

Sensores humedad

- Conceptos físicos. Definiciones
- Unidades y escalas
- Principales tecnologías
- Comparación de tecnologías
- Aplicaciones
- Bibliografía

Conceptos básicos de humedad

- **Humedad:** Fenómeno natural relacionado con la cantidad de moléculas de agua que hay en una determinada sustancia, ya sea en fase sólida, líquida o gaseosa
- Se debe diferenciar entre *humidity* y *moisture*, ambos son traducidos como *humedad* pero con significados diferentes
- **Humidity** se refiere a la cantidad de agua en fase gaseosa (vapor) contenida en el aire del ambiente. En general, se expresa como el porcentaje de un gas sobre otro gas
- **Moisture** se refiere a la cantidad de agua acumulada en un líquido o un sólido (por ejemplo sobre la ropa, la madera, etc.). Se expresa en kg/kg, es decir la relación entre la masa de agua y la masa de sustancia seca.

- ***Saturación de un Gas:*** Estado en el cual la sustancia no es capaz de soportar mas vapor de agua, a una temperatura y presión absoluta dada.

Agua evaporada = Agua condensada.

- ***Humedad Absoluta:*** Masa de agua en una mezcla / Volumen de la mezcla. [Kg/m³]
- ***Humedad Específica:*** Masa de agua / masa de sustancia seca. [Kg/Kg]
- ***Humedad Relativa:*** Relación porcentual entre la cantidad de agua que contiene una sustancia y la que tendría en estado de saturación, a la misma T y Pabs. [%]

Gas Saturado

Hr=100%

Mas definiciones

- *Saturación de un gas*: estado en el cual la sustancia no es capaz de soportar mas vapor de agua, a una temperatura y presión absoluta dada.
- Agua evaporada = Agua condensada.
- *Presión parcial de vapor*: es la porción de la presión atmosférica debida a la presencia de vapor en el aire.
- *Presión de vapor de saturación*: máxima presión de vapor que puede soportar un gas, a partir del cual el vapor se comienza a condensar. Es decir, es la presión en la que, para una temperatura determinada, la fase líquida y la fase gaseosa se encuentran en equilibrio.

- La **humedad absoluta** es la relación entre la masa de agua y el volumen de la mezcla. Se expresa en $[\text{kg}/\text{m}^3]$ o $[\text{g}/\text{L}]$
- La **humedad relativa** se expresa como la relación porcentual (del 0 al 100%) entre la presión parcial de vapor actual y la presión de vapor de saturación: $H_R = \frac{P_V}{P_{SAT}} 100\%$.
- **Punto de rocío (dew point):** es la temperatura de saturación (humedad relativa igual al 100 %) de una mezcla de gas y vapor de agua, a partir de la cual se inicia la condensación del agua (pasaje de gas a líquido).
- La saturación se produce por un aumento de humedad relativa con la misma temperatura, o por un descenso de temperatura con la misma humedad relativa

- ***T° de bulbo seco (dry bulb):*** es la T° medida con un termómetro cuyo bulbo se encuentra en seco, es decir mide la T° del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad o el movimiento del aire, los cuales tienen el potencial de afectar significativamente la sensación térmica.
- ***T° de bulbo húmedo (wet bulb):*** es la T° medida con un termómetro cuyo bulbo está envuelto en un paño húmedo (empapado en agua). Según las corrientes de aire y la humedad ambiente, el agua se evaporará más o menos rápidamente, extrayendo el calor latente de evaporación del agua que hará descender la T° del bulbo hasta que el aire que lo envuelve se sature por completo. Mientras más seco sea el ambiente (menor humedad relativa) el agua se evaporará más rápido y la T° medida será más baja..

El diagrama psicrométrico

- Es un gráfico en donde se relacionan distintas variables relacionadas al fenómeno de la humedad. Se vinculan humedad relativa y absoluta, saturación, temperatura de bulbo seco y húmedo, entalpía y temperatura de rocío.

