



KNOW-HOW

MEDICIÓN DE LA HUMEDAD.

La humedad es un parámetro ambiental importante y tiene una gran influencia en el bienestar en las salas y la calidad de los productos y equipos en áreas de producción y almacenamiento. El control permanente de sus parámetros basado en sistemas de registro continuo, garantiza unas condiciones ambientales constantes.

1. Los principios teóricos de la humedad medible

La humedad es el contenido de agua en el aire o en una sustancia. Para cada medio, la llamada saturación representa el límite de la posible absorción de agua. Después de alcanzar estos límites de saturación dependientes de la temperatura, el exceso de agua se hace visible como niebla en forma de pequeñas gotas de agua (= condensado).

La humedad absoluta indica la cantidad de vapor de agua en g por m³, mientras que la humedad relativa describe la relación entre la humedad absoluta y la cantidad máxima que el aire es capaz de contener a esa temperatura.

La humedad absoluta se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{\text{abs}} = \frac{\text{Agua en masa (g)}}{\text{Volumen de aire húmedo (m}^3\text{)}}$$

La fórmula para calcular la humedad relativa es

$$\% \text{ HR} = \frac{\text{humedad absoluta real} \times 100}{\text{la máxima humedad posible}}$$

La regla básica es: Cuanto más caliente es el aire, más vapor de agua puede absorber. Sin embargo, esta correlación no es lineal, sino que aumenta progresivamente. A 0 °C es un poco menor de 5 g/m³, a 30 °C ya es 30 g/m³.

El vapor de agua, como cualquier otra sustancia gaseosa, ejerce presión sobre el medio ambiente y depende de la cantidad de vapor y de la temperatura. Si la presión del vapor de agua es menor o igual a las presiones de los otros gases en el aire, el agua permanece en estado gaseoso. Al aumentar la cantidad de vapor y, por tanto, al aumentar la presión del vapor, se forma el condensado por el exceso de humedad. A medida que tanto la presión de vapor como la presión de gas del aire aumentan con el aumento de la temperatura, el aire caliente puede absorber más humedad. La cantidad de agua que puede ser absorbida en el aire depende por lo tanto en gran medida de la temperatura. Debido a la dependencia de la temperatura de la humedad relativa, también se puede calcular a través de la presión de vapor de agua:

$$\% \text{ HR} = \frac{\text{Presión parcial de vapor de agua } e_w(t) \text{ [hPa]}}{\text{Presión de vapor de saturación } e_s(t) \text{ [hPa]}} \times 100 = \frac{e_w}{e_s} \times 100$$



KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad

2. ¿Dónde juega un papel la humedad del aire?

La regulación de la humedad del aire juega un papel importante cuando las personas o los materiales sensibles a la humedad se encuentran en una habitación durante un largo período de tiempo. En particular, cuando se supervisan las condiciones de producción, almacenamiento y transporte, el confort térmico y la calidad del aire interior, así como los sistemas de aire acondicionado, la humedad es un parámetro ambiental que debe ser controlado.

En las habitaciones, hay un constante intercambio de humedad entre el aire del ambiente y las personas y objetos en ellas contenidas. Los materiales higroscópicos liberan la humedad a su entorno o la absorben. Al hacerlo, se esfuerzan para alcanzar el equilibrio con su entorno. Esto significa que en el aire con un bajo contenido de humedad los materiales higroscópicos se secan y en un aire más húmedo el agua se acumula en los materiales.

Con una baja humedad del aire, el material puede fragmentarse y agrietarse. Con una alta humedad relativa y superficies parcialmente frías, los materiales comienzan a hincharse.

Además, procesos como la expansión y la contracción, el endurecimiento y el ablandamiento de los materiales, los cambios en la viscosidad de un líquido, el crecimiento de microbios, el aumento de la electricidad estática, así como la corrosión y la formación de óxido, están influidos en gran medida por la humedad.

Con los humanos hay una zona de confort. Esto es a $T = 23\text{ °C}$ y a una humedad relativa de aprox. 30-65 %rh.

3. Las posibilidades de medir la humedad del aire

Una única medición de control de la humedad del aire, es particularmente útil en el caso de un intercambio repentino de aire, por ejemplo, con sistemas de aire acondicionado o fuentes potentes de humedad en la habitación. Al realizar la medición, asegúrese de que el sensor alcanza la misma temperatura que el aire que se va a medir. Además, durante la medición se debe tener cuidado de evitar la luz solar directa y la proximidad inmediata de puertas y ventanas.



