

MANEJO DE TABLAS DE PROPIEDADES TERMODINÁMICAS

Problema: Caracterizar el estado de una sustancia.

En todos los casos se conoce la sustancia a la que se le desean determinar las propiedades. Cuidar que las unidades de las propiedades de entrada para leer en las tablas sea la correcta ($^{\circ}\text{C}$, K , kPa , MPa , kJ/kg , kJ/kgK , $^{\circ}\text{F}$, R , lb/in^2 , Btu/lb_m , $\text{Btu/lb}_m\text{R}$) y que los datos tomados correspondan a la sustancia de interés.

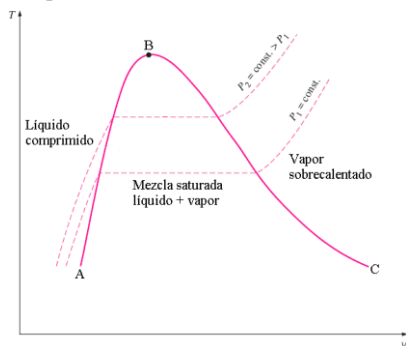


Figura 1.

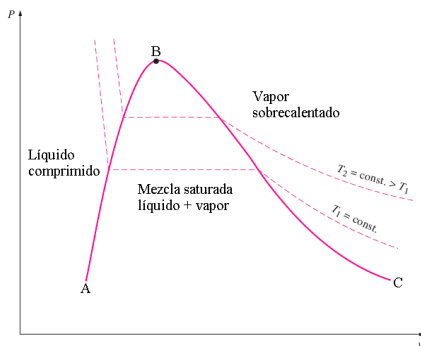


Figura 2.

Caso I: Dado el estado y la temperatura (T).

Los estados posibles en este caso son líquido saturado o vapor saturado.
 Líquido saturado: A T especificada se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.1), y se leen los correspondientes valores de P, v, u, h y s en la columna que corresponde al líquido saturado.
 Vapor saturado: A T especificada se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.1), y se leen los correspondientes valores de P, v, u, h y s en la columna que corresponde al vapor saturado.

Caso II: Dado el estado y la presión (P).

Los estados posibles en este caso son líquido saturado o vapor saturado.
 Líquido saturado: A P especificada se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.2), y se leen los correspondientes valores de T, v, u, h y s en la columna que corresponde al líquido saturado.
 Vapor saturado: A P especificada se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.2), y se leen los correspondientes valores de T, v, u, h y s en la columna que corresponde al vapor saturado.

Caso III: Dado el estado y el volumen específico (v).

Los estados posibles en este caso son líquido saturado o vapor saturado.
 Líquido saturado: Al volumen específico v indicado se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.2), y se leen los correspondientes valores de T, P, u, h y s en la columna que corresponde al líquido saturado.
 Vapor saturado: Al volumen específico v indicado se ubica ese valor en la tabla de propiedades saturadas (A.1.2), y se leen los correspondientes valores de T, P, u, h y s en la columna que corresponde al vapor saturado.

Caso IV: Dada la presión (P) y la temperatura (T).

Se puede buscar en las tablas de dos formas:

Procedimiento 1.

- A la P especificada se ubica el valor correspondiente a la temperatura de saturación (T^{sat}) (Tabla A.1.2).
- Se aplica el siguiente criterio:
 - $T < T^{sat} \Rightarrow$ Líquido comprimido (Figura 3);
 - $T > T^{sat} \Rightarrow$ Vapor sobrecalentado (Figura 4).
- Si se trata de líquido comprimido o de vapor sobrecalentado, se ubican las tablas A.1.4 ó A.1.3 respectivamente y se leen los correspondientes valores de v, u, h y s a la presión y temperatura dada.

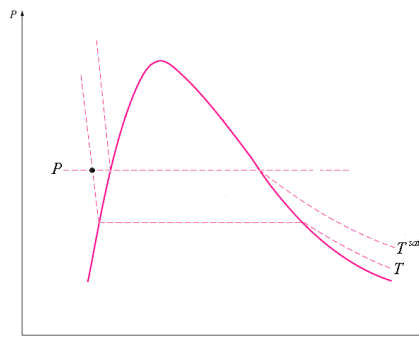


Figura 3.

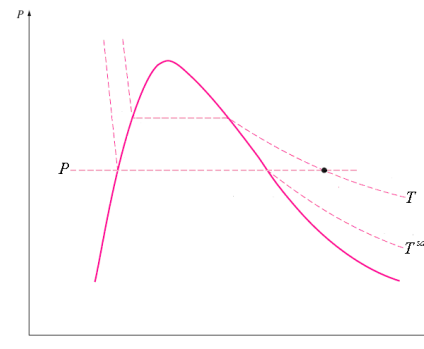


Figura 4.

