



ESCUELA UNIVERSITÁRIA DE
INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
Universidad Politécnica de Madrid

INFORME PRÁCTICA 1

TÍTULO DE UN VAPOR HÚMEDO. ESTUDIO Y OBTENCIÓN

PRÁCTICAS TERMODINÁMICA

Grado en Ingeniería Mecánica
Grupo M201

CURS ACADÉMICO 2012–2013

Autores:

Daniel Rodríguez Fornes

Daniel Dotu Amor

David Martínez Capilla

Grupo: V17S2M4

Profesor: Eduardo Faleiro

11/10/2010

1) RESUMEN:

1.1. Introducción:

La determinación experimental del título o calidad de un vapor es práctica habitual en determinados procesos industriales que utilizan vapor como agente caloportador. Tal es el caso, por ejemplo, de las centrales térmicas de potencia, o los procesos de calefacción.

Las calderas son los elementos encargados de generar vapor.

Como agente caloportador, el vapor de agua ofrece indudables ventajas técnicas y económicas: facilidad de obtención, materia prima económica y abundante, incombustible, etc., pero quizás la mayor ventaja radica en que su calor latente de condensación es el mayor que se conoce.

El título de vapor mide la calidad del vapor. Concretamente es el porcentaje en masa de vapor en una mezcla líquido-vapor y suele denotarse con la letra x :

$$x = \frac{M_{vs}}{M_{vs} + M_l}$$

El valor de x varía desde 0 (líquido saturado) hasta 1 (vapor saturado). Para valores del título cercanos a 1 se tiene una masa de líquido pequeña en forma de gotitas en suspensión. Para valores inferiores el líquido se deposita sobre el fondo del recipiente por efecto de la gravedad. La coexistencia de líquido y vapor se indica normalmente con el término vapor húmedo o mezcla de vapor saturado.

Para medir el título de un vapor se procede a condensarlo en un calorímetro con agua. En este proceso de condensación, que se produce a presión constante, se pierde una energía (en forma de calor) que la absorbe el calorímetro.

Calor perdido (vapor de agua) = Calor absorbido (calorímetro)

Calor cedido por el vapor húmedo:

$$Q = H_{inicial} - H_{final} = H_{vs} + H_L - H'_L = M_{vs} \cdot h_{vs} + M_L h_L - M_T h$$

$$Q = x \cdot M_T \cdot h_{vs} + (1 - x) M_T h_L - M_T h'_L$$

Calor absorbido por el calorímetro:

$$Q = (M_1 + K)(t_2 - t_1) + k(t_2 - t_1) = (M_1 + k)(t_2 - t_1)$$

Igualando y despejando x se obtiene

$$x = \frac{(M_1 + K)(t_2 - t_1) + (M_2 + M_1)(h'_L - h_L)}{(M_2 + M_1)(h_{vs} - h'_L)}$$

M = Masa calorímetro

M_1 = Masa de agua inicial del calorímetro

t_1 = temperatura inicial

$K = M_c \cdot C_e$ = equivalente en agua del calorímetro

M_2 = masa de agua final del calorímetro

t_2 = temperatura final del calorímetro

h_{vs} = entalpía específica del vapor saturado

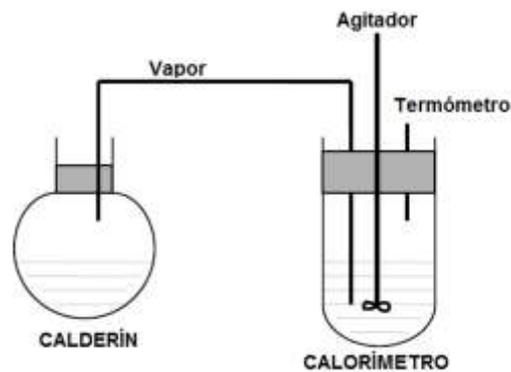
h_l = entalpía específica del agua líquida

h'_1 = entalpia específica del agua a la temperatura t_2

1.2. Material necesario:

Para realizar el cálculo del título de un vapor es necesario el siguiente material:

- Calderín para producir el vapor (Patmosférica = constante)
- Calorímetro adiabático de doble pared
- Termómetro
- Cronómetro
- Tablas de las propiedades termodinámicas del agua saturada



