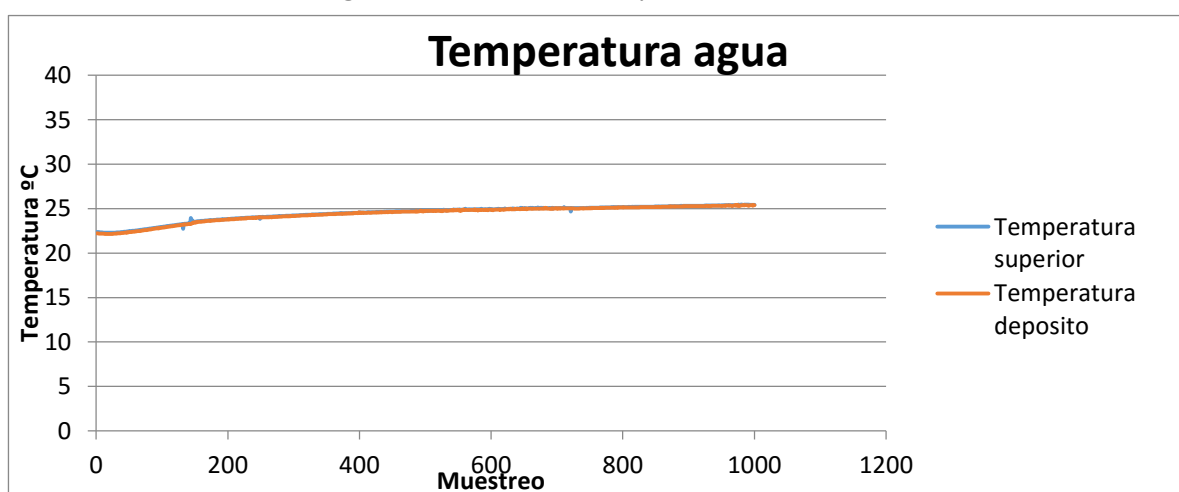


Figura A106 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -14.621 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 10.089 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -4.532 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.80$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0045 \frac{g}{kg}$$

Experimento 27

El experimento número 26 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.015 kg/kg
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
41.48	31.61	29.52	74.36	23.04

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A107):

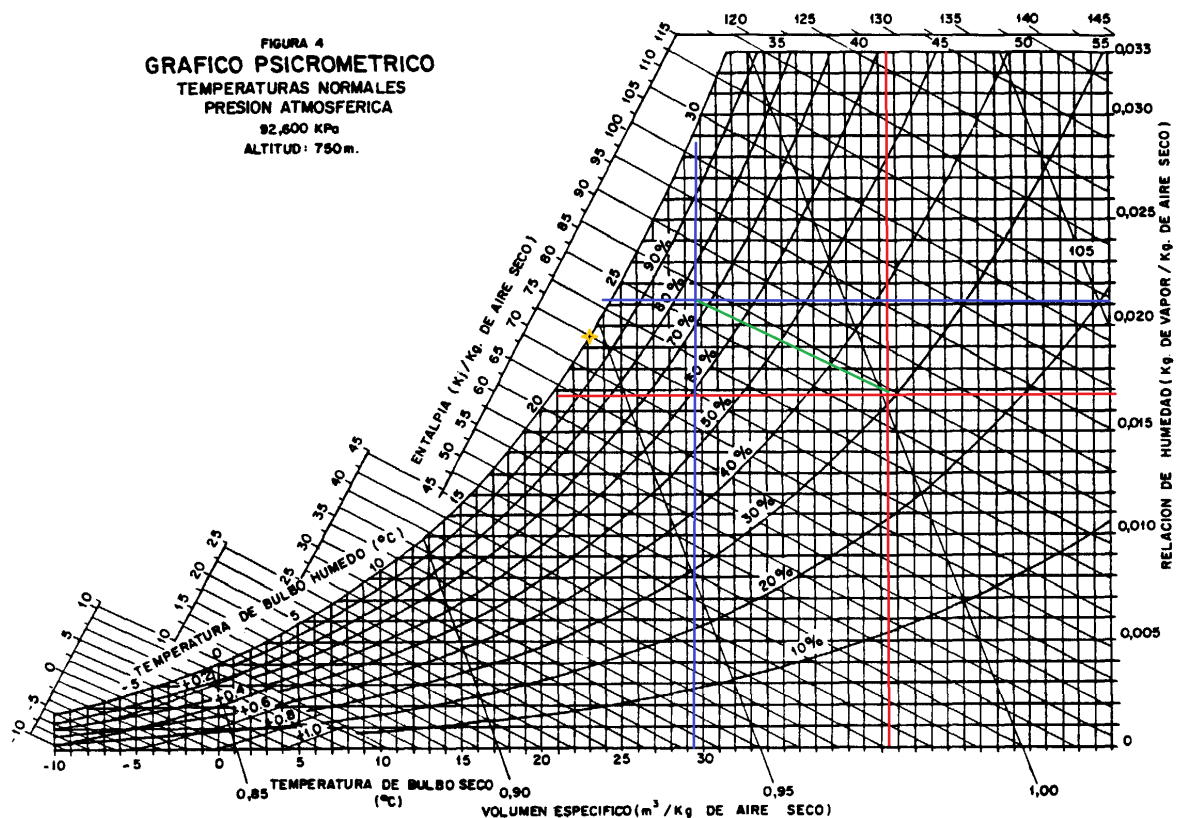


Figura A107 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 30%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A108), salida (figura A109) y del agua acumulada (figura A110) se representan a continuación:

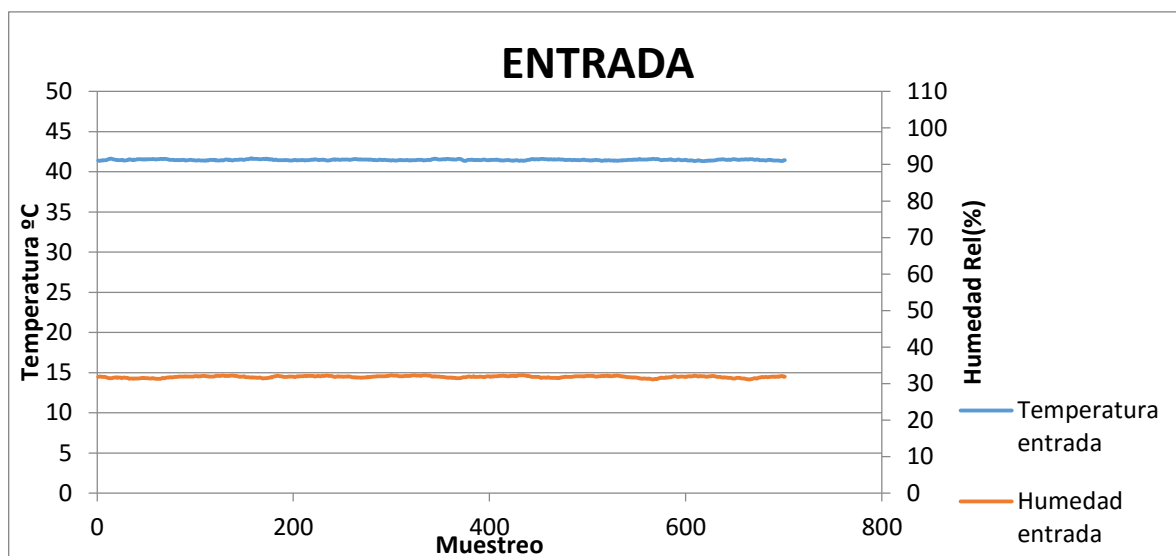


Figura A108 Evolución temporal a la entrada.

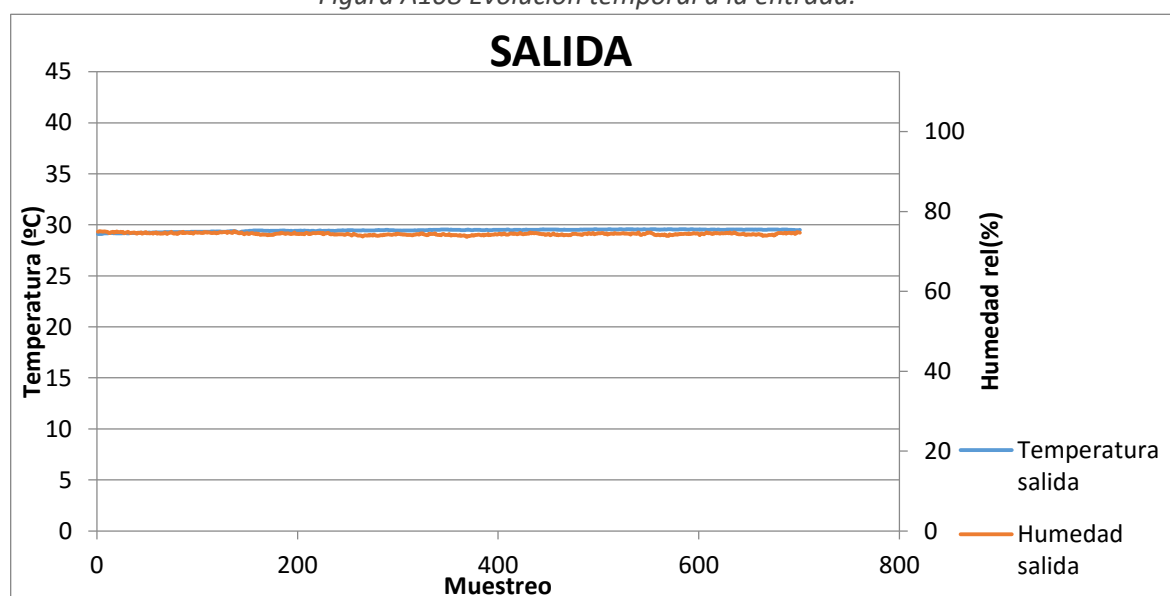


Figura A109 Evolución temporal a la salida.

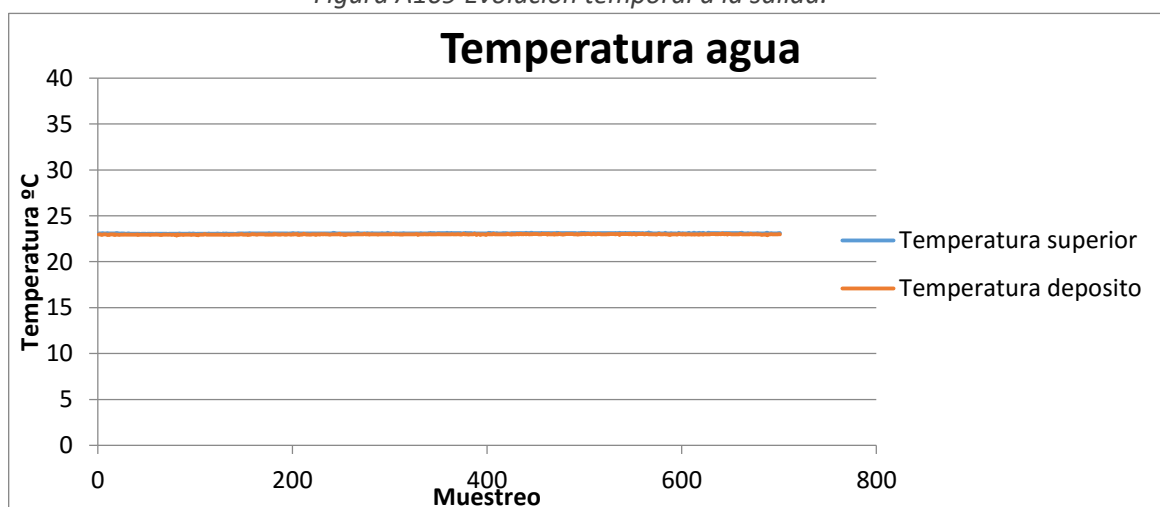


Figura A110 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -12.435 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 8.49 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -3.945 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.8$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0038 \frac{g}{kg}$$

Experimento 28

El experimento número 28 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
47.99	20.77	32.12	74.43	23.70

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A111):

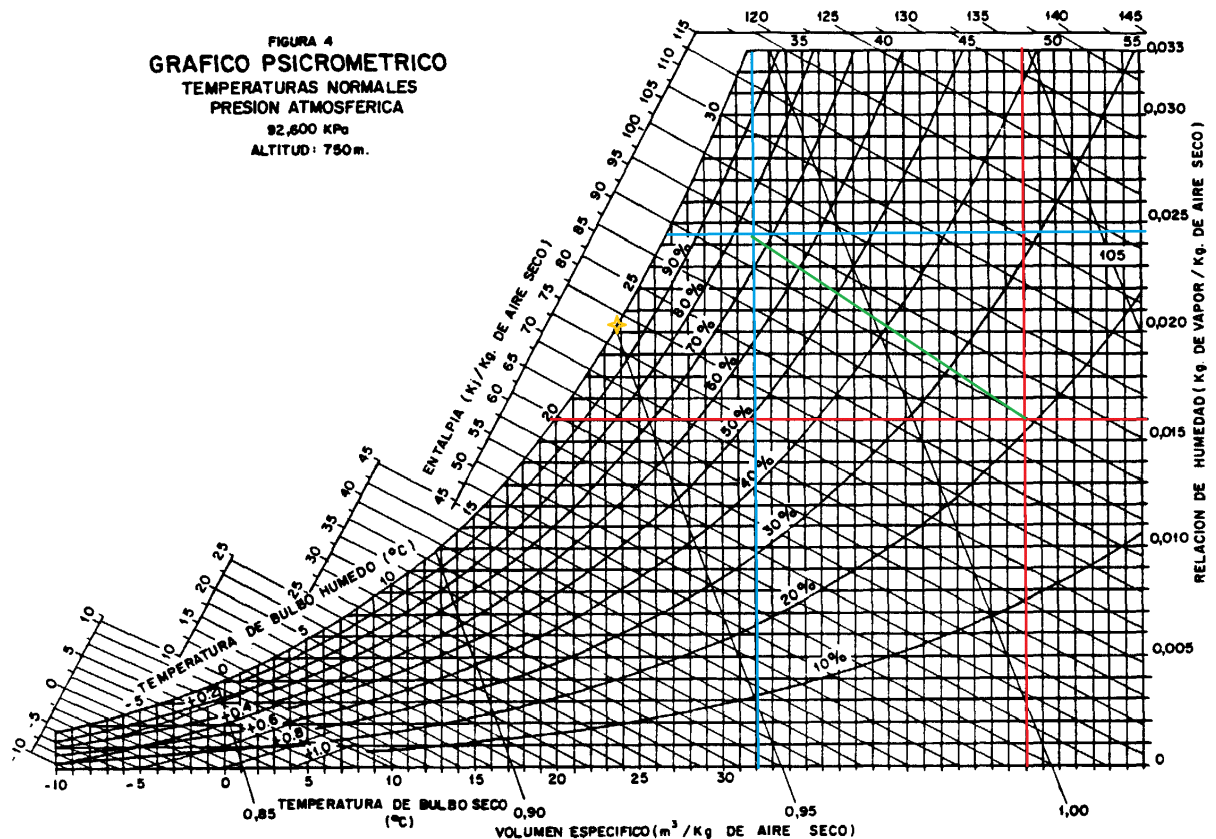


Figura A111 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 50°C Hr 18%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A112), salida (figura A113) y del agua acumulada (figura A114) se representan a continuación:

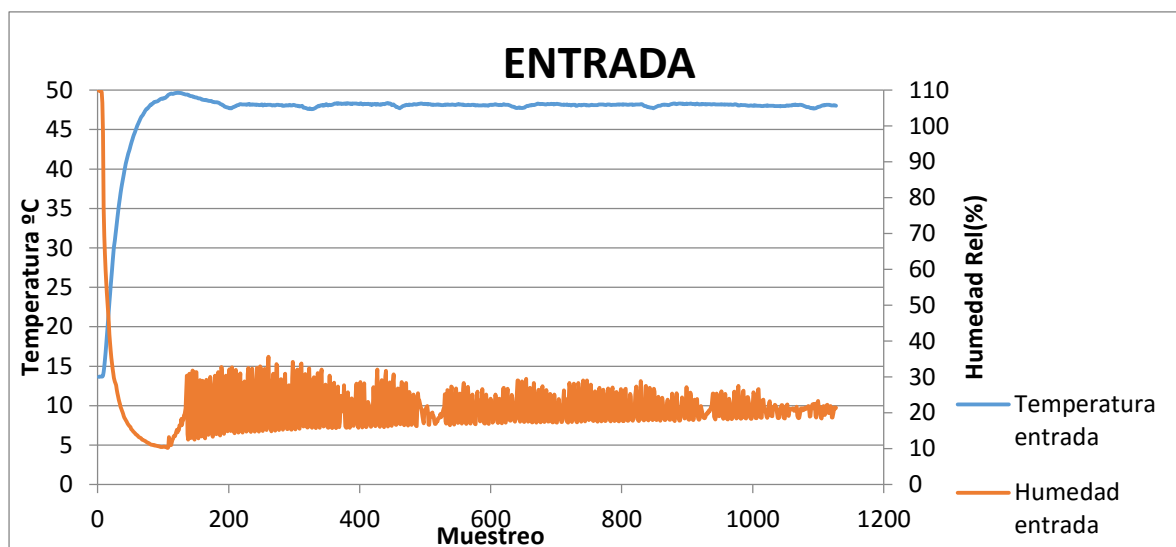


Figura A112 Evolución temporal a la entrada.

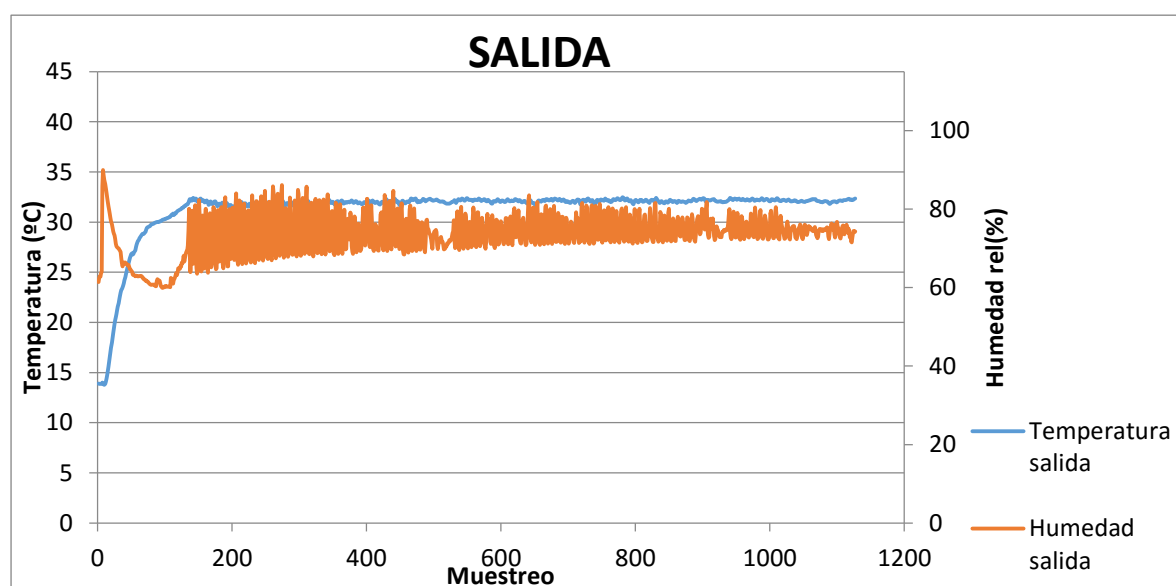


Figura A113 Evolución temporal a la salida.

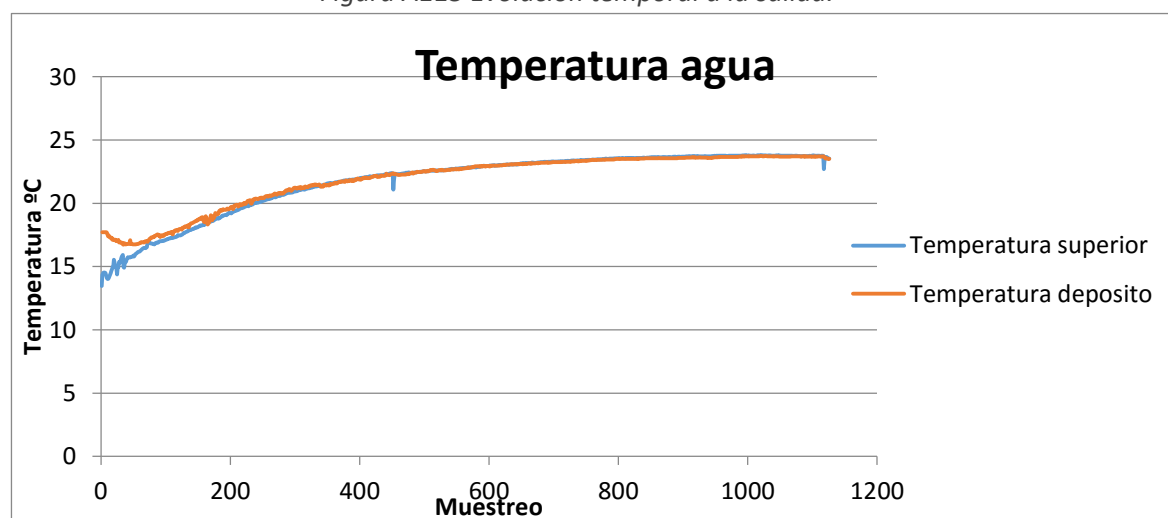


Figura A114 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -16.459 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 19.410 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 2.952 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.763$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0086 \frac{g}{kg}$$

Experimento 29

El experimento número 29 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
43.19	39.34	31.95	89.01	24.93

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A115):

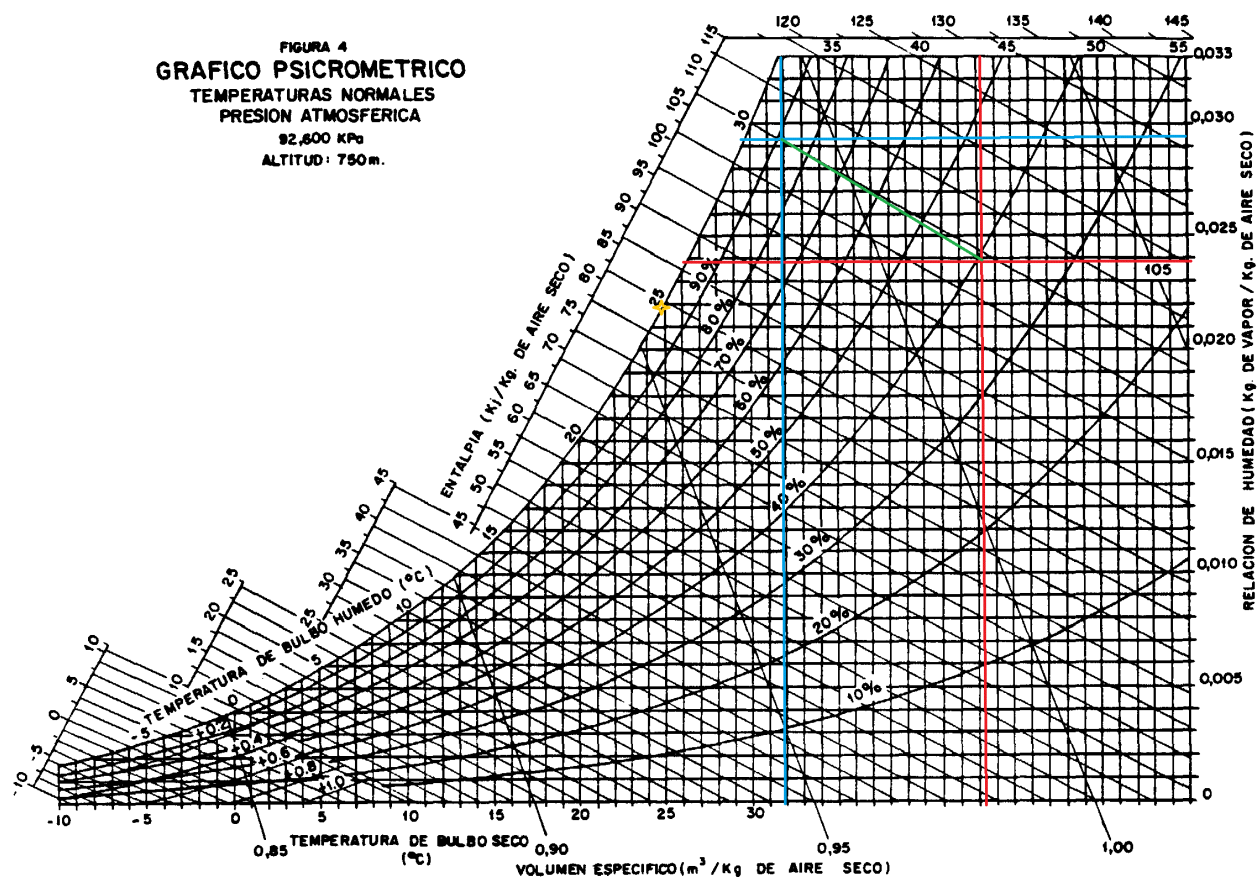


Figura A115 Diagrama psicrométrico $Q\ 7.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 45^\circ\text{C}$ $H_r\ 30\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A116), salida (figura A117) y del agua acumulada (figura A118) se representan a continuación:

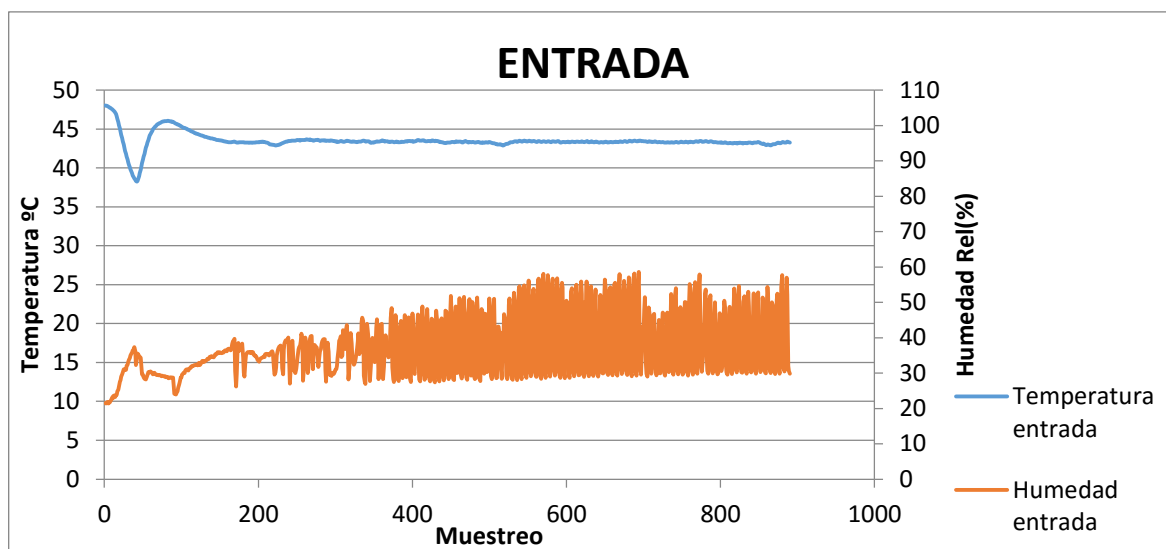


Figura A116 Evolución temporal a la entrada.

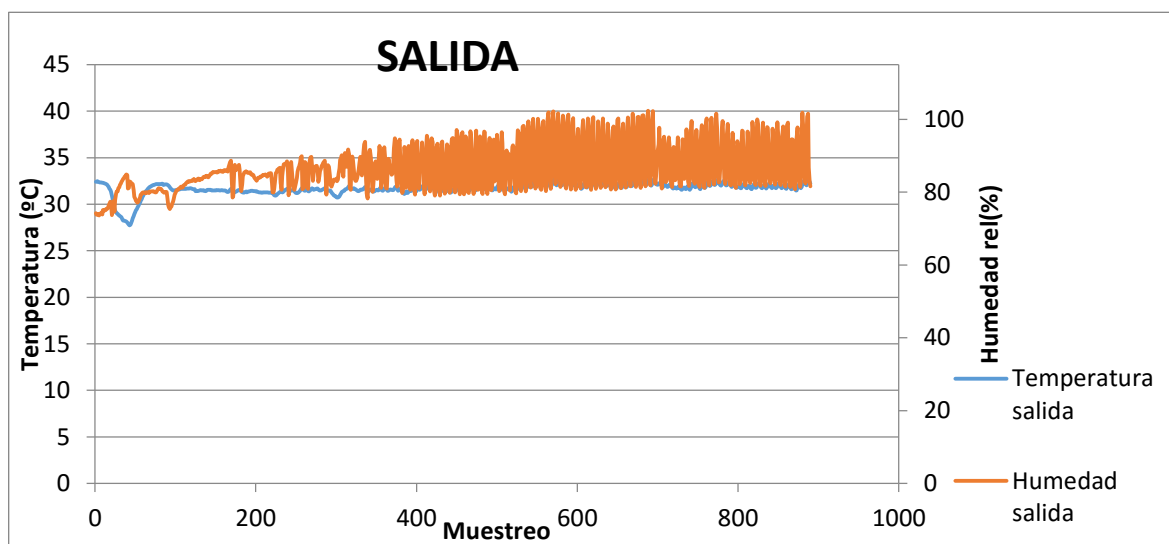


Figura A117 Evolución temporal a la salida.

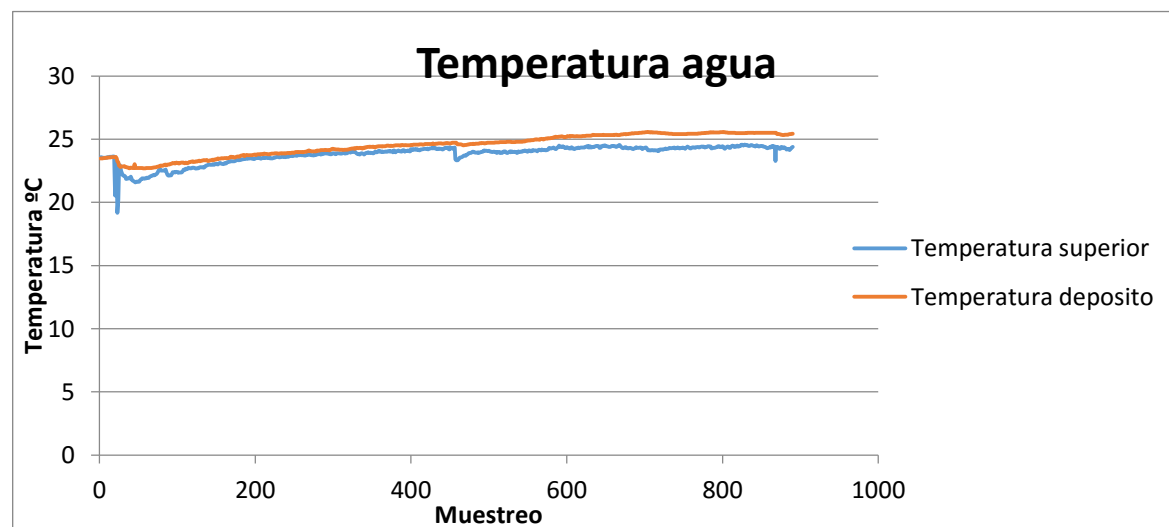


Figura A118 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -11.816 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 12.368 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.552 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.85$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0055 \frac{g}{kg}$$

Experimento 30

El experimento número 30 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 14%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
51.96	18.58	34.22	69.51	25.52

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A119):

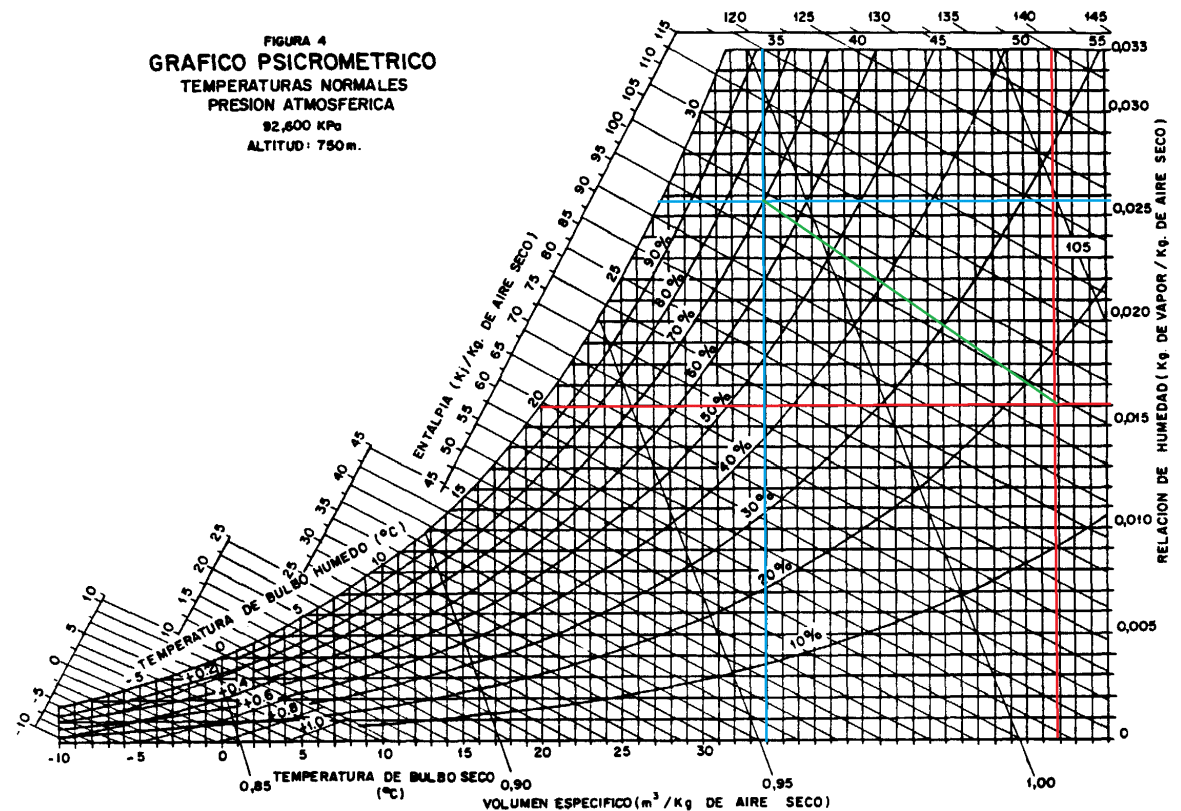


Figura A119 Diagrama psicrométrico $Q\ 7.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 14\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A120), salida (figura A121) y del agua acumulada (figura A122) se representan a continuación:

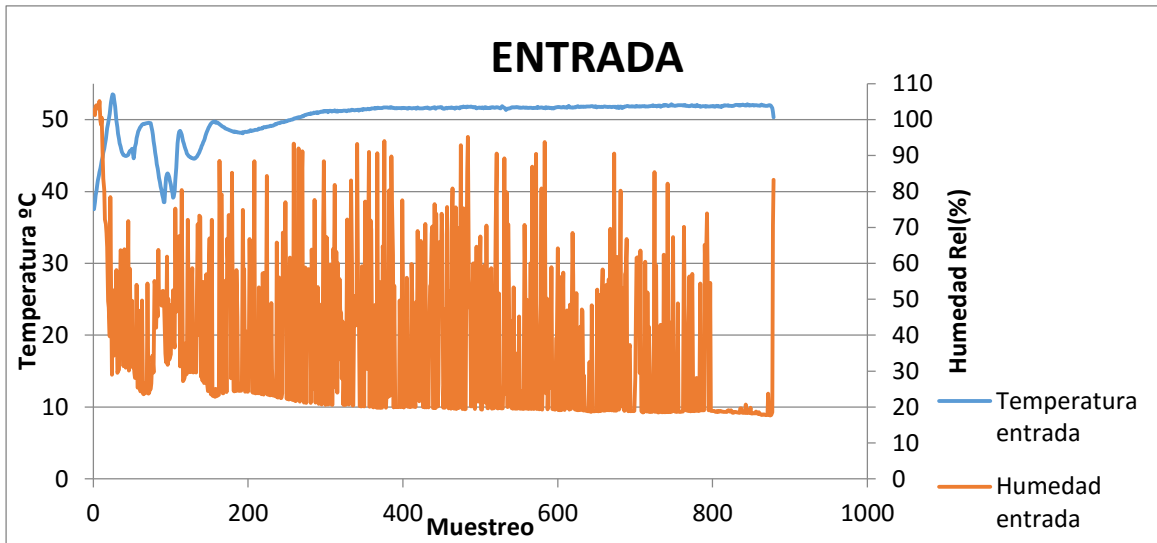


Figura A120 Evolución temporal a la entrada.

