

Comparación de los valores de humedad relativa obtenidos por el método de dos presiones vs temperatura de punto de rocío

Castro, Fanny

Centro Nacional de Metrología de Panamá
Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0001-7181-8203

Prado, Ebony

Centro Nacional de Metrología de Panamá
Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0002-1614-5410

Acevedo, Hector

Centro Nacional de Metrología de Panamá
Panamá, Panamá
ORCID: 0000-0003-3878-1298

Abstract

To validate the determination of the reference relative humidity from the national humidity standard at CENAMEP AIP, the laboratory uses a reference dew point meter. By comparing the results of relative humidity obtained through two different methods—humidity by two pressures and dew point temperature—the laboratory can confirm that the measurements performed by the standard are accurate. This also proves to be a suitable technique for intermediate checks of the standard, a tool for quality assurance of the results, and a step forward toward new humidity measurement techniques aimed at expanding services, in this case, dew point temperature meters.

Keywords: Relative humidity, dew point temperature, water vapor content, humidity generator, chilled mirror.

Resumen

Para validar la obtención de la humedad relativa de referencia del patrón nacional de humedad, en el CENAMEP AIP, el laboratorio cuenta con un medidor de punto de rocío patrón. Al comparar los resultados de la obtención de la humedad relativa obtenida por dos métodos diferentes: humedad por dos presiones y temperatura de punto de rocío, el

laboratorio puede validar, que las mediciones realizadas por el patrón son correctas, a la vez que resulta una técnica adecuada para las comprobaciones intermedias del patrón, una herramienta de aseguramiento de la calidad los resultados, y un avance hacia nuevas técnicas de medición de humedad con miras a la expansión de servicios, en este caso medidores de temperatura de punto de rocío.

Palabras claves: Humedad relativa, temperatura de punto de rocío, contenido de vapor de agua, generador de humedad, espejo enfriado.

1. INTRODUCCIÓN

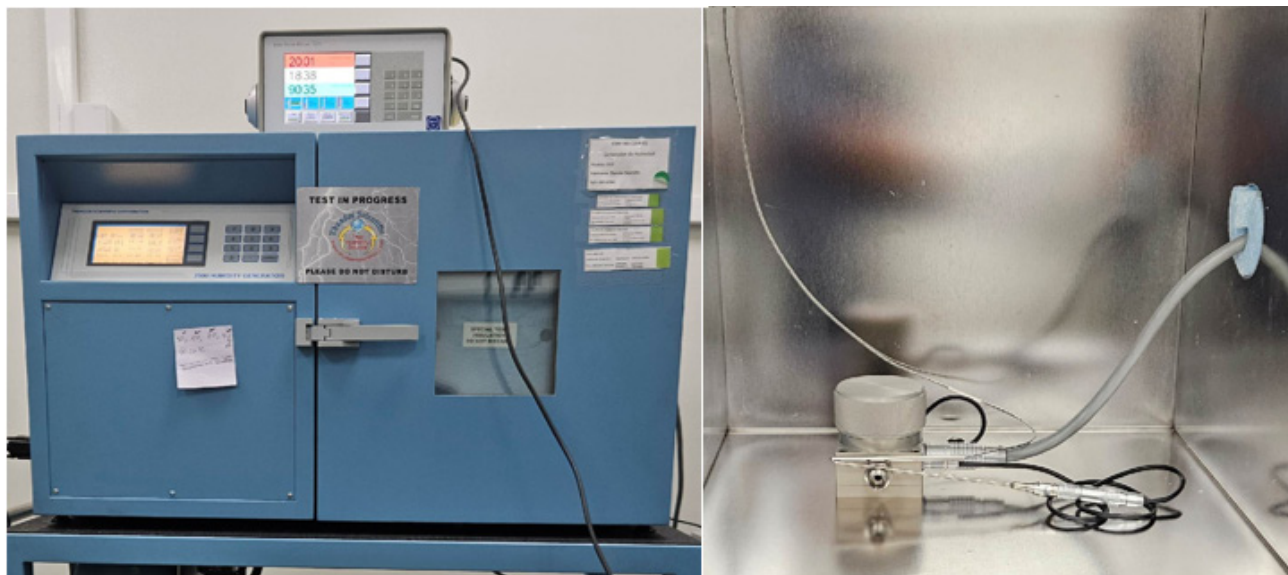
El vapor de agua se encuentra presente en la atmósfera, y por ende en todo nuestro entorno. Por lo tanto, tiene interacción con los materiales y con el ambiente. Algunas de las áreas dónde es importante medir o controlar la concentración de agua en el aire, incluye sectores como la agricultura, aire acondicionado, procesos de secado, sectores industriales de alimentos, textiles, electrónica, ingeniería, refrigeración, meteorología, almacenamiento de materiales y medicina. [1]