1.3. Procedimiento experimental:

- Calentar el calderín para provocar la producción de vapor.
- Pesar el calderín seco con el agitador
- Introducir una masa M_1 de agua en el calorímetro.
- Adecuar la temperatura a t_1 (diez grados por debajo de la temperatura ambiente del agua mediante hielo).
- Pesar el calderín + agitador + masa de agua.
- Cuando comience la aparición del vapor, conducirlo al calorímetro para que borbotee y vaya condensando al entrar en contacto con la masa de agua fría.
- Medir la temperatura en el interior del calorímetro cada 20 s.
- Continuar con el aporte de vapor hasta conseguir que el agua alcance una temperatura final t_2 .
- Pesar el calorímetro con la masa de agua añadida y la masa de agua aportada por el vapor (M_2)

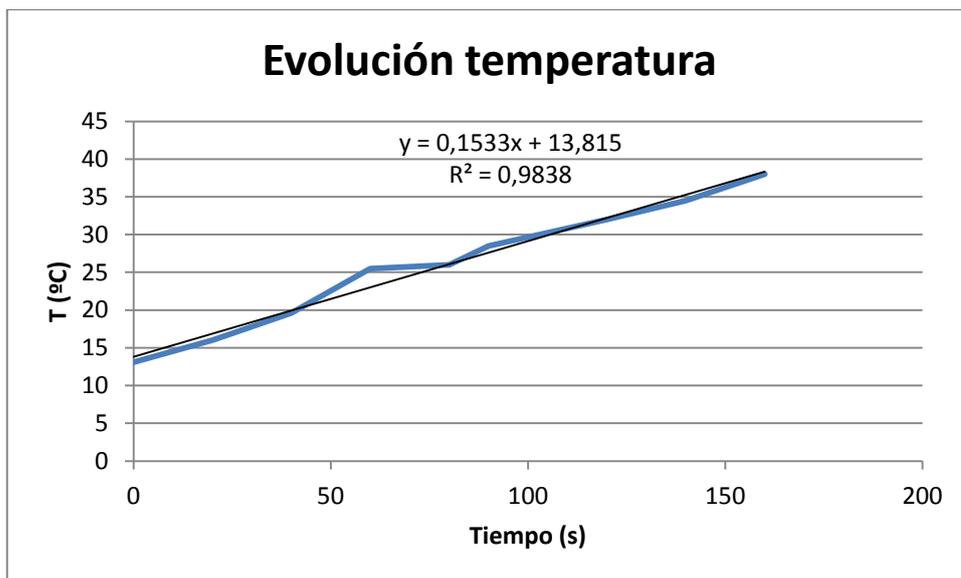
2) MEDIDAS Y TABLAS:

Evolución temperatura	
Tiempo (s)	Temperatura (°C)
0	13,1
20	16
40	19,6

60	25,5
80	26
90	28,5
120	32
140	34,5
160	38

3) GRAFICAS

A continuación se muestra la evolución de la temperatura con el tiempo obtenida, con su correspondiente regresión lineal.



4) CALCULOS + ERRORES:

- Interpolación para el cálculo de las entalpías (Ejemplo cálculo h'_i)
Cálculo h_{vs} (Ídem h_{vs} pero con los valores de la columna Agua líquida)

$$697,54 \text{ mmHg} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{760 \text{ mmHg}} = 0,9178 \text{ atm}$$

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{x - x_1}$$

$$\frac{639 - 637}{1 - 0,8} = \frac{y - 637}{0,9178 - 0,8}$$

$$y = 638,17 \text{ Kcal / Kg}$$

Cálculo h'

$$\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{y - y_1}{x - x_1}$$
$$\frac{45 - 33}{45,4 - 32,5} = \frac{y - 33}{38,5 - 32,5}$$
$$y = 38,58 \cdot Kcal / Kg$$

- **Cálculo de k:**

$$K = M \cdot Ce = 170,6g \cdot 0,212 \frac{cal}{g \cdot ^\circ C} = 36,16 \frac{cal}{^\circ C}$$