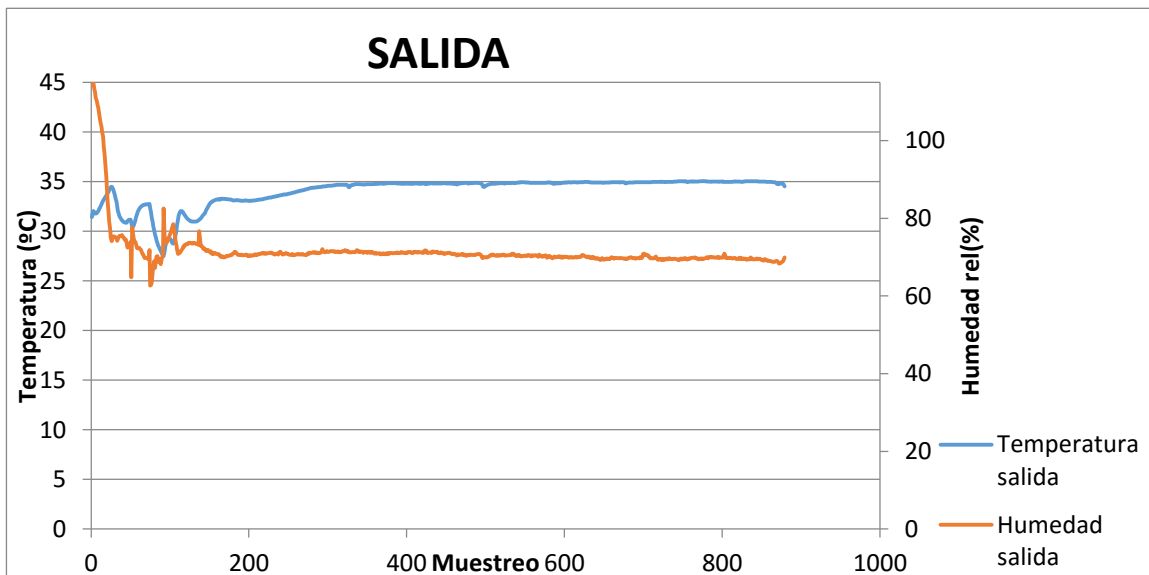


Figura A121 Evolución temporal a la salida.

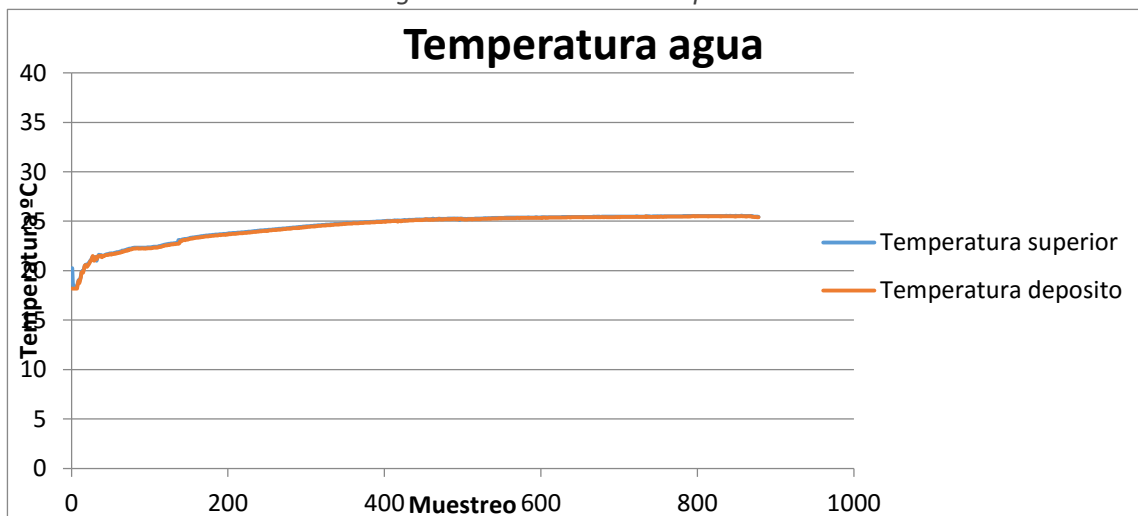


Figura A122 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -18.444 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 19.072 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.6276 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.77$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0085 \frac{g}{kg}$$

Se puede ver que hay un error en la lectura de humedad a la entrada. Sin embargo el humidificador estaba apagado por lo que el valor de humedad tomado es el que marcaba la sonda de control en el humidificador y es veraz.

Experimento 31

El experimento número 31 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
41.52	30.64	29.17	72.83	22.55

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A123):

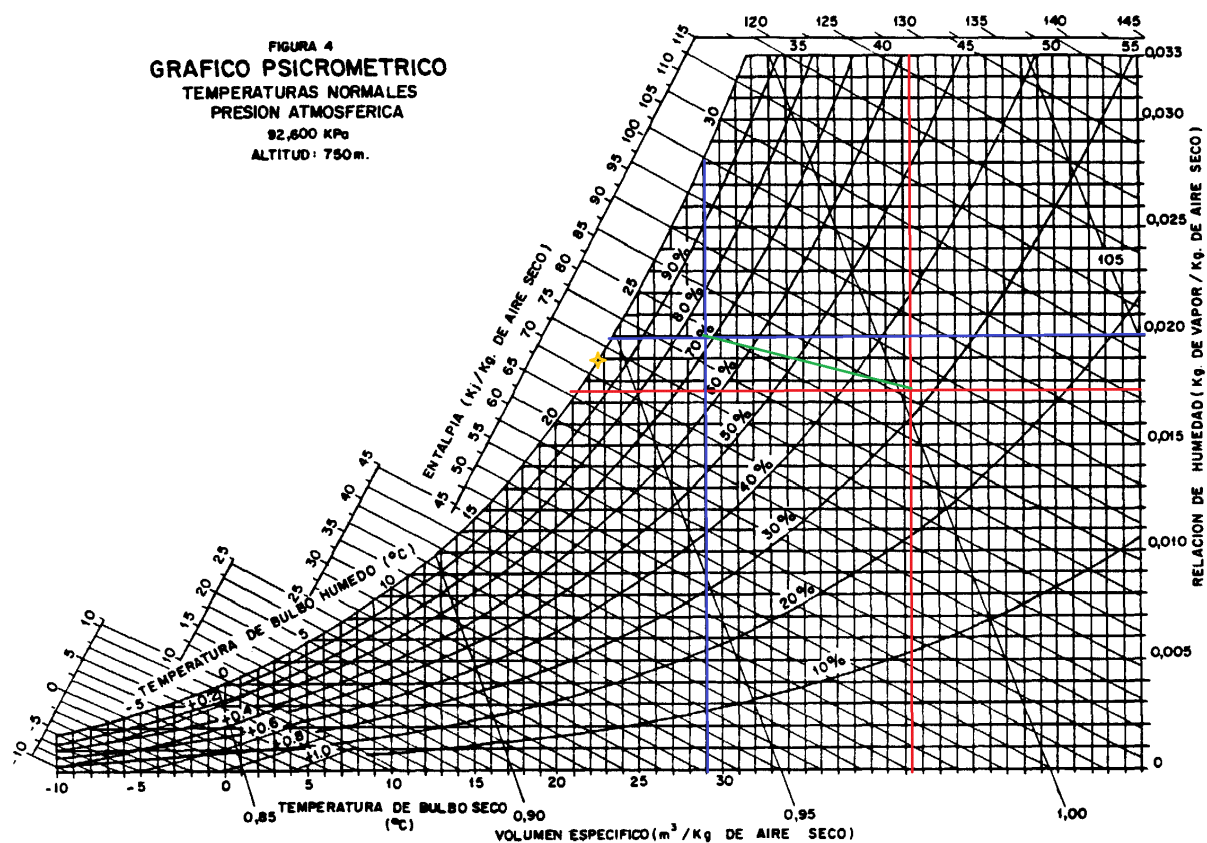


Figura A123 Diagrama psicrométrico $Q\ 7.5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 14\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A124), salida (figura A125) y del agua acumulada (figura A126) se representan a continuación:

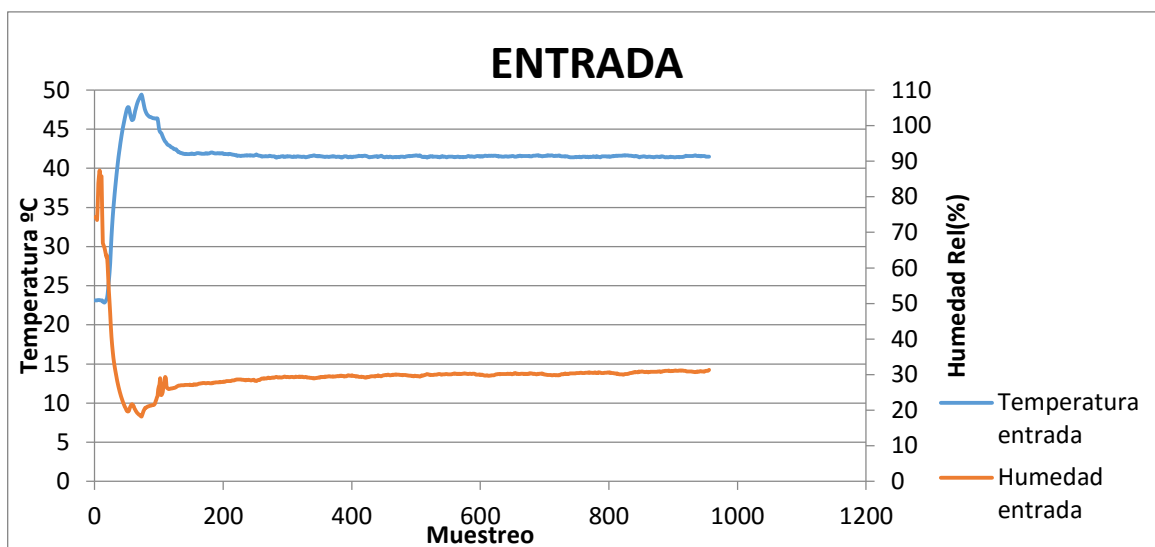


Figura A124 Evolución temporal a la entrada.

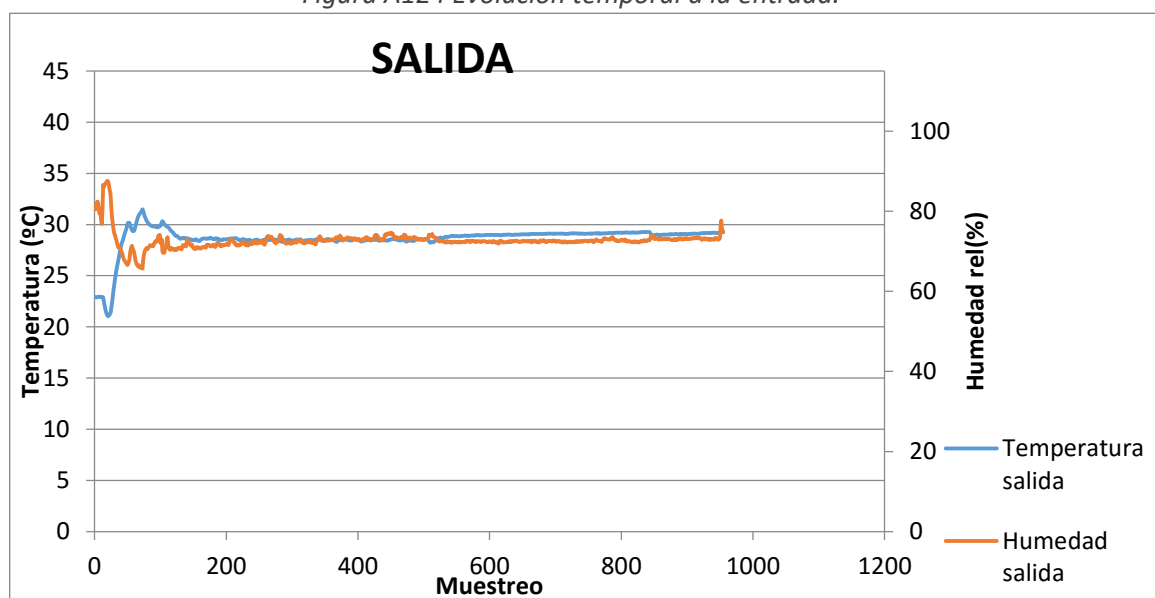


Figura A125 Evolución temporal a la salida.

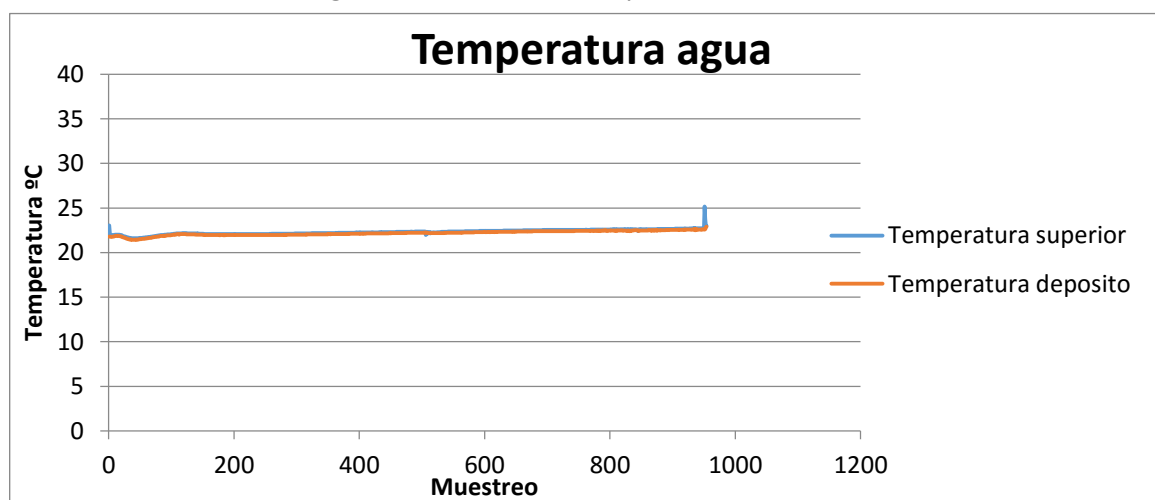


Figura A126 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -12.88 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.606 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.274 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0034 \frac{g}{kg}$$

Experimento 32

El experimento número 32 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.20	57.95	19.58	90	16.85

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A127):

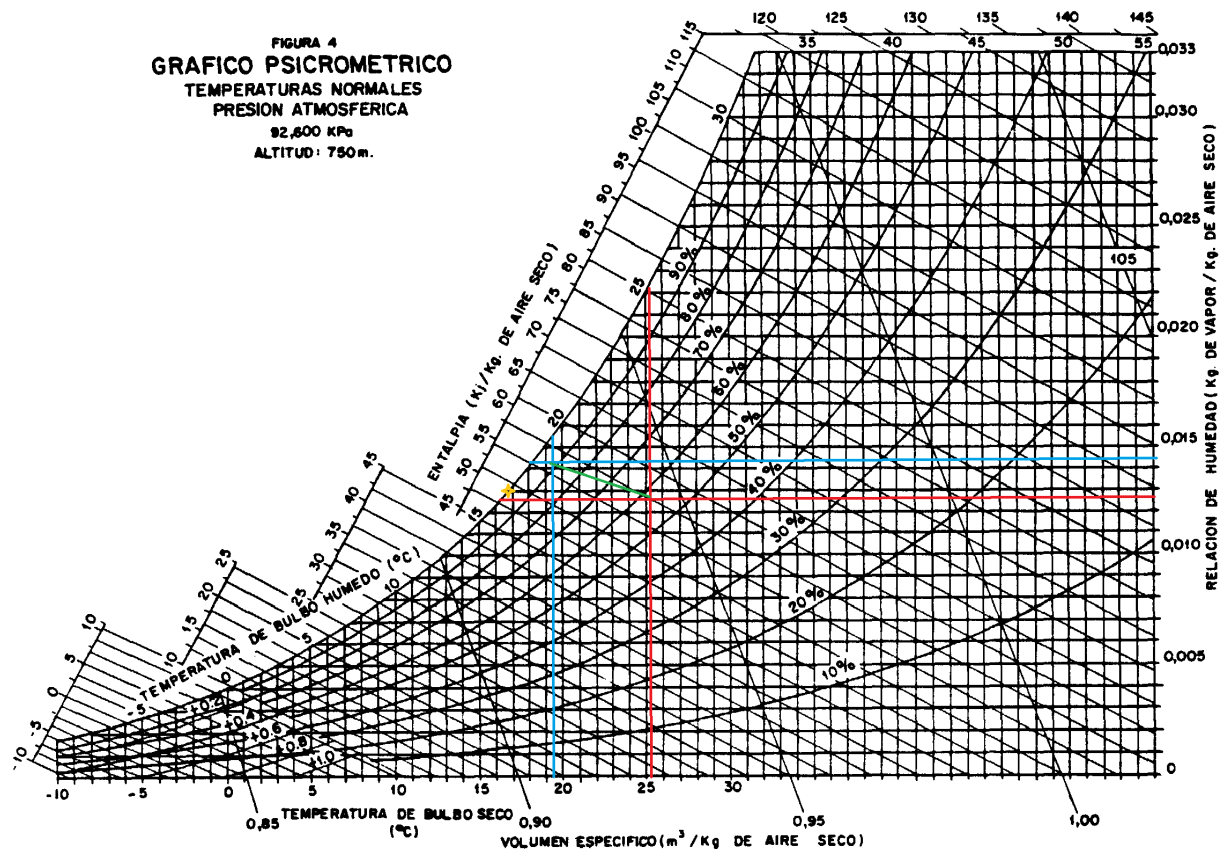


Figura A127 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 25°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A128), salida (figura A129) y del agua acumulada (figura A130) se representan a continuación:

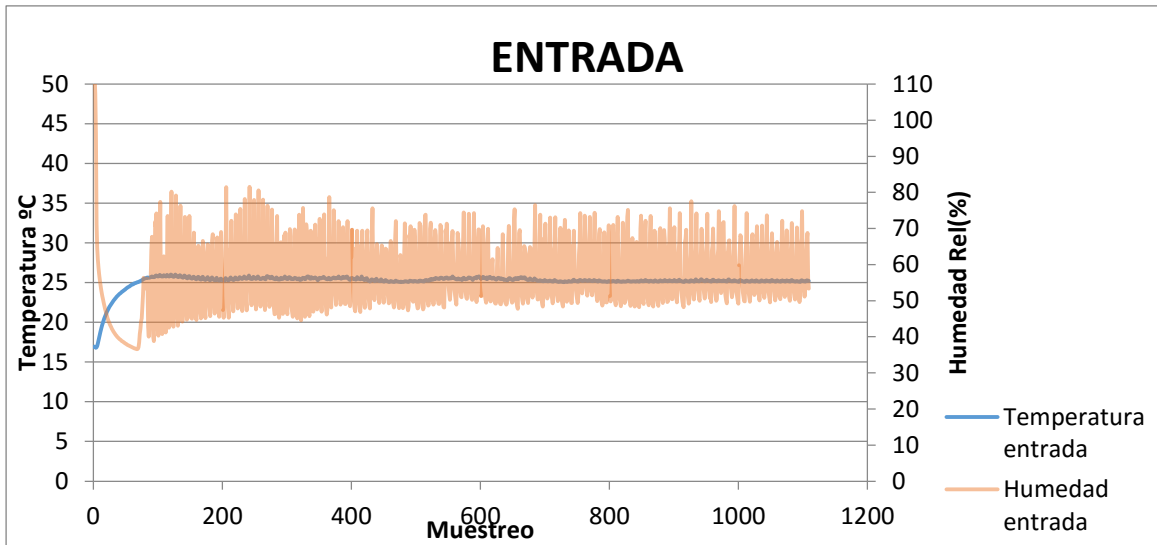


Figura A128 Evolución temporal a la entrada.

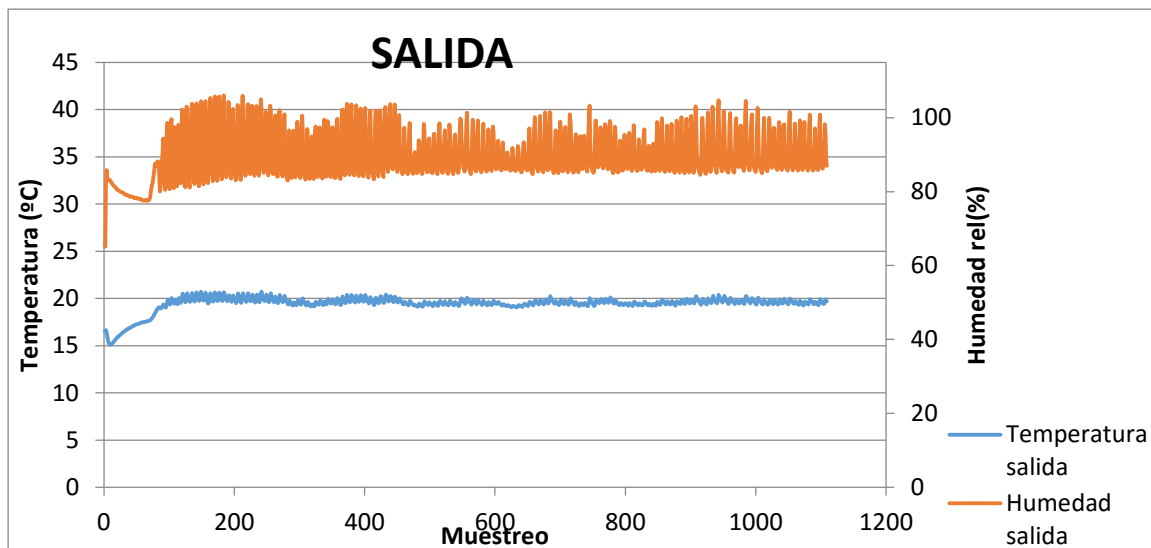


Figura A129 Evolución temporal a la salida.

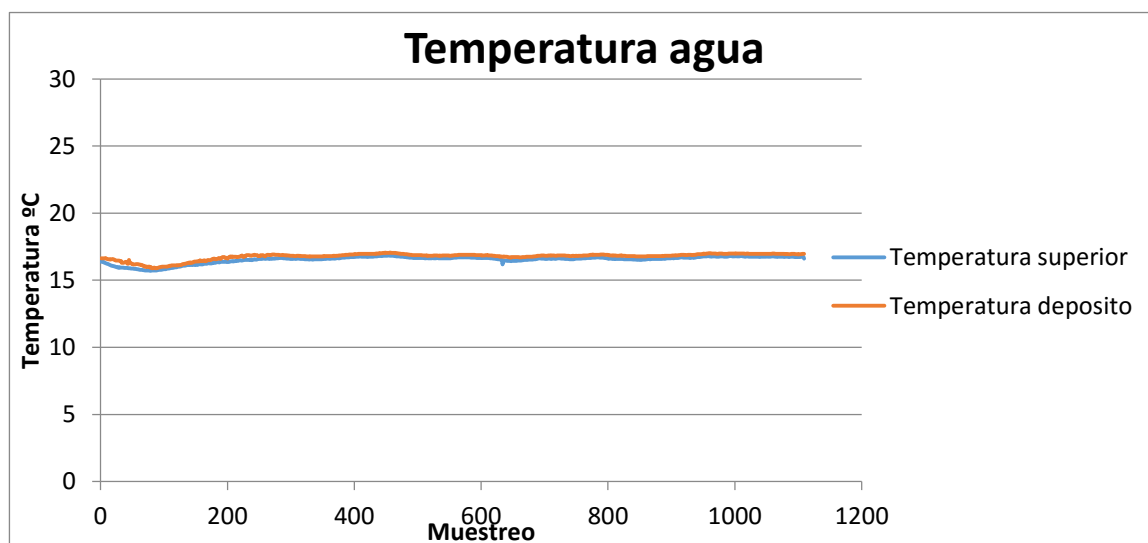


Figura A130 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -5.796 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 2.979 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -2.816 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se puede considerar adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0013 \frac{g}{kg}$$

Experimento 33

El experimento número 33 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.03	69.16	25.67	100	22.66

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A131):

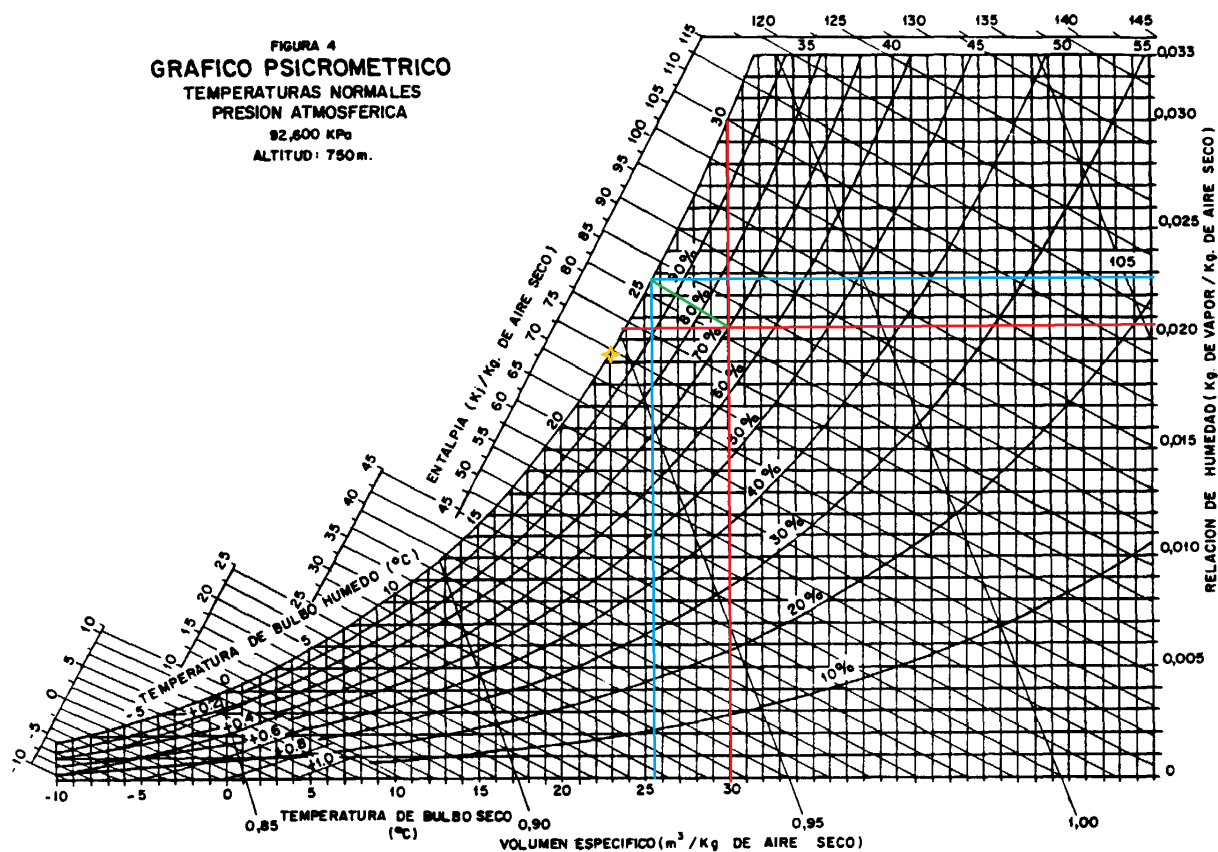


Figura A131 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 60%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A132), salida (figura A133) y del agua acumulada (figura A134) se representan a continuación:

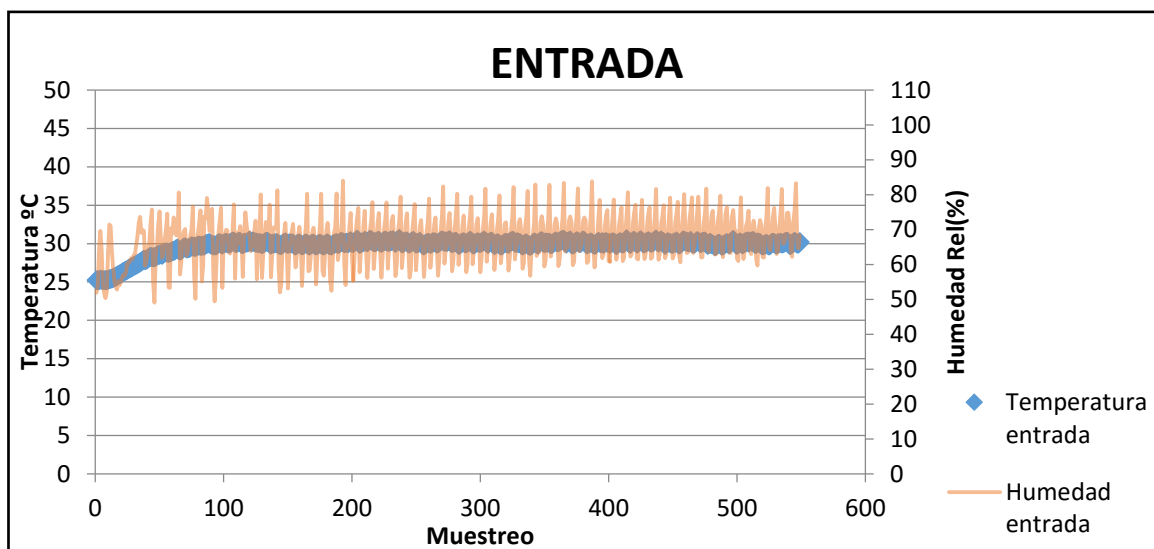


Figura A132 Evolución temporal a la entrada.

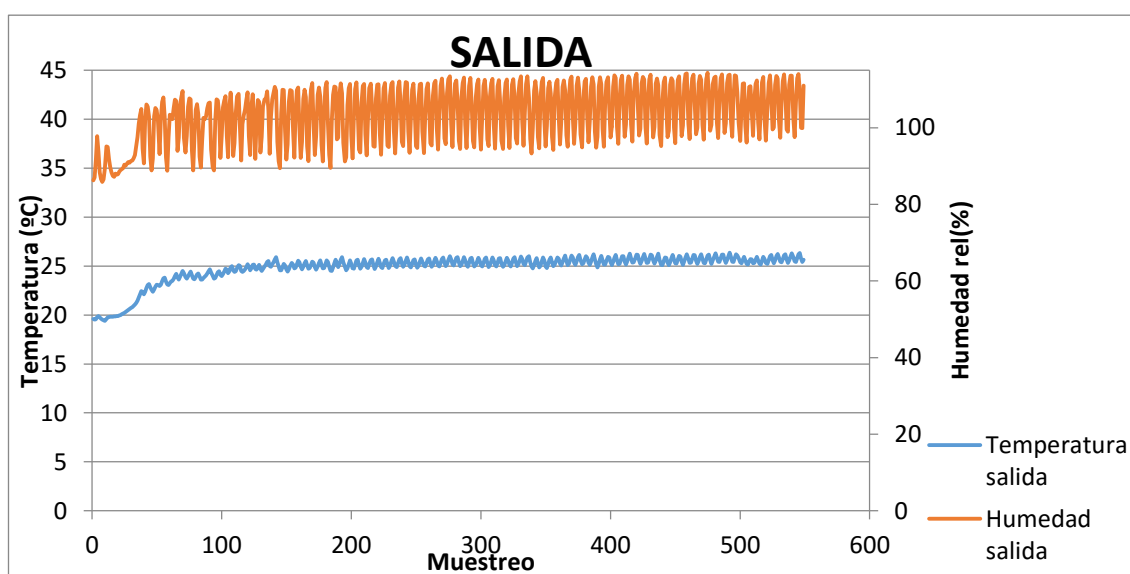


Figura A133 Evolución temporal a la salida.

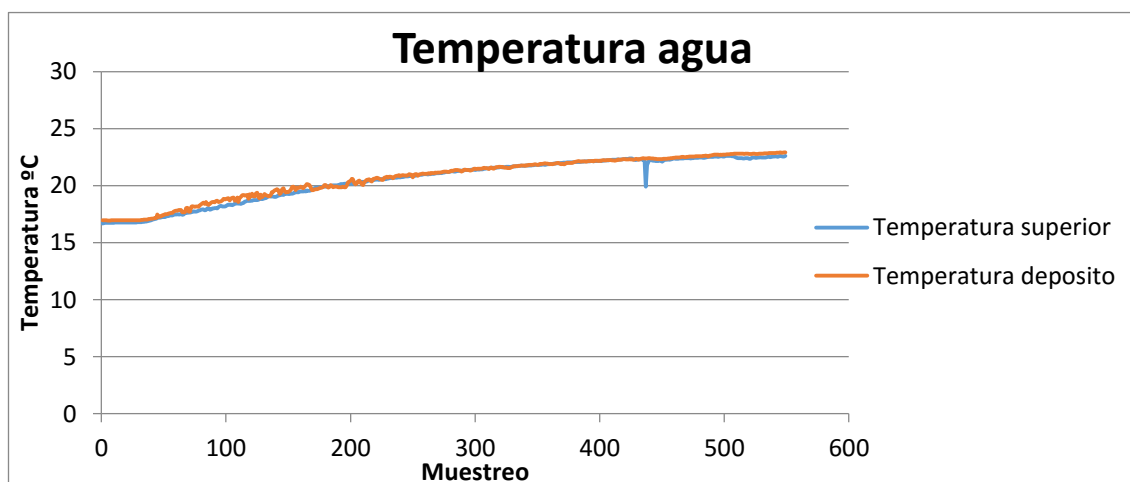


Figura A134 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -4.556 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 5.575 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 1.019 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.93$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0025 \frac{g}{kg}$$

Experimento 34

El experimento número 34 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.01	61.62	23.75	95.75	20.66

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A135):

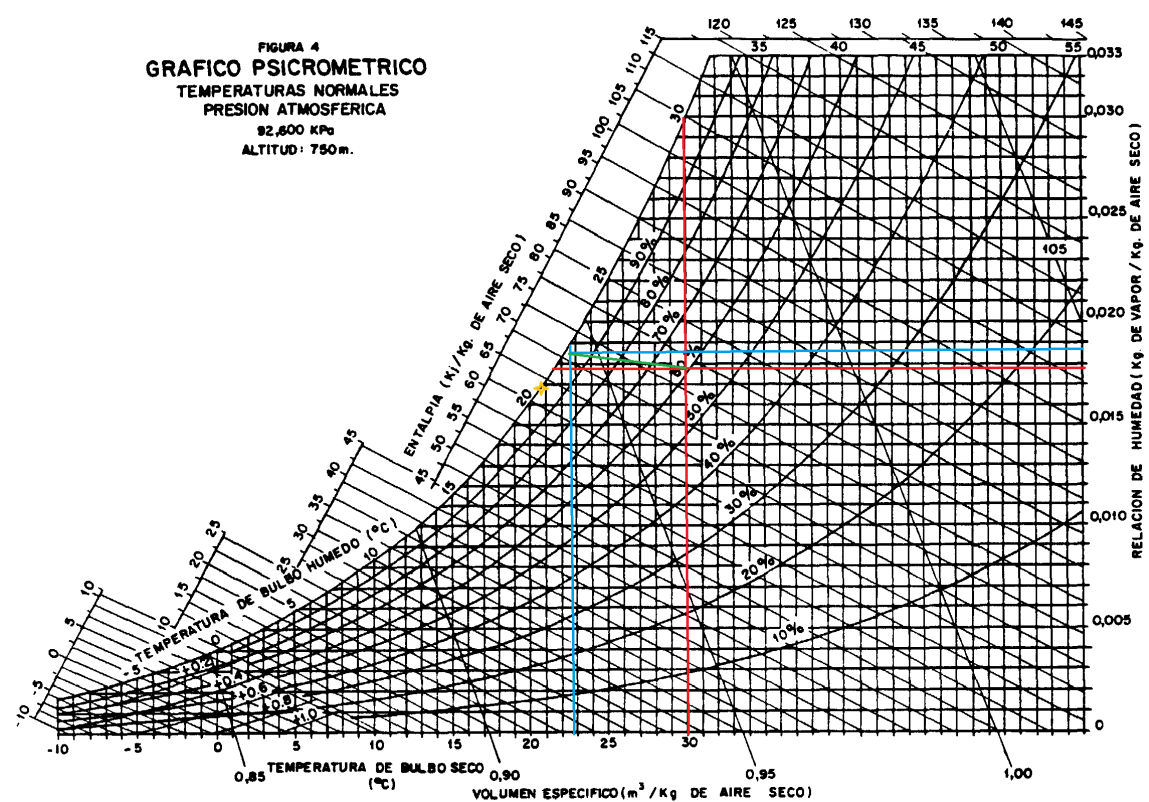


Figura A135 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 30°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A136), salida (figura A137) y del agua acumulada (figura A138) se representan a continuación:

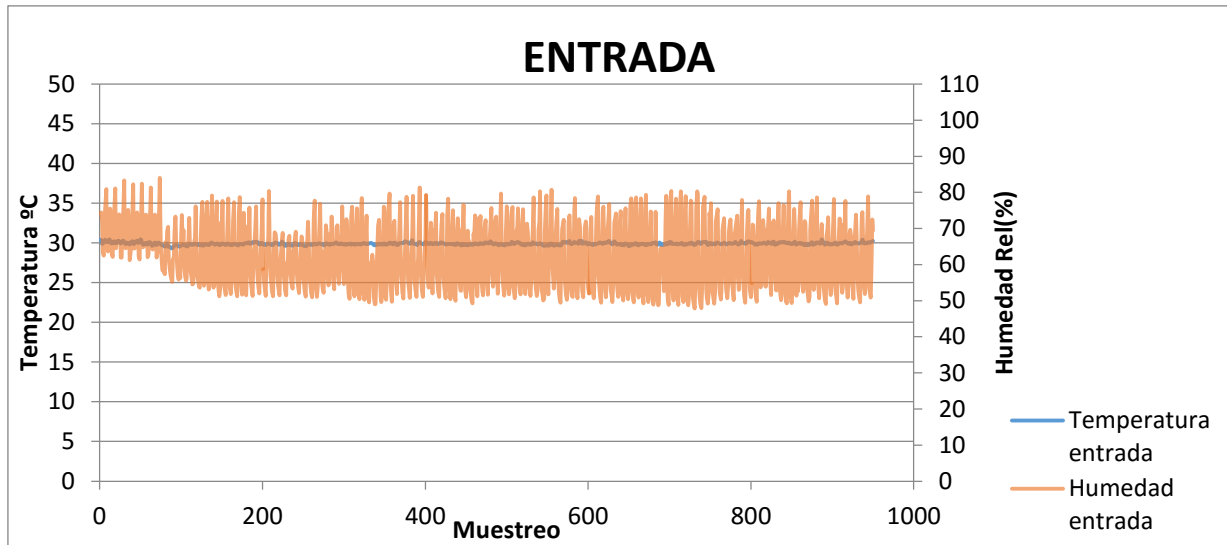


Figura A136 Evolución temporal a la entrada.