Procedimiento 2.

- A la T especificada se ubica el valor correspondiente a la presión de saturación (P^{sat}) (Tabla A.1.1).
- Se aplica el siguiente criterio:
 - $P > P^{sat} \Rightarrow$ Líquido comprimido (Figura 5);
 - $P < P^{sat} \Rightarrow$ Vapor sobrecalentado (Figura 6).
- Si se trata de líquido comprimido o de vapor sobrecalentado, se ubican las tablas A.1.4 ó A.1.3 respectivamente y se leen los correspondientes valores de v, u, h y s a la presión y temperatura dada.

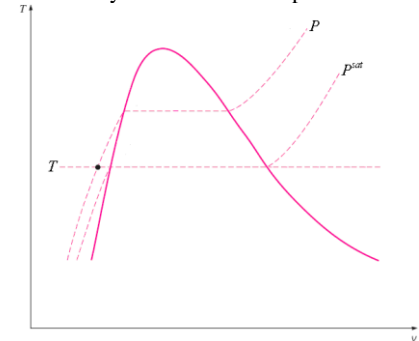


Figura 5.

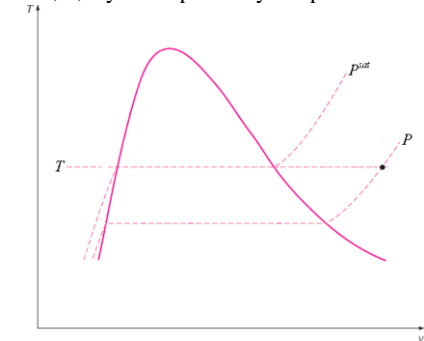


Figura 6.

Caso V. Dada la temperatura (T) y el volumen específico (v).

- A la T especificada se ubica el valor correspondiente al volumen específico del líquido (v_f) y del vapor (v_g) (Tabla A.1.1).
- Se aplica el siguiente criterio (Figura 7):
 - $v < v_f \Rightarrow$ Líquido comprimido.
 - $v_f < v < v_g \Rightarrow$ Mezcla saturada Líquido + Vapor.
 - $v > v_g \Rightarrow$ Vapor sobrecalentado.

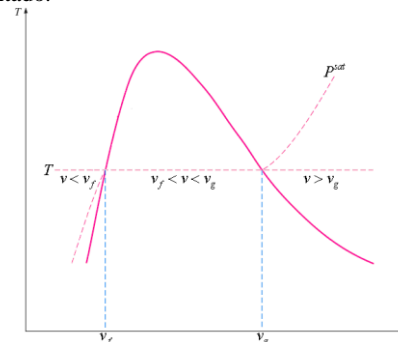


Figura 7.

c.- Si se trata de una mezcla saturada de líquido + vapor, la presión es la correspondiente a la presión de saturación a la temperatura dada. Se define la calidad:

$$x = \frac{v - v_f}{v_g - v_f} \quad (1)$$

donde v_f y v_g son obtenidos a las condiciones de saturación (Tabla A.1.1)

Se determinan los correspondientes valores de u , h y s a la temperatura dada mediante las ecuaciones:

$$u = u_f + x(u_g - u_f) = u_f + x u_{fg} \quad (2) \quad h = h_f + x(h_g - h_f) = h_f + x h_{fg} \quad (3)$$

$$s = s_f + x(s_g - s_f) = s_f + x s_{fg} \quad (4)$$

Cuando se conoce la fracción en volumen de la fase vapor (y), entonces la calidad está dada por:

$$x = \frac{\frac{y}{v_g}}{\frac{y}{v_g} + \frac{(1-y)}{v_f}}$$

d.- Si se trata de líquido comprimido o de vapor sobrecalentado, se ubican las tablas A.1.4 ó A.1.3 respectivamente y a la temperatura dada se ubica el valor del volumen específico (columna de v) (es necesario buscar en diferentes valores de P a una misma temperatura, la especificada). Se leen los correspondientes valores de P , u , h y s a la temperatura y volumen específico dado. Frecuentemente se requiere aplicar interpolación para determinar P .

El caso anterior se aplica de manera similar cuando los valores proporcionados son T y u , T y h ó T y s .

Caso VI. Dada la presión (P) y el volumen específico (v).

a.- A la P especificada se ubica el valor correspondiente al volumen específico del líquido (v_f) y del vapor (v_g) (Tabla A.1.2).

b.- Se aplica el siguiente criterio (Figura 8):

$v < v_f \Rightarrow$ Líquido comprimido.

$v_f < v < v_g \Rightarrow$ Mezcla saturada Líquido + Vapor.

