

1. Con las ecuaciones que se plantearon en clase (y las que encuentre en la bibliografía sugerida), **desarrolle a mano y detalladamente** las propiedades psicrométricas del ambiente de una localidad que se encuentra a **Z = 1789 msnm**, donde se tiene una temperatura del bulbo seco de **T_{bs} = 26.6 °C** y una humedad relativa de **φ = 46 %**, determine:

- a. Las razones de humedad (**W y W_s**) (g_vp/kg_as)
- b. La presión parcial de vapor de agua (**P_v, P_{vs}, y DPVa**) (kPa)
- c. El grado de saturación, **μ** ([])
- d. El volumen específico del aire húmedo, **V_{eh}** (m³/kg_as)
- e. La entalpía, **h** (kJ/kg_AS)
- f. La temperatura del punto de rocío, **T_{pr}** (°C)
- g. La temperatura del bulbo húmedo **T_{bh}** (°C)

Realice los cálculos a mano.

$$\begin{aligned} \text{Altitud: } & 1789 \text{ msnm} \\ T_{bs}: & 26.6 \text{ °C} \\ \phi_{Hr}: & 46\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{atm} &= 101.325 \left(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \cdot Z\right)^{5.2529} \\ &= 101.325 \left(1 - 2.25577 \times 10^{-5} \cdot 1789\right)^{5.2529} = 81.61 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Presión de vapor saturado (**p_{vs}**)

$$T = 26.6 + 273.15 = 299.75 \text{ K}$$

$$\begin{aligned} p_{vs} &= \exp \left(-5.8002206E+03 / 299.75 \right. \\ &\quad \left. + 1.3914993 \right. \\ &\quad \left. - (48.640239 E-03)(299.75) \right. \\ &\quad \left. + (41.764768 E-06)(299.75)^2 \right. \\ &\quad \left. - (14.452093 E-09)(299.75)^3 \right. \\ &\quad \left. + 6.5459673 \ln(299.75) \right) = \exp(8.156) = 3484 \text{ Pa} \\ &= 3.484 \text{ kPa} \end{aligned}$$

Presión de vapor (**p_v**)

$$\gamma = \frac{p_v}{p_{vs}} \Rightarrow p_v = \phi \cdot p_{vs} = (0.46)(3484) = 1602 \text{ Pa} = 1.602 \text{ kPa}$$

Déficit de Presión de Vapor (DPVa)

$$DPVa = p_{vs} - p_v = 3.484 - 1.602 = 1.882 \text{ kPa}$$

Razón de humedad (w y w_s)

$$w = 0.621945 \frac{p_v}{p - p_v} = 0.621945 \frac{1.602}{81.61 - 1.602} = 0.0124 \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_{\text{gas}}} = 12.4 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}_{\text{gas}}}$$

$$w_s = 0.621945 \frac{p_{vs}}{p - p_{vs}} = 0.621945 \frac{3.181}{81.61 - 3.181} = 0.0277 \frac{\text{kg}_v}{\text{kg}_{\text{gas}}} = 27.7 \frac{\text{g}_v}{\text{kg}_{\text{gas}}}$$

Grado de saturación del aire (N)

$$N = \frac{w}{w_s} = \frac{12.4}{27.7} = 0.4476$$

Volumen específico del aire húmedo (V_e)

$$V_e = \frac{R_a T}{p} \frac{(1 + 1.6087 w)}{1 + w}, \text{ donde } R_a = 287.055 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

$$V_e = \frac{287.055 (299.75)}{81.610} \frac{(1 + 1.6087 (0.0124))}{1 + 0.0124} = 1.0622 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}_{\text{gas}}}$$

Entalpia (h)

$$h = 1.006 T + w (2501 + 1.805 T) = 1.006(26.6) + 0.0124(2501 + 1.805(26.6))$$

$$h = 58.36 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}_{\text{gas}}}$$

Temperatura del punto de rocío (T_{pr})

Tomando en cuenta que $T_{bs} = 26.6^\circ\text{C}$, $p_v = 1602 \text{ Pa}$, se utiliza la sig. ecuación:

$$T_{pr} = -35.957 - 1.8726 \cdot \ln(p_v) + 1.1689 [\ln(p_v)]^2$$

$$T_{pr} = -35.957 - 1.8726 \cdot \ln(1602) + 1.1689 [\ln(1602)]^2 = 13.87^\circ\text{C}$$

2. Implemente las ecuaciones planteadas en un algoritmo (en MATLAB® o Python) de tal manera que con solo ingresar los argumentos (Z, T_{bs} y ϕ) se calculen todas las propiedades psicrométricas. En la tarea incluir el algoritmo (función), para realizar los cálculos. **Es importante que realice su propio código. NO SE ACEPTAN LIBRERIAS DESCARGAS de la red, ni las incluidas en Python.**

Es importante notar que para calcular la temperatura del bulbo húmedo T_{bh} no hay una expresión explícita y es necesario aplicar un método numérico (iterativo). No se aceptan modelos empíricos reportados que solo son aplicables a nivel del mar y bajo ciertas condiciones de presión, con un error considerable.