La medición de la humedad también se lleva a cabo en salas limpias.

Para observar los efectos de la humedad en las superficies, es conveniente utilizar dispositivos de almacenamiento de datos durante un período de tiempo más largo, ya que hay varios factores que pueden influir en la humedad del aire.

La vigilancia continua del clima en las salas limpias y en las zonas de almacenamiento de productos sensibles a la humedad también garantiza una mayor calidad de los productos.



Testo saveris® para el control permanente de la humedad en las habitaciones

4 Medir la humedad relativa

4.1 El método del punto de rocío

El fenómeno del punto de rocío es conocido en la vida cotidiana. Ejemplos cotidianos son por ejemplo cuando las personas que llevan gafas pasan de habitaciones frías a cálidas o cuando se saca una botella fría del refrigerador. El agua de la temperatura ambiente se condensa en las lentes o en la botella.

En el punto de rocío, la humedad relativa es del 100% porque el aire está saturado de vapor de agua.

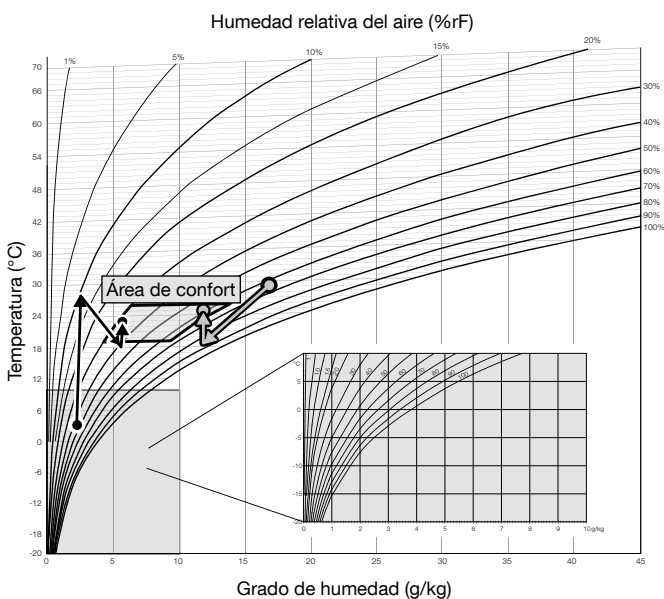


KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad

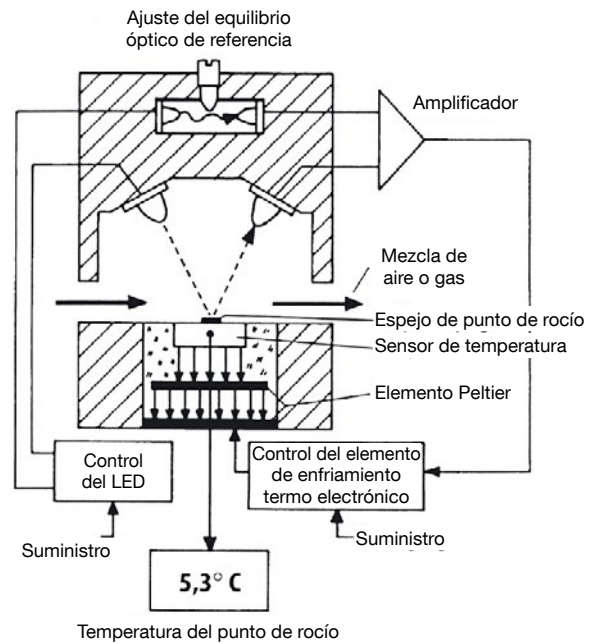
Si la temperatura ambiente baja o la humedad aumenta, se formará agua de condensación en forma de rocío, niebla o gotas de agua.

Como el punto de rocío está influenciado por varias variables, no es fácil de calcular. Con la ayuda del llamado diagrama de Mollier, los cambios en el estado del aire húmedo se determinan calentando, humedeciendo, deshumidificando, enfriando y mezclando diferentes volúmenes de aire. La temperatura del punto de rocío puede determinarse a partir de la temperatura ambiente y la humedad relativa del aire o la humedad relativa del aire a partir de la temperatura ambiente y del punto de rocío.