DIAGRAMA PSICROMÉTRICO APROXIMADO

Pressão atmosférica 101,325 kPa

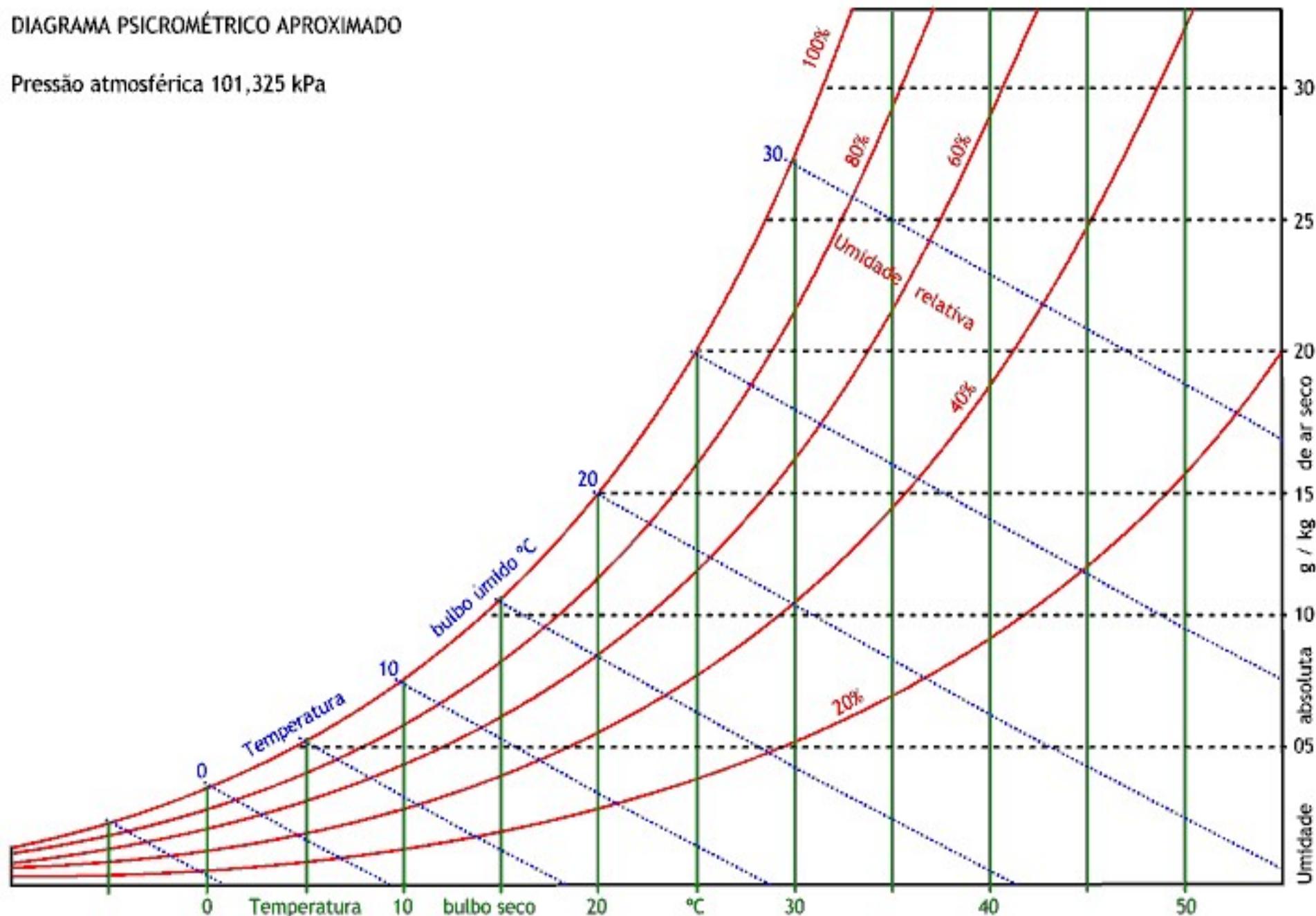
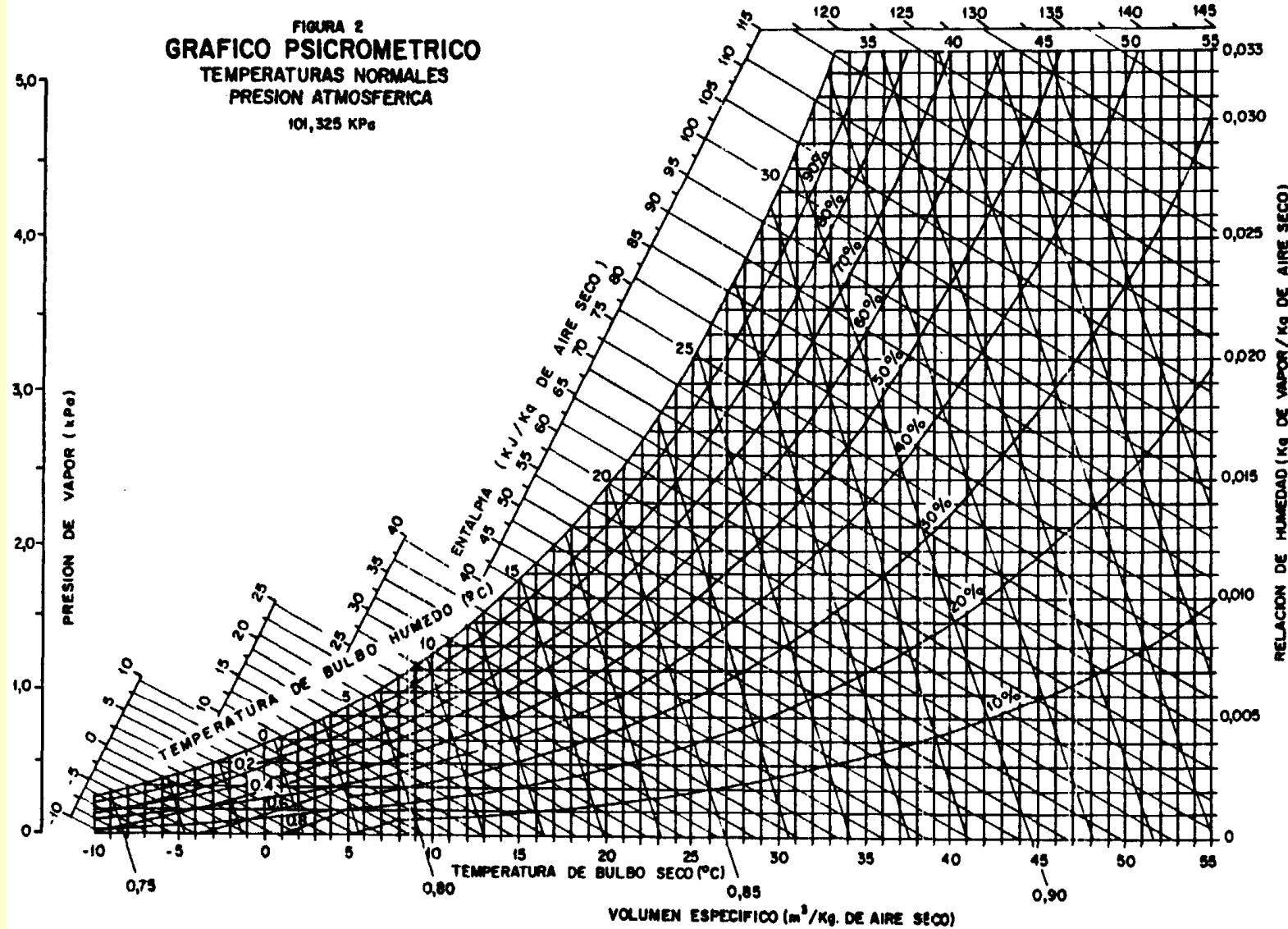


