

# calibración

Gaia Bertagna y Cristina González.  
División Instrumentación. Álava Ingenieros S.A.

Los higrómetros de condensación, **estándares de transferencia reconocidos a nivel internacional**, han evolucionado en los últimos años, desde los tradicionales higrómetros basados en un lazo óptico, una fuente de luz y un detector que, en presencia de condensación, recibe una señal atenuada de la superficie, hasta los desarrollos más novedosos que introducen técnicas de detección alternativas como la Tecnología de las Ondas Acústicas de Superficie (SAW).

## Técnicas de medida de temperatura de punto de rocío: una **comparativa de higrómetros de condensación**

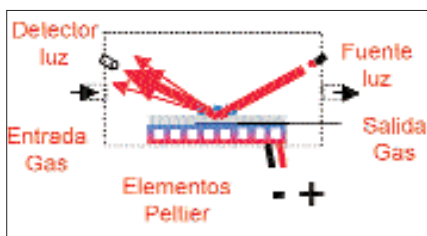


Fig.1: Principio de funcionamiento higrómetro de condensación ópticos.

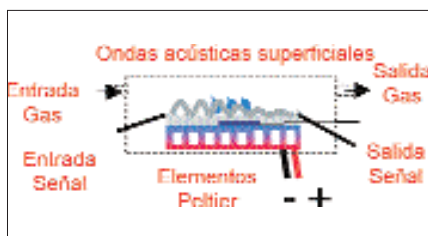


Fig.2: Principio de funcionamiento higrómetro SAW.

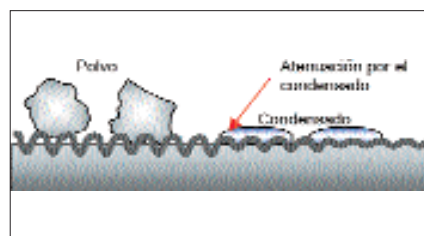


Fig.3: Atenuación de la onda con condensado.

Dentro de la metrología moderna, las nuevas prácticas metrológicas y la gran cantidad de instrumentación disponible, están exigiendo una mejora constante en las incertidumbres. Los higrómetros de condensación se pueden considerar como la herramienta más importante para la estandarización de la medida de humedad y la calibración de higrómetros en el margen de humedad más amplio.

A continuación se presentan las diferentes alternativas para la medida de punto de rocío con Higrómetros de Condensación. Se analizará de forma comparativa la Técnica convencional basada en el Método Óptico con los resultados de la nueva Tecnología SAW que incorpora a este campo el con-

cepto de las Ondas Acústicas de Superficie.

### Descripción

Los higrómetros de condensación, o de punto de rocío, funcionan en una configuración de muestreo y utilizan un lazo de control que actúa sobre el mecanismo de regulación térmica en contacto con la superficie de condensación, con el fin de mantener un espesor constante de condensación. Un sensor de temperatura en contacto térmico con la superficie, normalmente un Termómetro de Resistencia de Platino Industrial, y un sistema de medida asociado al mismo. Tradicionalmente, los sistemas de regulación se han basado en el Método Óptico, donde una fuente de luz emite un haz que se refleja

en un espejo, la luz reflejada es recibida por un detector óptico o fototransistor. Esta superficie es controlada térmicamente por Elementos Peltier. Cuando la superficie está seca, la intensidad de la luz reflejada es máxima. Cuando aparece condensación en la superficie se produce una dispersión de haz de luz, manifestándose entonces una reducción en la intensidad de la señal reflejada. (Fig.1)

La nueva Tecnología SAW –Ondas Acústicas de Superficie– está basada en la generación de una Onda Acústica Superficial por medio de unas Antenas de Emisión, ésta pasa a través de una superficie de cuarzo piezoeléctrica, controlada térmicamente mediante Efecto Peltier, hasta el otro lado de la

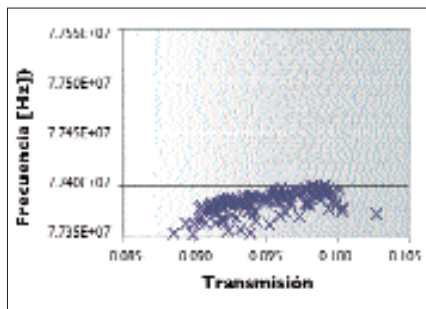


Fig.4: Frecuencia vs. Transmisión en presencia de agua condensada sobre la superficie.

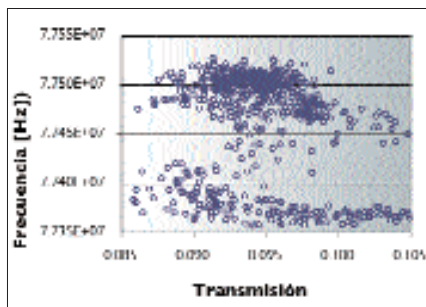


Fig.5: Frecuencia vs. Transmisión en presencia de hielo sobre la superficie.

misma, donde unas Antenas de Recepción monitorizan su amplitud y frecuencia. La presencia de agua o hielo en la superficie produce una atenuación de la señal, proporcional a la cantidad de masa, detectada por las Antenas de Recepción.

