

# CASOS DONDE LA DEFINICIÓN DE HUMEDAD RELATIVA DA LUGAR A INTERPRETACIONES INCORRECTAS

Dávila P. Jesús, Martines L. Enrique  
 Centro Nacional de Metrología  
 Carretera a Los Cués, km 4.5, El Marqués, Qro. C. P. 76240  
 (442) 2110500 ext. 3395, jdavila@cenam.mx

**Resumen:** La humedad relativa se define como el cociente entre la presión de vapor de agua a una temperatura y presión dadas y la presión de vapor en su condición de saturación a las mismas condiciones de temperatura y presión. Cuando esta definición se usa a temperaturas de punto de rocío inferiores a 0°C se pueden presentar dos condiciones de saturación, de las cuales se debe especificar la condición que se presenta, de lo contrario se pueden obtener valores incorrectos de humedad relativa. De igual forma en aplicaciones de alta temperatura la definición de humedad relativa puede no ser aplicable. En este trabajo se presentan algunos casos en los que el uso inadecuado de la definición de la humedad relativa da lugar a errores o malas interpretaciones sobre la humedad en un gas.

## 1. INTRODUCCIÓN

La definición de humedad relativa relaciona la presión de vapor de agua a una temperatura y presión dadas, con la presión de vapor en su condición de saturación a la misma temperatura y presión. De acuerdo a esta definición, cualquier valor de humedad relativa debe acompañarse con la temperatura y la presión de la muestra de aire.

En aplicaciones de alta temperatura (>100 °C) esta definición no se puede usar debido a que la presión de vapor es mayor que la presión atmosférica; es decir que la saturación no se puede alcanzar experimentalmente [1].

Por otro lado, en condiciones de baja humedad (<0 °C) la condición de saturación puede obtenerse respecto a una capa de agua en la fase líquida (temperatura de punto de rocío) o en su fase sólida (temperatura de punto de escarcha). Cuando no se especifica la condición se puede incurrir en errores al calcular la humedad relativa.

Finalmente, en aplicaciones donde se requiere hacer mediciones al vacío (como es el caso de secado de muchos materiales), la presión total es igual a la presión de vapor de agua [2]. En esta condición tampoco es posible aplicar la definición descrita.

En este trabajo se discuten algunos casos donde se presentan complicaciones para aplicar la definición tradicional de humedad relativa y se presentan alternativas que se han propuesto para atender el problema.

## 2. CONCEPTO DE HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa se define como el cociente de la fracción molar de agua a una temperatura y presión dadas entre la fracción de molar de vapor de agua en su condición de saturación a la misma temperatura y presión. En forma práctica la humedad relativa se puede calcular como:

$$HR / \% = \frac{e(T_d)}{e(T)} \cdot 100 \quad (1)$$

Donde  $e(T_d)$  es la presión de vapor de agua en la muestra a la temperatura de punto de rocío  $T_d$  y representa la condición en la que el vapor de agua empieza a condensarse.  $e(T)$  es la presión de vapor de agua en condición de saturación a una temperatura  $T$  y presión  $P$ , y representa la presión de vapor máxima que puede tener una muestra de aire a la temperatura  $T$  y presión  $P$ .

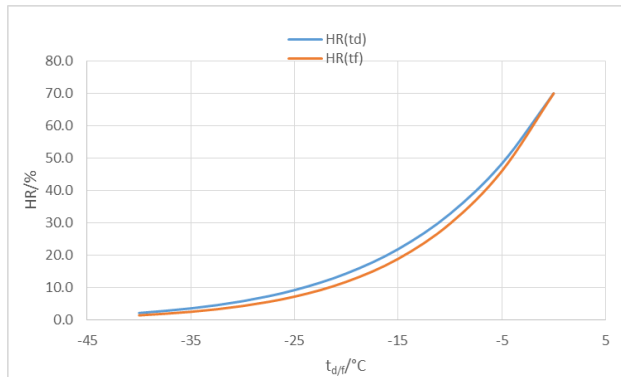
En la ecuación (1) se cumple que  $e(T) < P$ .