FIGURA 2
GRAFICO PSICROMETRICO
TEMPERATURAS NORMALES
PRESION ATMOSFERICA
101,325 KPa



Uso del diagrama psicrométrico

- En ordenadas se encuentra la humedad absoluta (kg de vapor/kg de aire seco) que expresa el contenido de agua en la atmósfera.
- En abscisas se encuentra la temperatura de bulbo seco (°C), y la temperatura de bulbo húmedo (°C) se halla representada por las rectas inclinadas a 30°.
- Las curvas expresan la humedad relativa (%). Cuando la temperatura de bulbo seco es igual a la temperatura de bulbo húmedo, la humedad relativa es del 100%.
- El gráfico es válido para 1 atmósfera de presión.
- Se puede observar en el gráfico que, para distintas humedades relativas, la humedad absoluta no cambia debido a que la cantidad de vapor de agua en la atmósfera no cambia en un día. Por lo que para cambiar la humedad debe aumentar o disminuir la temperatura.

Ejemplos de cálculo 1 de 3

- *Calcular la temperatura de rocío a 25°C y 50% de humedad.*
- Temperatura de bulbo seco: 25°C
- Humedad relativa: 50%
- Estos valores se corresponden en el grafico psicométrico con:
 - Temperatura de bulbo húmedo: 17°C
 - Punto de rocío (humedad relativa del 100%): 14°C

Ejemplos de cálculo 2 de 3

- *Calcular la humedad relativa y el punto de rocío para temperatura de bulbo húmedo de 15°C y temperatura de bulbo seco de 25°C.*
- Temperatura de bulbo seco: 25°C
- Temperatura de bulbo húmedo: 15°C
- Estos valores se corresponden en el grafico psicométrico con:
- Humedad relativa: 35%
- Punto de rocío (humedad relativa del 100%): 9°C

Ejemplos de cálculo 3 de 3

- *Calcular la cantidad de agua perdida por la respiración en 1 h*
- Espiración (boca): 30°C con 80% de $H_r \rightarrow H_{\text{abs}_e} = 26 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$
- Ambiente: 25°C con 60% $H_r \rightarrow H_{\text{abs}_a} = 14 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$
- $\Delta\delta_{\text{H}_2\text{O}} = \Delta H_{\text{abs}} = H_{\text{abs}_e} - H_{\text{abs}_a} = 12 \frac{\text{g}}{\text{kg}}$
- Flujo respiratorio en 1 hora: $5 \frac{\text{L}}{\text{min}} \cdot 60 \frac{\text{min}}{\text{h}} = 300 \frac{\text{L}}{\text{h}}$
- Considerando que la densidad del aire es de $\delta_{\text{aire}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$:
- $300 \frac{\text{L}}{\text{h}} \cdot 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot \frac{1\text{m}^3}{1000\text{L}} = 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$
- Cantidad de agua que se pierde por hora: $\Delta H_{\text{20}} = 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot \Delta\delta_{\text{H}_2\text{O}} = 0,36 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{kg}} = 4,32 \frac{\text{g}}{\text{h}}$
- Si la humedad relativa ambiente fuera del 20%, se perdería más agua, ya que ΔH_{20} sería mayor.

Lo que mata es la humedad...

TABLA DE VALORES DE SENSACIÓN TÉRMICA POR CALOR (HEAT INDEX)

HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA DEL AIRE EN GRADOS CELSIUS (C)																	
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
45	27	28	29	30	32	33	35	37	39	41	43	46	49	51	54	57	61	64
50	27	28	30	31	33	34	36	38	41	43	46	49	52	55	58	62		
55	28	29	30	32	34	36	38	40	43	46	48	52	55	59	62			
60	28	29	31	33	35	37	40	42	45	48	51	55	59	63				
65	28	30	32	34	36	39	41	44	48	51	55	59	63					
70	29	31	33	35	38	40	43	47	50	54	58	63						
75	29	31	34	36	39	42	46	49	53	58	62							
80	30	32	35	38	41	44	48	52	57	61								
85	30	33	36	39	43	47	51	55	60	65								
90	31	34	37	41	45	49	54	58	64									
95	31	35	38	42	47	51	57	62										
100	32	36	40	44	49	54	60											

Precaución 27 a 32 Posible fatiga por exposición prolongada o actividad física.

Precaución extrema 33 a 40 Insolación, golpe de calor, calambres. Posibles por exposición prolongada o actividad física.

Peligro 41 a 53 Insolación, golpe de calor, calambres. Muy posibles por exposición prolongada o actividad física.