## Efecto de la contaminación en la medida

### 1. Contaminación: partículas de polvo

La presencia de polvo afecta a la medida del punto de rocío (Td) o de escarcha (Tf) en los higrómetros de condensación ópticos porque causa dispersión de luz reflejada, disminuyendo su intensidad.

En el caso de los higrómetros SAW, la presencia de polvo no afecta a la medida, siempre que la contaminación no sea de tipo higroscópico. El polvo, a diferencia del agua o del hielo, dispone de una superficie de contacto con el sensor muy limitada y la atenuación de las ondas acústicas es prácticamente nula. (Fig.3).

### 2. Contaminación higroscópica: sales

La presencia de sustancias higroscópicas sobre la superficie del sensor cambia la presión de vapor de saturación del agua y, por lo tanto, el punto de rocío de la muestra: una pequeña cantidad de NaCl (pocos microgramos) puede aumentar el valor del punto de rocío entre 3 y 5°C.

Por esta razón es fundamental una cuidadosa limpieza de la superficie del sensor: en el caso de los higrómetros ópticos, antes de cada medida y en los higrómetros SAW,

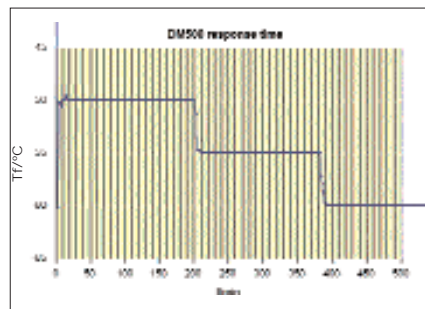


Fig.6: Tiempo de respuesta de los higrómetros SAW.



Fig.7: Presencia de condensado no uniforme.

cuando el sistema detecte la presencia de sales. En efecto, la presencia de sales sobre la superficie del sensor causa un cambio repetible en la impedancia y en la frecuencia de la onda acústica, haciendo posible su detección automática.

Es interesante destacar que la presencia de sales no afecta al Tf de la muestra, ya que los iones presentes en los cristales no pueden interactuar con las moléculas de gases.

### Presencia de agua en fase líquida o sólida

El agua puede existir en forma líquida sobre el sensor hasta temperaturas de -20°C, pero lo normal es que a temperaturas inferiores a 0°C el agua se transforme en hielo (Punto de escarcha). Las curvas de equilibrio de vapor sobre agua líquida y sobre hielo son distintas, por lo que a un Td de -20°C corresponde un Tf de -17.9°C.

En los higrómetros ópticos es muy difícil detectar si hay agua líquida o hielo por encima del sensor y por ello se añade un microscopio óptico para estudiar la superficie. En los higrómetros SAW la atenuación de la onda acústica es diferente si hay hielo en la superficie, causando una alta frecuencia de la señal recibida. De esta forma es posible detectar de forma automática si hay agua, hielo o coexistencia de las dos fases. (Fig. 4 y 5)

Es normal que en la superficie haya, durante un cierto tiempo, las dos fases separadas, ya

que la cristalización suele empezar en imperfecciones de la superficie o sobre cristales existentes. Esta situación da lugar a una gran fluctuación dinámica de la onda acústica superficial, permitiendo también reconocer las fases de transición entre agua y hielo. Sin embargo, en los higrómetros ópticos la señal cambia muy rápidamente y en un amplio rango, causando una situación de inestabilidad.

### Tiempo de respuesta

El tiempo de respuesta depende normalmente del Td/f que se está midiendo: en los higrómetros ópticos es muy alto a Td/f inferiores a los -50°C, debido a que se mide el espesor de la capa de condensado. La masa de condensado es mucho más rápida de detectar, y reduce los tiempos de respuestas de 10 veces en los higrómetros SAW (Fig. 6).

### Condensación no uniforme

Los higrómetros ópticos detectan la presencia de condensación cuando la luz incide en las gotas de agua o bien cuando la condensación es uniforme. En los higrómetros SAW la onda se atenúa desde la primera gota de condensado, mejorando la precisión a medida de que la cantidad de condensado aumente. (Fig.7).

### Conclusiones

Los Higrómetros de Condensación detallados anteriormente forman sin duda la cúspide de la pirámide metrológica como patrones de transferencia, debido a su gran precisión, exactitud, reproducibilidad y estabilidad a largo plazo.

Basándose en una larga experiencia en la utilización de los Higrómetros Ópticos de Punto de Rocío y en conocimiento de sus limitaciones, la Tecnología SAW ha permitido el desarrollo de una nueva generación de Higrómetros de Condensación que permitirán una mayor automatización de las medidas y una reducción significativa de algunas contribuciones debidas a magnitudes de influencia que afectan a los higrómetros ópticos convencionales.

### Referencias

- [1] Veli.Pekka Viitanen (2004) Condensation Hygrometer with Surface Acoustic Wave Sensors.

### Agradecimientos

Los autores desean agradecer al Sr. Jan Gronblad y a la Sra. Senja Paasima de la empresa Vaisala.