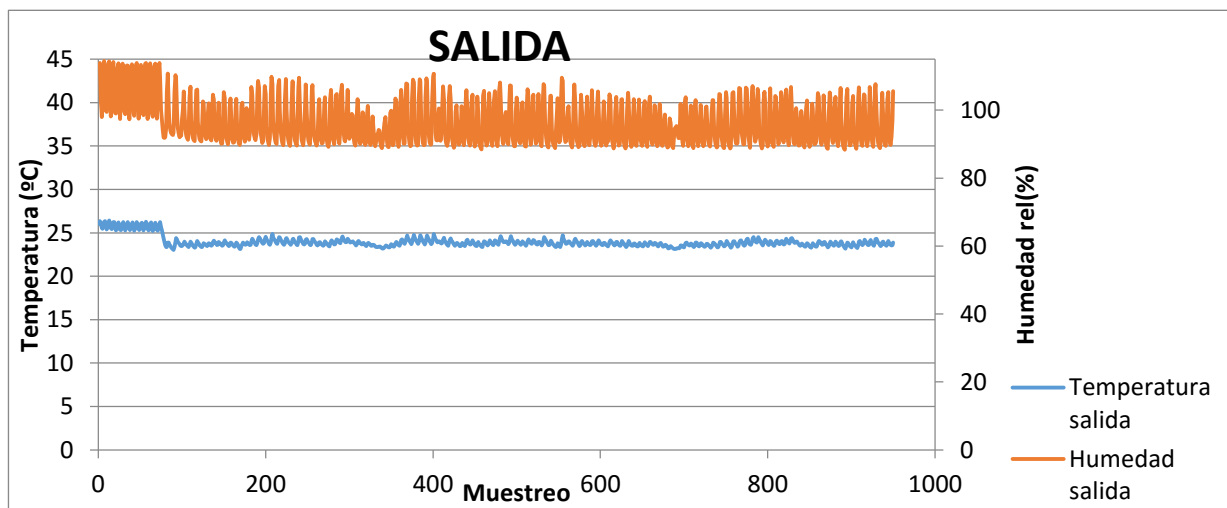


Figura A137 Evolución temporal a la salida.

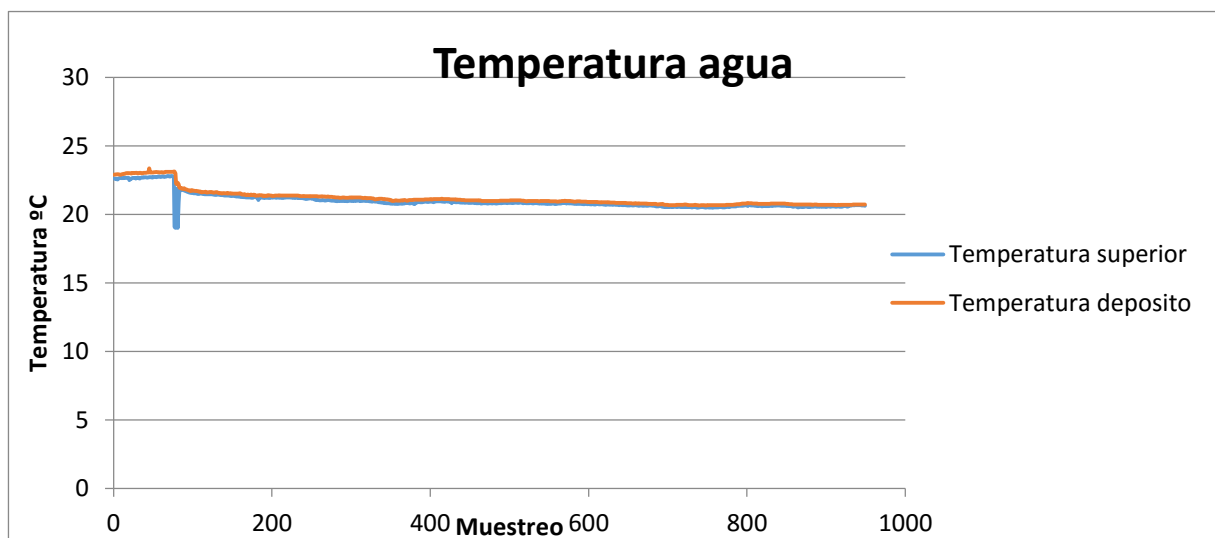


Figura A138 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -6.516 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 3.927 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -2.589 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se sigue una evolución adiabática

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0017 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático. Se tiene una entalpía perdida por el aire del orden de la ganada latentemente.

Experimento 35

El experimento número 35 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
35.02	58.72	26.98	98.13	22.86

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A139):

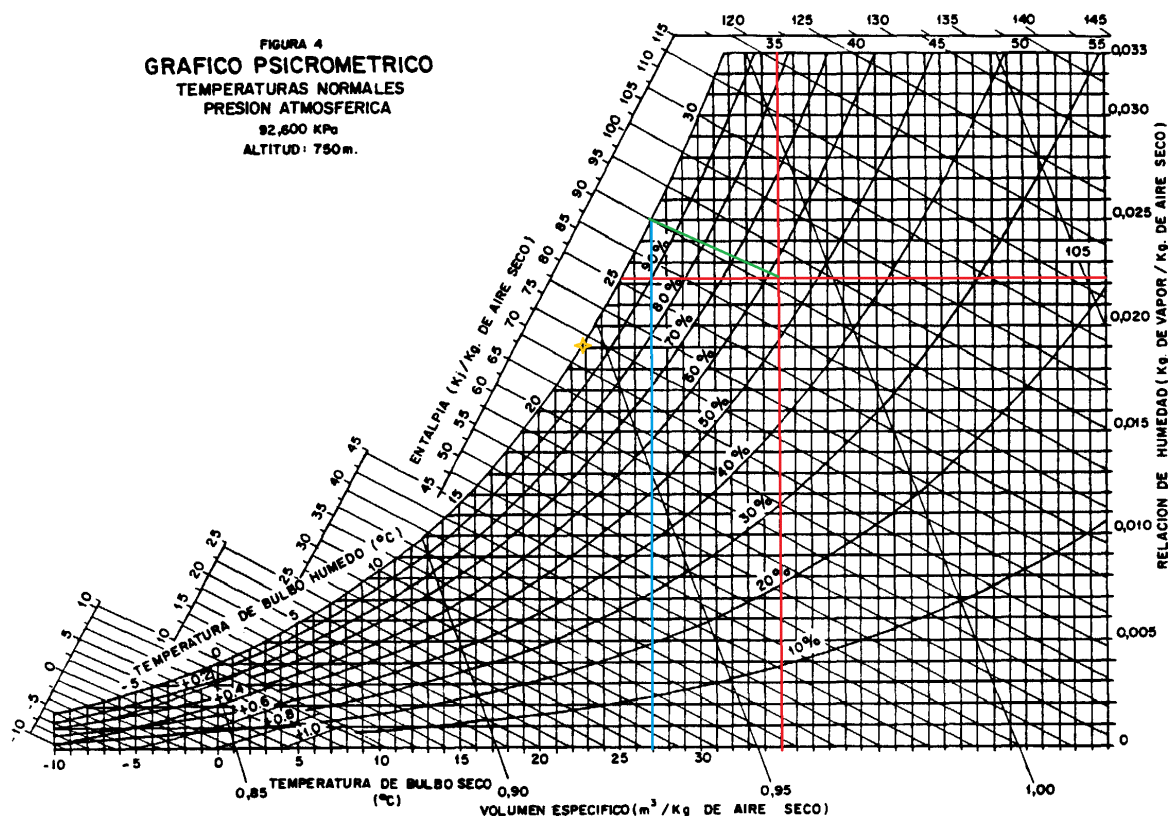


Figura A139 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 35°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A140), salida (figura A141) y del agua acumulada (figura A142) se representan a continuación:

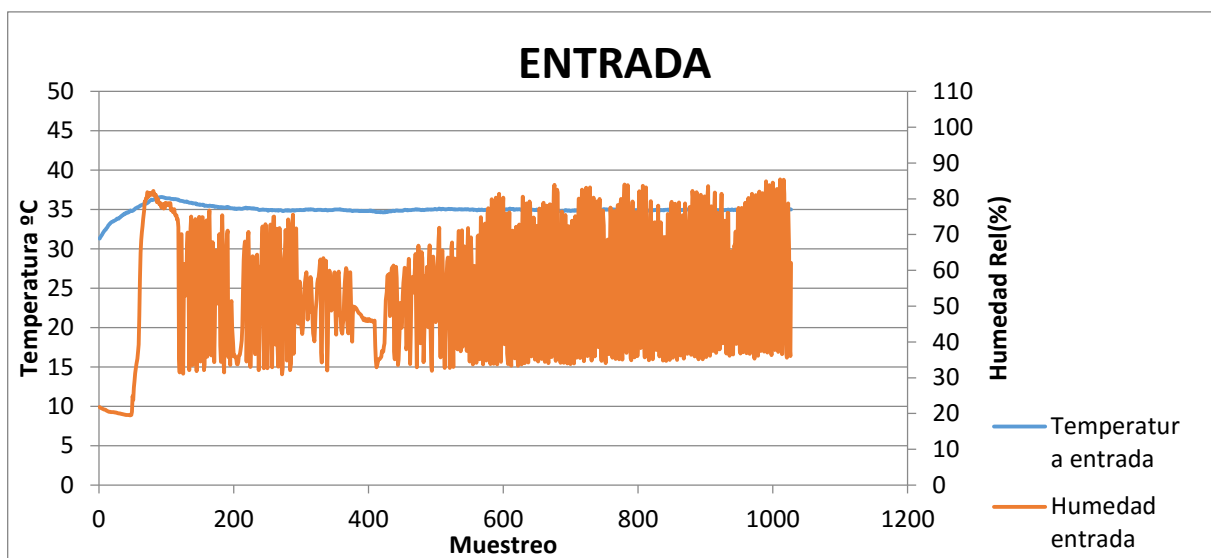


Figura A140 Evolución temporal a la entrada.

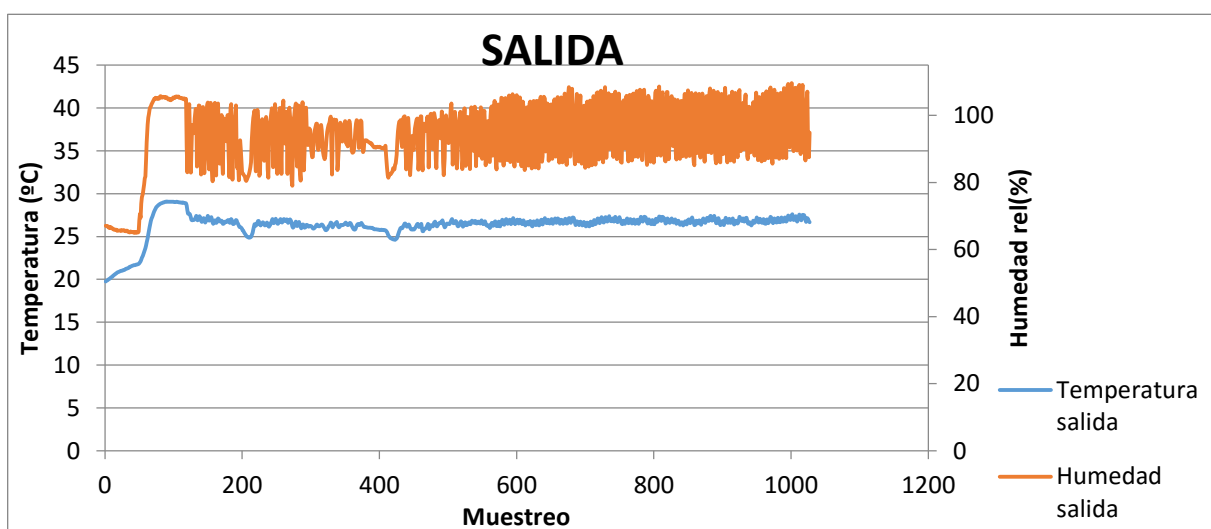


Figura A141 Evolución temporal a la salida.

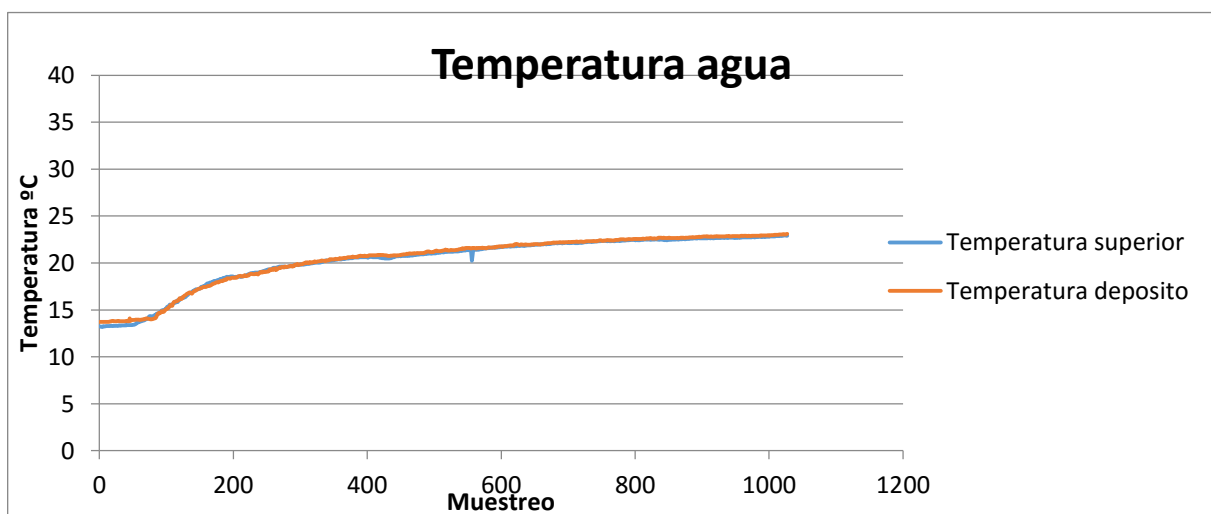


Figura A142 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -8.439 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 2.957 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.482 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se sigue una evolución adiabática

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0013 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático. Se tiene una entalpía perdida por el aire del orden de la ganada latentemente.

Experimento 36

El experimento número 36 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $7.5\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.00	69.73	20.99	100	19.48

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A137):

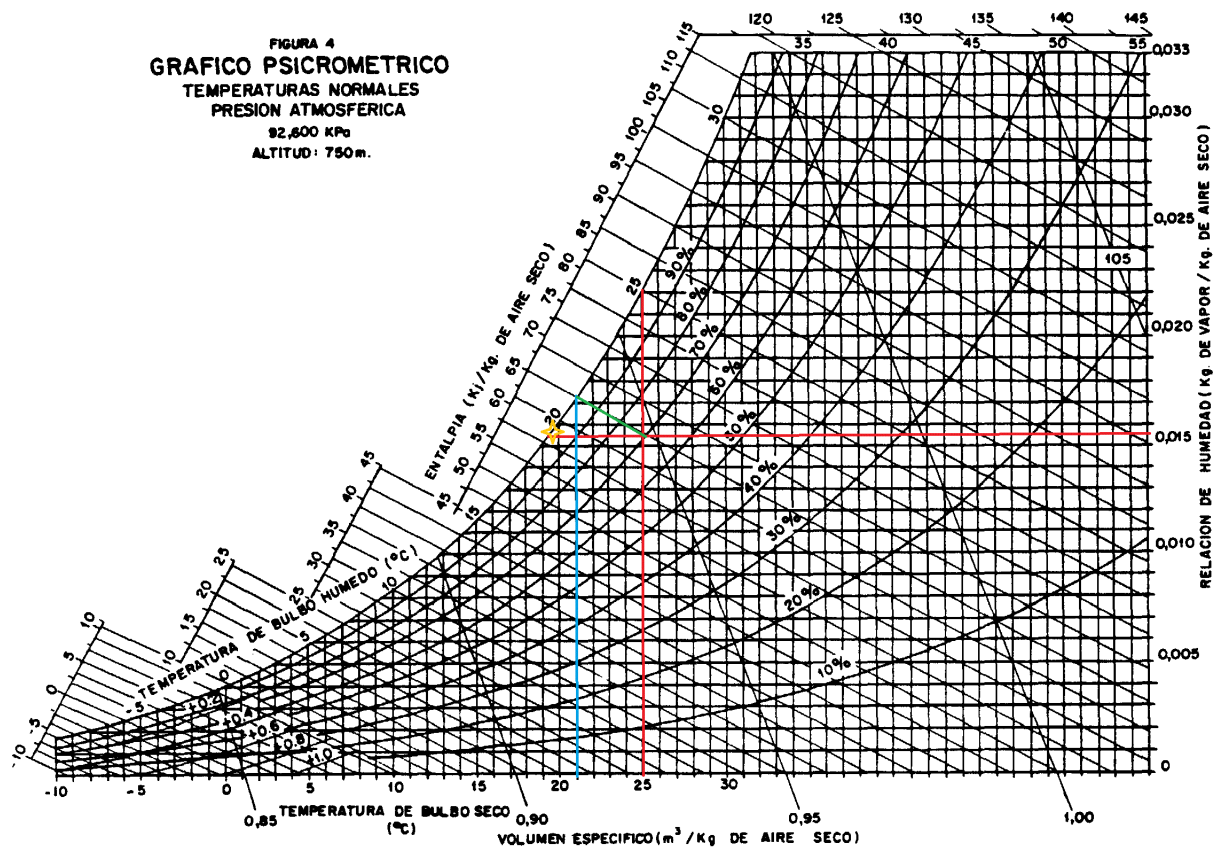


Figura A137 Diagrama psicrométrico Q $7.5\text{m}^3/\text{min}$ Te 25°C Hr 70%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A138), salida (figura A139) y del agua acumulada (figura A140) se representan a continuación:

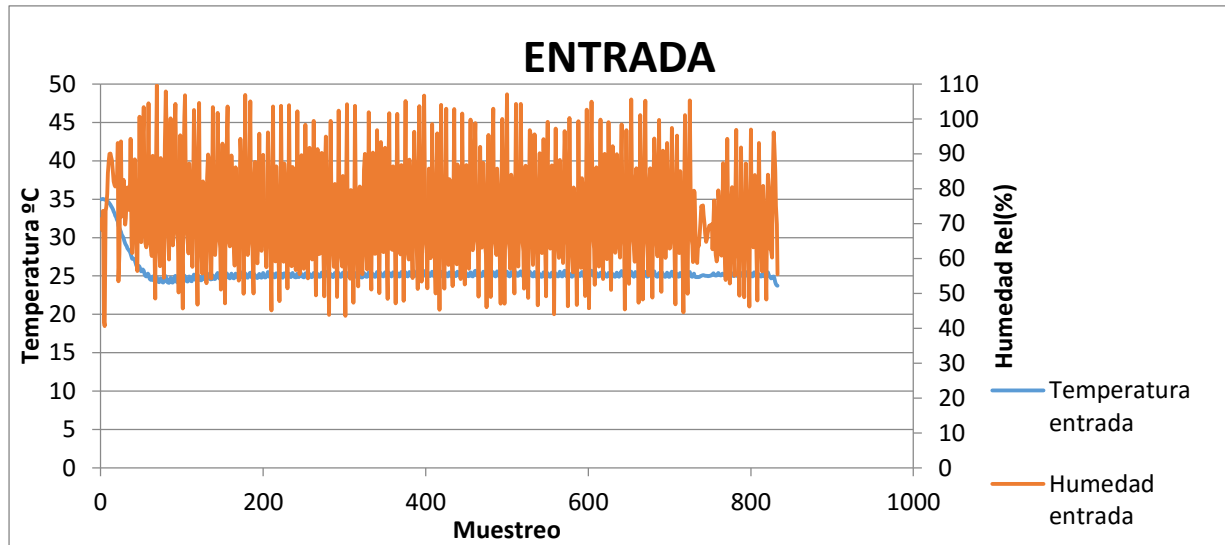


Figura A138 Evolución temporal a la entrada.

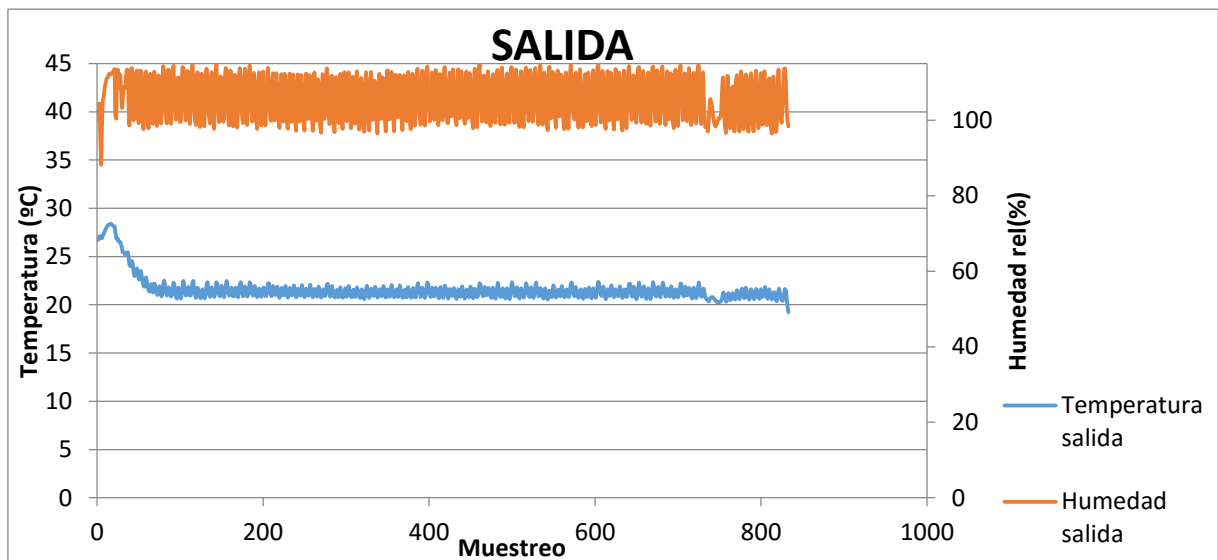


Figura A139 Evolución temporal a la salida.

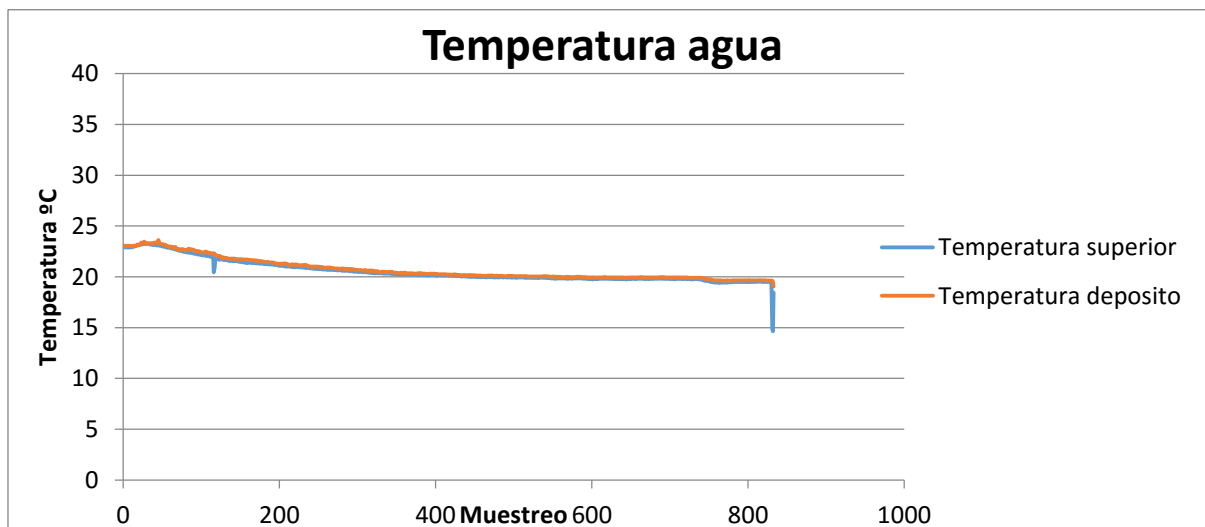


Figura A140 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -4.153 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 4.288 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = 0.135 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.97(100\%)$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0019 \frac{g}{kg}$$

Experimento 37

El experimento número 37 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
34.56	33.65	23.46	85.76	19.16

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A141):

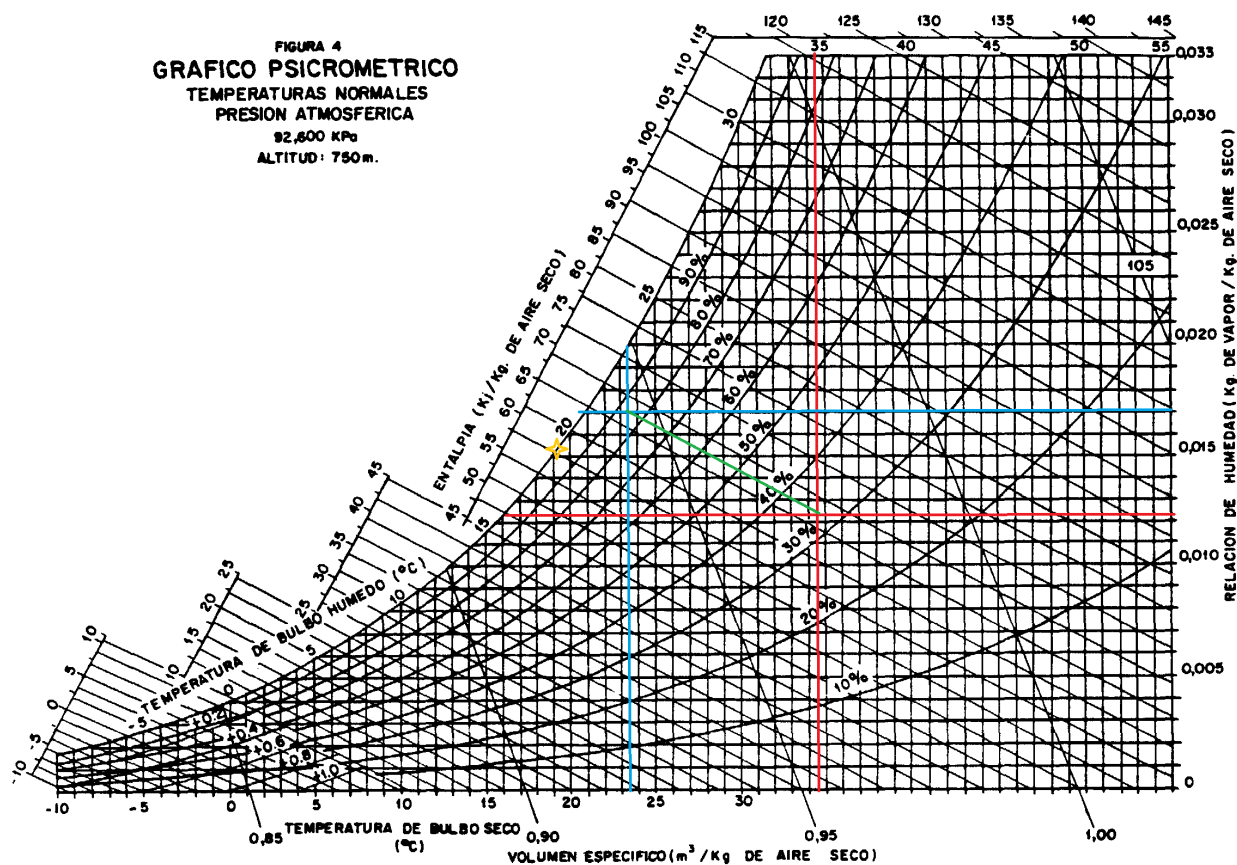


Figura A141 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 35^\circ\text{C}$ $H_r\ 30\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A142), salida (figura A143) y del agua acumulada (figura A144) se representan a continuación:

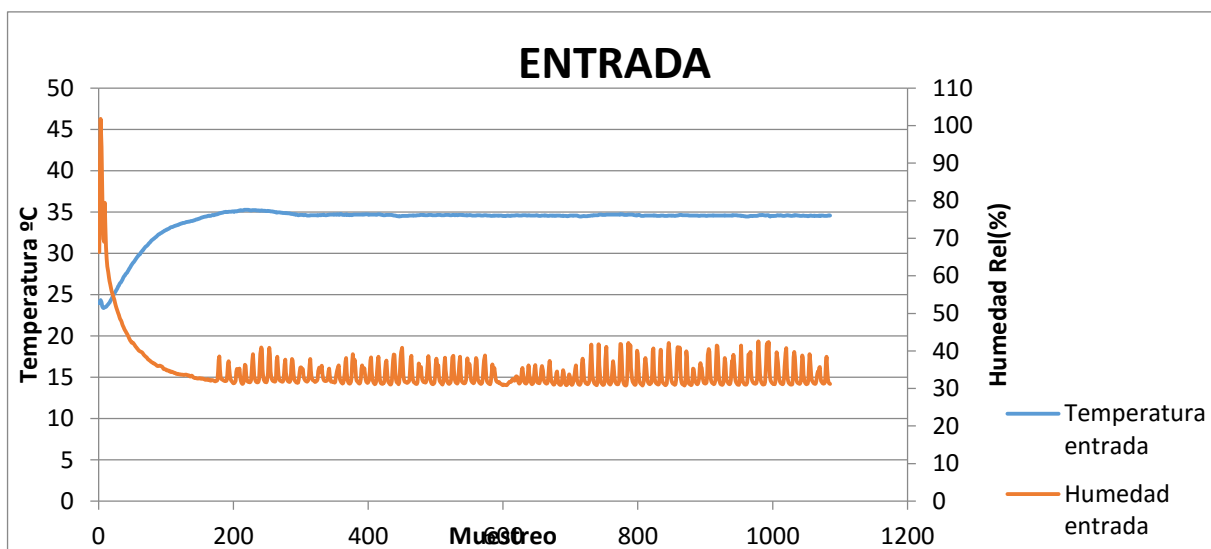


Figura A142 Evolución temporal a la entrada.

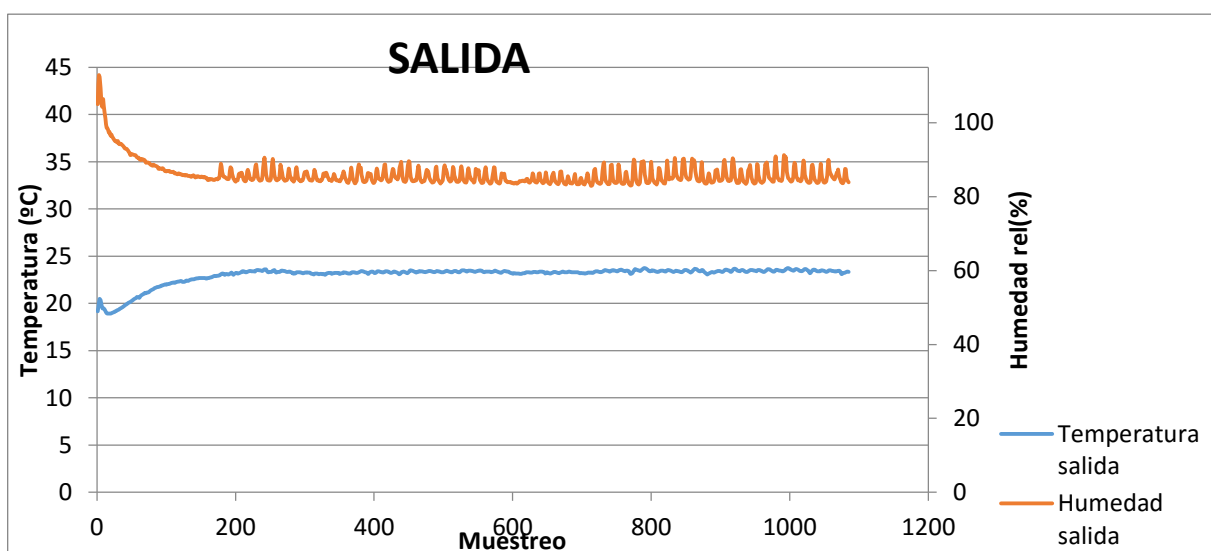


Figura A143 Evolución temporal a la salida.