$v > v_g \Rightarrow$ Vapor sobrecalentado.

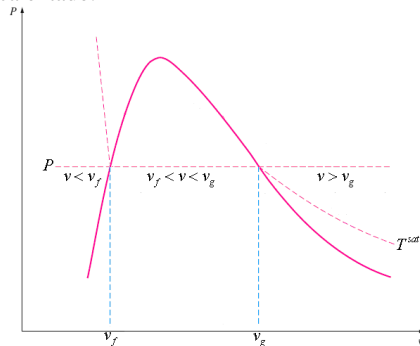


Figura 8.

c.- Si se trata de una mezcla saturada de líquido + vapor, la temperatura es la correspondiente a la temperatura de saturación a la presión dada. Se determina la calidad (x) aplicando la ecuación (1), donde v_f y v_g son obtenidos a las condiciones de saturación (Tabla A.1.2).

Se determinan los correspondientes valores de u , h y s a la presión dada mediante las ecuaciones (2), (3) y (4) (Ver **Caso V**).

d.- Si se trata de líquido comprimido o de vapor sobrecalentado, se ubican las tablas A.1.4 ó A.1.3 respectivamente y a la presión dada se ubica el valor del volumen específico (columna de v) (es necesario buscar en diferentes valores de T a una misma presión, la especificada). Se leen los correspondientes valores de T , u , h y s a la presión y volumen específico dado. Frecuentemente se requiere aplicar interpolación para determinar T .

El caso anterior se aplica de manera similar cuando los valores proporcionados son P y u , P y h ó P y s .

Caso VII. Dada la temperatura (T) y la calidad (x).

a.- A la T especificada se ubica el valor correspondiente al volumen específico, entalpía específica, energía interna específica y entropía específica del líquido y del vapor. Se aplican las ecuaciones (2), (3) y (4)

El caso anterior se aplica de manera similar cuando los valores proporcionados son P y x .

Caso VIII. Dada la calidad y el volumen específico.

Se aplica tanteo y error utilizando la tabla de saturación. Se evalúa la calidad utilizando la ecuación (1) en los extremos de la tabla para el volumen específico. Un resultado debe ser menor que la calidad especificada y el otro mayor. Es necesario ubicar el punto usando la tabla de saturación en el cual la calidad sea aproximadamente el mismo valor que el indicado o, de manera práctica, determinar la temperatura (ó presión) en la cual la diferencia entre la calidad determinada y la calidad dada es igual a cero.

El caso anterior se aplica de manera similar cuando los valores proporcionados son x y u , x y h ó x y s .

Una aproximación importante que se considera es que $v_f \approx 0$, con lo cual:

$$v = x v_{fg} \text{ ó}$$

$$v_{fg} = \frac{v}{x}$$

Este valor de v_{fg} se toma como punto de partida en la determinación de la temperatura.

Una vez que la temperatura se encierra entre dos valores adyacentes, se aplica interpolación.

Caso IX. Dadas dos propiedades específicas.

Se aplica tanteo y error utilizando la tabla de saturación. Se evalúa la calidad utilizando la ecuación (1) en los extremos de la tabla para las dos propiedades conocidas. Si ambas son negativas en los dos extremos, se trata de líquido comprimido. Si ambas son mayor que la unidad en los dos extremos, se trata de vapor sobrecalentado. Finalmente, si hay cambio de signo en la diferencia de ambas calidades en los extremos, se trata de una mezcla. En caso de tratarse de una mezcla, es necesario ubicar el punto usando la tabla de saturación en el cual la calidad sea aproximadamente el mismo valor para las dos propiedades dadas ó, de manera práctica, determinar la temperatura (ó presión) en la cual la diferencia en la calidad determinada para ambas sustancias es igual a cero. Es importante resaltar que el hecho de que la calidad tenga el mismo valor calculada con ambas propiedades no es suficiente para concluir que se trata de mezcla saturada líquido + vapor, pues también es necesario que dichos valores se encuentren entre cero y uno. Si se trata de vapor sobrecalentado, es necesario ubicar aproximadamente el punto en el cual se encuentran los valores de ambas propiedades para el vapor sobrecalentado. Este último caso normalmente requiere doble interpolación para la determinación de la presión y la temperatura.

Nota: Ante la falta de datos de líquido comprimido para la mayoría de las sustancias, excepto para el agua a presiones mayores a 5 MPa, una aproximación general es considerar al líquido comprimido como un líquido saturado a la temperatura dada. La entalpía debe ser corregida por presión mediante la siguiente ecuación:

$$h = h_f + v_f(P - P^{sat})$$

Donde h_f y v_f deben ser leídos en las tablas de propiedades termodinámicas a la temperatura de interés.