>> `dt1 = f_psicrometria(Z, Tbs, phi)` <

>> Desplegar Los valores de todas las propiedades psicrométricas.

Con el programa desarrollado, calcule las propiedades psicrométricas del ambiente del Problema 1 (**1283 msnm, Tbs = 28.6°C, φ = 36 %**) y de las siguientes condiciones:

#	Z (msnm)	Tbs (°C)	φ (%)	Pvs (kPa)	Pv (kPa)	$\frac{Ws}{(kg_{vp})}$ $\frac{(kg_{vp})}{kg_{AS}}$	μ []	V_{eh} $\left(\frac{m^3}{kg_{AS}}\right)$	h $\left(\frac{kJ}{kg_{AS}}\right)$	Tpr (°C)	Tbh (°C)
P1	1789	26.6	46	3.4844	1.6028	0.0277	0.4492	1.0622	58.5194	13.8792	
1	0	26	40	3.3631	1.3453	0.0214	0.3919	0.8518	47.4782	11.2210	
2	1000	26	40	3.3631	1.3453	0.0242	0.3909	0.9609	50.2343	11.2210	
3	1500	26	40	3.3631	1.3453	0.0258	0.3903	1.0216	51.7724	11.2210	
4	2000	26	40	3.3631	1.3453	0.0275	0.3897	1.0870	53.4303	11.2210	
5	2500	26	40	3.3631	1.3453	0.0293	0.3890	1.1575	55.2191	11.2210	
6	248	34	75	5.3239	3.9929	0.0356	0.7394	0.9102	101.6198	28.8907	
7	759	34	28	5.3239	1.4907	0.0380	0.2682	0.9586	60.2965	12.7701	
8	2112	24	30	2.9858	0.8955	0.0246	0.2919	1.0926	42.4267	5.3231	
9	2112	24	70	2.9851	2.0896	0.0246	0.6918	1.0990	67.4710	18.0401	
10	1268	18	89	2.0643	1.8372	0.0151	0.8876	0.9684	52.1010	16.0001	
11	1578	12	30	1.4026	0.4208	0.0106	0.2965	0.9791	19.9937	-4.5984	
12	1578	32	30	4.7585	1.4276	0.0375	0.2879	1.0526	59.7858	12.1141	
13	2240	-4.2	30	0.4301	0.1290	0.0035	0.2988	1.0011	-1.6278	-	17.5335
14	2240	-3.6	50	0.4526	0.2263	0.0037	0.4985	1.0038	0.9411	-	11.4468
15	2240	-10	60	0.1559	0.2599	0.0021	0.5992	0.9797	-6.9330		

En los datos de 1 al 5 solo cambia la altura en donde se puede observar que la razón de humedad (Ws) aumenta con la altitud (de 0.0214 a 0.0293) debido a la menor presión total, el volumen específico (Veh) aumenta (de 0.8518 a 1.1575 m³/kg_AS) porque el aire es menos denso a mayor altitud y la entalpía (h) aumenta (de 47.4782 a 55.2191 kJ/kg_AS) por el mayor volumen específico.

En los datos 8 y 9 solo cambia la humedad relativa (φ) a mayor φ, mayor presión de vapor (Pv) punto 8 con φ=30% con una Pv=0.8955kPa; punto 9 con φ=70% con una Pv=2.0896 kPa. Mayor φ implica mayor razón de humedad (W) y mayor grado de saturación (μ). La entalpía (h) también aumenta con φ, punto 8: h=42.4267; punto 9: h=67.4710 porque el vapor de agua aporta más energía.

En los datos 11 y 12 cambia la temperatura del bulbo seco (Tbs) a mayor Tbs, mayor Pvs en el dato 11 con Tbs=12°C con una Pvs=1.4026; punto 12 con Tbs=32°C con una Pvs=4.7585. La entalpía (h) aumenta con Tbs punto 11: h=19.9937; punto 12: h=59.7858.