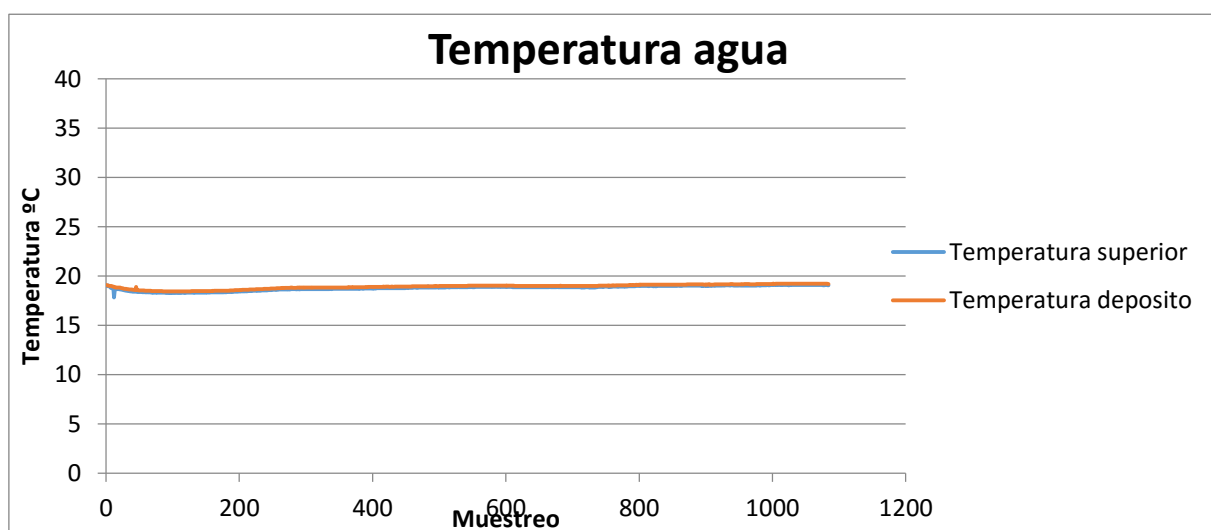


Figura A144 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -11.445 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 9.750 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.695 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.88$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0043 \frac{g}{kg}$$

Experimento 38

El experimento número 38 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
40.75	48.59	28.97	100	24.61

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A145):

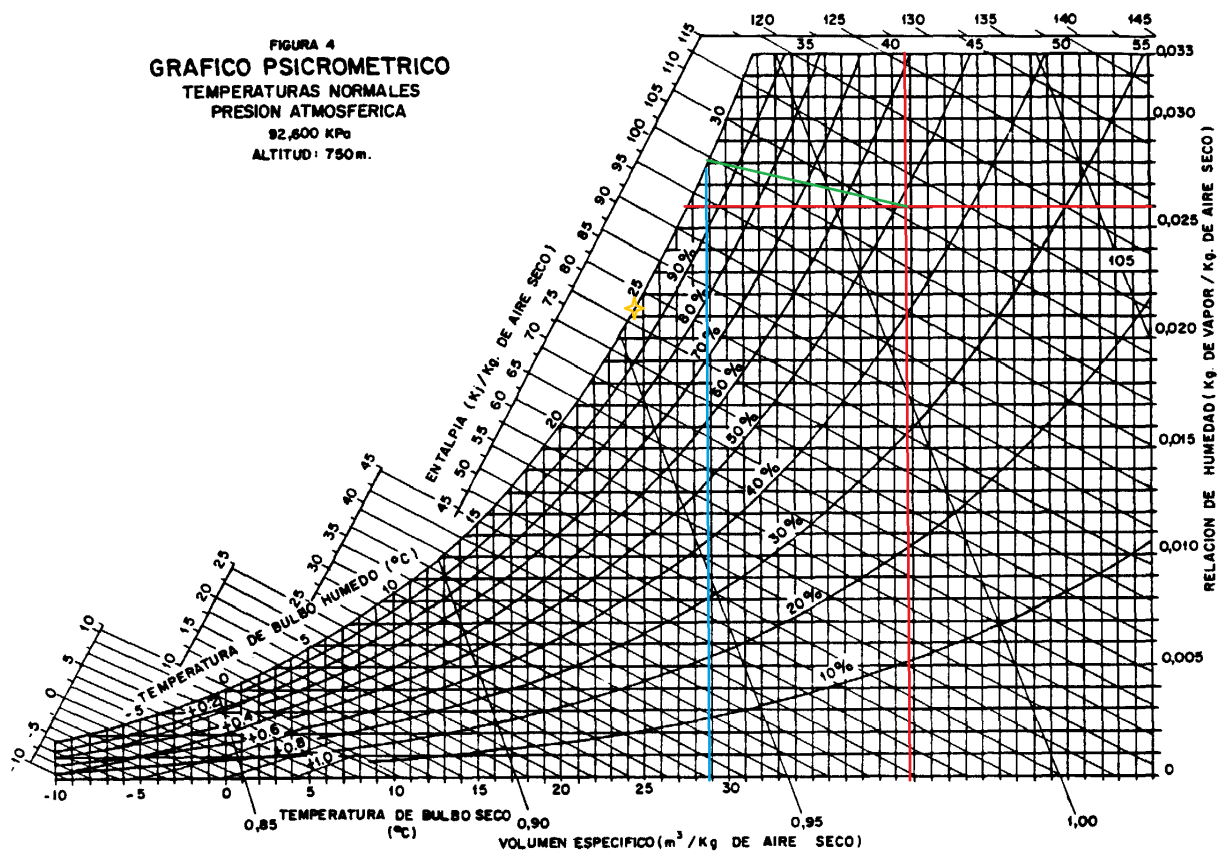


Figura A145 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 40^\circ\text{C}$ $H_r\ 40\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A146), salida (figura A147) y del agua acumulada (figura A148) se representan a continuación:

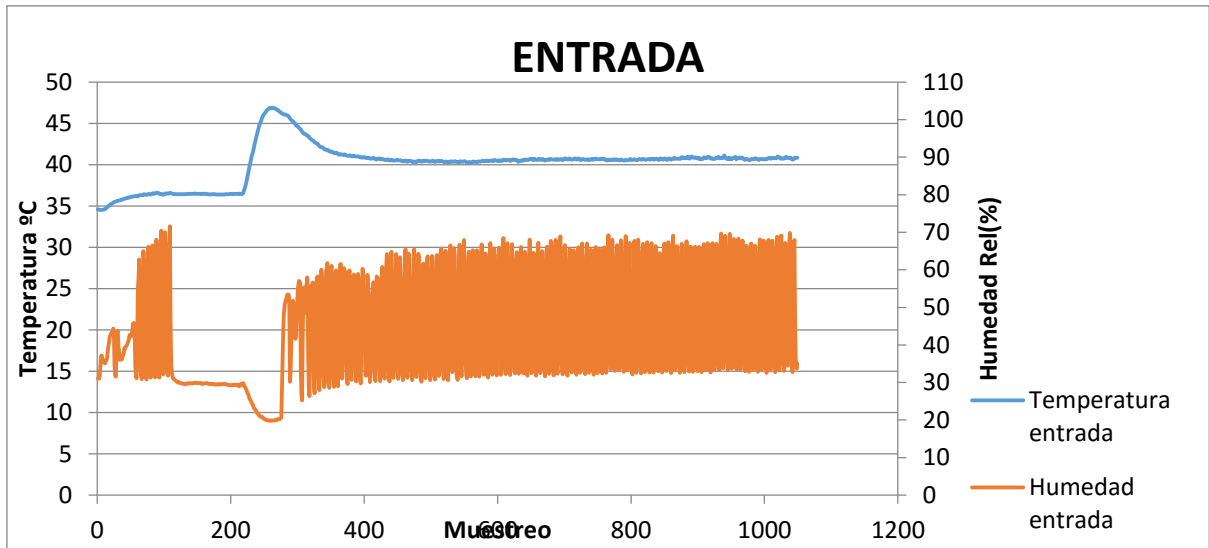


Figura A146 Evolución temporal a la entrada.

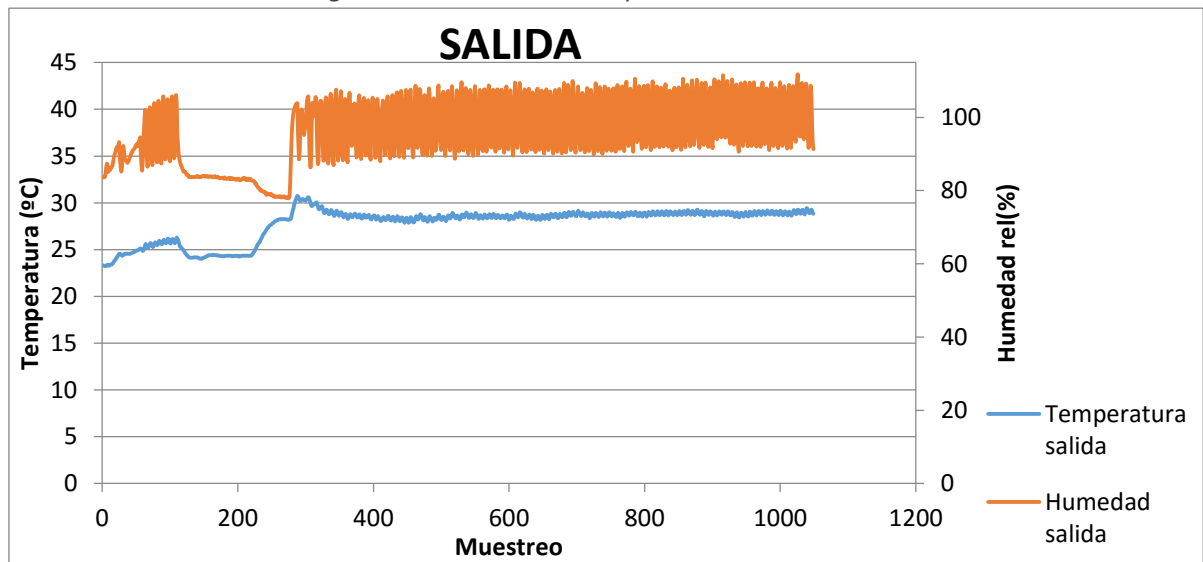


Figura A147 Evolución temporal a la salida.

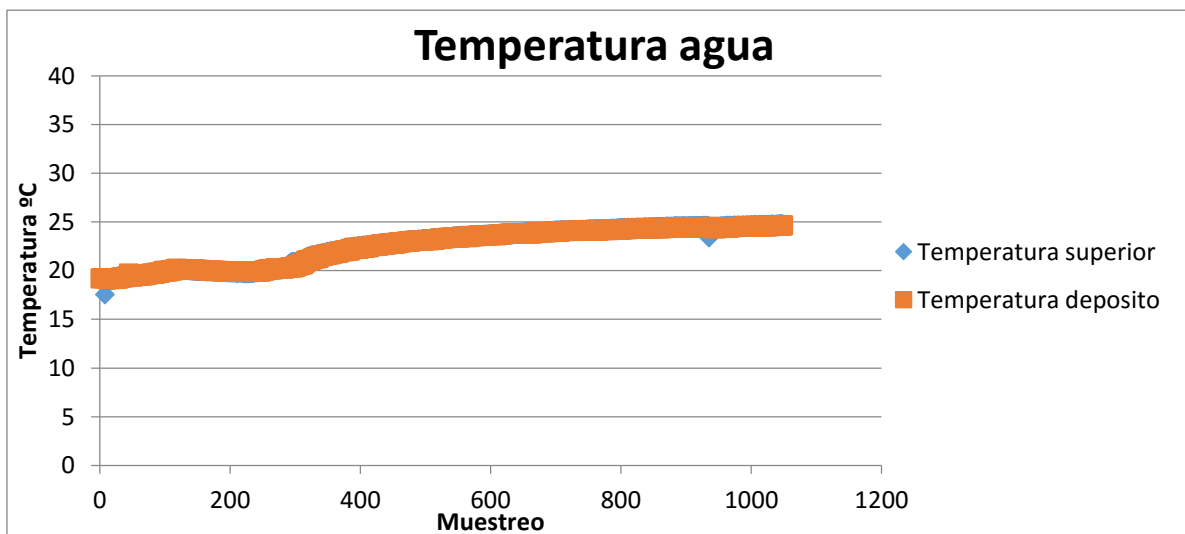


Figura A148 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -12.429 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 4.175 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -8.253 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede tomarse este experimento como adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0019 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no es adiabático. El aire se satura y se enfría sensiblemente con el agua.

Experimento 39

El experimento número 39 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.27	60.24%	22.94	100	20.42

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A149):

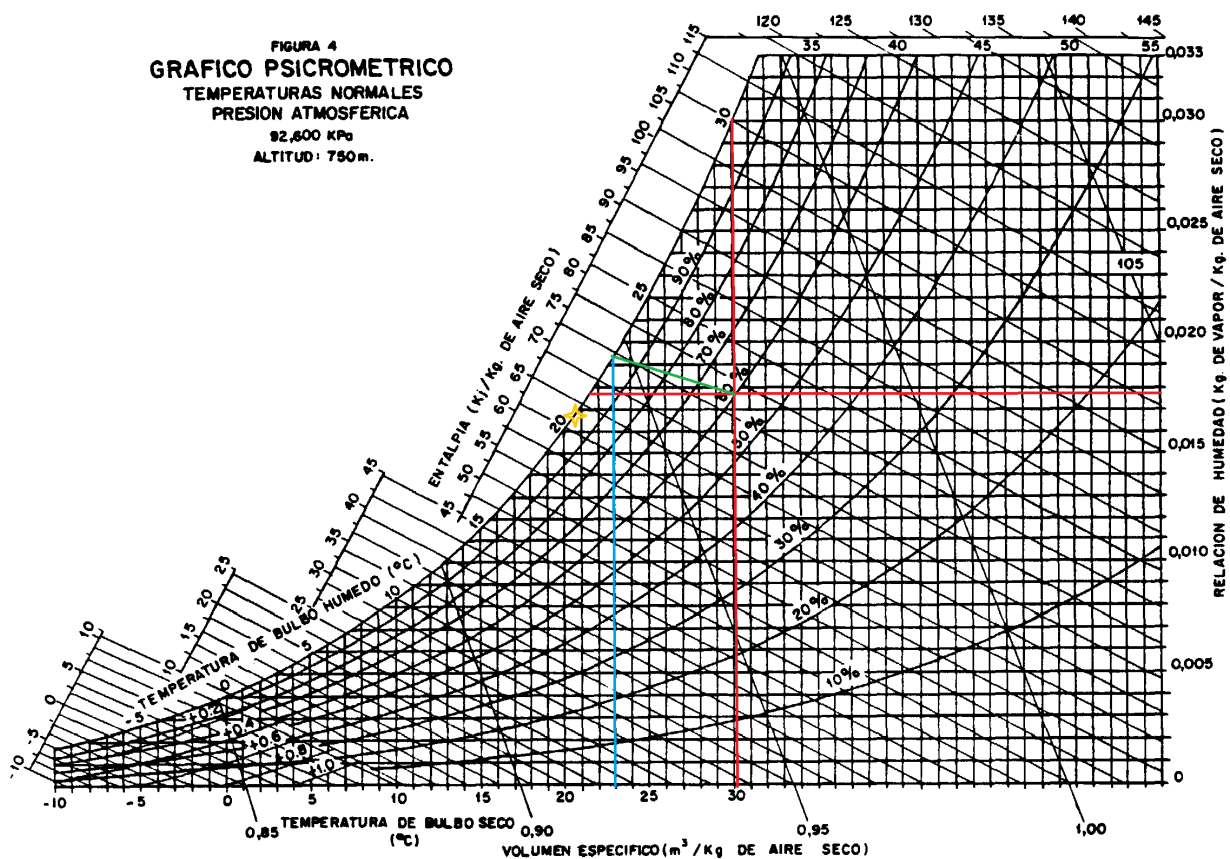


Figura A149 Diagrama psicrométrico Q $5\text{m}^3/\text{min}$ Te 40°C Hr 40%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A150), salida (figura A151) y del agua acumulada (figura A152) se representan a continuación:

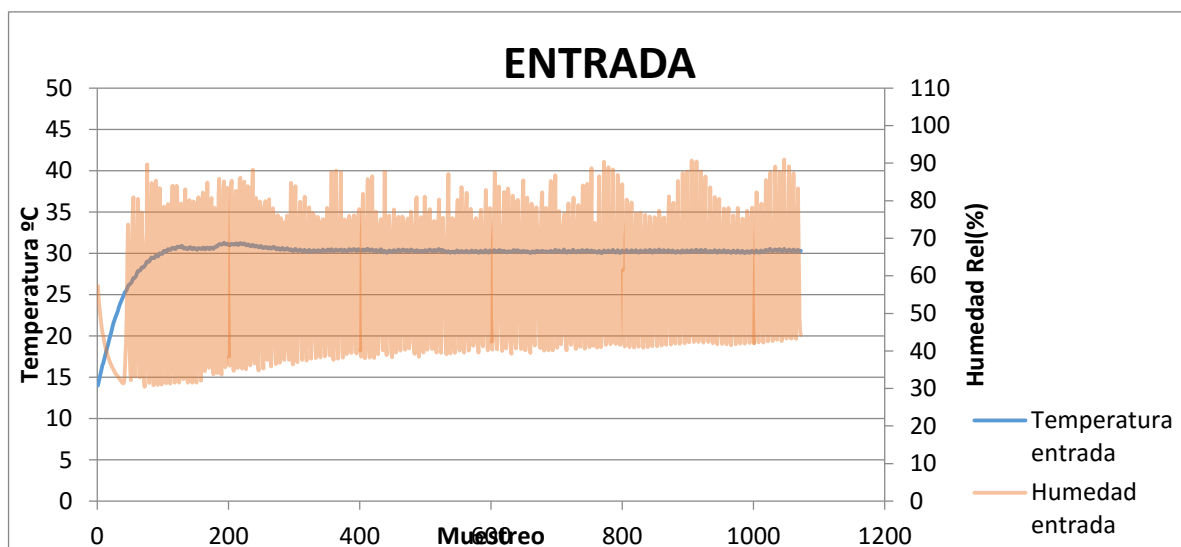


Figura A150 Evolución temporal a la entrada.

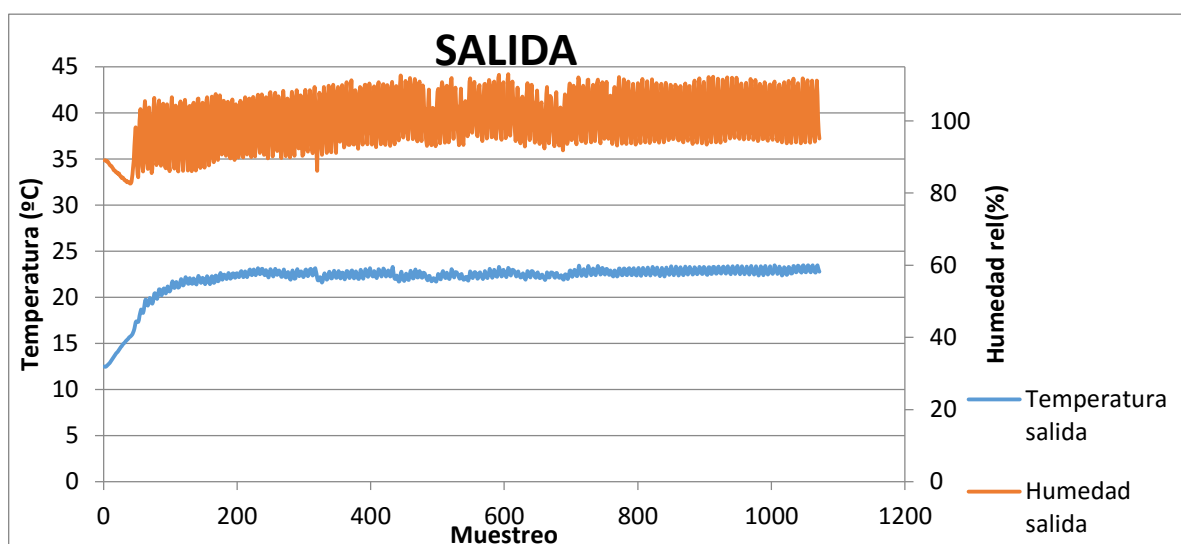


Figura A151 Evolución temporal a la salida.

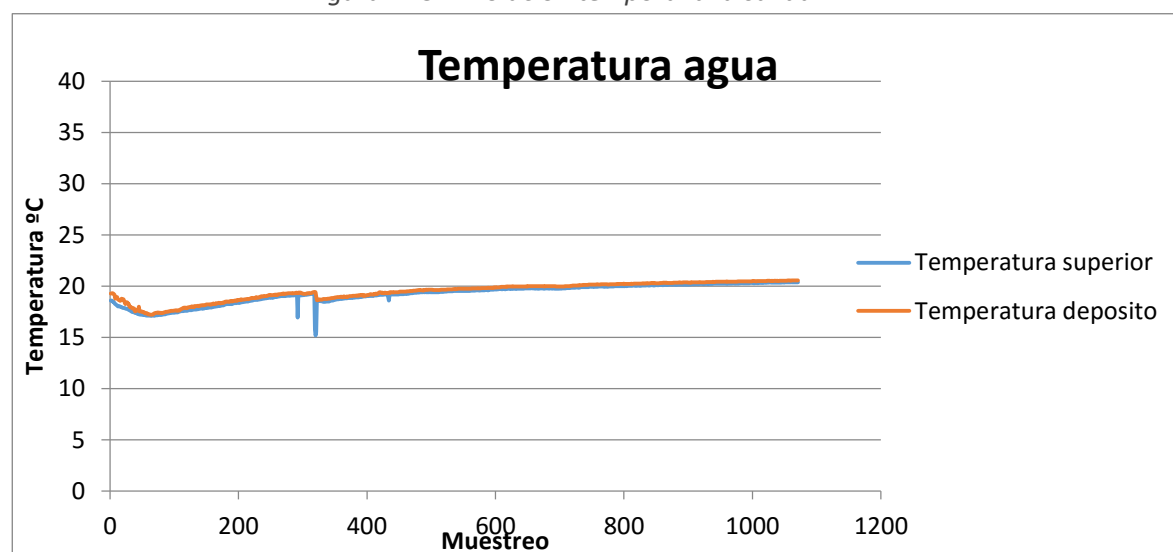


Figura A152 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -7.627 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 3.137 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -4.490 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede tomarse este experimento como adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0014 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no es adiabático. El aire se satura y se enfría sensiblemente con el agua.

Experimento 40

El experimento número 40 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 14%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
51.52	14.59	30.34	74.00	22.44

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A153):

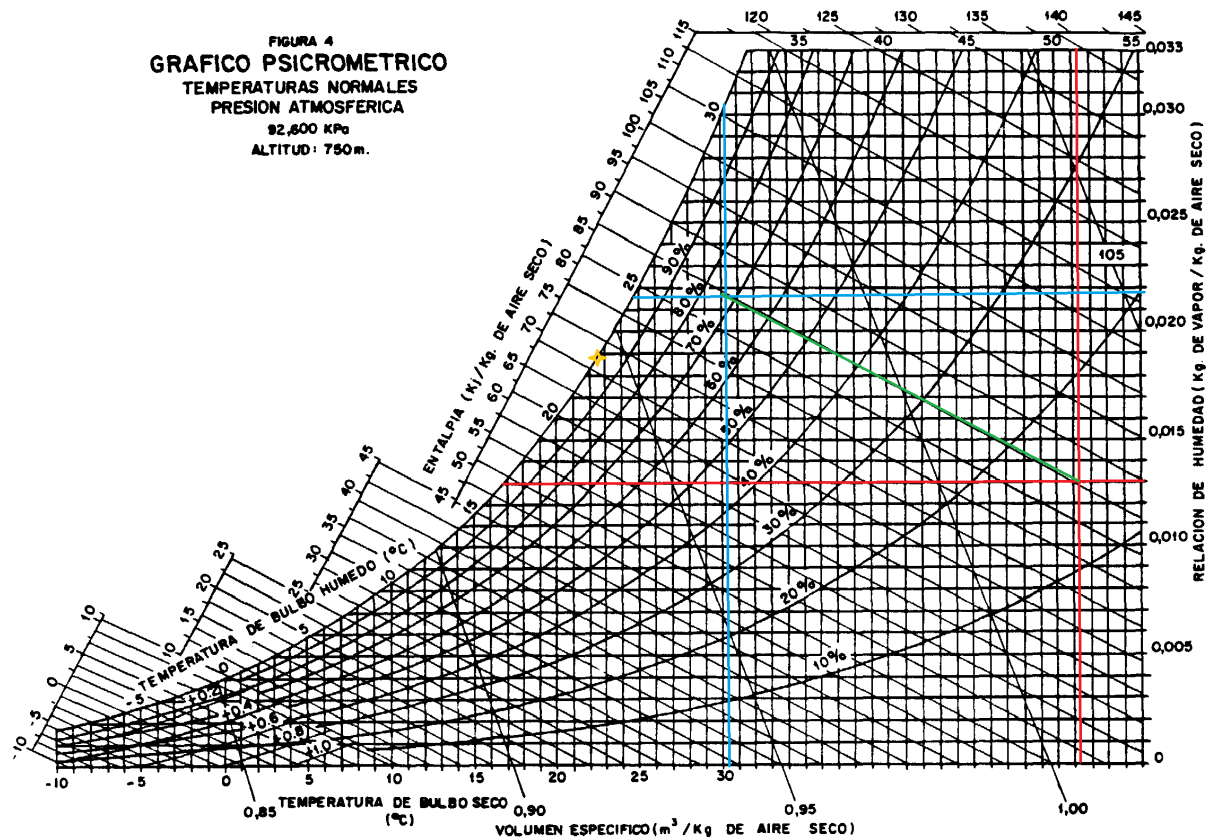


Figura A153 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 14\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A154), salida (figura A155) y del agua acumulada (figura A156) se representan a continuación:

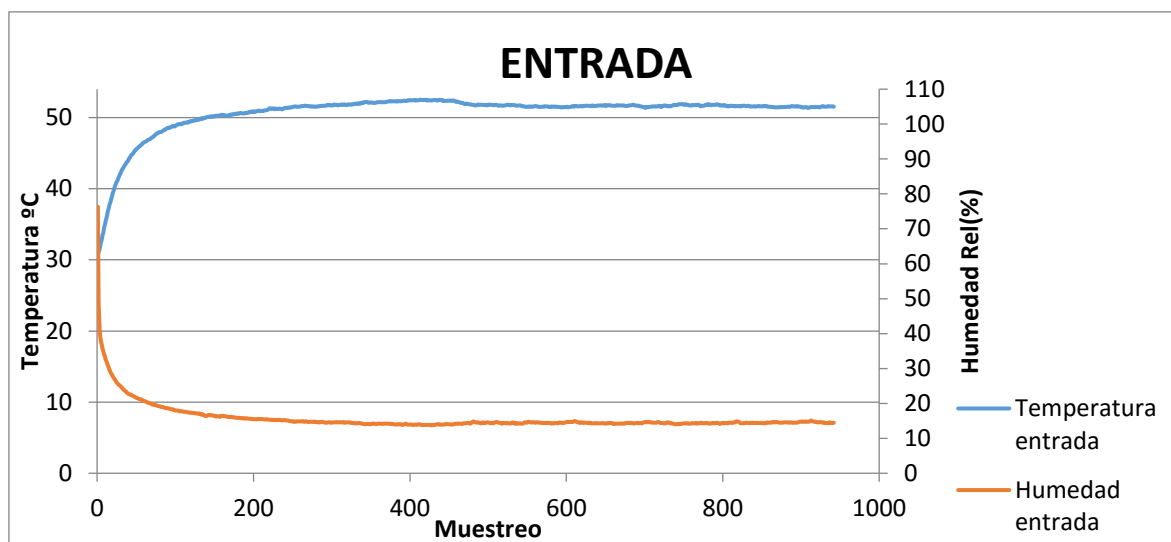


Figura A154 Evolución temporal a la entrada.

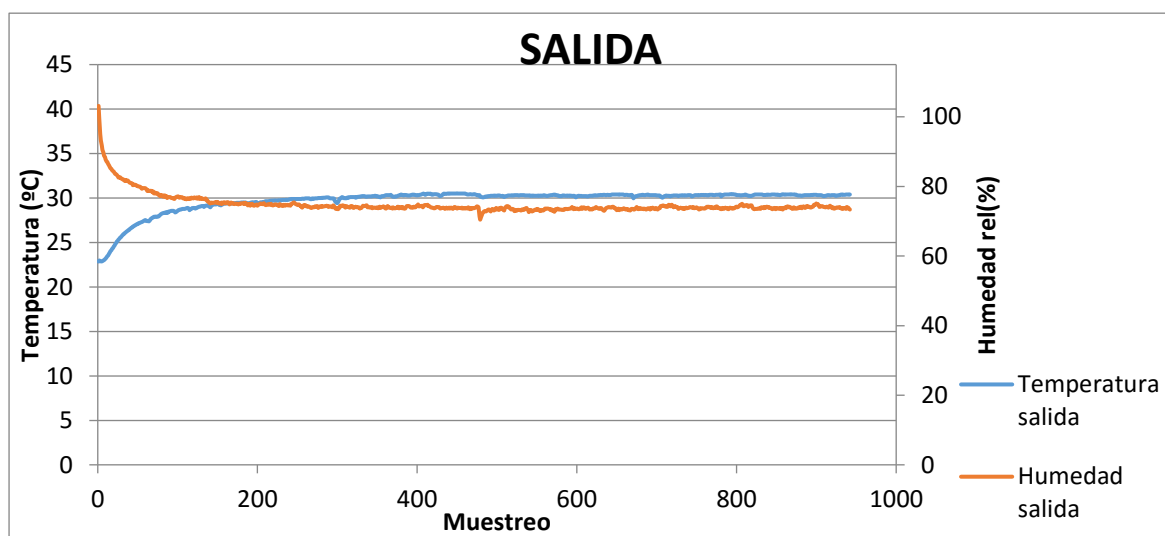


Figura A155 Evolución temporal a la salida.

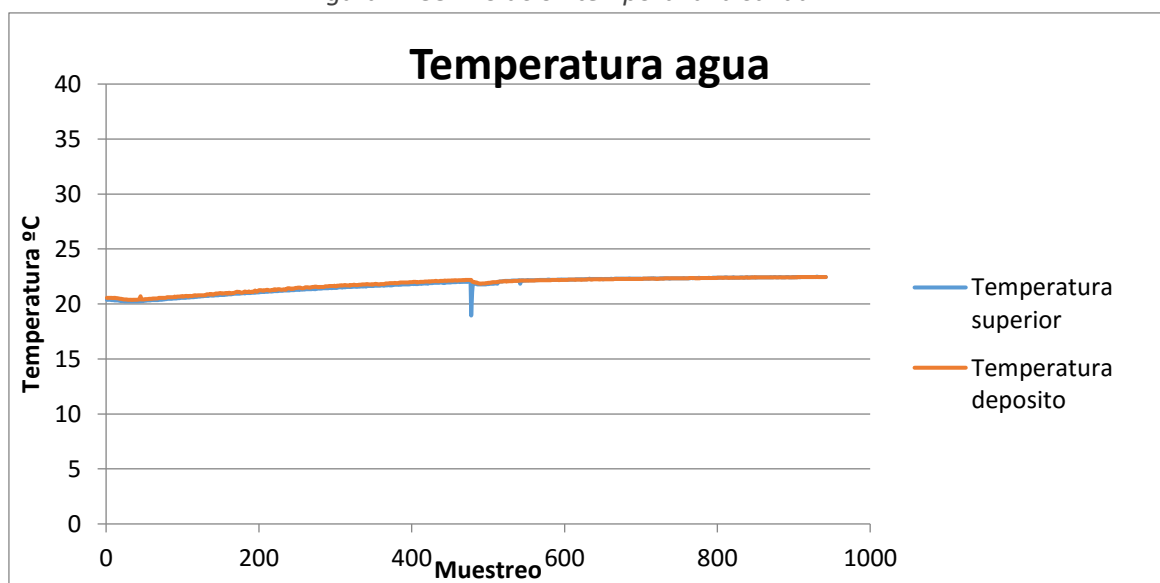


Figura A156 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -21.865 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 18.167 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -3.698 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.85$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0080 \frac{g}{kg}$$

Este proceso es adiabático si tenemos en consideración la precisión relativa de las sondas.

Experimento 41

El experimento número 41 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
51.60	28.49	32.84	87.68	25.59

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A157):

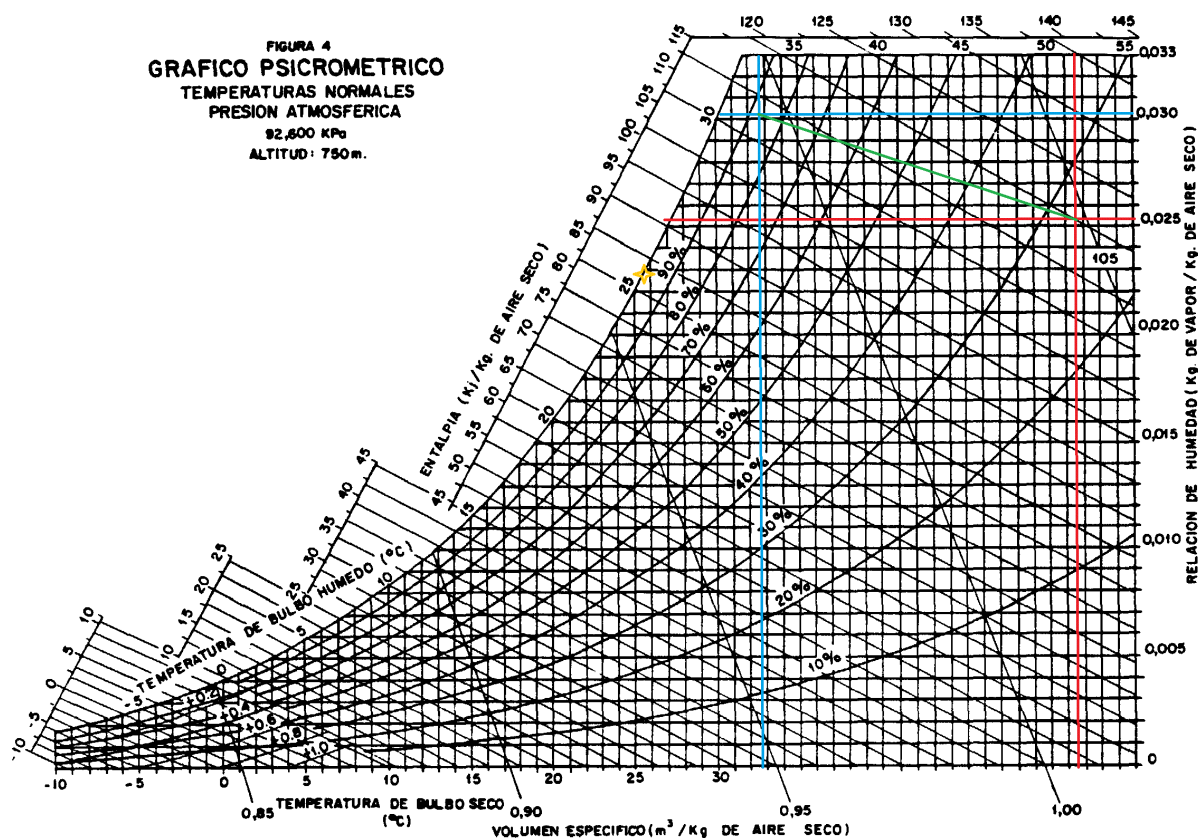


Figura A157 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 24\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A158), salida (figura A159) y del agua acumulada (figura A160) se representan a continuación:

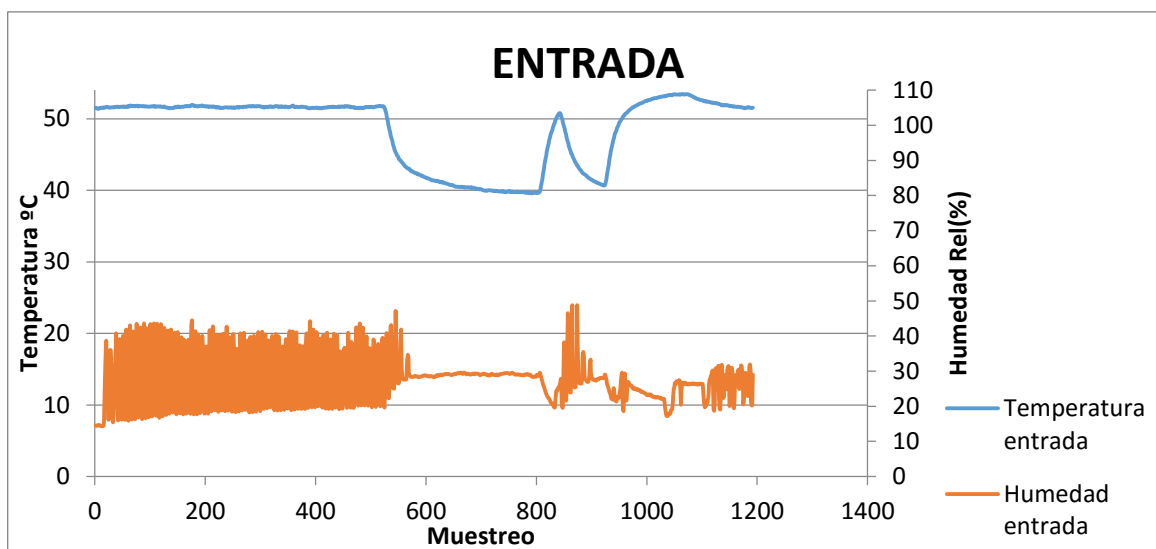


Figura A158 Evolución temporal a la entrada.