La humedad de un gas se puede expresar en diferentes magnitudes físicas como la fracción molar de vapor de agua, humedad absoluta, temperatura de punto de rocío/ escarcha, humedad relativa, razón de masas, humedad específica y temperatura de bulbo húmedo. En este trabajo se abordará la obtención de humedad relativa generada por patrón nacional de humedad: un generador por dos presiones. A este valor de referencia se tomará una muestra de aire para medir la temperatura de punto de rocío y calcular el porcentaje de humedad relativa. Al comparar la humedad relativa obtenida a través de dos métodos distintos, los resultados obtenidos, arrojan diferencias de entre 0.05 y 0.29 %HR en el rango de 30 a 90 %HR (manteniendo una temperatura en la cámara de 20 °C) entre ambos métodos, lo cual está dentro de los límites aceptados actualmente por el laboratorio (0.50 %HR). Esto valida el método declarado por el laboratorio y abre la puerta a nuevas capacidades de medición para que el laboratorio siga desarrollando.

2. EQUIPAMIENTO Y MÉTODOS

A. Equipamiento utilizado

Se utilizaron para esta comparación: el patrón nacional de humedad relativa, el generador de humedad relativa por dos presiones y un medidor de punto de rocío (espejo enfriado). En la figura 1 se muestra el montaje del sistema de medición.

Fig.1 Generador de humedad por dos presiones y sensores internos

Generador de humedad por dos presiones (izquierda) montaje del cabezal del medidor de punto de rocío o espejo enfriado (derecha) dentro de la cámara de pruebas del generador de humedad

En la tabla 1 se muestran las especificaciones técnicas del generador de humedad [2] y del medidor de punto de rocío [3] o espejo enfriado utilizados.

Tabla 1. Equipamiento utilizado

Generador de humedad por dos presiones		Medidor de punto rocío o espejo enfriado	
Modelo	2500	Modelo	473-SH2
Rango de operación	10 a 95 %	Rango en punto de rocío/ escarcha	-20 a 70 °C
Incertidumbre en humedad relativa	0,5 %HR	Rango en humedad relativa	5 a 100 °C
Uniformidad en temperatura	0,1 °C	Exactitud en temperatura de punto de rocío / escarcha	$\leq \pm 0,1$ °C

B. Método utilizado

Humedad relativa a partir del método por dos presiones:

Es el método utilizado por el patrón nacional de humedad. Implica lograr que una corriente de gas a una presión elevada se sature con respecto a la fase líquida o sólida del agua y luego expandirla isotérmicamente (manteniendo la misma temperatura) a una presión inferior; las mediciones de la presión y la temperatura de la corriente de gas en el saturador, y en la cámara de pruebas después de la expansión, proporcionan los datos necesarios para calcular el contenido de vapor de agua de la corriente de gas [3] [4] [5] [6]. La ecuación que describe el método es la ecuación 1. La trazabilidad del generador de humedad está asociada a la calibración de los sensores de temperatura la cual brinda de manera interna el laboratorio de temperatura de CENAMEP AIP y los transductores de presión del generador que brinda el CENAM (instituto de metrología de México).

$$\%RH(\text{referencia}) = \frac{f_w(P_s, T_s)}{f_w(P_c, T_c)} \frac{e_w(T_s)}{e_w(T_c)} \frac{P_c}{P_s} * 100 \quad (1)$$

Humedad relativa a partir de la medición de temperatura de punto de rocío con espejo enfriado

