

## ACCESORIOS Y MODIFICACIONES PARA EL GENERADOR DE HUMEDAD DEL INTI

Javier García Skabar, Mariano Santaya  
INTI Física y Metrología, U.T. Calor,  
jskabar@inti.gov.ar

### Introducción

La humedad de la muestra de aire obtenida de un generador de humedad de dos presiones y/o dos temperaturas, se calcula a partir de los valores de temperatura y presión en el saturador y en la cámara de muestreo. La incertidumbre en el valor de humedad de la muestra de aire generada dependerá de las incertidumbres de medición de estos cuatro parámetros, y de la incertidumbre de las fórmulas utilizadas.

El generador de humedad patrón de INTI es un equipo comercial marca Thunder Scientific modelo 2500 LT [1]. De su análisis de incertidumbre [2] se identifica que dos de las componentes de mayor relevancia en el cálculo de humedad relativa son las incertidumbres de medición de temperatura del saturador y de la cámara de muestreo.

Para la medición de estos dos parámetros el equipo cuenta con dos termistores de 10 kohm que pueden calibrarse con incertidumbres del orden de las 0,02 °C en un rango de -10 °C a 70 °C. La incertidumbre final en la medición de la temperatura en cada caso resulta típicamente 0,05 °C para la temperatura del saturador y 0,1 °C para la temperatura de la cámara.

En un intento de reducir la incertidumbre de estas componentes, se ha ensayado un sistema de medición alternativo al del equipo para la temperatura del saturador, y se ha diseñado una sub-cámara para reducir el volumen de trabajo. Se desarrolló un sistema que permite medir la inhomogeneidad de temperatura de la sub-cámara mientras se realiza una calibración.

### Objetivo

Buscando reducir la incertidumbre del generador de humedad patrón del INTI para cumplir con la demandas de los laboratorios de calibración de la Red S.A.C. se ensayó un accesorio para medir la temperatura del aire en la cámara de muestreo, y una modificación en el procedimiento de medición de la temperatura del saturador. Buscando mejorar la uniformidad de la temperatura en la cámara, se diseñó una sub-cámara de muestreo con un dispositivo para medición y registro de la distribución de temperatura. Para medir la

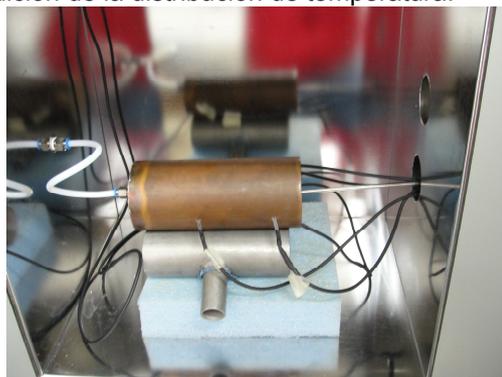
temperatura del saturador se utilizó un termómetro con menor incertidumbre de calibración que los sensores originales del generador.

### Descripción

El principio de funcionamiento del generador de dos presiones consiste en saturar aire a alta presión y descomprimirlo hasta presión atmosférica, manteniendo la fracción molar de vapor de agua constante. En base a este principio de funcionamiento, la humedad relativa ( $hr$ ) y la temperatura de punto de rocío ( $t_{dew}$ ) del aire en la cámara de muestreo se calculan utilizando las formulas de la referencia [1, 2]. La medición de la temperatura del saturador interviene en el cálculo ambas magnitudes, mientras que la medición de la temperatura de la cámara lo hace solamente en la determinación de la humedad relativa.

### Sub-cámara

La in-homogeneidad resulta la componente de mayor peso en la incertidumbre de temperatura de la cámara. Por ello se plantea reducir el volumen de trabajo utilizando una sub-cámara, y mejorar la medición de la distribución de temperatura.