Es importante aclarar que para aplicar la definición dada por la ecuación (1) se requiere que la saturación sea realizable experimentalmente, además que debe cumplirse que  $e(T) \geq e(T_d)$ .

## 3. ANÁLISIS DE LA DEFINICIÓN

Se discuten algunos casos prácticos donde la definición tradicional de humedad relativa genera confusión o errores al usarla.

i. Para muestras con bajos contenidos de HR, la temperatura de condensación puede ser menor que 0 °C, lo que implica que en el numerador de la ecuación (1) se pueden presentar dos condiciones: a) que se forme una capa de agua (agua subenfriada) o que se forme una capa de hielo. Si no se identifica la condición de condensación/solidificación se pueden presentar errores significativos en el cálculo de la humedad relativa (Figura 1). En el caso que se presenta se pueden generar errores de aproximadamente 3 %HR.



**Fig. 1.** Valores calculados de HR cuando no se puede distinguir entre rocío y escarcha.

ii. Cuando la temperatura de la muestra es menor que 0 °C, entonces en el denominador de (1) se pueden presentar dos condiciones de saturación. En el primer caso se refiere cuando la saturación se alcanza respecto a una capa de agua líquida, y en el segundo cuando la saturación se alcanza respecto a una capa de hielo. Lo anterior genera errores (≈ 0.1 %HR) en el cálculo de la humedad relativa. Este valor puede ser representativo en la conversión de humedad relativa a temperatura de punto de escarcha.

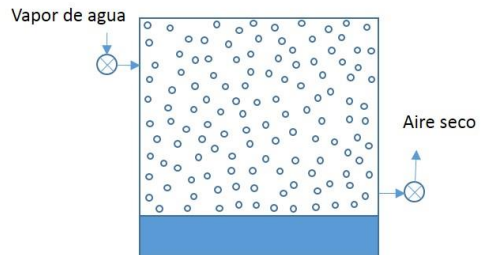
iii. Este caso considera procesos de alta temperatura (t>100 °C) como es el secado de madera, donde se requiere medir la humedad relativa durante el proceso. La complicación se presenta porque en el secado a alta temperatura y presión atmosférica, la presión de vapor es mayor que la presión atmosférica, por lo que no se puede alcanzar la saturación de manera natural [1]. Es decir no se cumplen las condiciones establecidas en la definición.

Al no alcanzarse la condición de saturación no es posible aplicar la ecuación (1). En este caso es conveniente redefinir la humedad relativa y producir la saturación de vapor de agua de manera artificial.

En [1] y [2] se hacen propuestas al respecto. Aquí se propone la definición,

$$HR / \% = \left\{ \begin{array}{ll} \frac{e(T_d)}{e(T)} \cdot 100 & \text{si } P > e(T) \\ \frac{e'(T)}{e'(T)} \cdot 100 & \text{si } P < e(T) \end{array} \right\} \quad (2)$$

En la ecuación (2),  $P$  es la presión total en la saturación,  $e'(T)$  es la presión de saturación de vapor de agua, la cual se puede alcanzar adicionando vapor de agua y extrayendo aire seco [2] (Figura 2).



**Fig. 2.** Proceso de saturación artificial a temperaturas mayores del punto de ebullición.

iv. El cuarto caso se refiere a mediciones de humedad relativa en condiciones de vacío; en particular este caso se presenta en el secado de materiales al vacío, en los que se tienen presiones de vacío moderadas. En este caso al extraer el aire húmedo presente, la presión total se reduce hasta la presión del vapor de agua actual presente, lo que propicia un estado de saturación permanente, por lo que  $e(T_d)$  no está definido.

#### 4. CONCLUSIONES

Se presentaron cuatro casos donde el uso de la definición tradicional de HR no es posible aplicarse, en los cuales es necesario usar una definición complementaria.

#### REFERENCIAS

[1] N. Bose, H. Mitter, "Calculation and measurement of humidity at temperaturas higher than 100 °C", Proceedings of TEMPMEKO2004, pag.. 689-695, 2004.  
 [2] J. M. Lovell-Smith, H. Pearson, "On the concept of relative humidity", Metrologia, vol. 43, pag. 129-134, 2006.