En el diagrama de Mollier, la humedad del aire puede ser leída a la temperatura y punto de rocío medidos

En el método del punto de rocío, un espejo se enfría hasta que la humedad se condensa en él. Con una fuente de luz y un fotosensor se determina el momento de la condensación. Usando la curva de saturación de vapor, se puede determinar la humedad absoluta en la sala medida para esta temperatura. En un segundo punto de medición, se mide la temperatura real de la habitación e indica la máxima humedad del aire. La humedad relativa puede ser calculada usando la fórmula (ver pág.1, principios teóricos de la humedad medible)



Funcionalidad de un higrómetro de espejo de punto de rocío

Un ejemplo:

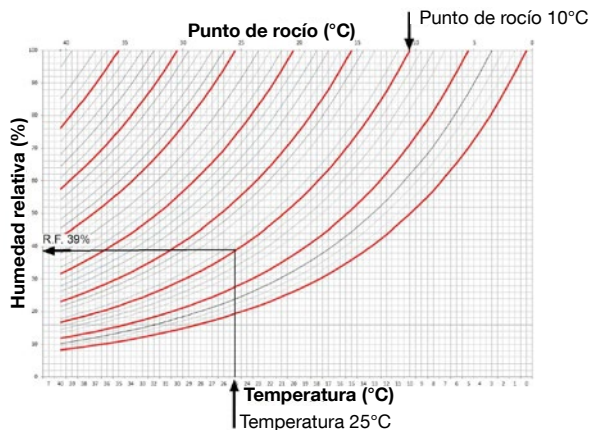
Si la temperatura del aire es de 25 °C y el punto de rocío es de 10 °C, la humedad relativa es del 39 % según el diagrama de Mollier.

Si, en la situación dada, la temperatura ambiente se redujera a 10 °C sin modificar el contenido absoluto de vapor de agua del aire (por ejemplo, por ventilación), la humedad relativa alcanzaría el valor máximo de 100 %. Cuanto más frío es el aire, menos vapor de agua puede almacenar en términos absolutos. A una temperatura de 10 °C el aire estaría completamente saturado con el vapor de agua presente. Si la temperatura continúa bajando mientras el contenido de vapor de agua se mantiene constante, el agua precipita en forma de condensado. Lo mismo ocurre si la temperatura se mantiene igual pero el vapor de agua en la habitación sigue aumentando.



KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad

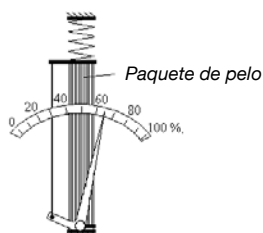


Ventajas y desventajas del método de medición:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Una precisión muy alta (hasta $\pm 0,1^\circ$) • Amplio rango de medición • Estabilidad a largo plazo • Tiempos de respuesta cortos • Alta fiabilidad • Puede utilizarse como una referencia precisa de laboratorio 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere una medición muy precisa de la temperatura • Dispositivos más voluminosos • Mantenimiento • Coste

4.2 Higrómetro

El llamado higrómetro hace uso de la higroscopia para medir la humedad del aire. La higroscopia se refiere a la capacidad de intercambiar ciertos materiales biológicos y sintéticos por agua del aire ambiente. El higrómetro de pelo, por ejemplo, contiene un pelo humano, que se alarga con el aumento de la humedad. Los higrómetros modernos se basan en el cambio de las propiedades eléctricas de un sensor.



Principio funcional del higrómetro capilar



testo 608-H1, Termohigrómetro

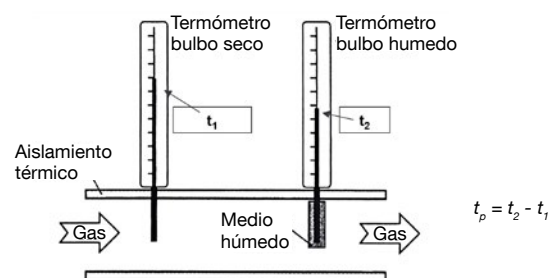
Ventajas y desventajas del método de medición:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • No hay suministro de energía • Visualización directa • Aplicaciones de bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenimiento elevado • Regeneración frecuente • Histéresis • Aplicable sólo del 15 % al 85 %rh hasta un máximo de 50 °C • Inexactitudes muy altas.. • Medición lenta • Sensible a la suciedad • Sensible durante el transporte

4.3 Psicrómetro

Cuando el agua se evapora, las moléculas de agua se liberan en el medio ambiente. La energía necesaria para ello se extrae de la superficie del agua. Las moléculas de agua del aire se encuentran con la superficie del agua para condensarse. La energía previamente requerida para la evaporación se añade de nuevo a la superficie del agua para que se caliente. Dependiendo del número de moléculas de agua, la temperatura del agua podrá ser compensada o no.