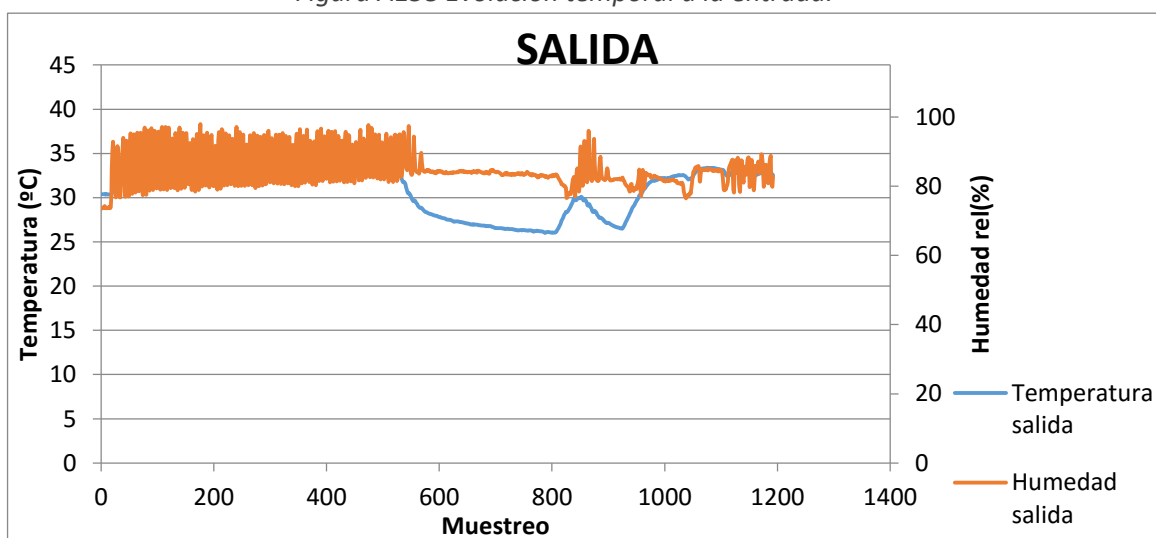


Figura A157 Evolución temporal a la salida.

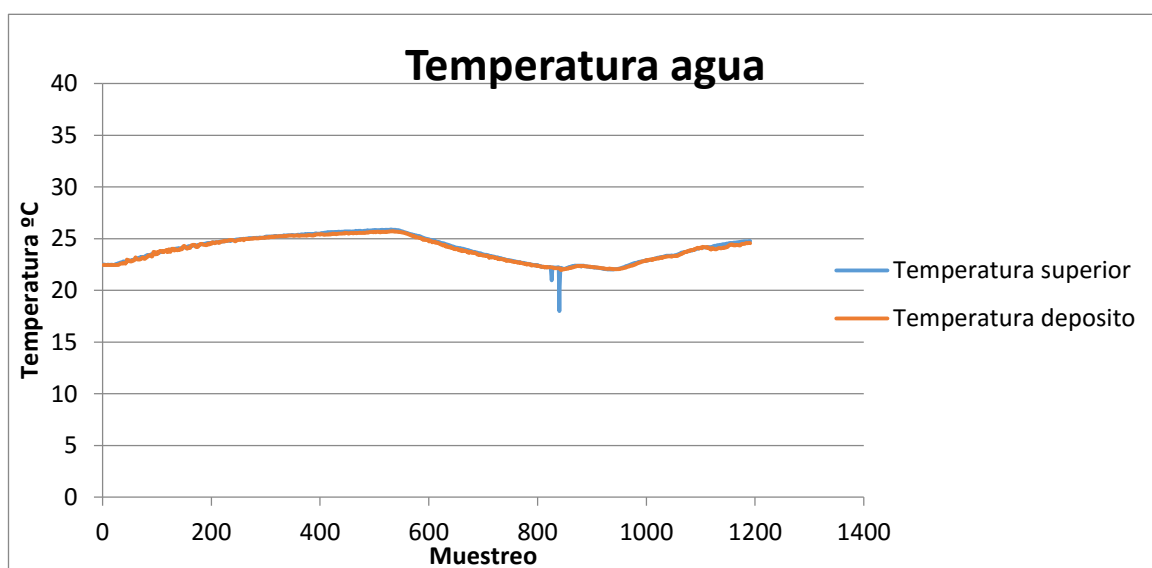


Figura A158 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -19.812 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 8.870 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -10.942 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0039 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático pues la entalpía perdida por el aire en el proceso es mayor incluso que la latente ganada. Un 5% de error de sondas no es aplicable.

Pueden verse dos picos en todas las evoluciones temporales. Estos picos se deben a una parada de la bomba de calor. El evaporador situado en el tejado, al aumentar la temperatura exterior por las fechas de experimentación, evapora demasiado. Esto hace que la válvula termostática se abra al máximo aumentando la presión y parando la bomba de calor por alta presión.

Experimento 42

El experimento número 42 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.20	71.65	20.88	100	20.00

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A161):

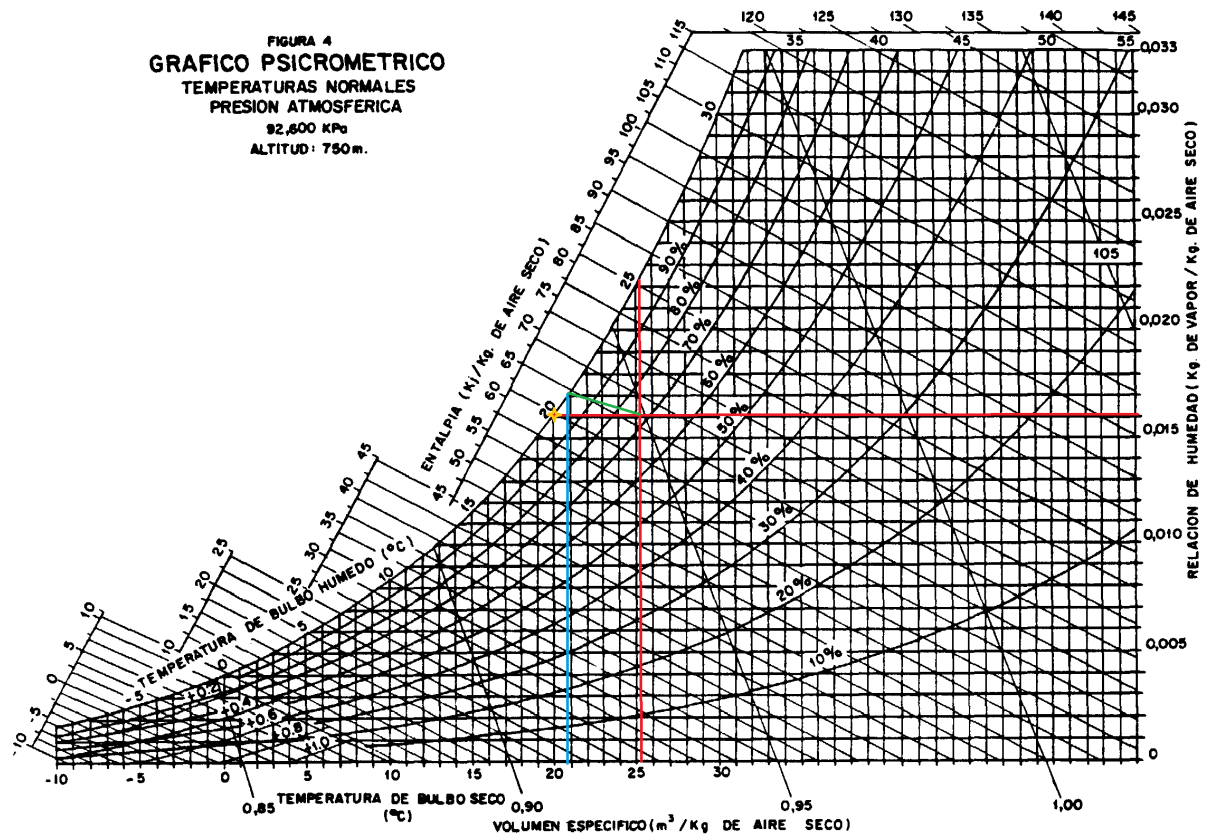


Figura A161 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 24\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A162), salida (figura A163) y del agua acumulada (figura A164) se representan a continuación:

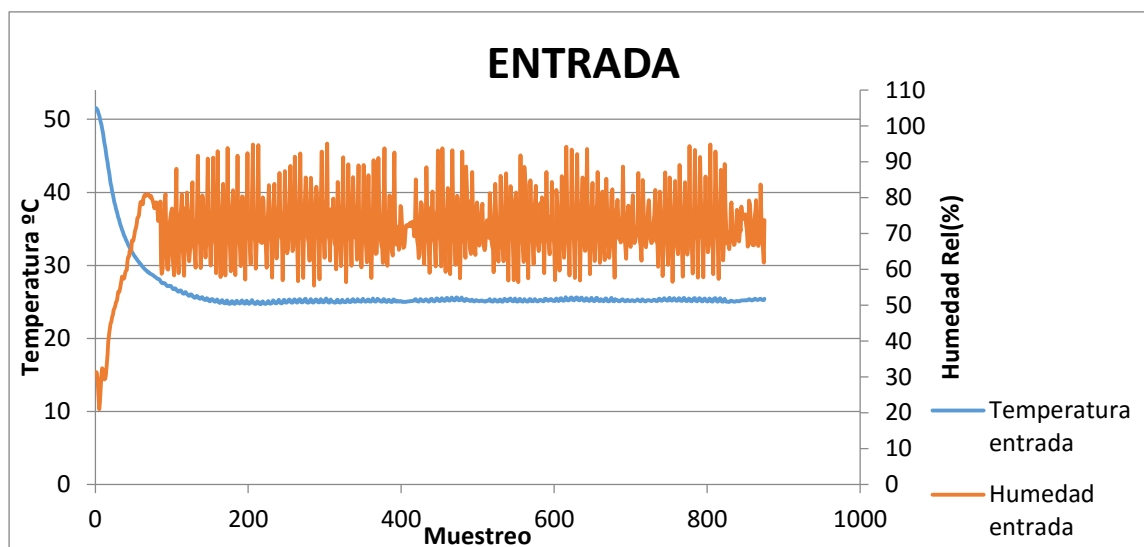


Figura A162 Evolución temporal a la entrada.

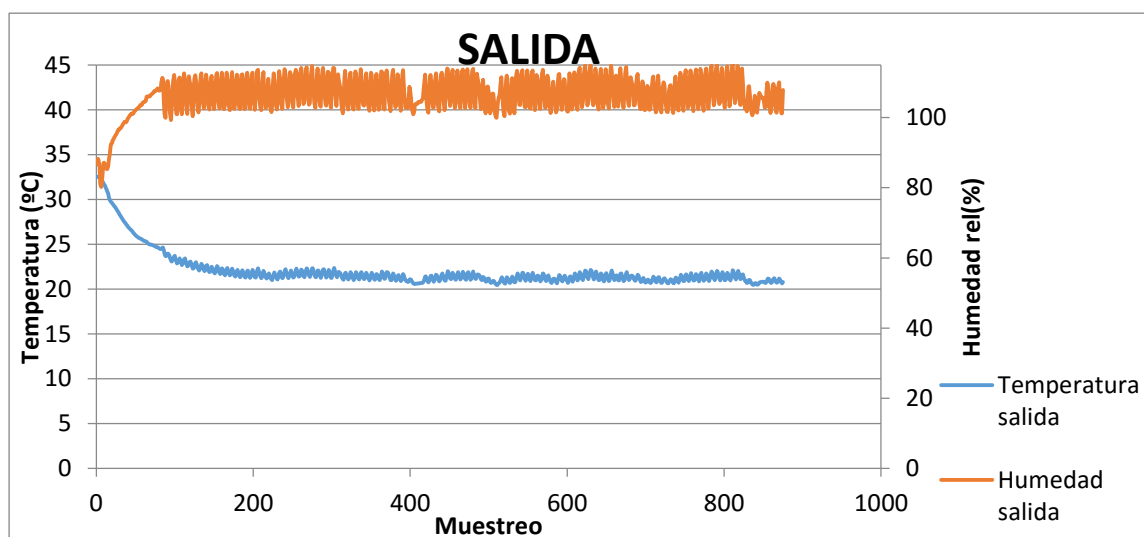


Figura A163 Evolución temporal a la salida.

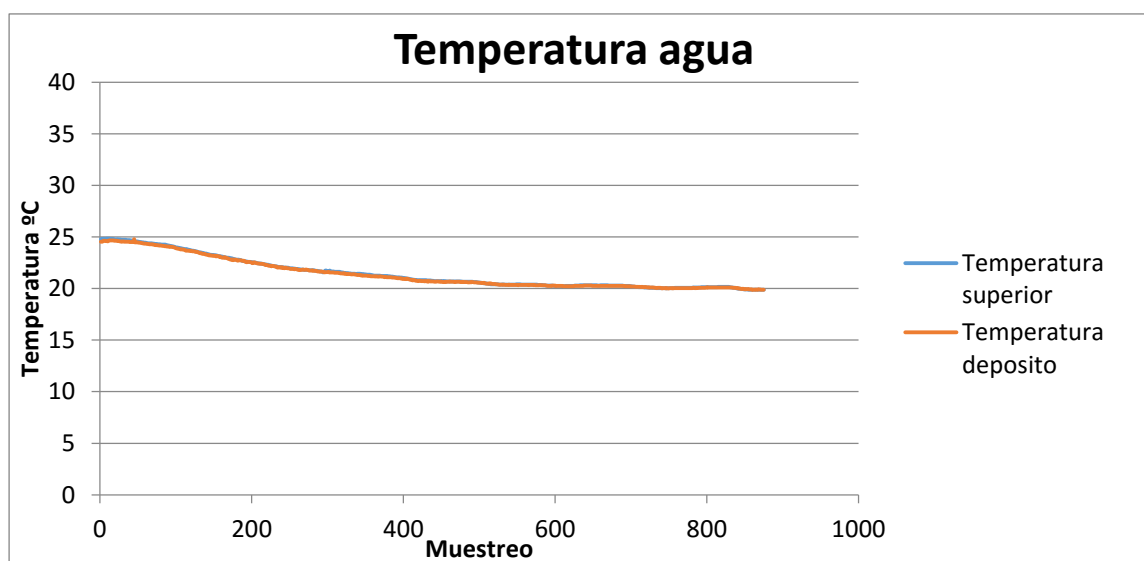


Figura A164 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -4.479 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 2.641 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -1.838 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0012 \frac{g}{kg}$$

El proceso no puede considerarse adiabático pues el calor sensible y el latente difieren mucho un orden del 100%,

Experimento 43

El experimento número 43 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.79	55.77	18.79	91.85	16.69

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A165):

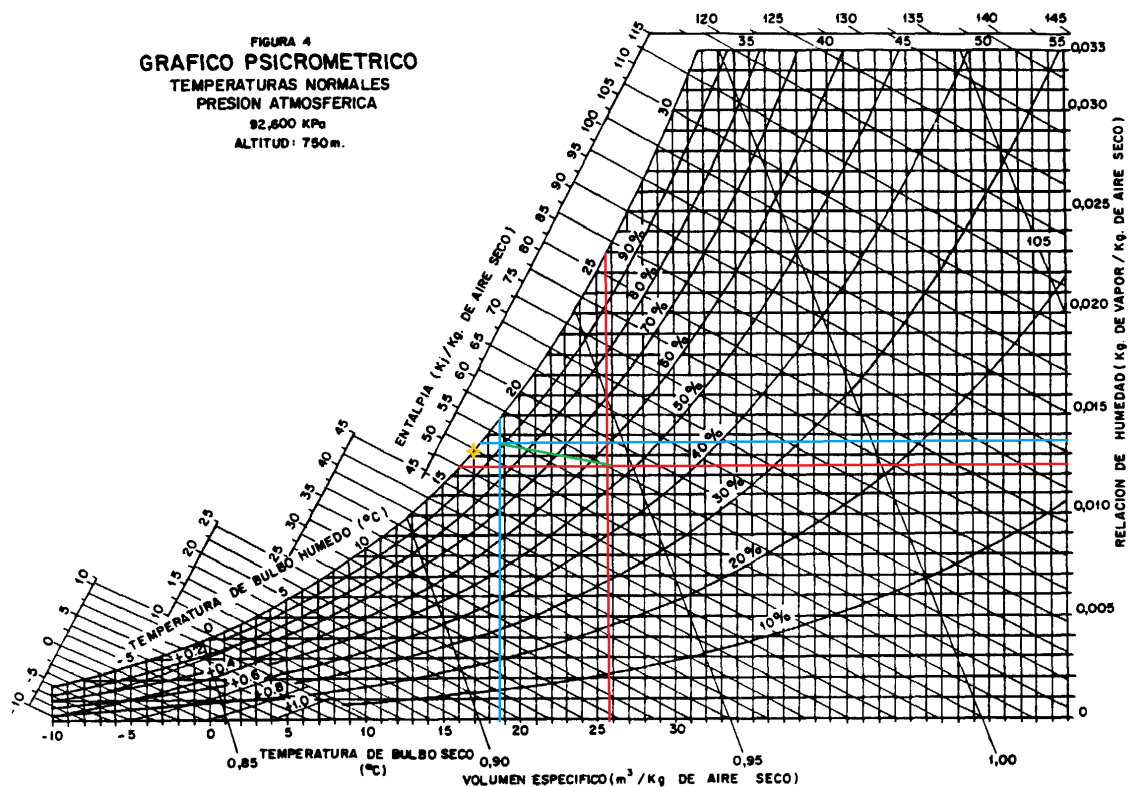


Figura A165 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 25^\circ\text{C}$ $H_r\ 50\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A166), salida (figura A167) y del agua acumulada (figura A168) se representan a continuación:

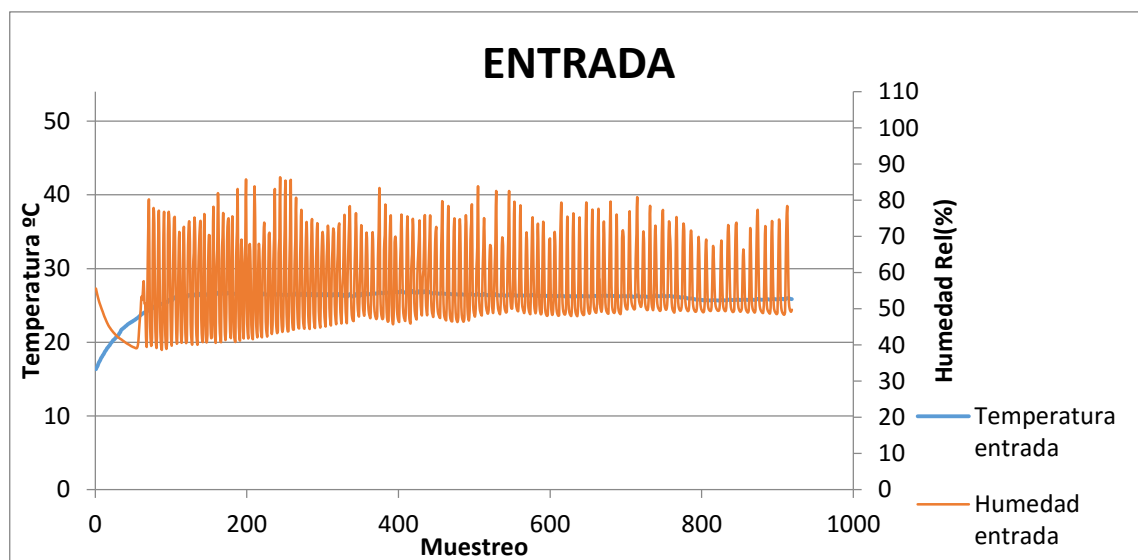


Figura A166 Evolución temporal a la entrada.

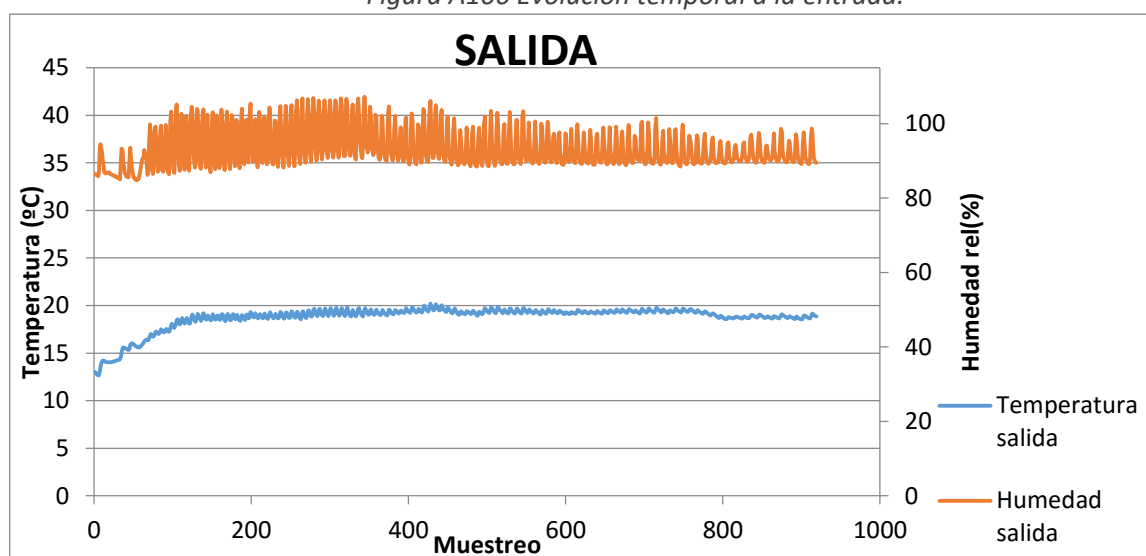


Figura A167 Evolución temporal a la salida.

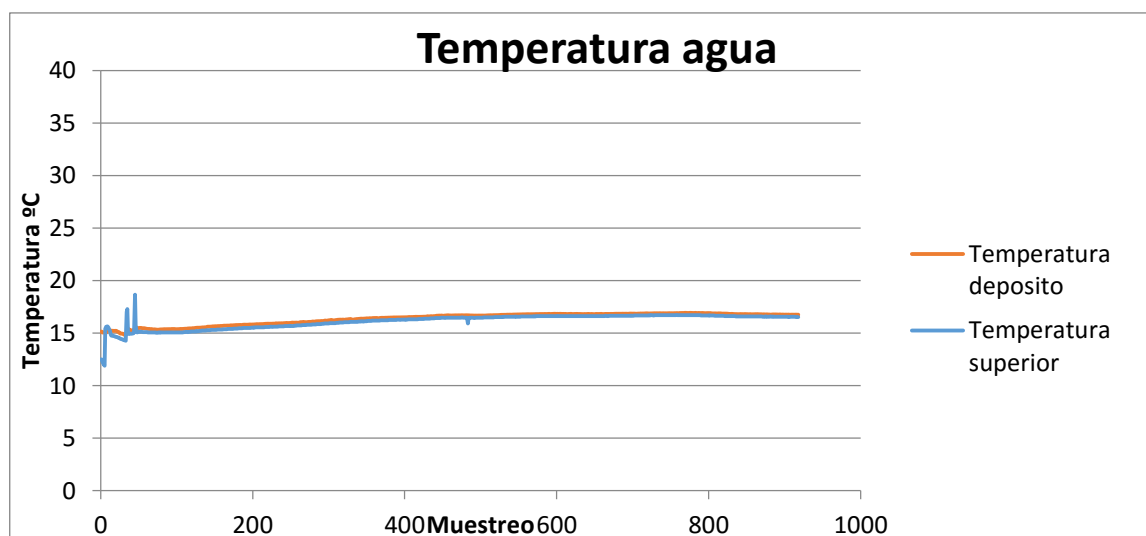


Figura A168 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -7.218 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 2.167 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.051 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0010 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático pues la entalpía perdida por el aire en el proceso es incluso mayor que la entalpía latente ganada.

Experimento 44

El experimento número 44 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
45.91	36.08	31.16	90.76	24.49

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A169):

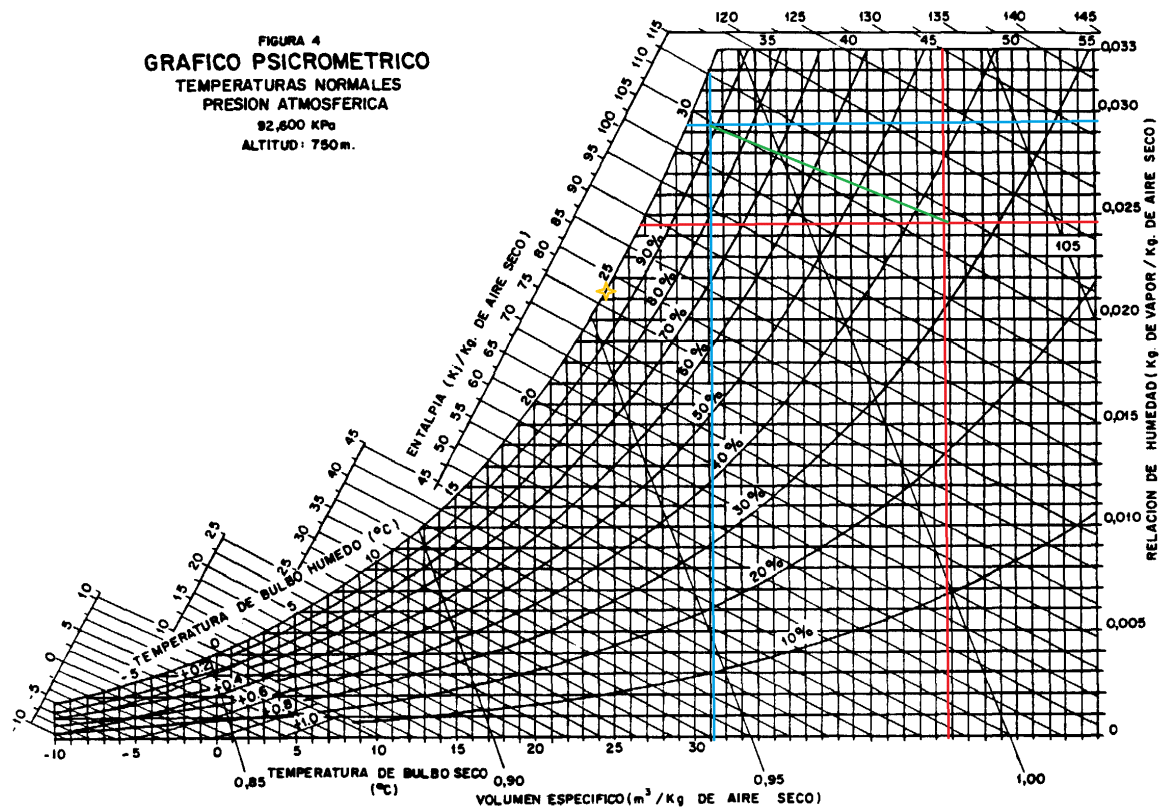


Figura A169 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 45^\circ\text{C}$ $H_r\ 30\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A170), salida (figura A171) y del agua acumulada (figura A172) se representan a continuación:

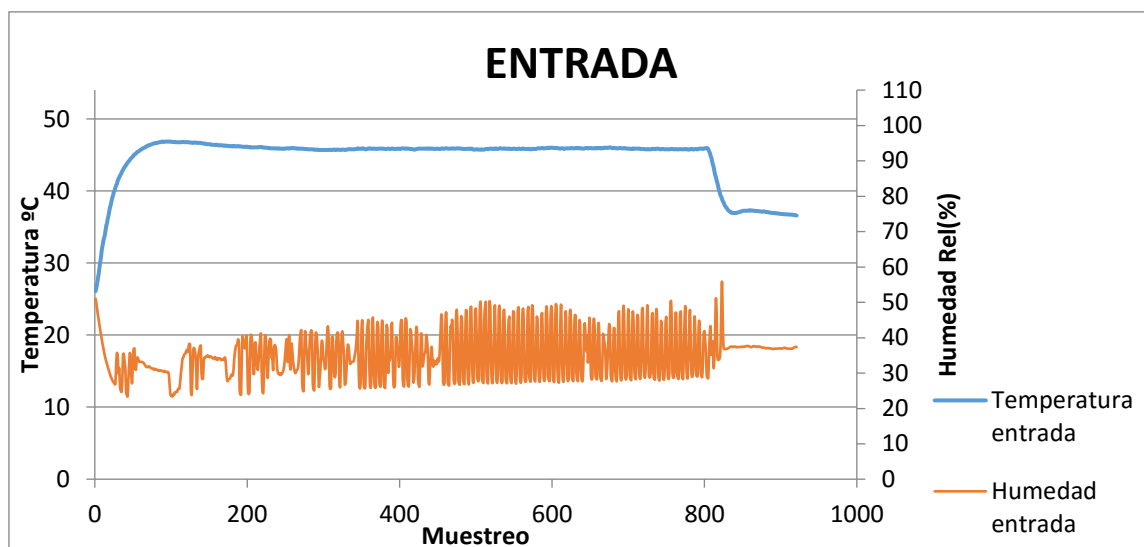


Figura A170 Evolución temporal a la entrada.

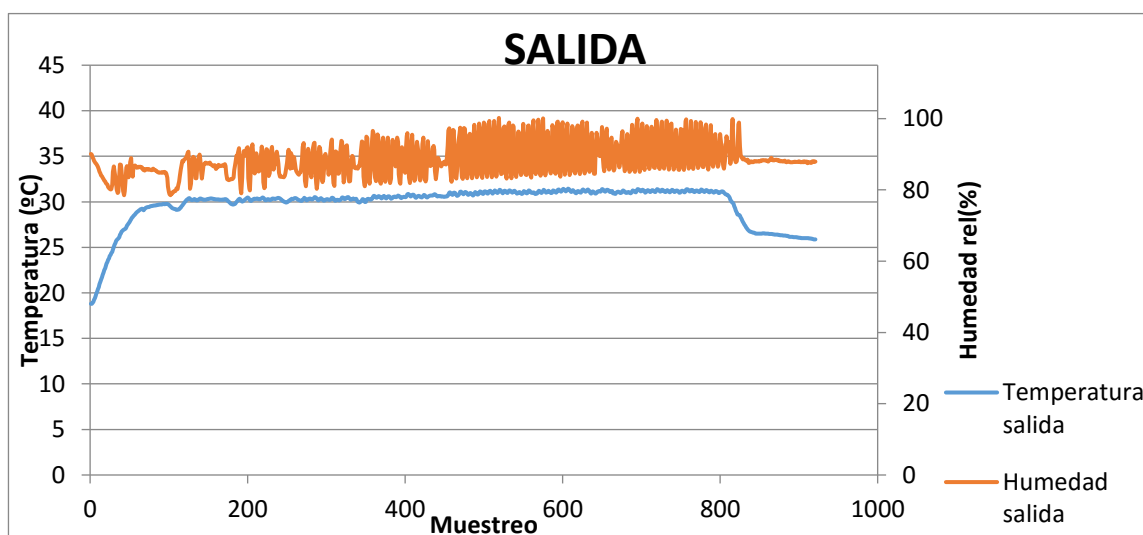


Figura A171 Evolución temporal a la salida.

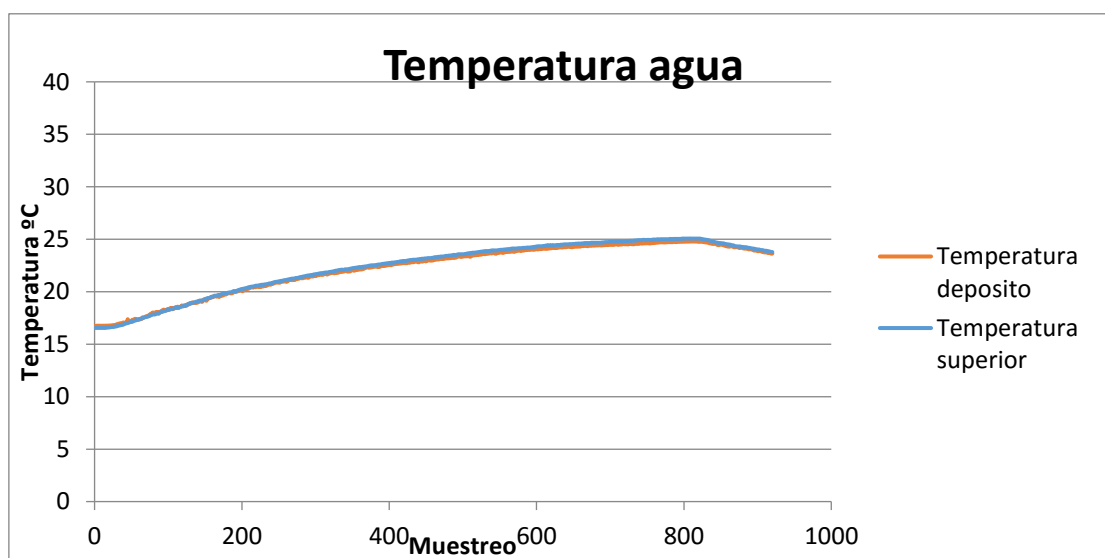


Figura A172 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -15.542 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.674 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -7.869 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0034 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático pues la entalpía perdida por el aire en el proceso es incluso mayor que la entalpía latente ganada.

Experimento 45

El experimento número 45 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
45.15	29.80	29.37	81.80	22.66

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A173):

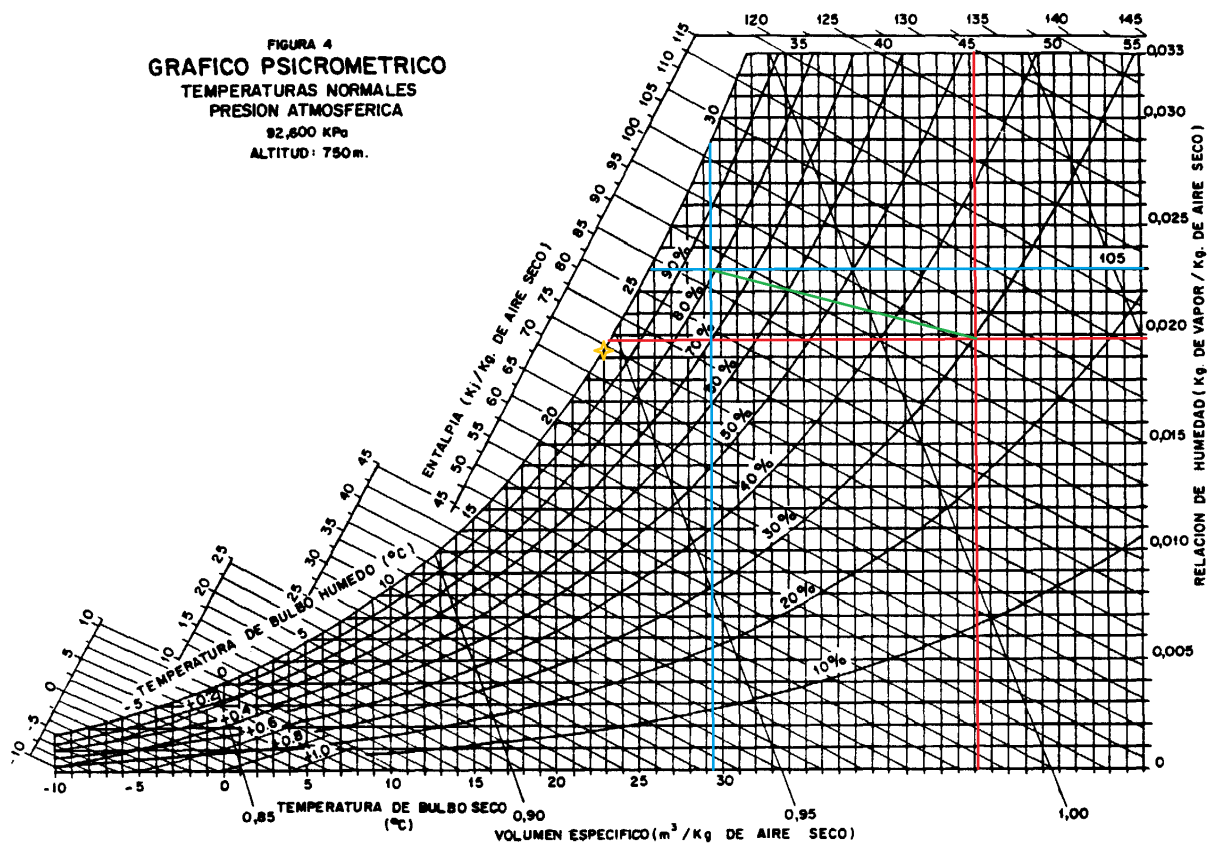


Figura A173 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 45^\circ\text{C}$ $H_r\ 24\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A174), salida (figura A175) y del agua acumulada (figura A176) se representan a continuación:

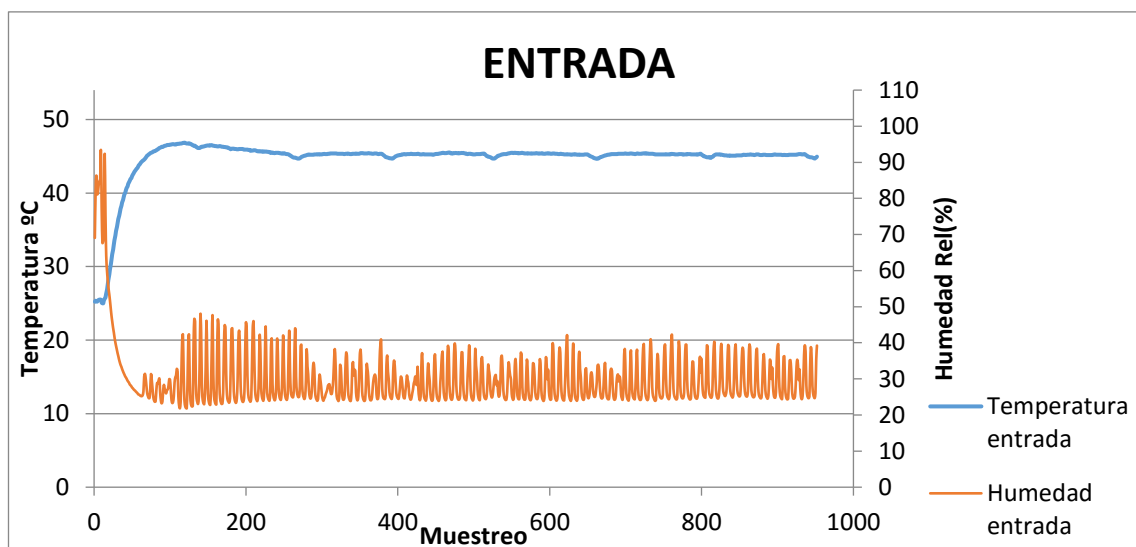


Figura A174 Evolución temporal a la entrada.