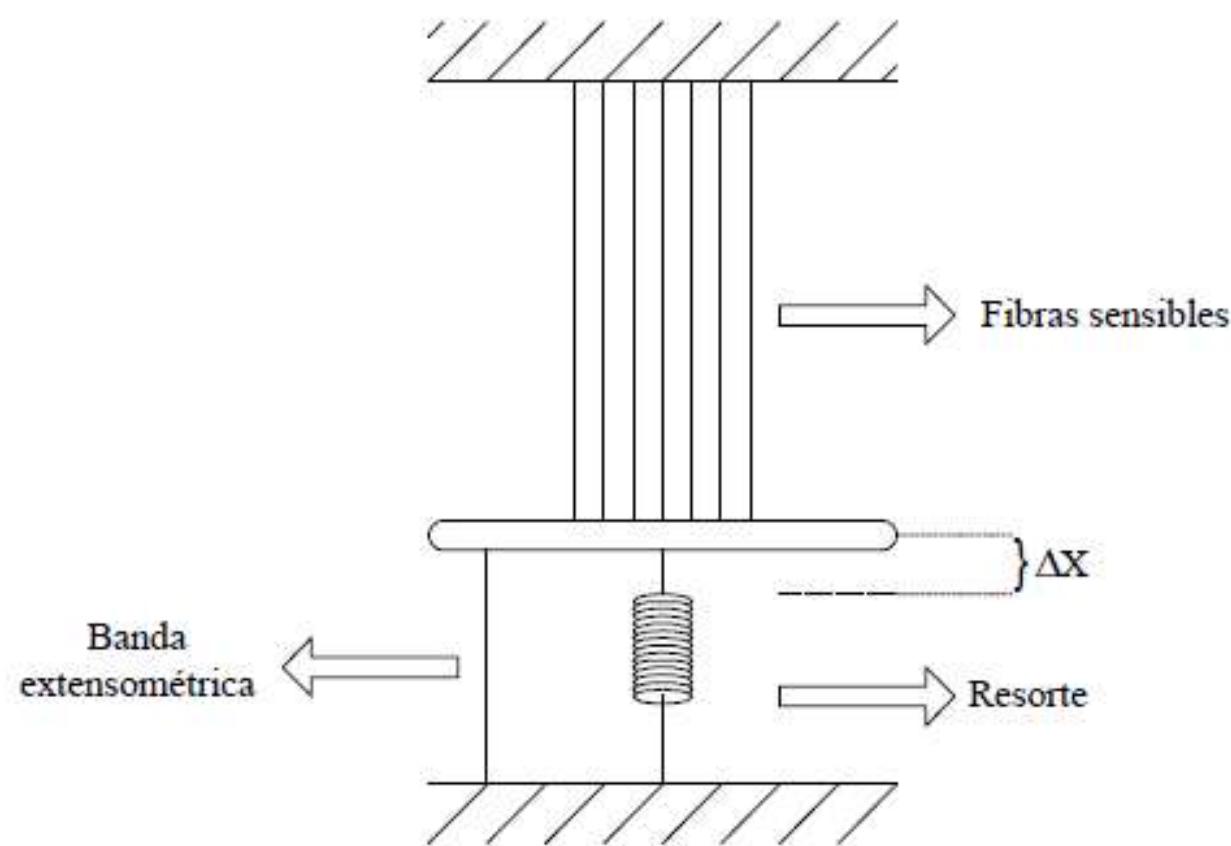
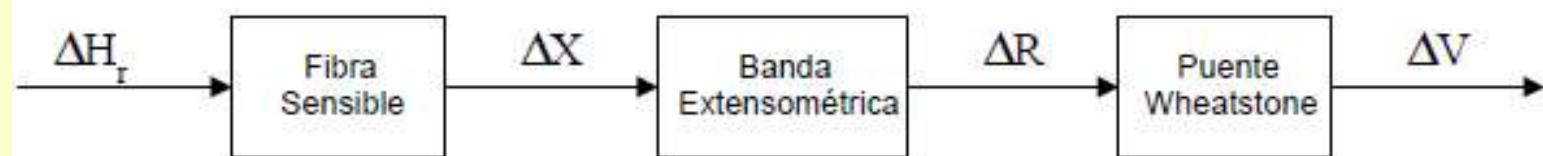
Peligro extremo 54 o más Golpe de calor, insolación inminente.