El psicrómetro usa los hechos descritos para medir la humedad del aire. Con la ayuda de dos termómetros se mide la temperatura actual, por lo que uno de los termómetros se envuelve en un paño/medias húmedas. El hecho de que la humedad de la tela se evapore al soplar aire sobre ella significa que el calor se extrae del termómetro. La diferencia de temperatura con respecto al termómetro seco proporciona información sobre la humedad relativa, que puede leerse en el diagrama de Mollier, por ejemplo.



Cómo funciona un psicrómetro

KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad

Ventajas y desventajas del método de medición:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Procedimiento reconocido • Precisiones de hasta ± 2 %rh posible • Insensible a gases agresivos • A diferencia de los espejos de punto de rocío, los psicrómetros se pueden utilizar en cámaras de niebla salina 	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo de mantenimiento elevado • Se requiere un flujo de aire constante • Poco preciso para la medición continua, adecuado, máx. 12 min • Inexactitudes muy altas • No es posible una medición puntual; la primera lectura es posible después de aprox. 2 min • Antes de cada medición la temperatura debe ser ajustada al ambiente

5 Sensores de humedad

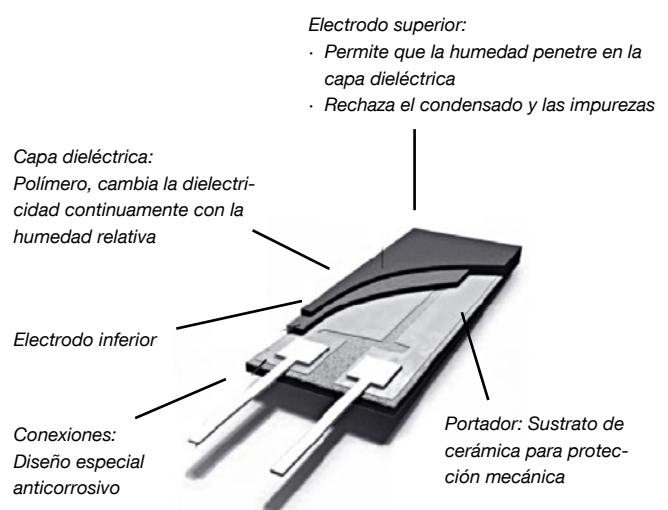
5.1 Sensores de polímero

Los sensores de polímeros resistivos aprovechan el efecto de que un material higroscópico, de estructura iónica, que cambia su conductividad mediante la adición de agua. El valor de resistencia dependiente de la humedad es el punto de referencia para la humedad relativa. Dado que los sensores resistivos tienen características fuertemente exponenciales, son especialmente adecuados para valores de humedad elevados.

Los sensores de polímero capacitivo contienen una capa dieléctrica que consiste en una capa de polímero higroscópico. Esto absorbe la humedad del aire circundante o la libera en él hasta que se alcanza un estado de equilibrio. Este cambio de capacidad se convierte en una señal eléctrica. La alta constante dieléctrica del agua ($\epsilon_r=80$) comparada con la del aire ($\epsilon_r=1$) causa cambios significativos en la capacidad incluso a bajos valores de humedad.

Debido a la característica casi lineal del proceso, pueden lograrse buenas precisiones de valores de humedad pequeños a grandes ($\pm r=1$ %rh). Con una buena elección de polímero, el coeficiente de temperatura puede reducirse a tan sólo 0,092 %

Estructura de un sensor de polímero capacitivo



rH/k, lo que los hace adecuados para grandes rangos de temperatura (-60°C a 180°C), pudiéndose utilizar en procedimientos de compensación. Debido a su pequeño diseño y a las finas capas, se especifican tiempos de respuesta muy cortos de menos de 2 minutos.

Ventajas y desventajas del método de medición:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Diseño pequeño • Bajo costo 	<ul style="list-style-type: none"> • Rango de medición restringido • Fuertemente dependiente de la temperatura • Baja precisión

6 Opciones para la calibración de la humedad

Los sensores para medir la humedad deben calibrarse regularmente para asegurar que funcionan de acuerdo con sus especificaciones técnicas. La calibración se realiza normalmente con un instrumento llamado generador de humedad.