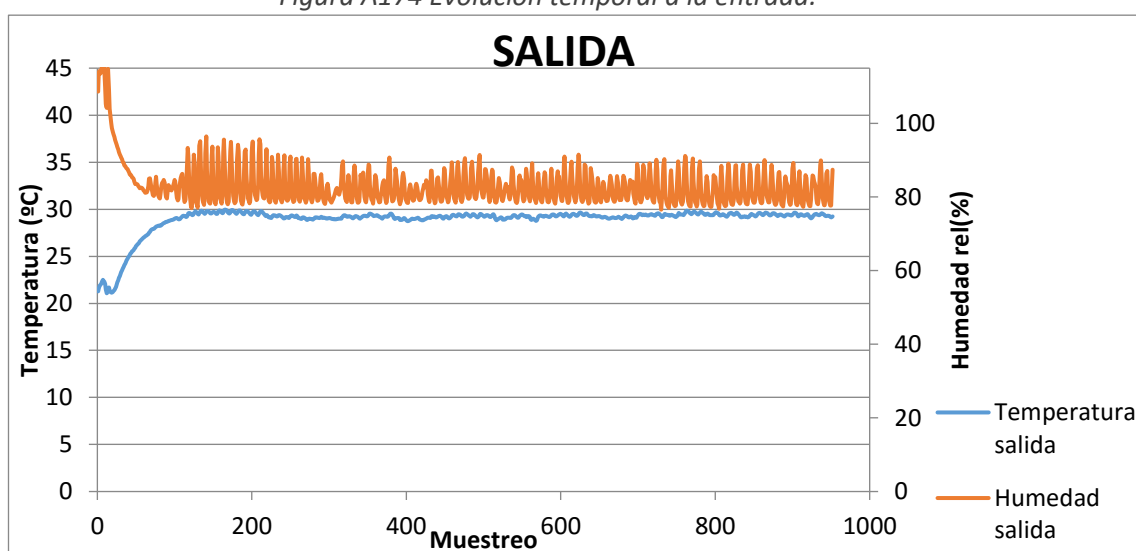


Figura A175 Evolución temporal a la salida.

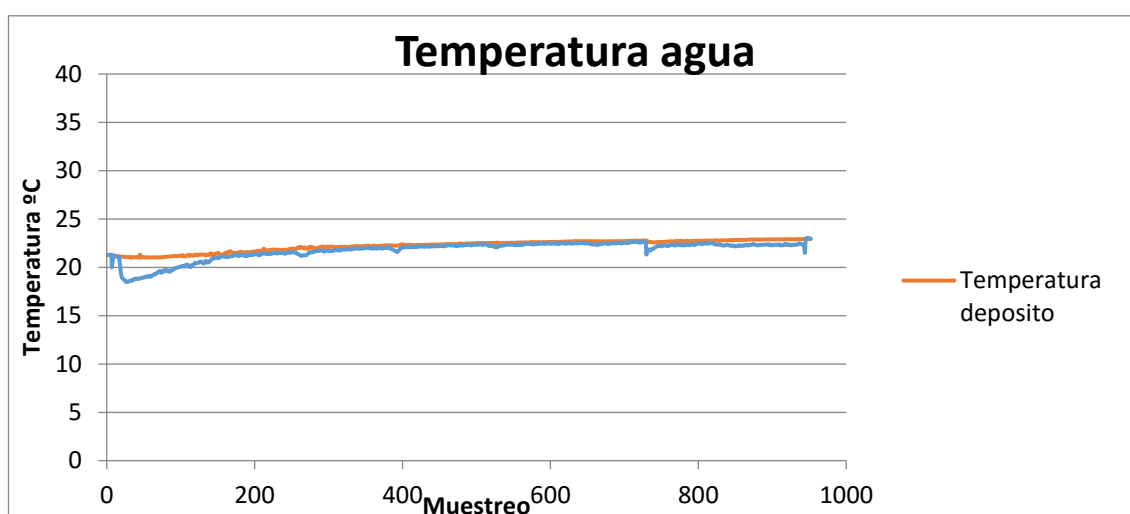


Figura A176 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -16.478 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.290 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -9.188 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0032 \frac{g}{kg}$$

Este proceso no puede considerarse adiabático pues la entalpía perdida por el aire en el proceso es incluso mayor que la entalpía latente ganada.

Experimento 46

El experimento número 46 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
34.89	45.46	25.32	92.82	21.58

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A177):

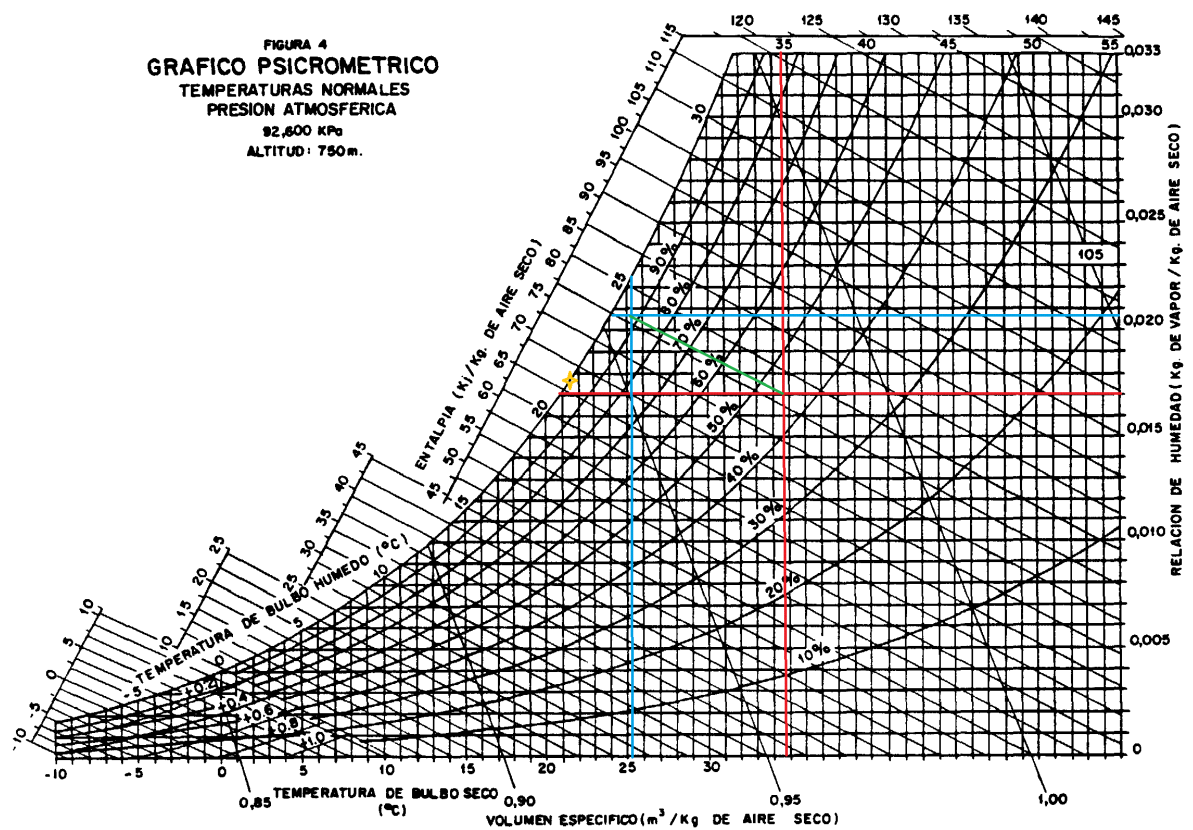


Figura A177 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 35^\circ\text{C}$ $H_r\ 40\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A178), salida (figura A179) y del agua acumulada (figura A180) se representan a continuación:

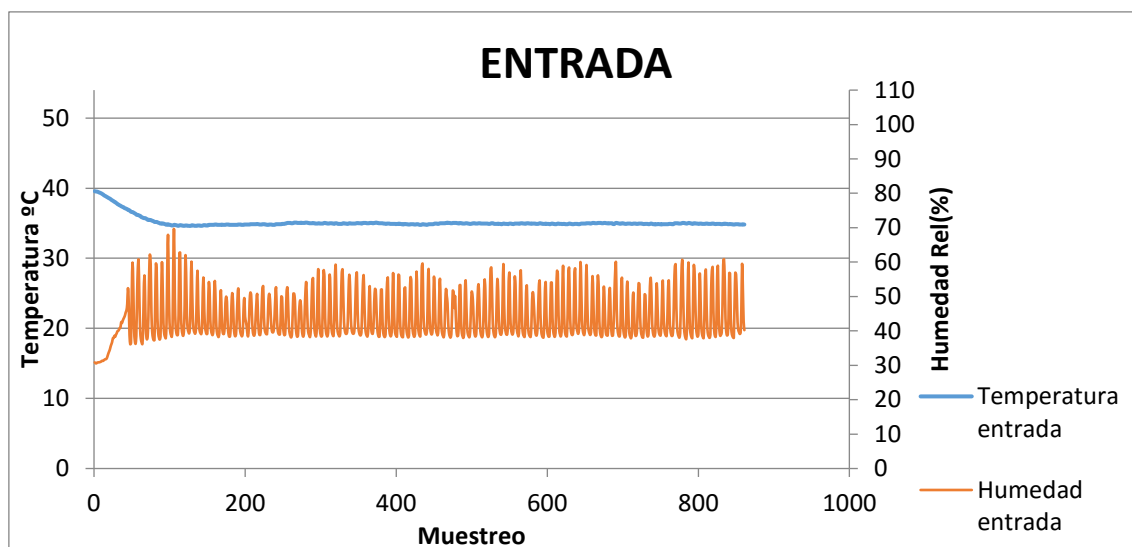


Figura A178 Evolución temporal a la entrada.

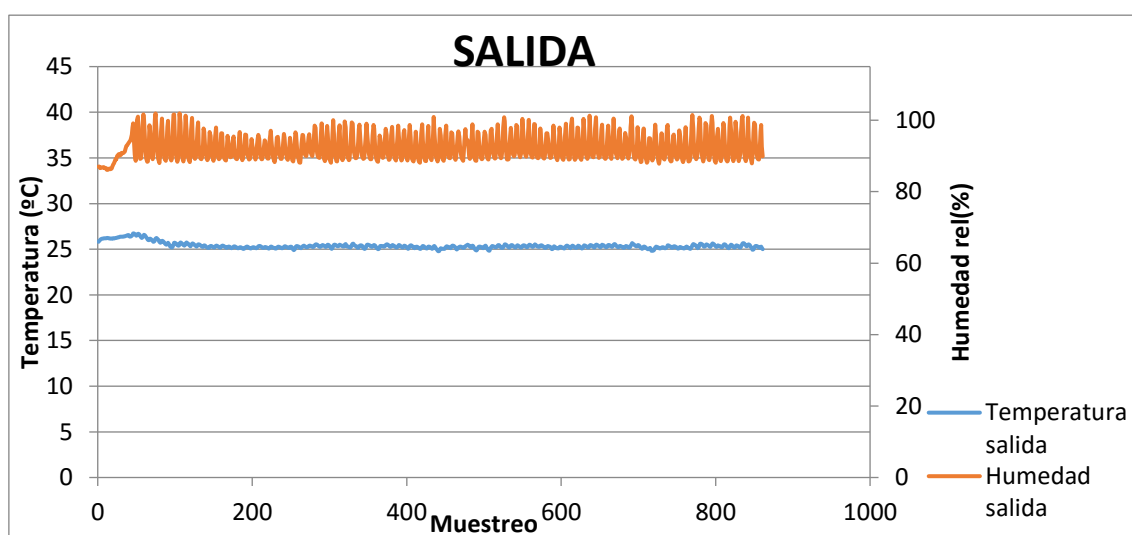


Figura A179 Evolución temporal a la salida.

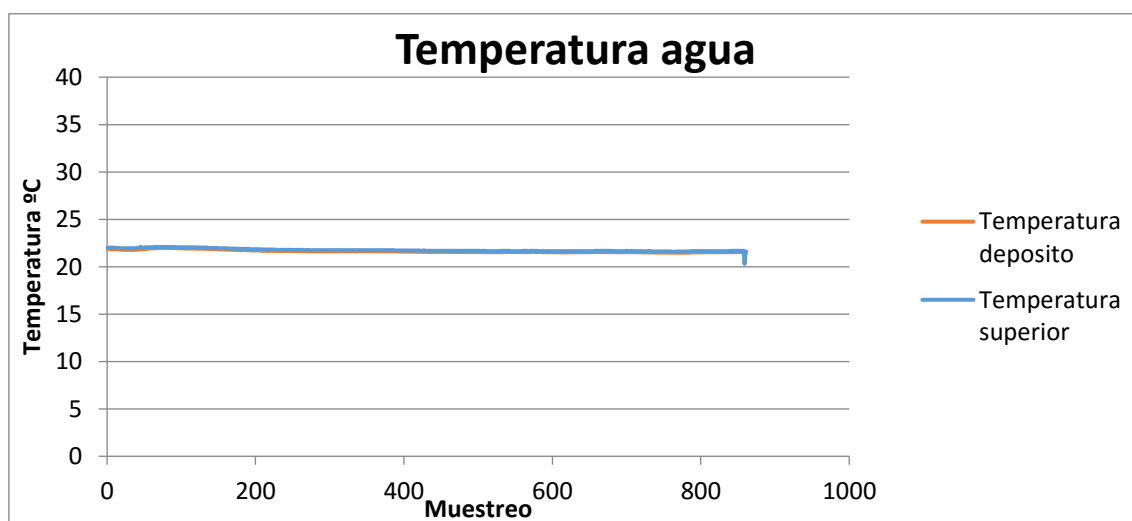


Figura A180 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -9.952 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 7.064 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -2.887 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.96$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0031 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si tenemos en cuenta la desviación del 5% de las sondas.

Experimento 47

El experimento número 47 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 24%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
39.88	27.38	25.86	80.09	20.40

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A181):

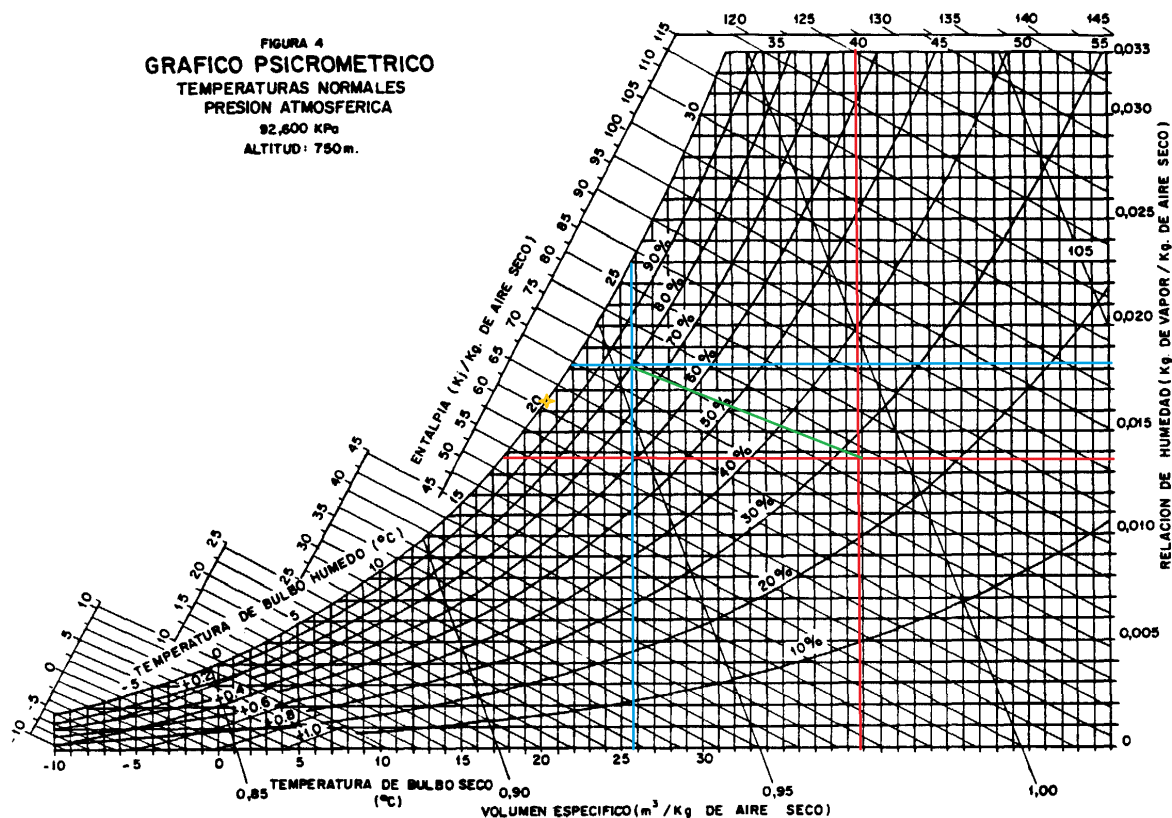


Figura A181 Diagrama psicrométrico Q $5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e 40^\circ\text{C}$ $H_r 24\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A182), salida (figura A183) y del agua acumulada (figura A184) se representan a continuación:

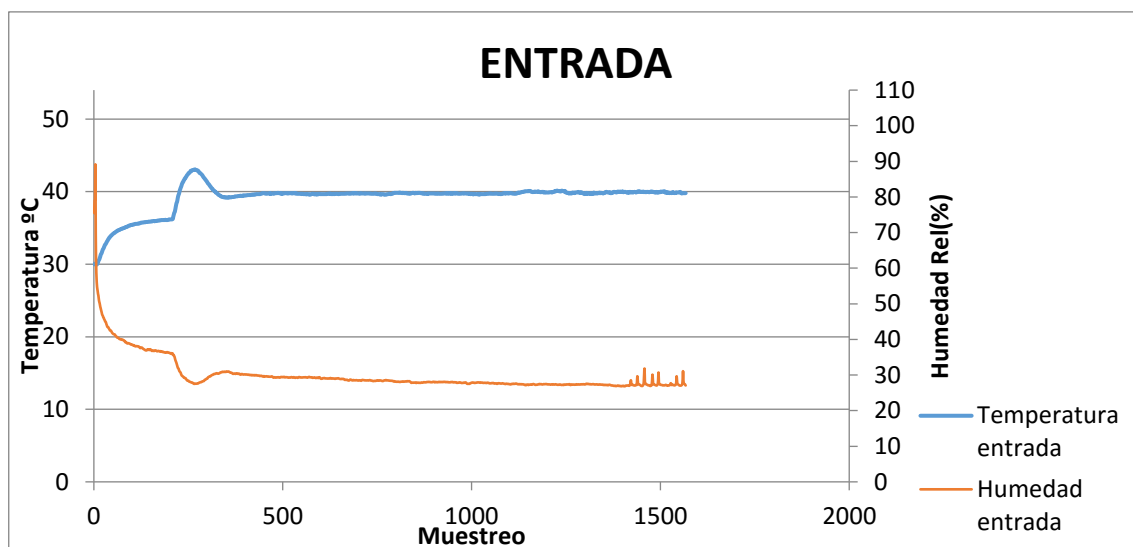


Figura A182 Evolución temporal a la entrada.

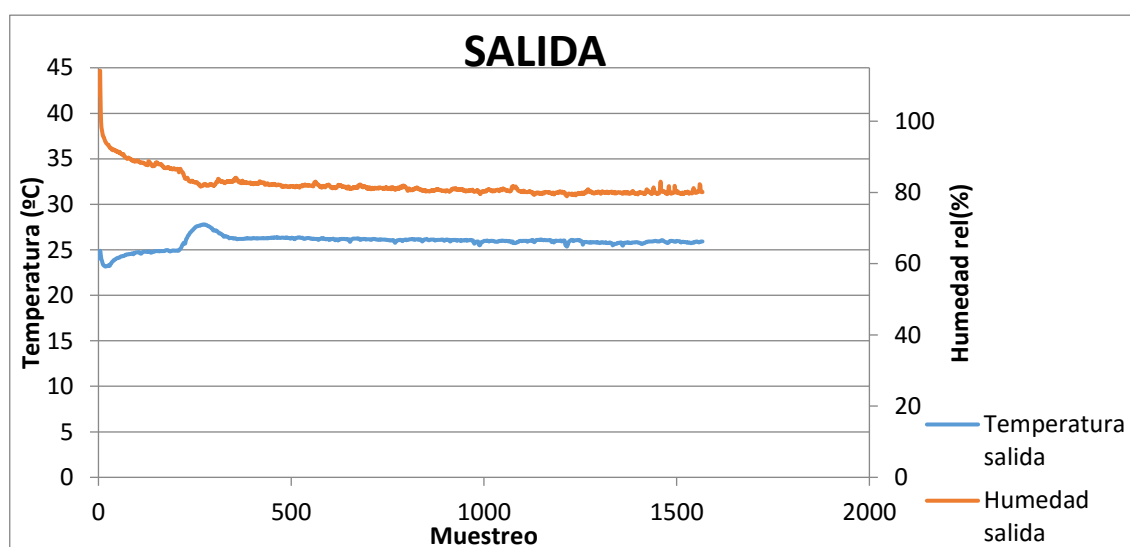


Figura A183 Evolución temporal a la salida.

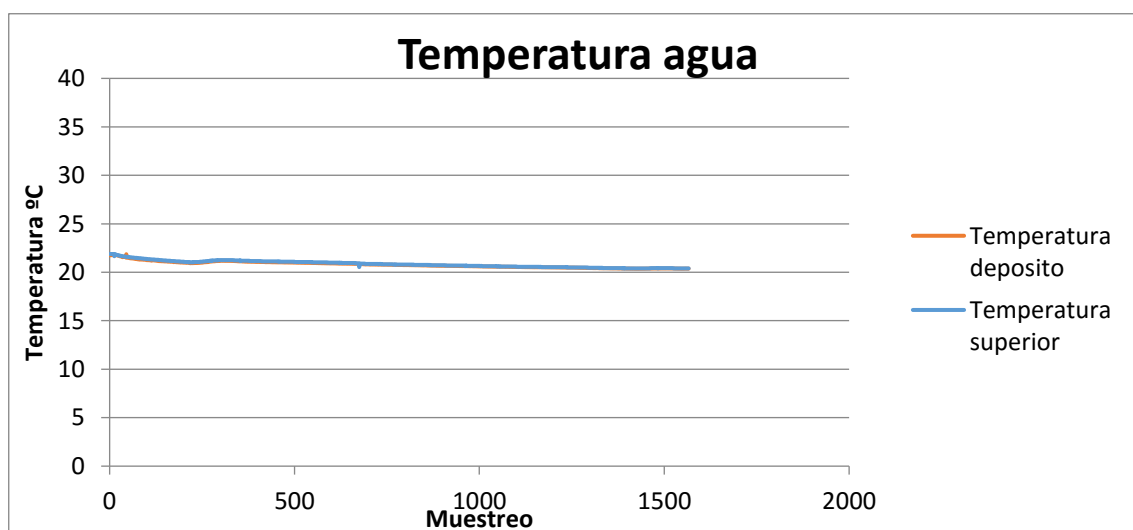


Figura A184 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -14.485 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 10.269 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -4.215 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.88$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0046 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático si tenemos en cuenta la desviación del 5% de las sondas.

Experimento 48

El experimento número 48 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 70%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.00	72.47	24.30	100	21.76

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A185):

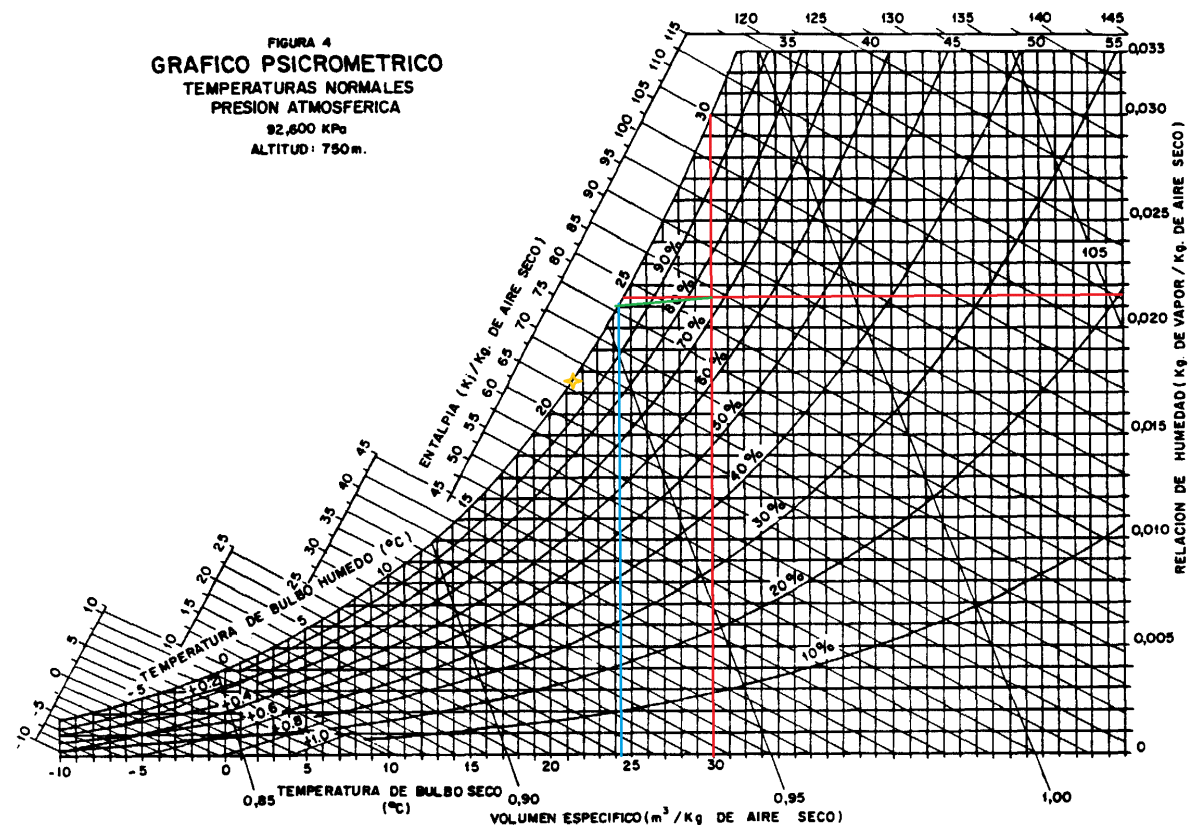


Figura A185 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 30^\circ\text{C}$ $H_r\ 70\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A186), salida (figura A187) y del agua acumulada (figura A188) se representan a continuación:

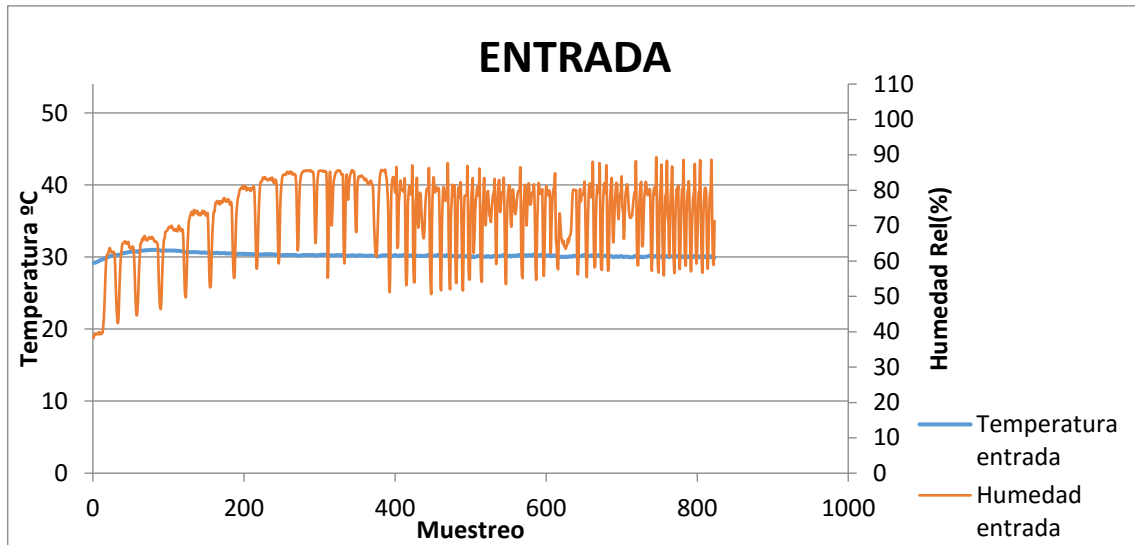


Figura A186 Evolución temporal a la entrada.

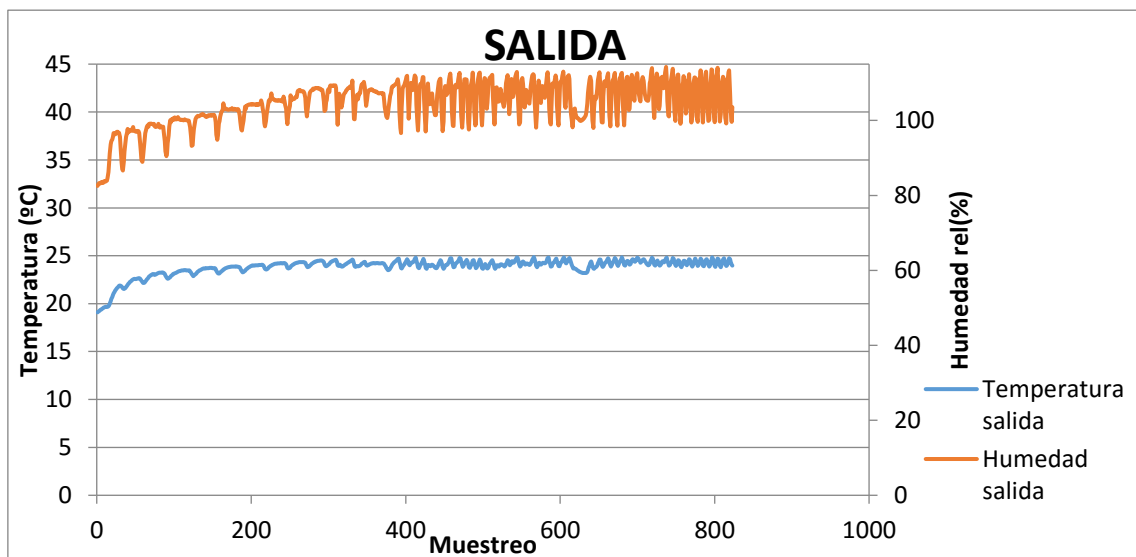


Figura A187 Evolución temporal a la salida.

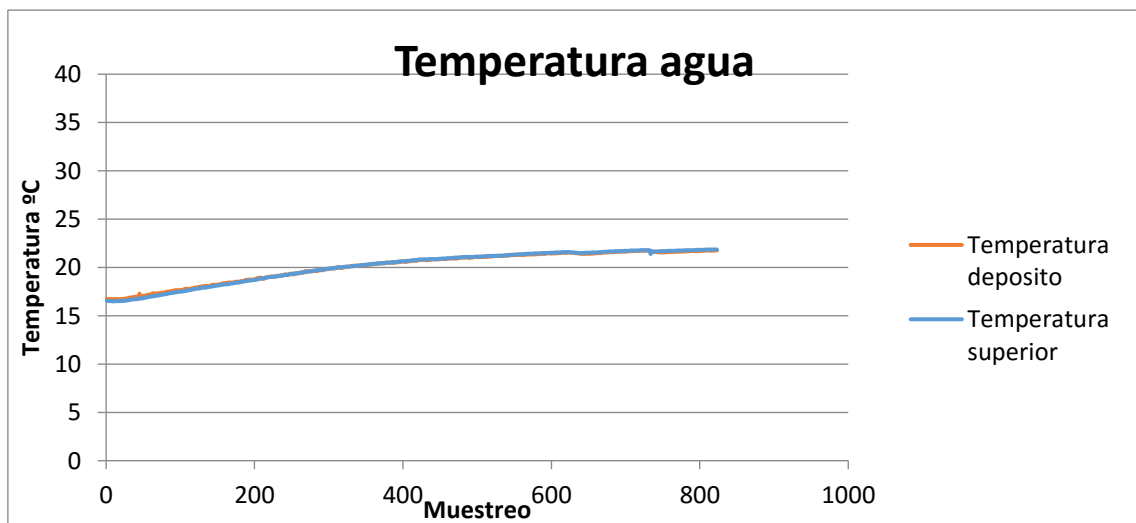


Figura A188 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -5.966 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -0.587 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -6.553 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No se puede considerar adiabático el proceso

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0003 \frac{g}{kg}$$

Este proceso puede considerarse adiabático. El aire se satura rápido y después cede energía al agua de las telas continuando su enfriamiento.