Interpolación.

Si se quiere determinar el valor de una propiedad z a una temperatura T (o presión) que no se encuentra en las tablas de propiedades, ubicar dos valores adyacentes a T (uno superior, T_s , y otro inferior, T_i). Disponer de los datos como se muestra en la tabla siguiente:

| | |
|-------|-------|
| z_i | T_i |
| z | T |
| z_s | T_s |

La fórmula de interpolación es:

$$\frac{z - z_i}{z_s - z_i} = \frac{T - T_i}{T_s - T_i}$$

De esta manera, a la temperatura especificada, el valor de la propiedad deseada es: $z = \frac{T - T_i}{T_s - T_i}(z_s - z_i) + z_i$

No conviene memorizar esta fórmula. En su lugar, aprender la manera de deducirla.

Numéricamente la ecuación de interpolación no representa una inversión adicional de tiempo, pues con el uso apropiado de paréntesis, la mayoría de las calculadoras científicas realizan estas operaciones en un solo paso.

Relaciones importantes.

Volumen específico: $v = \frac{V}{m}$; Calidad: $x = \frac{v - v_f}{v_g - v_f}$

Masa de la mezcla: $m = m_f + m_g$; $m = \frac{V_f}{v_f} + \frac{V_g}{v_g}$

Masa de gas: $m_g = x m$; Masa de líquido: $m_f = (1 - x) m$; Área de un pistón: $A_p = \frac{1}{4} \pi D^2$

Relación presión – volumen para algunos sistemas.

- Globo que se infla: a) Presión proporcional al diámetro: $P = k V^{\frac{1}{3}}$.

b) Presión proporcional al cuadrado del diámetro: $P = k V^{\frac{2}{3}}$

- Cilindro pistón y resorte lineal:

a) Constante del resorte y área del pistón conocidos: $P = P_1 + \frac{k}{A_p^2} (V - V_1)$

b) Dos estados conocidos: $P = P_1 + \frac{P_2 - P_1}{V_2 - V_1} (V - V_1)$

Gases ideales. $P V = m R T$; $P v = R T$

R es una constante para un gas en particular (Propiedades de diversos gases ideales a 300 K, Tabla A.12.1).

Ecuación de Van der Waals.

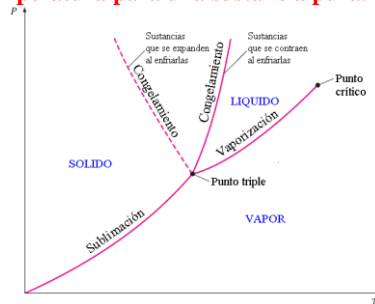
$$\left(P + \frac{m^2 a}{V^2} \right) (V - mb) = m R T \quad \left(P + \frac{a}{v^2} \right) (v - b) = R T$$

Ecuación cúbica de Van der Waals.

$$v^3 - \left(mb + \frac{m R T}{P} \right) v^2 + \frac{m^2 a}{P} v - \frac{m^3 a b}{P} = 0 \quad v^3 - \left(b + \frac{R T}{P} \right) v^2 + \frac{a}{P} v - \frac{a b}{P} = 0$$

a y b son constantes para un gas en particular (Constantes de la ecuación de estado de Van der Waals, Tabla A.15.1).

Diagrama de Presión – Temperatura para una sustancia pura.



A lo largo de la línea de sublimación las fases sólida y de vapor están en equilibrio.

A lo largo de la línea de congelamiento (fusión), las fases sólida y líquida están en equilibrio.

A lo largo de la línea de vaporización (condensación), las fases líquida y vapor están en equilibrio.

El único punto en que las tres fases pueden existir en equilibrio es el punto triple.

La línea de vaporización termina en el punto crítico porque más allá del punto crítico no hay cambio identificable de la fase líquida a la fase vapor.

Cuando la temperatura aumenta pero la presión (inferior a la presión en el punto triple) es constante, la sustancia pasa directamente de la fase sólida a la fase de vapor.

A lo largo de una línea de presión constante (superior a la presión en el punto triple) la sustancia pasa de la fase sólida a la fase líquida a una temperatura y después, de la fase líquida a la fase vapor, a una temperatura superior.

A una presión superior a la presión crítica, no hay una distinción definida entre las fases líquida y vapor.

Autor: **MSc. Ing. Willians Medina.**

Teléfono / Whatsapp: **+58-424-9744352**

e-mail: **medinawj@gmail.com**

Twitter: **@medinawj**

El presente formulario está disponible en formato digital en la siguiente dirección:
<https://www.tutoruniversitario.com/> Puerto La Cruz, abril de 2026.