Tecnologías

- **Higrométricos:** Determinan la humedad a partir de la medición de otra magnitud afectada por esta.
 - Deformación
 - Capacitivos
 - Resistivos
 - De cuarzo o piezoeléctricos
 - Humidistat - Switching humidity sensors
- **Psicrométricos:** se basan en el diagrama psicrométrico. Conocidas dos variables, se pueden determinar las otras.
 - T° bulbo húmedo y bulbo seco
 - Punto de rocío

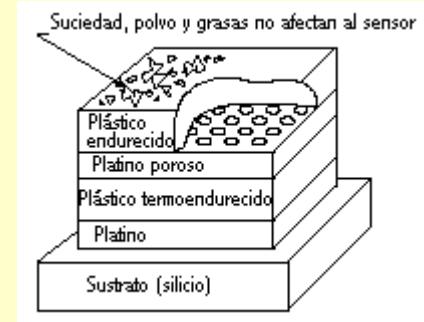
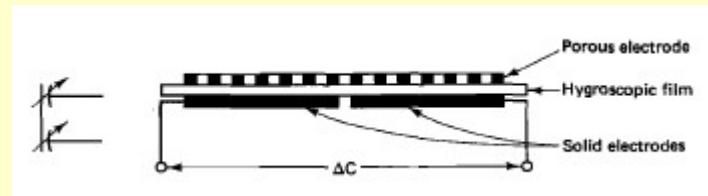
Sensor de humedad por deformación

- Aprovechan los cambios de dimensiones de ciertos materiales al cambiar la humedad. Ejemplo: Cabello humano o cerda de cola caballo
- Puede armarse un dispositivo en donde la variación de la longitud del cabello afecte a una banda extensiométrica, y convertir dicha variación en valores de voltaje usando, por ejemplo, un puente de Wheatstone
- Rango de T°: -20 a 70 °C
- **Ventajas:** Sencillo, bajo porcentaje de error (3%).
- **Desventajas:** Poco estable, requiere una circulación de aire de velocidad mínima de 3 m/s.



Higrómetro capacitivo

Aprovechan la elevada permitividad del agua en un capacitor plano donde $C = \epsilon_0 \epsilon_r S d$ y $\epsilon_r \ll \epsilon_{H2O} = 79$

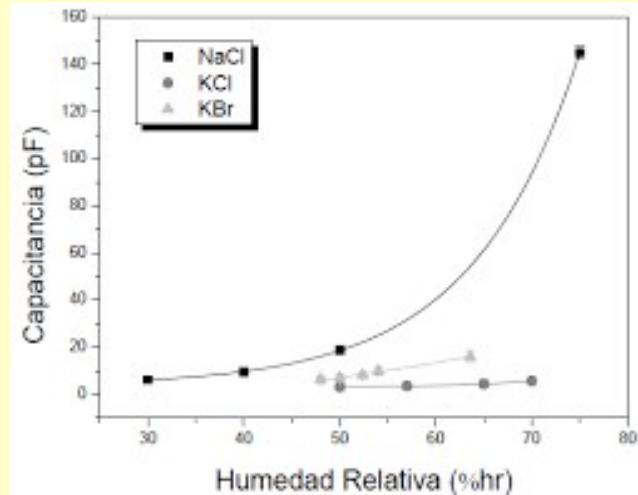


Está diseñado con electrodos de placas planas paralelas, uno de los cuales es poroso y el otro sólido. El dieléctrico entre placas es un material higroscópico, poroso y permeable al agua. De este modo, el vapor de agua puede ingresar y salir del dieléctrico alterando su “permitividad equivalente”, lo que se ve reflejado en cambios en la capacidad que varían con la humedad.