Experimento 49

El experimento número 49 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 30°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 40%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
30.03	44.79	21.40	87.32	18.02

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A189):

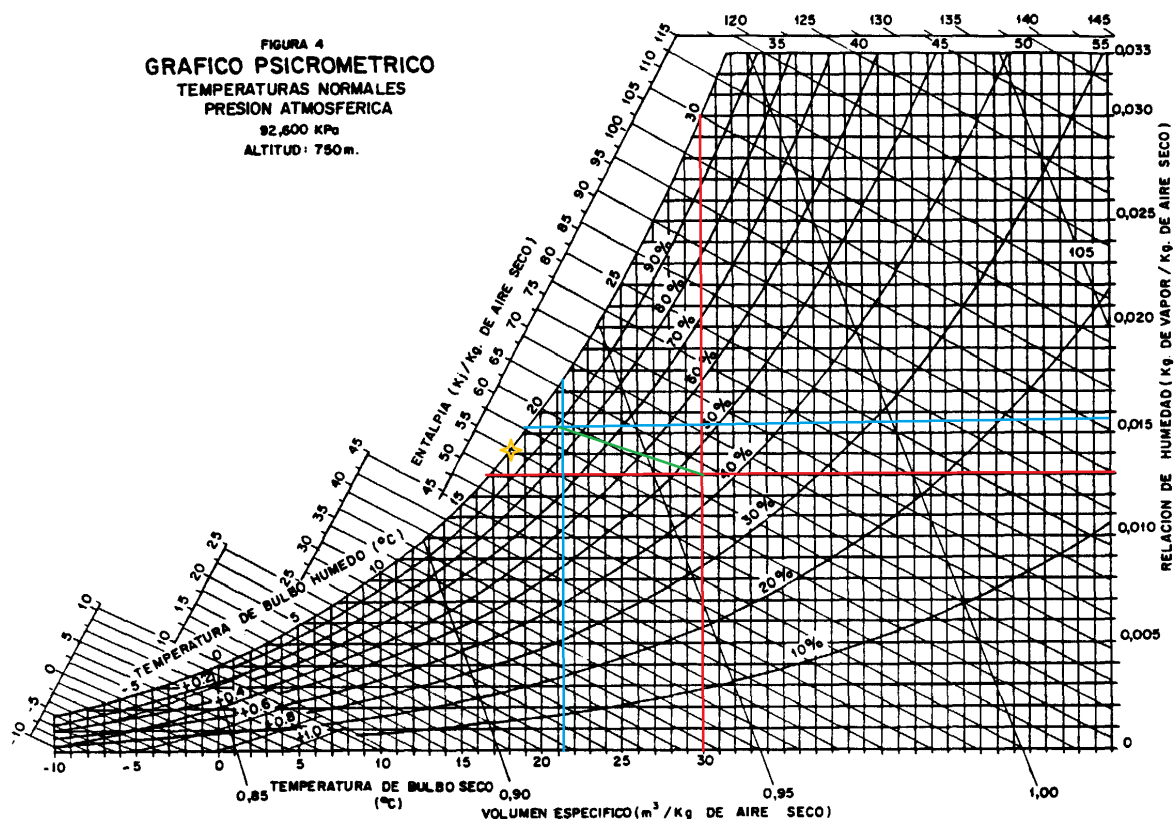


Figura A189 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 30^\circ\text{C}$ $H_r\ 40\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A190), salida (figura A191) y del agua acumulada (figura A192) se representan a continuación:

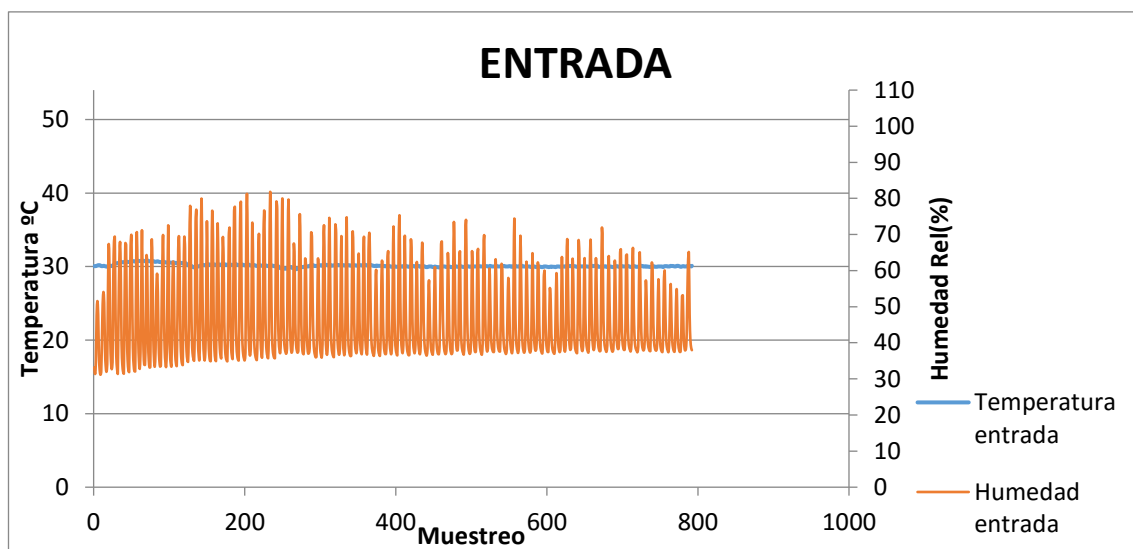


Figura A190 Evolución temporal a la entrada.

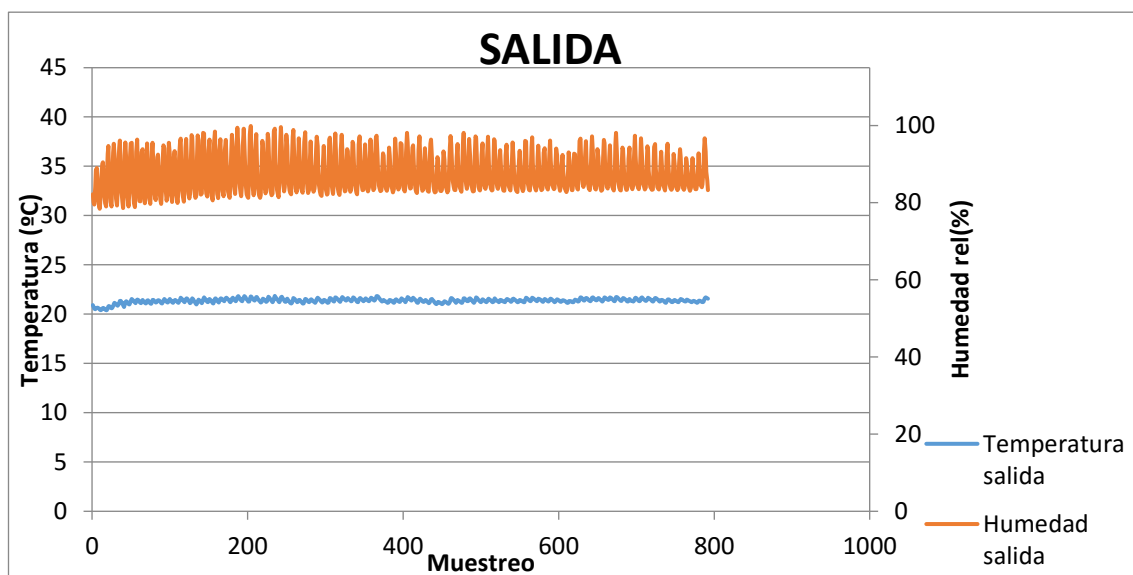


Figura A191 Evolución temporal a la salida.

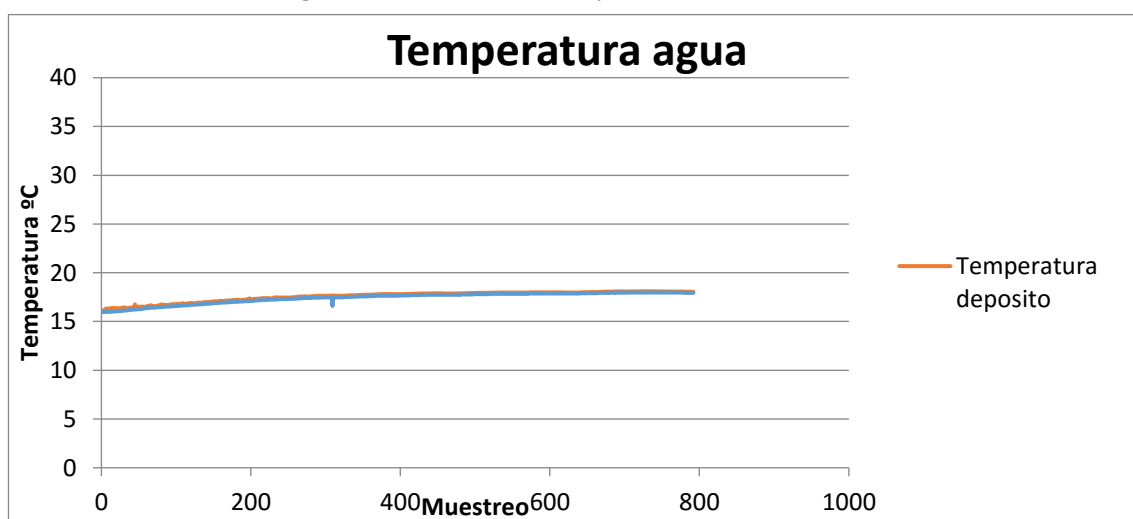


Figura A192 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -8.904 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 5.011 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -3.894 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0022 \frac{g}{kg}$$

Experimento 50

El experimento número 50 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 40°C
- Humedad específica 0.015 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 30%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
39.96	39.54	27.78	88.15	22.88

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A193):

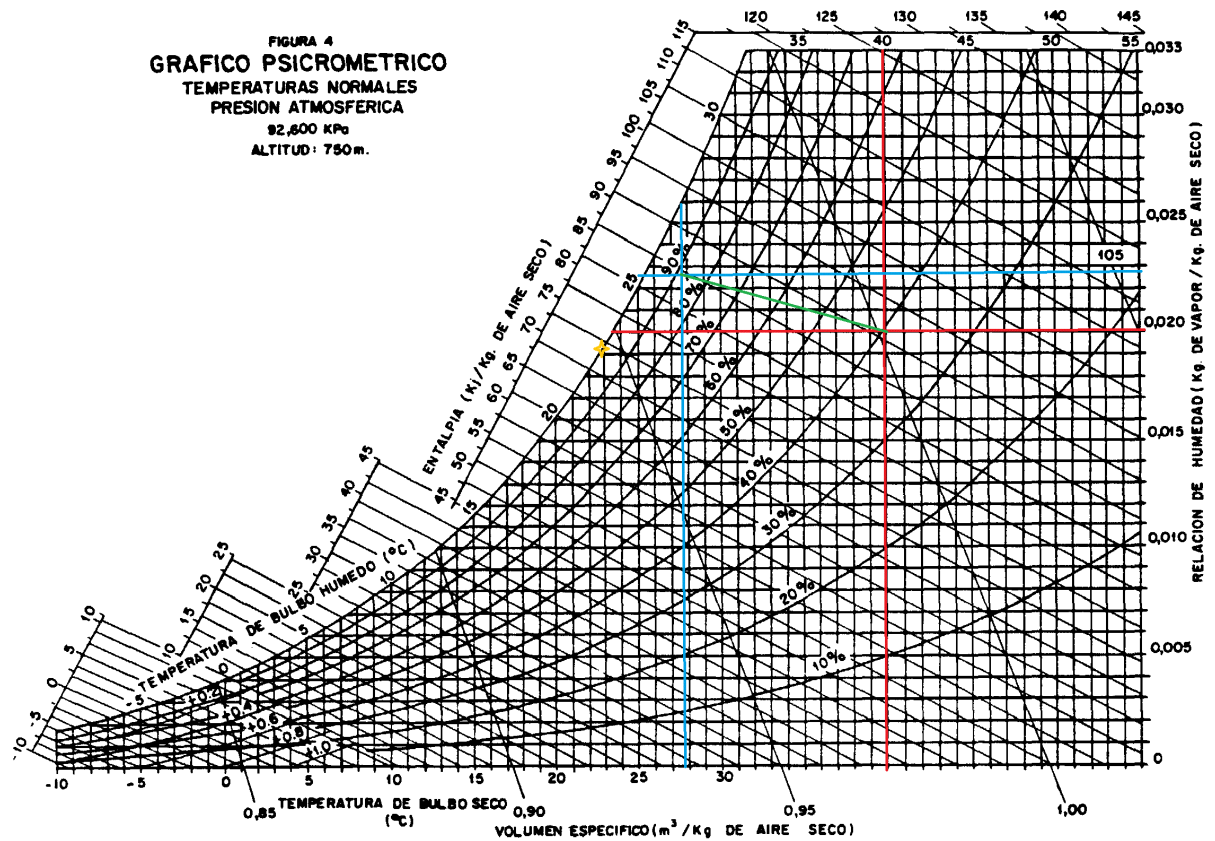


Figura A193 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 40^\circ\text{C}$ $H_r\ 30\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A194), salida (figura A195) y del agua acumulada (figura A196) se representan a continuación:

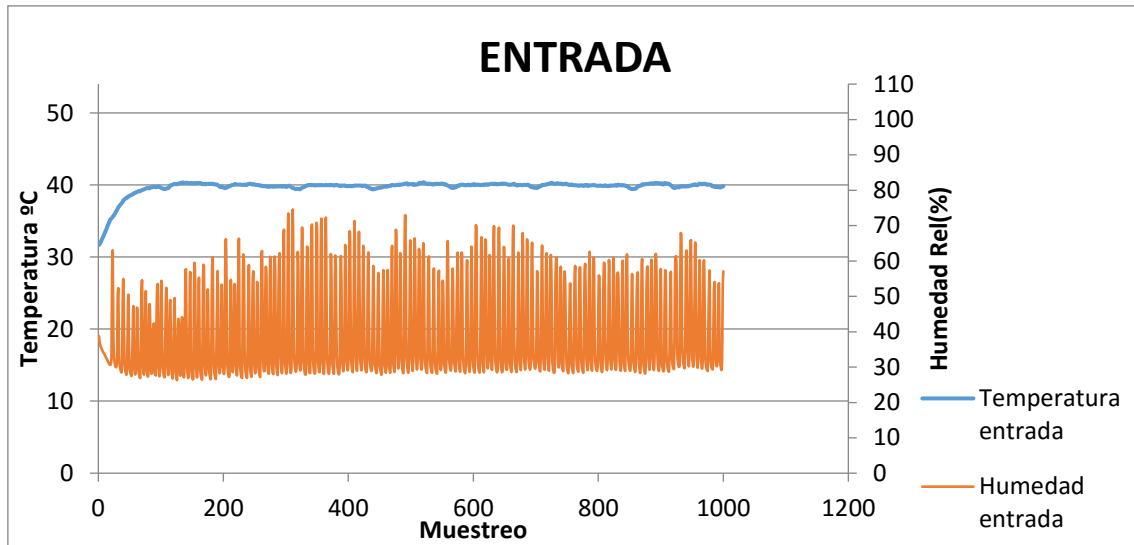


Figura A194 Evolución temporal a la entrada.

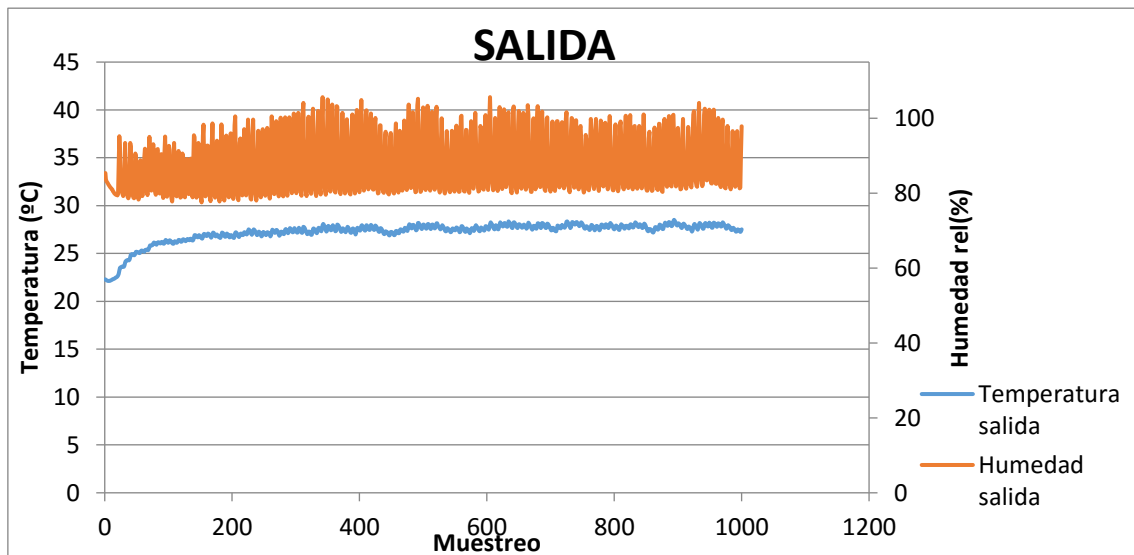


Figura A195 Evolución temporal a la salida.

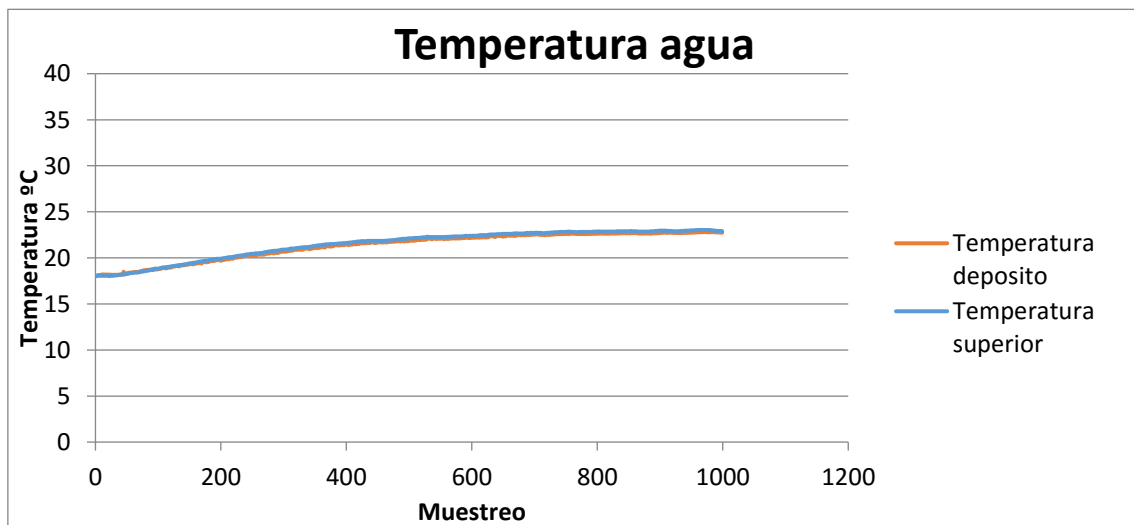


Figura A196 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -12.723 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 5.868 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -6.855 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso.

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0026 \frac{g}{kg}$$

Experimento 51

El experimento número 51 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 35°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 50%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
34.90	63.08	27.10	100%	23.76

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A197):

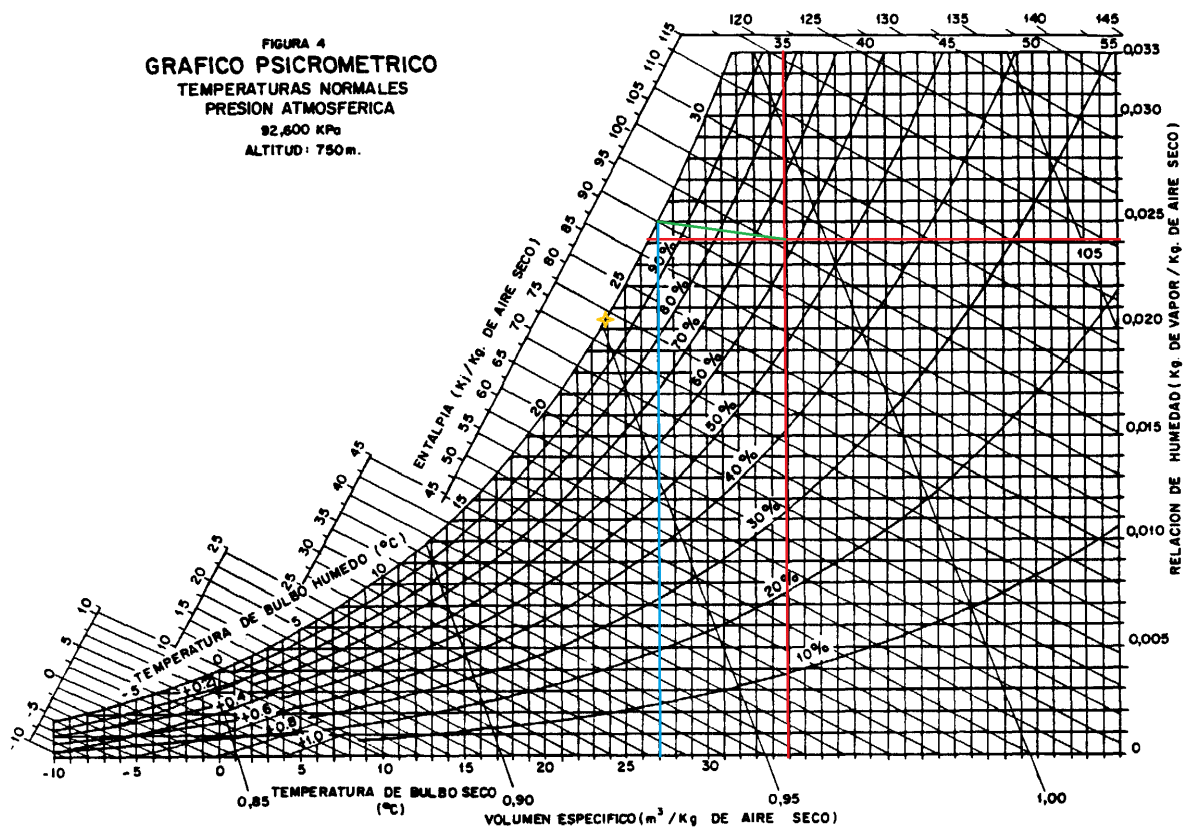


Figura A197 Diagrama psicrométrico Q $5\text{m}^3/\text{min}$ Te 35°C Hr 50%

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A198), salida (figura A199) y del agua acumulada (figura A200) se representan a continuación:

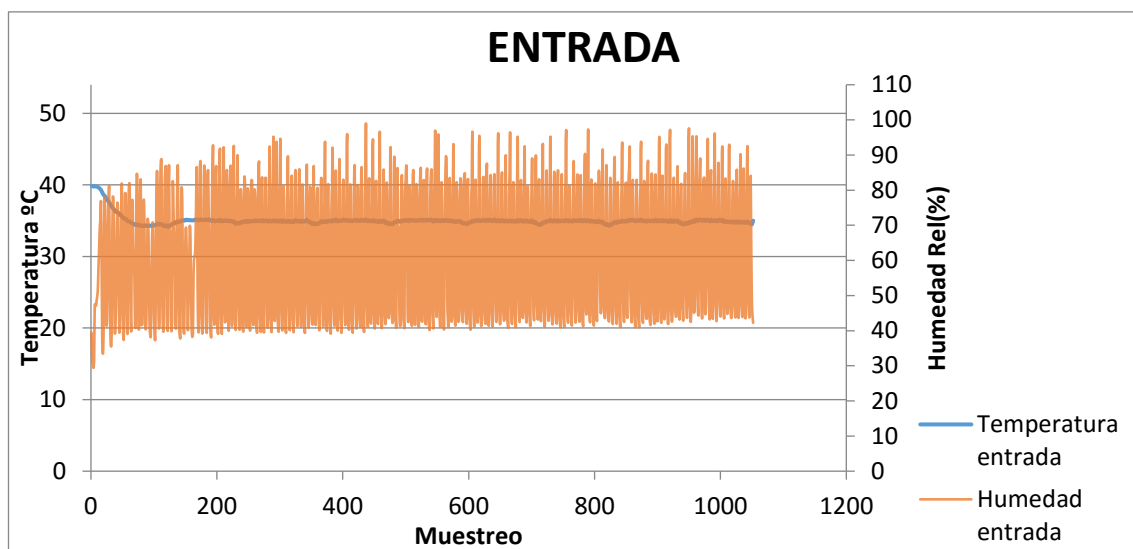


Figura A198 Evolución temporal a la entrada.

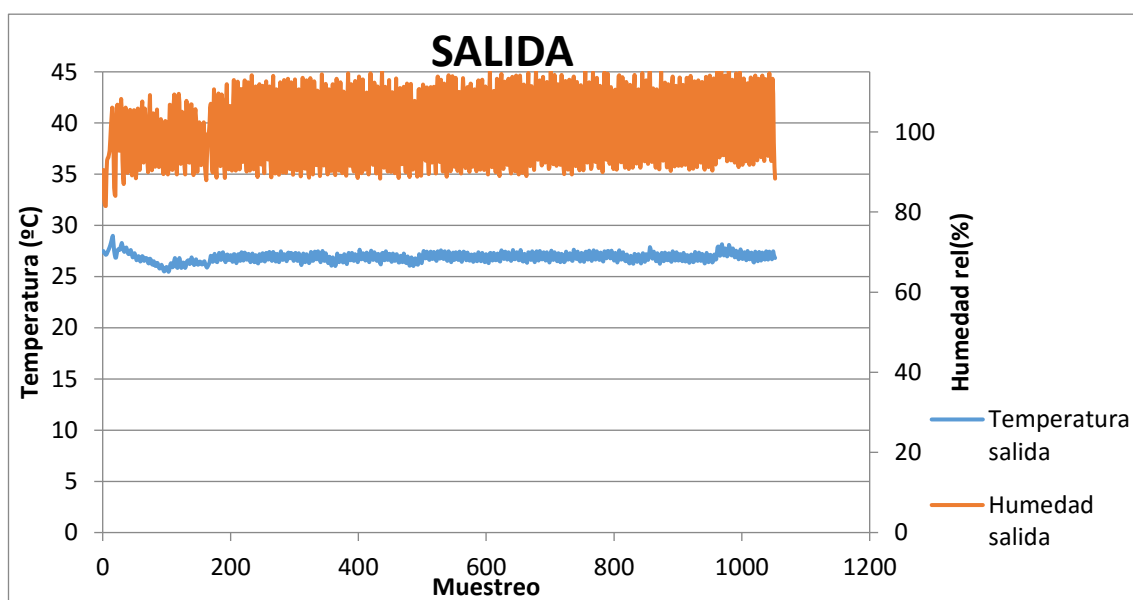


Figura A199 Evolución temporal a la salida.

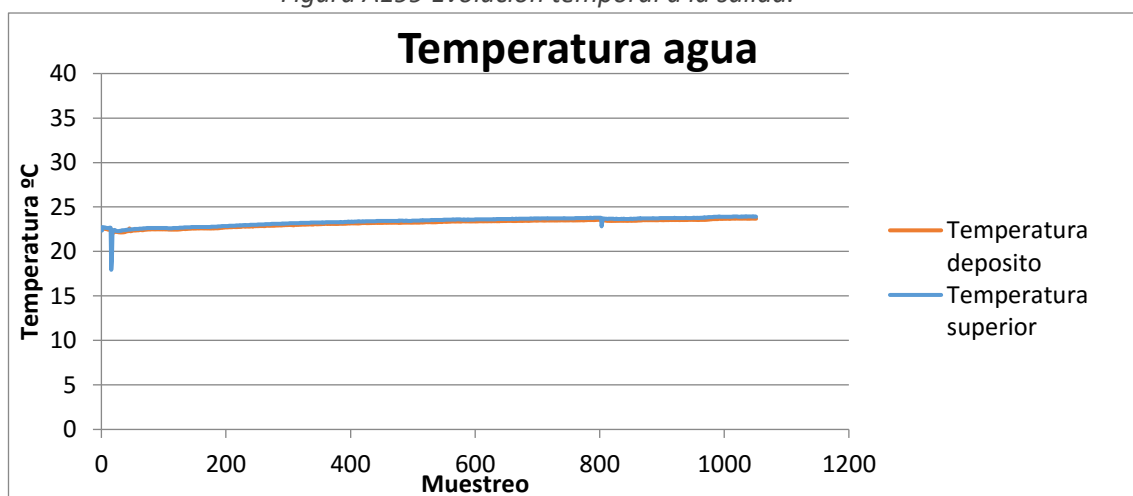


Figura A200 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -8.209 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 0.880 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -7.329 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse adiabático el proceso.

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0004 \frac{g}{kg}$$

Experimento 52

El experimento número 52 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 45°C
- Humedad específica 0.0115 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
45.25	22.04	28.17	76.58	21.77

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A201):

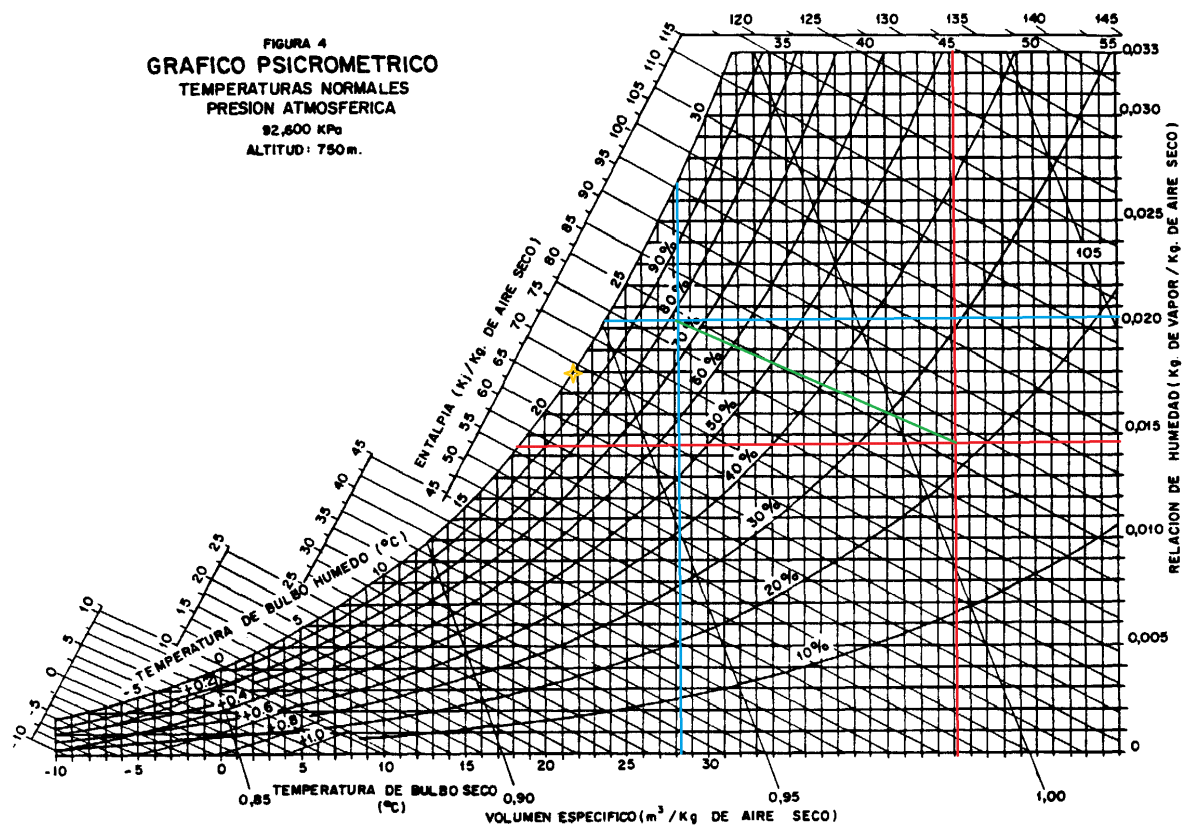


Figura A201 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 45^\circ\text{C}$ $H_r\ 18\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A202), salida (figura A203) y del agua acumulada (figura A204) se representan a continuación:

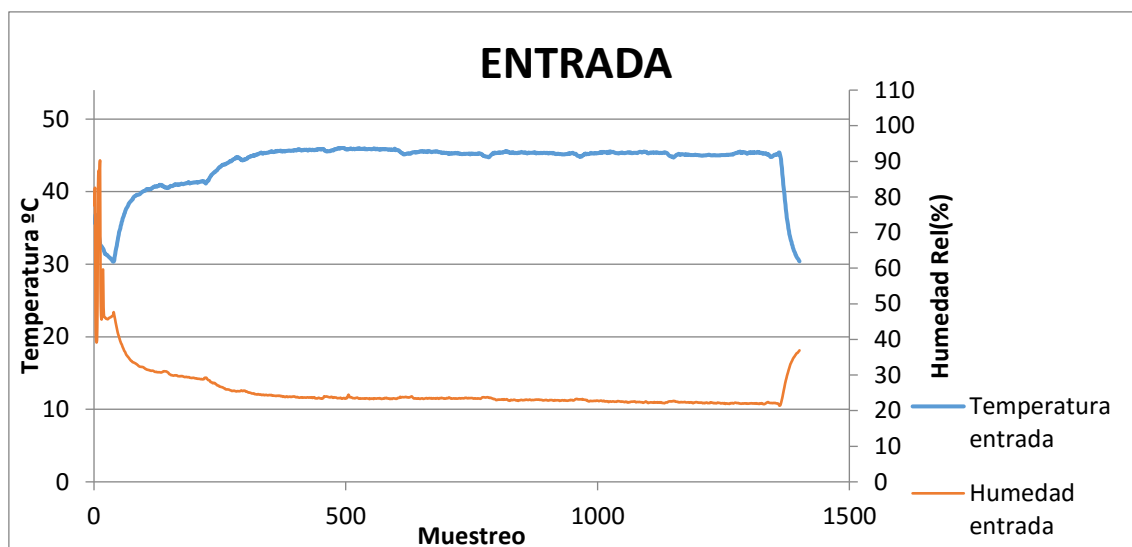


Figura A202 Evolución temporal a la entrada.

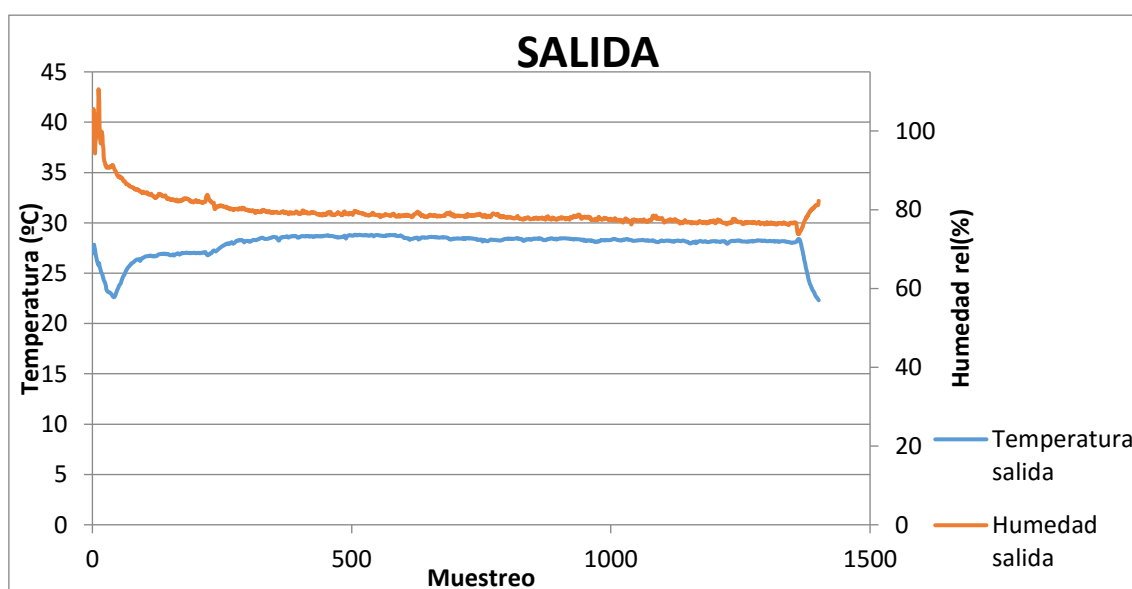


Figura A203 Evolución temporal a la salida.

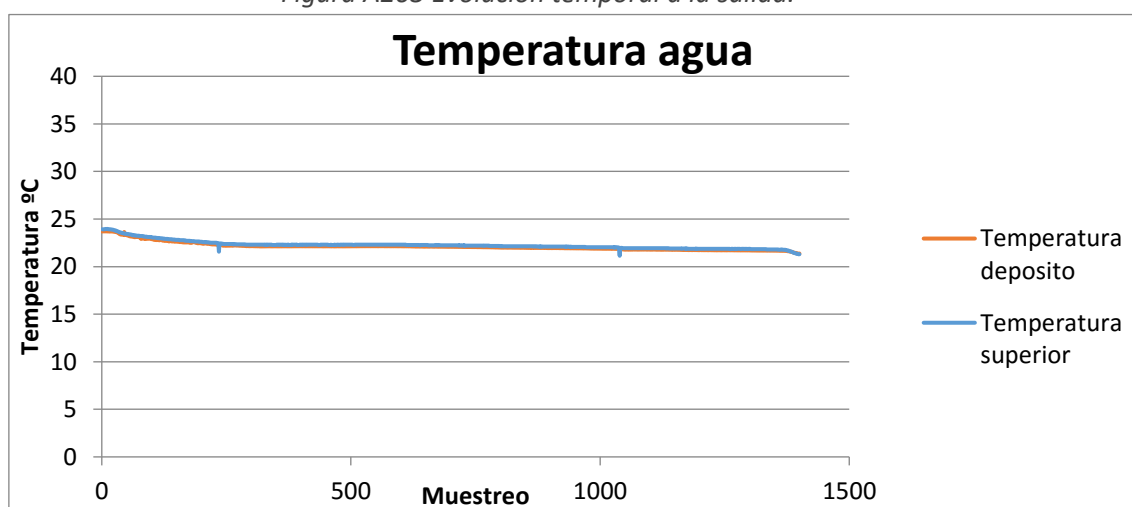


Figura A204 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -17.675 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 12.165 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -5.510 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

$$\varepsilon = \frac{T_f - T_i}{T_w - T_i} = 0.88$$

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0054 \frac{g}{kg}$$

El proceso puede considerarse adiabático si se tiene en cuenta el error del 5% en las sondas de humedad pues aunque la entalpía cedida por el aire es grande, es del orden de 1/3 de la intercambiada latente y sensiblemente.