- **Cálculo título vapor**

$$x = \frac{(278g + 36,16 \frac{cal}{^\circ C})(38,5^\circ C - 13,1^\circ C) + (292,8^\circ C - 278^\circ C) \cdot (38,58 \frac{cal}{g} - 96,53 \frac{cal}{g})}{(292,8g - 278g) \cdot (638,17 \frac{cal}{g} - 96,53 \frac{cal}{g})}$$

$$x = 0,88$$

- **Corrección de la presión por temperatura**

- Lectura barómetro: 700,5mm
- Lectura termómetro unido: 26 °C

Para 26°C el factor que corresponde es -0.004228, por lo que el valor de la corrección es igual a: 700,5 x -0.004228 = -2,96

Por tanto la altura barométrica reducida a 0°C es 700,5 - 2,96= 697,54 mmHg.

- **Cálculo del error**

Se aplica el método de los logaritmos neperianos:

1) Separamos términos y aplicamos ln a cada uno de ellos:

$$x = \frac{(M_1 + K)(t_2 - t_1) + (M_2 + M_1)(h'_L - h_L)}{(M_2 + M_1)(h_{VS} - h'_L)}$$

$$x = \frac{(M_1 + K)(t_2 - t_1)}{(M_2 + M_1)(h_{VS} - h'_L)} + \frac{(h'_L - h_L)}{(h_{VS} - h'_L)}$$

$$\ln(x) = \ln(M_1 + k) + \ln(t_2 - t_1) - \ln(M_2 + M_1) - \ln(h_{VS} - h'_L)$$

Comentar que se desprecian los errores de entalpía, ya que sólo se tendrán en cuenta los errores provocados por la lectura de la masa y de la temperatura.

2) Derivamos la expresión y sustituimos la derivada por incrementos.

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta(M_1 + k)}{M_1 + k} + \frac{\Delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} - \frac{\Delta(M_2 + M_1)}{M_2 + M_1}$$

3) Cambiamos los signos - por +.

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta(M_1 + k)}{M_1 + k} + \frac{\Delta(t_2 - t_1)}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta(M_2 + M_1)}{M_2 + M_1}$$

4) Sustituimos los valores de los errores instrumentales y calculamos el error.

- Error báscula (ΔM) = 0,1 g
- Error termómetro (Δt) = 0,1 °C

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta M}{M_1 + k} + \frac{\Delta t}{t_2 - t_1} + \frac{\Delta M}{M_2 + M_1}$$

$$\Delta x = 0,888 \cdot \frac{0,1}{314,16} + \frac{0,1}{25,4} + \frac{0,1}{570,8}$$

$$\Delta x = 0,00393 \approx 0,004$$

5) RESULTADOS

Los resultados obtenidos quedan resumidos en la siguiente tabla:

TEMPERATURAS	MASAS
$T_1 = 13,1 \text{ }^\circ\text{C}$	$M = 170,6 \text{ g}$
$T_2 = 38,5 \text{ }^\circ\text{C}$	$M + M_1 = 448,6 \text{ g}$
	$M + M_2 = 463,4 \text{ g}$
	$M_1 = 278 \text{ g}$
	$M_2 = 292,8 \text{ g}$
CONDICIONES AMBIENTALES	ENTALPÍAS ESPECÍFICAS
Lectura barómetro = 700,5 mmHg	$h_{vs} = 638,17 \text{ Kcal/Kg}$
P corregida = 697,54	$h_l = 96,53 \text{ Kcal/Kg}$
T ambiente = 26 °C	$h'_l = 38,58 \text{ Kcal/Kg}$
TÍTULO VAPOR: $x = 0,88 \pm 0,004$	

6) CONCLUSIONES

De la teoría se sabe que el valor del título de un vapor oscila entre 0,6 y 0,8, pero experimentalmente estos valores suelen rondar el orden de 0,7 a 0,9 aproximadamente. En nuestro caso hemos obtenido un título de vapor de $0,88 \pm 0,004$ por lo tanto es bastante próximo a 1, cosa que indica que la calidad del vapor es bastante buena.

Respecto al cálculo de errores, hemos considerado los errores producidos por la medida de la temperatura y las pesadas en la báscula. Después del tratamiento matemático adecuado el cálculo del error nos ha dado un valor de $\pm 0,004$.