La temperatura de punto de rocío o escarcha se usa para expresar el contenido de vapor de agua en un gas o en el ambiente [7]. Se define como la temperatura a la cual se condensa (o congela) el vapor de agua cuando el gas se enfría a presión constante [8]. Para obtener el valor de humedad relativa a partir de las mediciones de temperatura de punto de rocío (td) se aplica la ecuación 2, es necesario medir la temperatura de punto de rocío, la presión de la muestra de gas de interés y la temperatura ambiente, en este caso, de la muestra de gas.

$$RH\% = \frac{e_{(td)} f_{(P_c, td)}}{e_{(t)} f_{(P_c, t)}} 100 \quad (2)$$

Donde:

$e_{(td)}$ = es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura de punto de rocío td

$e_{(t)}$ = es la presión de saturación de vapor de agua a la temperatura ambiente t

La trazabilidad del medidor de punto de rocío es brindada por el PTB (instituto de metrología de Alemania).

3. RESULTADOS

Los puntos de medición seleccionados fueron a 30 %HR, 50 %HR, 70 %HR y 90 %HR manteniendo una temperatura en la cámara y el saturador de 20 °C.

Se generó los porcentajes de humedad relativa indicados, y se colocó el espejo enfriado 473 en la cámara de pruebas con el fin de tomar lecturas de la temperatura de punto de rocío a las distintas humedades. Una vez tomadas las mediciones, se calcula el porcentaje de humedad relativa, tanto por el método de dos presiones como por temperatura de punto de rocío. La diferencia entre ambos métodos debe ser menor que la incertidumbre que puede alcanzar el generador 2500 en sus especificaciones técnicas: 0,5 %HR.

En la tabla 2 se presenta un ejemplo de toma de datos en el punto de 30 %HR donde se puede observar los datos necesarios para calcular el porcentaje de humedad relativa por ambos métodos y una vez aplicadas las ecuaciones de referencia, el cálculo de la diferencia entre los métodos.

Tabla 2. Toma de datos (protocolo de medición) punto 30 %HR

Generador de humedad por dos presiones (modelo 2500)					Medidor de punto de rocío (modelo 473-SH2)				Diferencia 2500 - 473	
	P. Saturador	P. Cámara	T. Saturador	T. Cámara	%RH	T. Ambiente	T. Dew Point (td)	%HR	%HR	
	kPa	kPa	°C	°C		°C	°C			
	335,14	101,05	20,00	20,20	30,00	20,23	2,06	29,89	0,11	
	335,01	101,05	20,00	20,19		20,23	2,06			
	335,01	101,05	20,00	20,19		20,23	2,06			
	335,13	101,05	20,00	20,19		20,23	2,06			
	335,03	101,06	20,00	20,19		20,24	2,07			
	335,11	101,06	20,01	20,19		20,24	2,09			
	335,22	101,06	20,00	20,20		20,24	2,07			
	335,29	101,06	19,99	20,20		20,24	2,08			
	335,23	101,05	19,99	20,19		20,23	2,07			
	335,20	101,05	20,00	20,20		20,23	2,06			
Promedio	335,14	101,05	20,00	20,19		Promedio	20,23			
Corrección Patrón (kPa)	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	Corrección	0,00	0,01			
Lectura corregida (Pa)	335127	101044	19,99	20,18	Lectura corregida	20,23	2,07			

Se realizaron mediciones entre el 3 de diciembre de 2024 y el 9 de julio del 2025. En la tabla 6 se presentan los resultados obtenidos en cada punto de medición.

Tabla 3. Resultados

Fecha de verificación	%HR	%HR	Diferencia entre métodos
	Método: dos presiones	Método: temperatura de punto de rocío	
03-dic-24	30,01	30,05	-0,04
03-dic-24	50,01	50,22	-0,21
03-dic-24	90,01	90,30	-0,29
25-mar-25	30,02	30,18	-0,16
28-mar-25	90,06	89,92	0,14
08-jul-25	30,00	29,89	0,11
09-jul-25	50,02	49,98	0,04
09-jul-25	70,00	69,94	0,06
09-jul-25	89,98	89,91	0,07

El propósito de estas mediciones fue el de registrar las verificaciones intermedias del generador y establecer un nuevo procedimiento interno del laboratorio para estandarizar dichas verificaciones intermedias. Estas mediciones se estiman que se realicen cada 6 meses para asegurar el correcto funcionamiento del patrón nacional, y demostrar que cumple con las especificaciones técnicas del fabricante.

4. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos utilizando dos métodos primarios de determinación de humedad relativa, humedad por dos presiones y temperatura de punto de rocío, a distintas humedades en el rango de 30 %HR a 90 %HR, son menores a 0,5 %HR, y esta diferencia está dentro de las especificaciones técnicas del generador Thunder 2500, por lo tanto, se puede concluir que, el generador de humedad Thunder Scientific 2500 propiedad del CENAMEP AIP y patrón nacional de humedad, cumple con sus especificaciones técnicas de exactitud y se puede considerar que la verificación fue satisfactoria: el patrón ha sido verificado con éxito y puede seguir siendo utilizado como referencia en las calibraciones que brinda el laboratorio. A la vez que estas mediciones dan paso a un nuevo procedimiento de verificación intermedia para el laboratorio y dan la oportunidad de seguir investigando, con el fin de desarrollar nuevas capacidades de medición y calibración para el laboratorio, en este caso, medidores de temperatura de punto de rocío.

Referencias

- [1] R. E. Bentley, Handbook of Temperature Measurement Vol. 1: "Temperature and Humidity Measurement". 1ª ed. Dordrecht, Países Bajos: Springer, 1998.
- [2] Thunder Scientific Corp., "Reference Manuals - Thunder Scientific Operation & Maintenance Manuals model 2500", edición 24, enero 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.thunderscientific.com/wp-content/uploads/2023/01/2500_System_Manual_Ed24.pdf. [Accedido: 7 nov. 2025]
- [3] RH Systems, LLC, "473 DEW Point Mirror PDF Manual" versión 4.0. [En línea]. Disponible en: https://www.rhs.com/wp-content/uploads/2021/03/473_manual.pdf . [Accedido: 7 nov. 2025].
- [4] S. Hasegawa y J. W. Little, "The NBS Two-Pressure Humidity Generator, Mark 2", *J. Res. Nat. Bur. Standards Sect. A: Phys. Chemistry*, vol. 81A, no. 1, pp. 81–88, enero. 1977.
- [5] F. Castro, A. Tejedor, E. Prado y H. Acevedo, "Desarrollo del Patrón Nacional de Humedad Relativa en el Centro Nacional de Metrología de Panamá", Congreso Nacional De Ciencia Y Tecnología – APANAC, págs. 342–348, septiembre de 2023, doi: 10.33412/apanac.2023.3957
- [6] B. Hardy, "ITS-90 formulations for vapor pressure, frostpoint temperature, dewpoint temperature and enhancement factors in the range -100 to +100 °C," *Papers and Abstracts from the Third International Symposium on Humidity and Moisture*, vol. 1, pp. 214–222, 1992.
- [7] E. Martines L. y L. Lira C., "Cálculo de la Temperatura de Punto de Rocío a Diferentes Valores de Presión," en Simposio de Metrología 2008, Santiago de Querétaro, México, pp. 1–5, oct. 2008. Código: SM2008-M117-1098-1.
- [8] E. Martines L., "Definiciones de Humedad y su Equivalencia," Centro Nacional de Metrología (CENAM), Div. de Termometría, México, Documento Técnico TM02, oct. 2008. [En línea]. Disponible en: <https://www.cenam.mx/dme/pdf/TM02.pdf>

Autorización y Licencia CC

Los autores autorizan a APANAC XX a publicar el artículo en las actas de la conferencia en Acceso Abierto (Open Access) en diversos formatos digitales (PDF, HTML, EPUB) e integrarlos en diversas plataformas online como repositorios y bases de datos bajo la licencia CC:

Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>.

Ni APANAC XX ni los editores son responsables ni del contenido ni de las implicaciones de lo expresado en el artículo.