Experimento 53

El experimento número 53 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 50°C
- Humedad específica 0.0150 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 18%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
50.87	20.22	31.26	74.01	24.28

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A205):

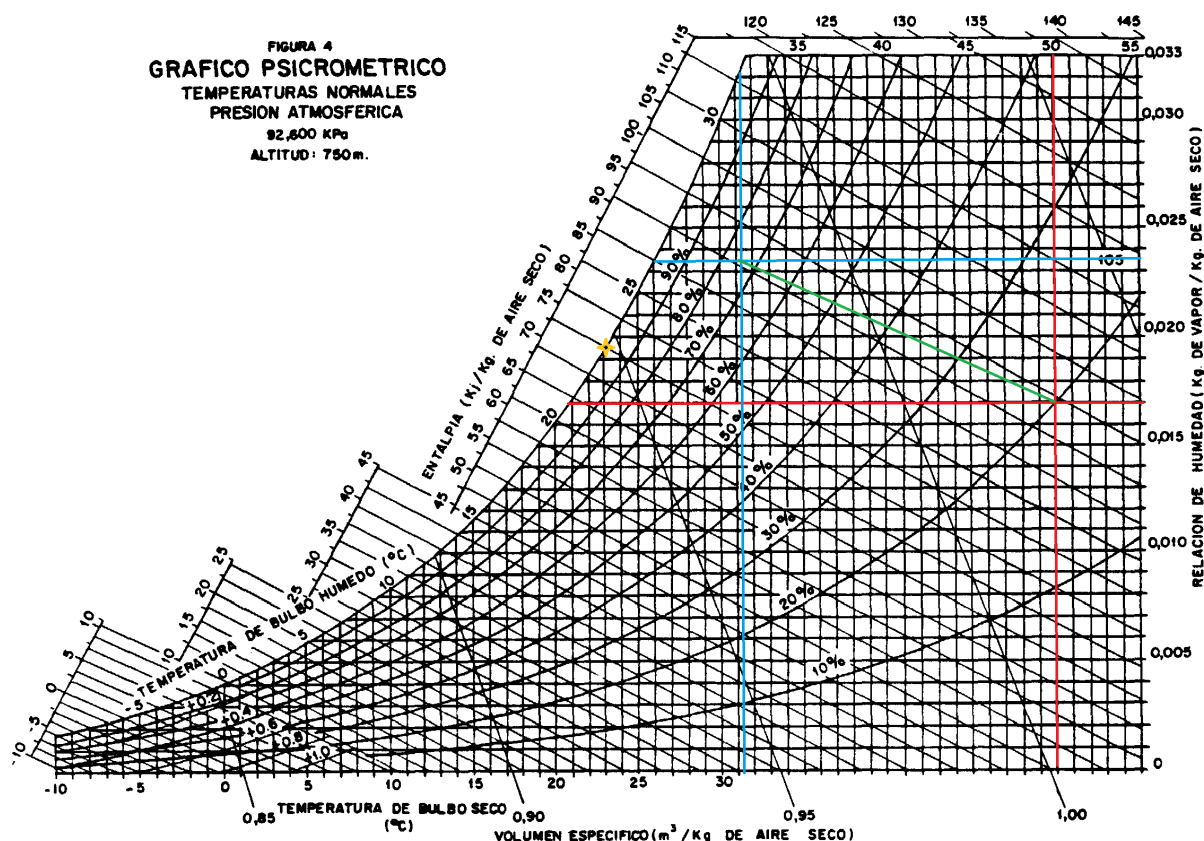


Figura A205 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 50^\circ\text{C}$ $H_r\ 18\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A206), salida (figura A207) y del agua acumulada (figura A208) se representan a continuación:

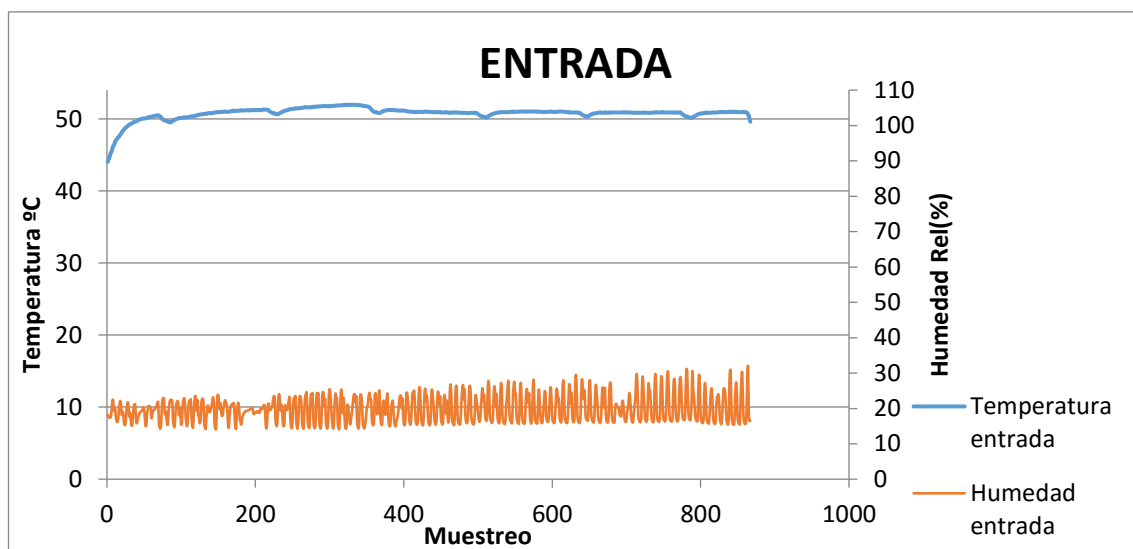


Figura A206 Evolución temporal a la entrada.

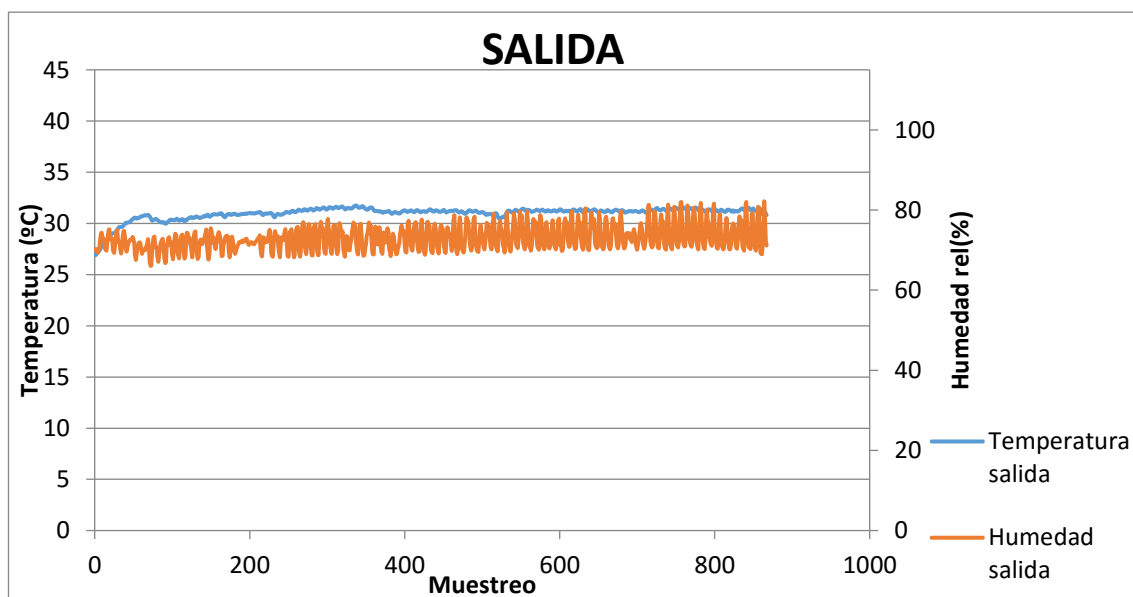


Figura A207 Evolución temporal a la salida.

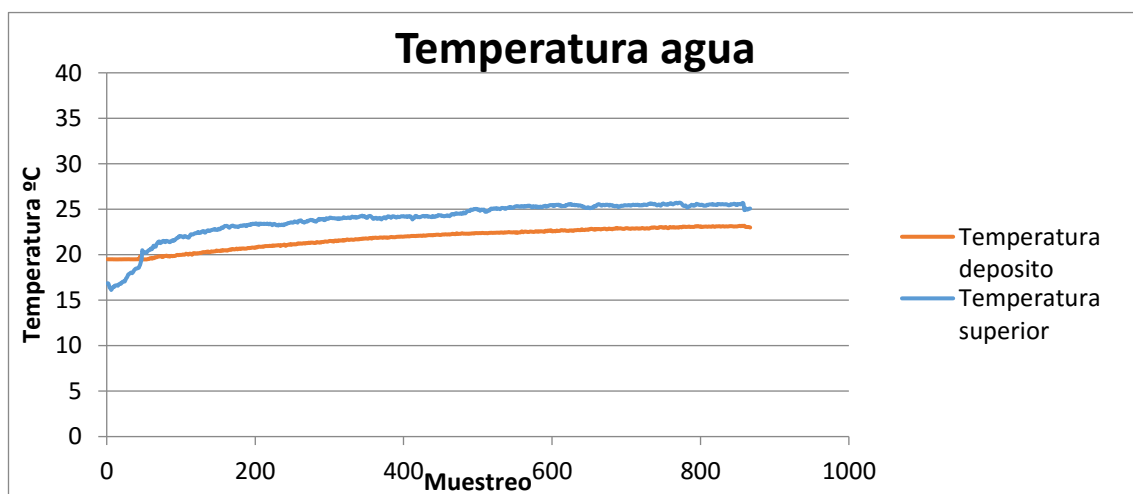


Figura A208 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizaran las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -20.409 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = 11.985 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -8.424 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = 0.0053 \frac{g}{kg}$$

Experimento 54

El experimento número 54 corresponde a unas variables fijadas en el control de entrada de:

- Caudal: $5.0\text{m}^3/\text{min}$
- Temperatura seca entrada: 25°C
- Humedad específica 0.0195 kg/kgas
- Humedad relativa entrada: 90%

T entrada($^\circ\text{C}$)	H entrada %	T salida ($^\circ\text{C}$)	H salida%	T agua ($^\circ\text{C}$)
25.34	81.38	21.56	100	21.08

El diagrama psicrométrico de la evolución estable se representa a continuación (figura A209):

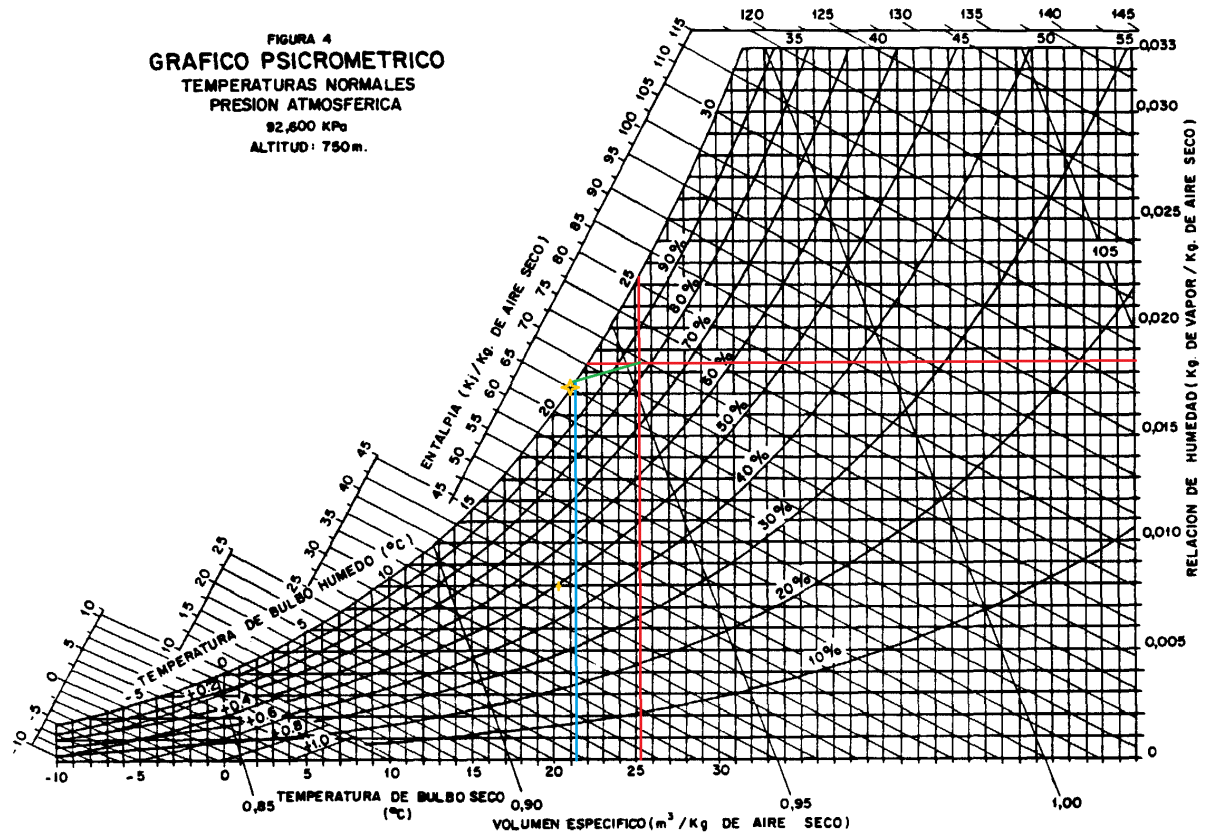


Figura A209 Diagrama psicrométrico $Q\ 5\text{m}^3/\text{min}$ $T_e\ 25^\circ\text{C}$ $H_r\ 90\%$

El punto de corte de las líneas rojas representa la entrada, el de las líneas azules la salida y la línea verde la evolución. El punto amarillo representa las condiciones del agua al inicio de la evolución, pero una vez estabilizado el proceso. Las evoluciones temporales (se toma 1 muestra cada 10 seg) de las condiciones de entrada (figura A210), salida (figura A211) y del agua acumulada (figura A212) se representan a continuación:

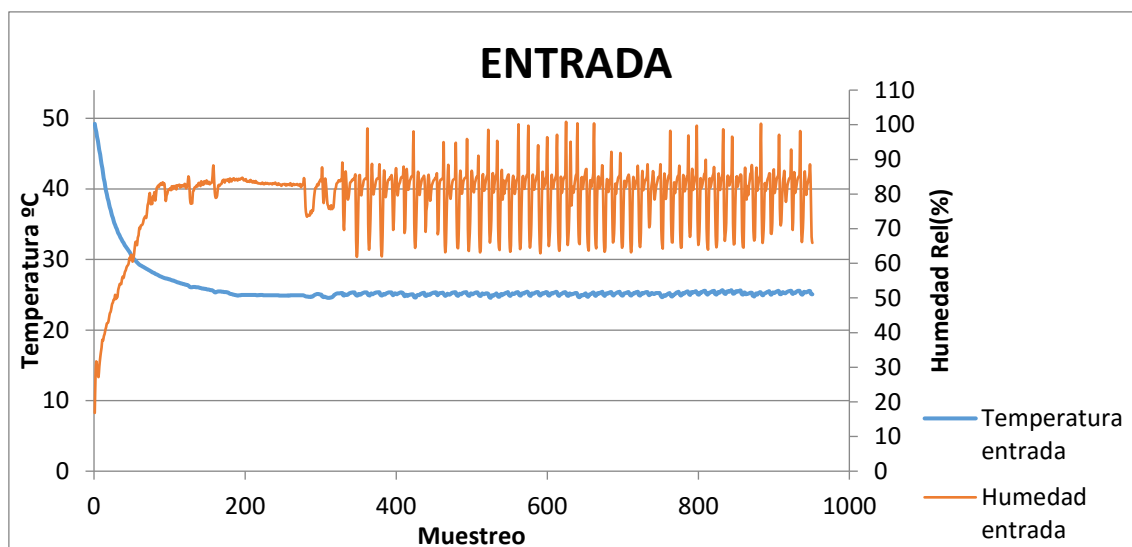


Figura A210 Evolución temporal a la entrada.

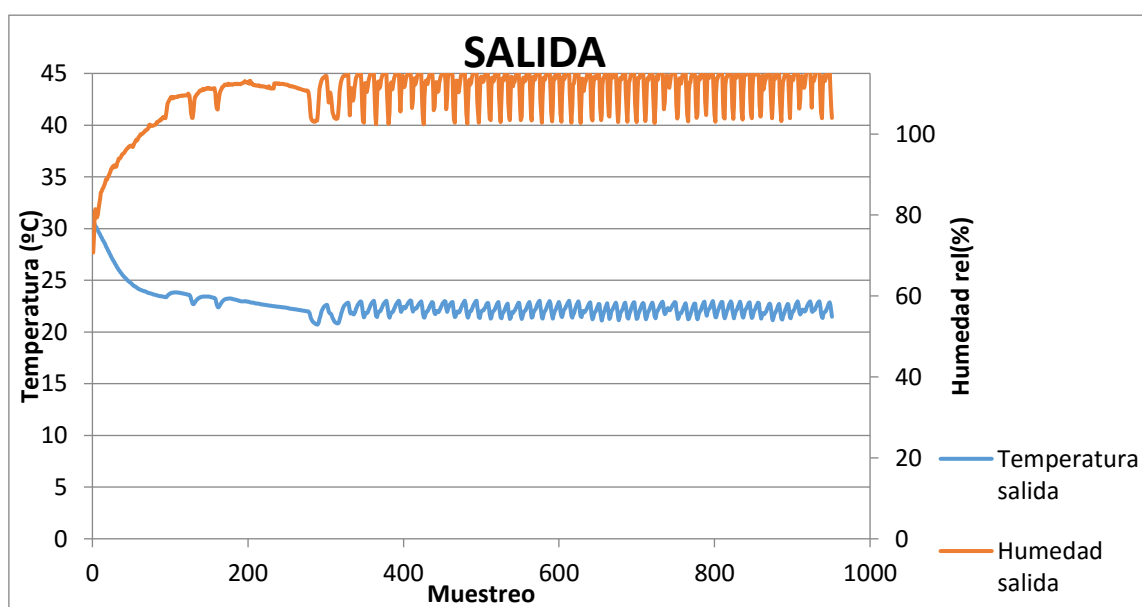


Figura A211 Evolución temporal a la salida.

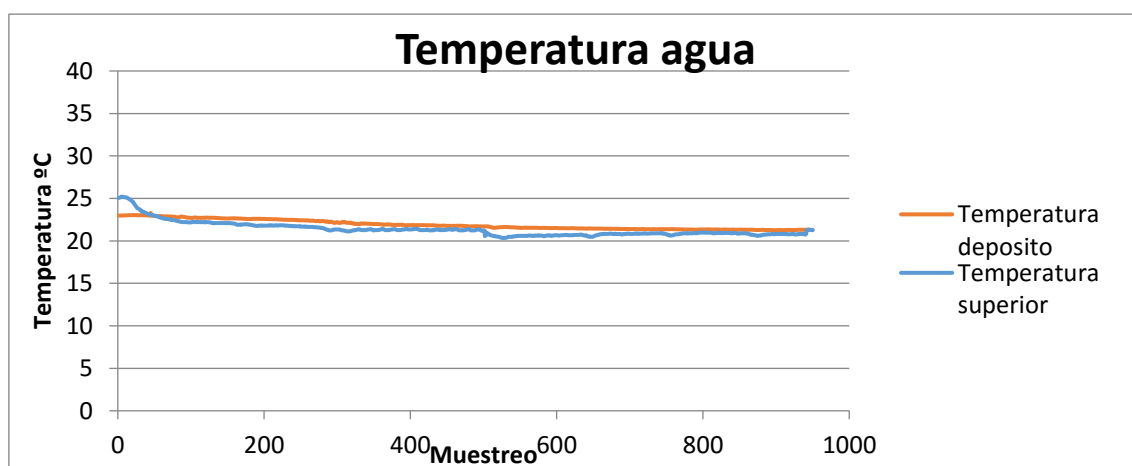


Figura A212 Evolución temporal del agua acumulada.

Se va a calcular el flujo de calor por unidad de masa para poder comparar unos resultados con otros ya que se tienen caudales distintos. Asimismo se calculará la eficiencia si el resultado parece adiabático. Para calcular las propiedades se utilizarán las ecuaciones anteriormente descritas:

- Calor sensible específico ganado por el aire (Ec-A1):

$$q_{sen} = C_{pas} \cdot (T_s - T_e) + X_e \cdot C_{p_{vap}} \cdot (T_s - T_e) = -3.935 \frac{kJ}{kg}$$

- Calor latente específico ganado por el aire (Ec-A2):

$$q_{lat} = \lambda \cdot (X_s - X_e) = -0.880 \frac{kJ}{kg}$$

- Entalpía específica ganada por el aire (Ec-A3):

$$\Delta i = q_{lat} + q_{sen} = -4.815 \frac{kJ}{kg}$$

- Eficiencia del proceso considerado adiabático (Ec-A4):

No puede considerarse el proceso adiabático

- Flujo másico de agua evaporada (Ec-A5)

$$X_{eva} = X_s - X_e = -0.0004 \frac{g}{kg}$$

En este proceso el aire entra casi saturado por lo que en su enfriamiento, condensa agua mientras que la temperatura del agua aumenta.

A.3 Resumen de experimentos.

En vistas a un manejo de los resultados experimentales más sencillo, se va a sintetizar los resultados experimentales en diferentes tablas.

Primeramente se representará cada característica de estudio por separado en función de todos los factores y sus niveles correspondientes. Esto se realizará en las tablas siguientes.

La leyenda de colores en los valores se interpreta como:

Evolución adiabática	
Experimento inválido	
Deshumidicación	
Pérdida entalpía específica total	
Ganancia entalpía específica total	

Calor específico sensible:

Se va a tabular el calor específico sensible ganada por el aire a su paso por el sistema. Esto puede verse en función de los tres factores de control en la tabla A1.

Calor sensible específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	-5.276	-9.356	-13.012	-15.015	-19.320	-20.082
He 2 0.0150 kg/kgas	-3.883	-7.377	-10.326	-14.488	-18.393	-19.84
He 3 0.0195 kg/kgas	-2.632	-5.838	-10.012	-12.529	-17.253	-18.95
Calor sensible específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	-7.218	-8.904	-11.445	-14.485	-17.675	-21.865
He 2 0.0150 kg/kgas	-4.479	-7.627	-9.952	-12.723	-16.478	-20.409
He 3 0.0195 kg/kgas	-3.935	-5.966	-8.209	-12.429	-15.542	-19.812
Calor sensible específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	-5.796	-8.523	-10.334	-12.88	-16.932	-18.444
He 2 0.0150 kg/kgas	-4.153	-6.516	-9.819	-12.435	-14.621	-16.459
He 3 0.0195 kg/kgas	-2.174	-4.556	-8.439	-11.273	-11.816	-14.384

Tabla A1 Calor específico sensible ganado por el aire en el proceso.

Calor específico latente:

Se va a tabular el calor específico latente ganada por el aire a su paso por el sistema. Esto puede verse en función de los tres factores de control en la tabla A2.

Calor latente específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	3.724	3.747	6.5	7.538	17.988	20.110
He 2 0.0150 kg/kgas	-2.438	5.846	10.518	10.608	18.462	25.075
He 3 0.0195 kg/kgas	-7.019	0.316	-0.181	-0.542	15.731	26.023
Calor latente específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	2.167	5.011	9.750	10.269	12.165	18.167
He 2 0.0150 kg/kgas	2.641	3.137	7.064	5.868	7.29	11.985
He 3 0.0195 kg/kgas	-0.880	-0.587	0.880	4.175	7.674	8.87
Calor latente específico ganado por el agua (kJ/kg)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 kg/kgas	2.979	6.636	7.651	7.606	17.808	19.072
He 2 0.0150 kg/kgas	4.288	3.927	6.478	8.49	10.089	19.41
He 3 0.0195 kg/kgas	-2.189	5.575	2.957	4.830	12.368	22.705

Tabla A2. Calor específico latente ganado por el aire en el proceso.

Entalpía específica:

Se va a tabular la entalpía específica total ganada por el aire en su paso por el sistema. Se presenta en función de los tres factores de control en la tabla A3.

Entalpía específica ganada por el aire (kJ/kg)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-1.552	-5.609	-6.512	-7.477	-1.332	0.028
He 2 0.0150 g/kgas	-6.321	-1.531	0.192	-3.88	0.069	5.235
He 3 0.0195 g/kgas	-9.651	-5.522	-10.109	-13.071	-1.522	7.073
Entalpía específica ganada por el aire (kJ/kg)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-5.051	-3.893	-1.695	-4.216	-5.51	-3.698
He 2 0.0150 g/kgas	-1.838	-4.49	-2.888	-6.855	-9.188	-8.424
He 3 0.0195 g/kgas	-4.815	-6.553	-7.329	-8.254	-7.868	-10.942
Entalpía específica ganada por el aire (kJ/kg)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-2.817	-1.887	-2.683	-5.274	1.693	0.627
He 2 0.0150 g/kgas	0.135	-2.589	-3.341	-3.945	-4.532	2.951
He 3 0.0195 g/kgas	-4.363	1.019	-5.482	-6.443	0.552	8.321

Tabla A3. Entalpía específica total ganada por el aire en el proceso.

Eficacia:

Se tabula a continuación la eficacia de aquellos procesos que se consideran adiabáticos, en función de los tres factores en la tabla A4.

Eficacia solo en procesos adiabáticos						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	0.8				0.83	0.91
He 2 0.0150 g/kgas		0.95	0.93	0.97	0.9	
He 3 0.0195 g/kgas					0.96	
Eficacia solo en procesos adiabáticos						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas			0.88	0.88	0.88	0.85
He 2 0.0150 g/kgas			0.96			
He 3 0.0195 g/kgas						
Eficacia solo en procesos adiabáticos						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas		0.88	0.74		0.71	0.77
He 2 0.0150 g/kgas	1		0.93	0.8	0.8	0.763
He 3 0.0195 g/kgas		0.93			0.85	0.66

Tabla A4. Eficacia de los procesos únicamente adiabáticos.

Humedad específica:

A continuación se tabula la entalpía específica ganada por el aire en el proceso en la tabla A.5, en función de los tres factores de control.

Humedad específica absorbida por el aire (g/kgas)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	1.7	1.7	2.9	3.3	8	8.9
He 2 0.0150 g/kgas	-1.1	2.6	4.7	4.7	8.2	11.1
He 3 0.0195 g/kgas	-3.1	0.1	-0.1	-0.2	7	11.5
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	1	2.2	4.3	4.6	5.4	8
He 2 0.0150 g/kgas	1.2	1.4	3.1	2.6	3.2	5.3
He 3 0.0195 g/kgas	-0.4	-0.3	0.4	1.9	3.4	3.9
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	1.3	2.9	2.1	3.4	7.9	8.5
He 2 0.0150 g/kgas	1.9	1.7	2.9	3.8	4.5	8.6
He 3 0.0195 g/kgas	-1	2.5	1.3	2.1	5.5	10.1

Tabla A5. Entalpía específica ganada por el aire en el proceso.

Calor sensible total:

Esta vez se tabulará el flujo de calor sensible, multiplicando el valor específico por el flujo másico de aire seco que atraviesa el sistema. Puede verse el resultado en la tabla A.6:

Flujo de calor sensible ganado por el aire (W)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-335.913	-590.926	-808.477	-925.767	-1165.929	-1221.482
He 2 0.0150 g/kgas	-247.103	-462.980	-639.549	-891.684	-1117.343	-1198.399
He 3 0.0195 g/kgas	-166.775	-367.012	-625.773	-769.325	-1043.510	-1136.573
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-657.335	-801.649	-1019.298	-1273.948	-1535.602	-1874.787
He 2 0.0150 g/kgas	-406.816	-684.614	-883.017	-1115.240	-1428.889	-1748.916
He 3 0.0195 g/kgas	-356.912	-534.486	-726.192	-1085.892	-1342.157	-1691.378
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	-791.368	-1148.827	-1371.624	-1685.530	-2084.860	-2355.189
He 2 0.0150 g/kgas	-565.903	-876.393	-1302.980	-1626.223	-1886.224	-2121.735
He 3 0.0195 g/kgas	-295.102	-610.791	-1119.773	-1471.478	-1534.962	-1829.395

Tabla A.6 Flujo de calor sensible ganado por el aire.

Calor latente total:

Esta vez se tabulará el flujo de calor latente, multiplicando el valor específico por el flujo másico de aire seco que atraviesa el sistema. Puede verse el resultado en la tabla A.7:

Flujo de calor latente ganado por el aire (W)						
	Caudal1 3.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	237.100	236.641	403.886	464.775	1085.565	1223.172
He 2 0.0150 g/kgas	-155.132	366.895	651.412	652.864	1121.536	1514.622
He 3 0.0195 g/kgas	-444.847	19.863	-11.165	-33.260	951.488	1560.813
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal2 5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	197.316	451.093	868.337	903.196	1056.923	1557.697
He 2 0.0150 g/kgas	239.849	281.585	626.814	514.363	632.175	1027.018
He 3 0.0195 g/kgas	-79.838	-52.572	77.865	364.802	662.666	757.256
Humedad específica absorbida por el aire (kg/kgas)						
	Caudal3 7.5m3/min					
	T1 25°C	T2 30°C	T3 35°C	T4 40°C	T5 45°C	T6 50°C
He 1 0.0115 g/kgas	406.807	894.382	1015.548	995.347	2303.938	2435.335
He 2 0.0150 g/kgas	584.332	528.226	859.532	1109.856	1301.536	2502.232
He 3 0.0195 g/kgas	-297.137	747.378	392.324	630.439	1606.697	2887.828

Tabla A.7 Flujo de calor latente ganado por el aire

A.4 Análisis de varianza.

En este apartado se van a dar unas nociones teóricas básicas para la realización de un análisis de varianza. Estas nociones se aplicarán para calcular los datos que aparecen en el cuerpo principal del trabajo.

El análisis de varianza o técnica ANOVA, es una herramienta de gran utilidad que permite estudiar la influencia de los distintos factores que intervienen en la variabilidad del proceso. Esta variabilidad no solo depende del tipo y número de factores de estudio, sino de causas desconocidas o no contempladas que influyen en la misma.

Si se fijan todos los factores menos uno y se estudia la variabilidad que produce este, no solo hay que tener en cuenta este factor sino todos los demás no controlados o no contemplados que conformaran el error experimental. Utilizando el análisis de varianza, se mide tanto la variabilidad debida a los distintos niveles que toma el factor como la debida al error experimental. Si mediante los contrastes estadísticos adecuados se consigue demostrar que el error experimental es menor que la variabilidad debida al factor, se puede validar esta última [1, Tejero, 12].

Para realizar un análisis de variancia se utiliza el método de mínimos cuadrados. De esta manera la varianza debida al error es el mínimo valor de la suma de cuadrados en torno a un valor de referencia, dividido por los grados de libertad del error. Se utiliza como valor de referencia la media para que la suma de cuadrados sea mínima.

El análisis de varianza para el estudio de variabilidad se puede realizar tanto para un solo factor, cuantificando la variación con cada nivel que toma este factor, como para varios factores a la vez. El planteamiento con varios factores no será más que una extensión del modelo matemático para un factor, ampliando la fuente de variación. Para diferenciar el estudio por variabilidad de uno o varios factores, se nombraran los distintos modelos matemáticos utilizados como:

- ANOVA de 0 vías → Sin ningún control sobre un factor.
- ANOVA de 1 vía → Con variación en un factor controlado.
- ANOVA de 2 vías → Con variación en dos factores controlados.
- ANOVA de 3 vías → Con variación en tres factores controlados.

Con el método ANOVA de 0 vías solo se permite el estudio del error de experimentación, debido a que no se tiene control sobre ningún factor de estudio. Utilizando el método ANOVA de 1 vía puede determinar tanto la colaboración del error a la variación como la del factor controlado. El método

de dos vías, aparte de introducir la variación debida a cada uno de los factores controlados, introduce la variabilidad de una posible iteración de los dos factores controlados. Por último el método de 3 vías introduce la variabilidad del error, de cada uno de los factores por separado, de la posible iteración entre parejas de factores y el de una posible iteración triple entre los tres factores.

En este trabajo se han realizado experimentos controlando 3 factores. Por ello se harán análisis con el método ANOVA de 3 vías. Con él se podrá ver la variación de cada uno de los factores y ver si hay iteración entre ellos.

Existen dos posibilidades de plantear el análisis de varianza (ANOVA), dependiendo de si se incluye o no la media. Sin embargo la contribución a la variación de los factores debe ser la misma debido a que la única diferencia existente es la de un valor fijo, la media. En el caso de este trabajo se realizará el análisis excluyendo la media.

Como se ha dicho anteriormente este método se basa en el método de mínimos cuadrados por lo que para calcular la contribución a la variabilidad de las medidas se analiza la suma de cuadrados asociada a cada uno de los factores y sus interacciones.

El análisis de varianza como se ha dicho se basa en el cálculo de la suma de cuadrados que se puede calcular a partir de las ecuaciones Ec-A.6 a Ec-A.8:

Ec-A6 Suma de cuadrados del total de las medidas:

$$SS_{total} = \sum_{i=1}^N Y_i^2 - \frac{T^2}{N} \quad \text{Ec-A6}$$

Ec-A7 Suma de cuadrados de un factor:

$$SS_A = \sum_{j=1}^{kA} \frac{A_j^2}{N_{Aj}} - \frac{T^2}{N} \quad \text{Ec-A7}$$

Ec-A8 Suma de cuadrados de una iteración doble: (dos factores)

$$SS_{AxB} = \sum_{j=1}^{kAxkB} \frac{(AxB)_j^2}{N_{(AxB)j}} - \frac{T^2}{N} - (SS_A + SS_B) \quad \text{Ec-A8}$$

Ec-A8 Suma de cuadrados de una iteración triple: (dos factores)

$$SS_{AxBxC} = \sum_{j=1}^{kAxkBxC} \frac{(AxBxC)_j^2}{N_{(AxBxC)j}} - \frac{T^2}{N} - (SS_A + SS_B + SS_C + SS_{(AxB)} + SS_{(AxC)} + SS_{(BxC)}) \quad \text{Ec-A8}$$

El significado de cada uno de los símbolos utilizados en estas ecuaciones puede verse en el índice de símbolos que se encuentra al principio de este anexo.

La suma de cuadrados del error, se calcula restando de la suma de cuadrados total SS_{total} , el resto de suma de cuadrados considerado. De esta manera, todo lo que no se controla, se considera error experimental, siendo la suma total, la suma de todos los factores incluido el error.

Siempre ocurre que la variabilidad debidas a las iteraciones son menores que la debida a los factores aislados. Prácticamente nunca se evalúan las de orden superior a dos, considerándose ficticias las de orden tres. En este trabajo solo se realiza un experimento para cada combinación de niveles y es este el que se considera como media para cada ensayo. Por esta razón la suma de cuadrados del error de experimentación no se puede precisar al no tener repeticiones. A la vista de lo anterior se considerará la asociada a las iteraciones de orden tres cuya suma es pequeña en comparación del valor del resto de factores e iteraciones.

Este análisis se hace para ver la variabilidad para cada una de las características de estudio. Estas características a estudiar son:

1. Calor específico sensible ganado por el aire.
2. Calor específico latente ganado por el aire.
3. Entalpía específica total ganada por el aire.
4. Humedad específica ganada por el aire.
5. Calor sensible ganado por el aire.
6. Calor latente ganado por el aire.
7. ~~Eficacia en los procesos adiabáticos.~~

La característica eficacia en los procesos adiabáticos no se puede analizar con el método ANOVA, debido a que no se tiene un sistema factorial completo al no considerar todos los procesos como adiabáticos.

A.5 Bibliografía:

[1] Tejero, A. *Tesis doctoral, "Reducción del consumo energético y emisiones de anhídrico carbónico en edificios combinando enfriamiento evaporativo, enfriamiento gratuito y recuperación de energía en sistemas todo aire", Capítulo III Tecnologías. UVa. Valladolid 2012.*