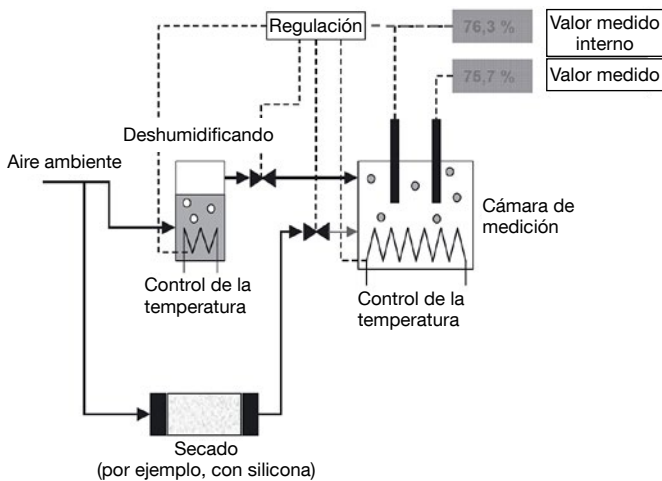


KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad

6.1 Dos generadores de dos volúmenes.

En los generadores de humedad que utilizan el método de dos volúmenes, el valor de humedad deseado se establece mezclando una corriente de aire seco y una corriente de aire saturada de vapor de agua. El aire ambiental es aspirado y dividido en dos corrientes parciales. El grado de humedad deseado se consigue mezclando los dos componentes (aire seco/húmedo). La humedad en la cámara de medición depende de la humedad de la corriente de aire saturada de vapor de agua y de la proporción de mezcla. La distribución uniforme de la temperatura y la humedad en la cámara de medición está garantizada por un soplador



Funcionalidad de un generador de doble flujo

Huminator - cámara climática en pequeño formato

El huminador de Testo industrial Services funciona según el método de los dos volúmenes. Este es un generador de clima que tiene un sensor de humedad y temperatura de alta precisión instalado en la cámara. Los sensores de humedad están calibrados en varios puntos de temperatura y humedad.

Para evitar que el humidificador tenga que ser humedecido y secado varias veces durante el proceso de calibración, comienza siempre con el valor de humedad más bajo.

Posteriormente, se pueden poner en marcha los valores de humedad más altos.



Huminator de la Testo Industrial Services GmbH

6.2 Generadores de dos presiones

Los generadores de dos presiones contienen dos cámaras. En la primera cámara, llamada saturadora, el aire saturado de agua está bajo alta presión. Este aire es conducido a la segunda cámara, que se llama la cámara de medición. Aquí la presión es más baja que en el saturador. A medida que las moléculas de agua se distribuyen en un volumen mayor, la humedad relativa disminuye.

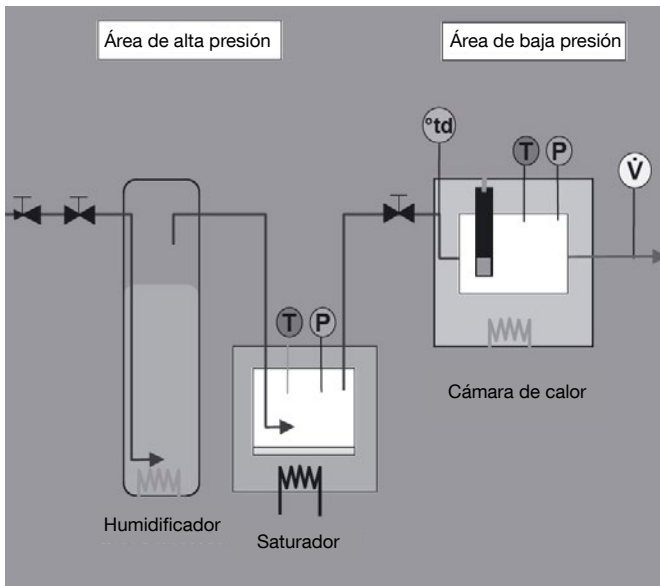
Así, la humedad del aire deseada se puede ajustar con precisión seleccionando la relación de presión.



Generador de Humedad Thunder

KNOW-HOW

Enfoque en las variables medidas: Humedad



Funcionalidad del generador de dos presiones

¿Quiere más información sobre la humedad medible, su medición y la calibración de los instrumentos de medición de la humedad?

No dude en llamarnos:

☎ +34 93 2659 311

Contacto:

Testo Industrial Services empresarial S.A.U.

PI La Baileta C/ B, nº 5

ES-08348 Cabrils (Barcelona)

Fon: +34 93 2659-311

E-Mail: info@testotis.es