**Fig. 1.** Sub-cámara de cobre con termistores distribuidos para la medición de gradientes.

La sub-cámara consiste en un tubo de cobre con un difusor conectado a la boca de ingreso de aire a la cámara (Fig. 1). En las paredes del tubo se practicaron orificios para alojar 4 de los 5 termistores que miden la distribución de temperatura. El termistor restante se introduce

dentro del tubo junto con el sensor de temperatura de la cámara y el sensor del instrumento a calibrar. Los termistores se miden utilizando un DMM HP 34420 y un scanner, comandados por una PC con un programa escrito en LabView que también realiza el registro de las mediciones y el cálculo del gradiente de temperatura. Ver Fig. 2.

**Medición de la temperatura del saturador**

En este equipo la temperatura del saturador se mide indirectamente. El sensor del equipo mide la temperatura del baño termostático en que se encuentra sumergido el saturador, asumiendo que están a la misma temperatura. Es posible medir la temperatura de este baño accediendo por la boca de llenado del mismo con un termómetro adicional. La profundidad es suficiente para introducir un termómetro patrón (SPRT) de 450 mm de longitud. La medición de temperatura del saturador se realizó utilizando una SPRT marca Rosemount modelo 162CE, calibrada en el laboratorio de puntos fijos, y un equipo Fluke Chub-E4. El sistema tiene una incertidumbre de calibración de 0,01 °C. Ver Fig. 2.



**Fig. 2.** Generador con SPRT adicional y Sub-cámara de cobre.

**Resultados**

Se midió de la distribución de temperatura de la cámara del generador y de la sub-cámara, utilizando el mismo sistema e instrumental. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Temperatura nominal /°C	Máxima diferencia /°C (generador)	Máxima diferencia /°C (sub-cámara)
15	0,20	0,03
25	0,15	0,01
35	0,23	
40		0,07

**Tabla 1.** Mediciones de in-homogeneidad realizadas con los termistores distribuidos en la cámara del generador, y en la sub-cámara de cobre.

En la Tabla 2 se muestran resultados de mediciones de la temperatura del saturador realizadas con el sistema de medición del equipo Thunder 2500 y con la SPRT adicional introducida en el mismo baño.

sensor thunder 2500		SPRT	
$t_s$ / °C	Inc. k=2 / °C	$t_s$ / °C	Inc. k=2 / °C
19,93	0,02	19,83	0,01
39,92	0,02	39,14	0,01
64,85	0,02	64,86	0,01

**Tabla 2.** Mediciones de temperatura del saturador ( $t_s$ ) con el sensor del equipo y con la SPRT.

**Discusión:**

La sub-cámara mejoró notablemente la uniformidad y tiempos de estabilización. Se considera necesario mejorar la incertidumbre de medición de los termómetros utilizados para medir la distribución de temperatura, con el objeto lograr un impacto mayor en la incertidumbre final.

Utilizando la SPRT se logró reducir la incertidumbre de medición de temperatura del saturador y todavía es posible calibrar la SPRT y su instrumental de lectura con menor incertidumbre. Adicionalmente pueden usarse las dos mediciones simultáneas de la temperatura del baño en que se encuentra el saturador para caracterizar su uniformidad.

**Conclusiones**

Con un accesorio simple y económico, y utilizando instrumental existente en el laboratorio fue posible obtener una reducción en las incertidumbres de medición de temperatura del generador. Para que esta mejora impacte notablemente en la incertidumbre del valor calculado de humedad del generador es necesario caracterizar mejor otras componentes, como la eficiencia del saturador.

**Bibliografía**

- [1] Operation and Maintenance Manual of Series 2500 Bench Top Two-Pressure Humidity Generator (© 1991–2001 Thunder Scientific Corporation).
- [2] J. Garcia Skabar, "Uncertainty Estimations for Standard Humidity Generator of INTI", Int. J Thermophys DOI 10.1007/s10765-015-1905-4.

**AGRADECIMIENTOS**

A los compañeros de la UT Calor, Patricia, Rocío, Mariano y Leandro por las sugerencias y la calibración de los termómetros. A Eduardo del taller de mecánica por el armado de la sub-cámara de cobre.