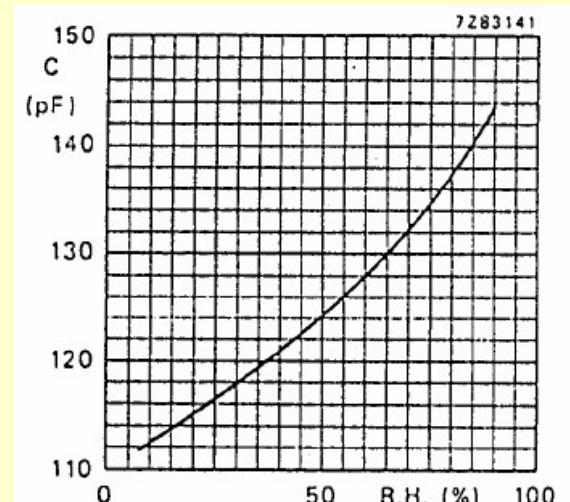
Ventajas: Robustos, bajo costo y alta fidelidad

Desventajas: El material poroso es sensible a la suciedad, la corrosión, y la oxidación, por lo que posee un encapsulado para protegerlo. Estos sensores tienen poca precisión y baja sensibilidad, el rango va típicamente del 10 al 90% por la dificultad de eliminar completamente el vapor de agua y viceversa

- Análisis de diversos materiales utilizados como dieléctrico higroscópico en sensores capacitivos de humedad

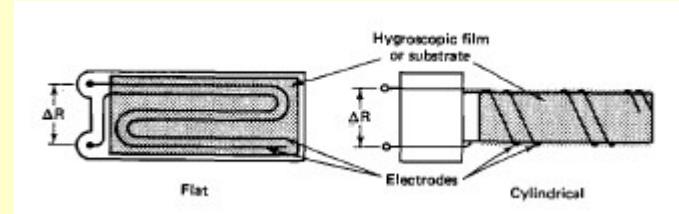


- Curva típica de respuesta de un higrómetro capacitivo vs humedad relativa. Nótese que ni parte de 0% ni llega a 100% de humedad relativa



Typical capacitance/relative humidity characteristic.

Higrómetro resistivo

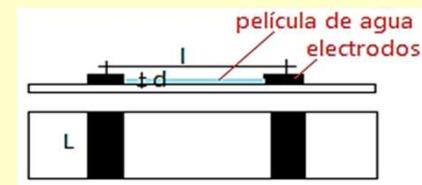
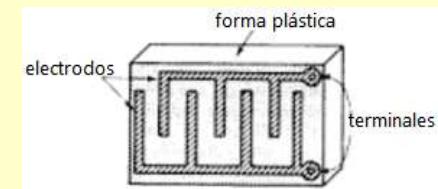


. Se basan en la variación de resistividad que sufrirá un material higroscópico como el cloruro de litio al absorber vapor de agua a medida que aumenta la humedad relativa. Puede tener distintas geometrías, sobre una base o sustrato de forma plana o cilíndrica a fin de disminuir el tamaño relativo del sensor.

Para un resistor cilíndrico de sección S y longitud l

$$es R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{dL}$$

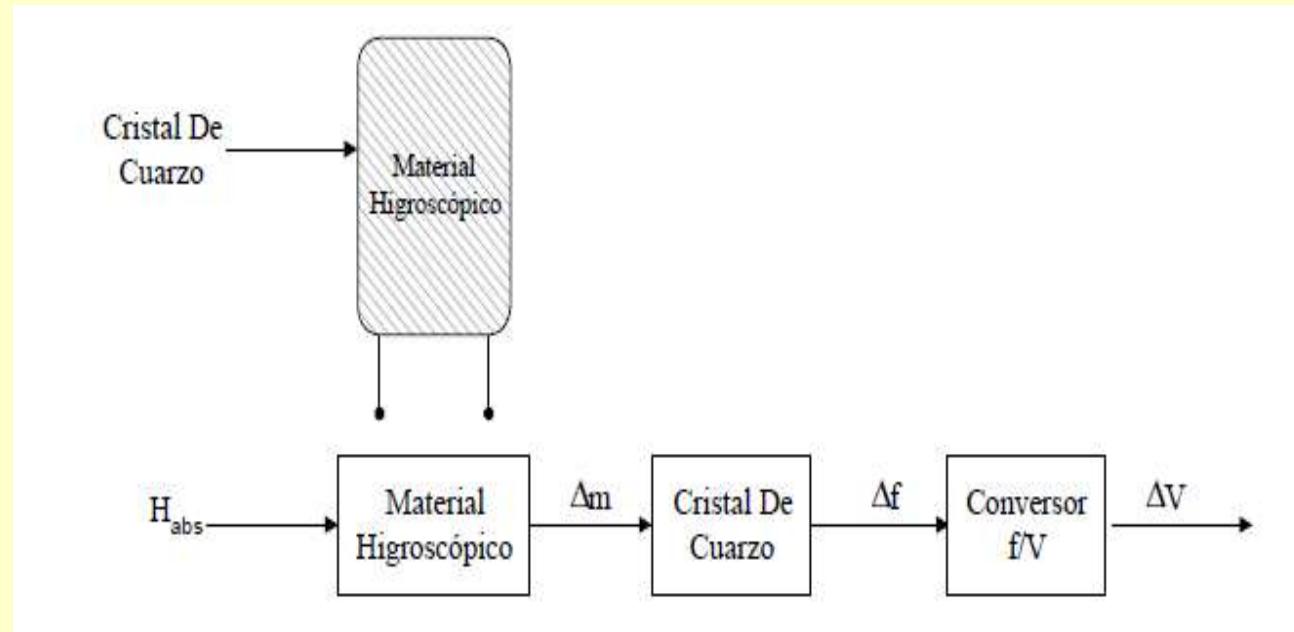
Se busca que l sea chica y L grande para que R no tienda a infinito.



De cuarzo o piezoeléctricos

Al cubrir un cristal con un material higroscópico aumenta la cantidad de agua que se asienta sobre el cristal en forma proporcional a la humedad, así el cristal experimenta una variación de 2000 Hz en su frecuencia de variación por cada microgramo de agua.

Ventajas: Robustos y sensibles, se pueden medir hasta variaciones de 1 Hz.

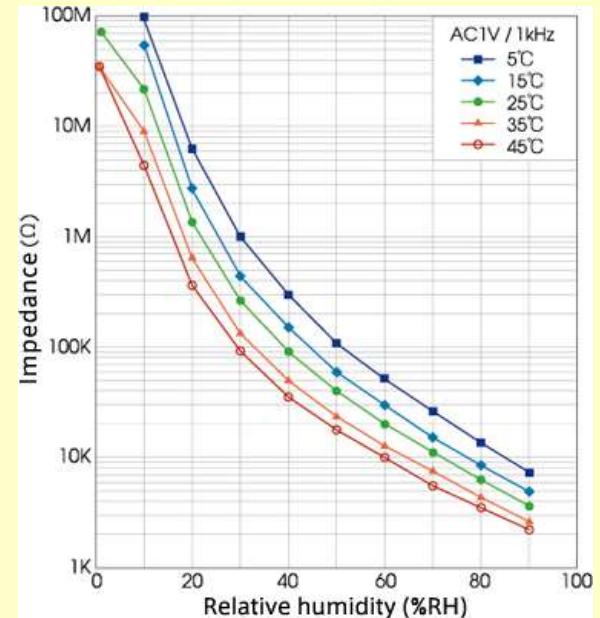


Algunas conclusiones

- No hay grandes ventajas y desventajas sobre unos sensores y otros.
- Durante décadas hubo una competencia entre los capacitivos y los resistivos. Hoy día, el valor agregado está en la micro electrónica incorporada.
- La humedad es un parámetro de baja precisión (+/- 5%).
- Se requieren un tiempo de respuesta para la estabilización de la señal (algunos segundos), debido a que es un parámetro lento. Sin embargo, tampoco se requiere gran velocidad, ya que en estaciones meteorológicas, la humedad se mide cada 15 minutos aproximadamente.

Switching humidity sensors

- La experiencia de la industria de lo que en siglas a menudo se refiere como HVAC (Heating – Ventilating and Air Conditioning) es que los humanos se sienten confortables con una humedad del 60 al 70%.
- Es por ello que se han desarrollado sensores que cambian abruptamente su resistencia en torno a 65% (no muy precisos). Apropiadamente se los denomina switches ya que son sensores de humedad de punto.
- Tambien se encuentra la denominación Humidistat, que, por analogía a un termostato, es un control mas bien elaborado y programable de humedad ambiental



Temperatura bulbo húmedo y bulbo seco

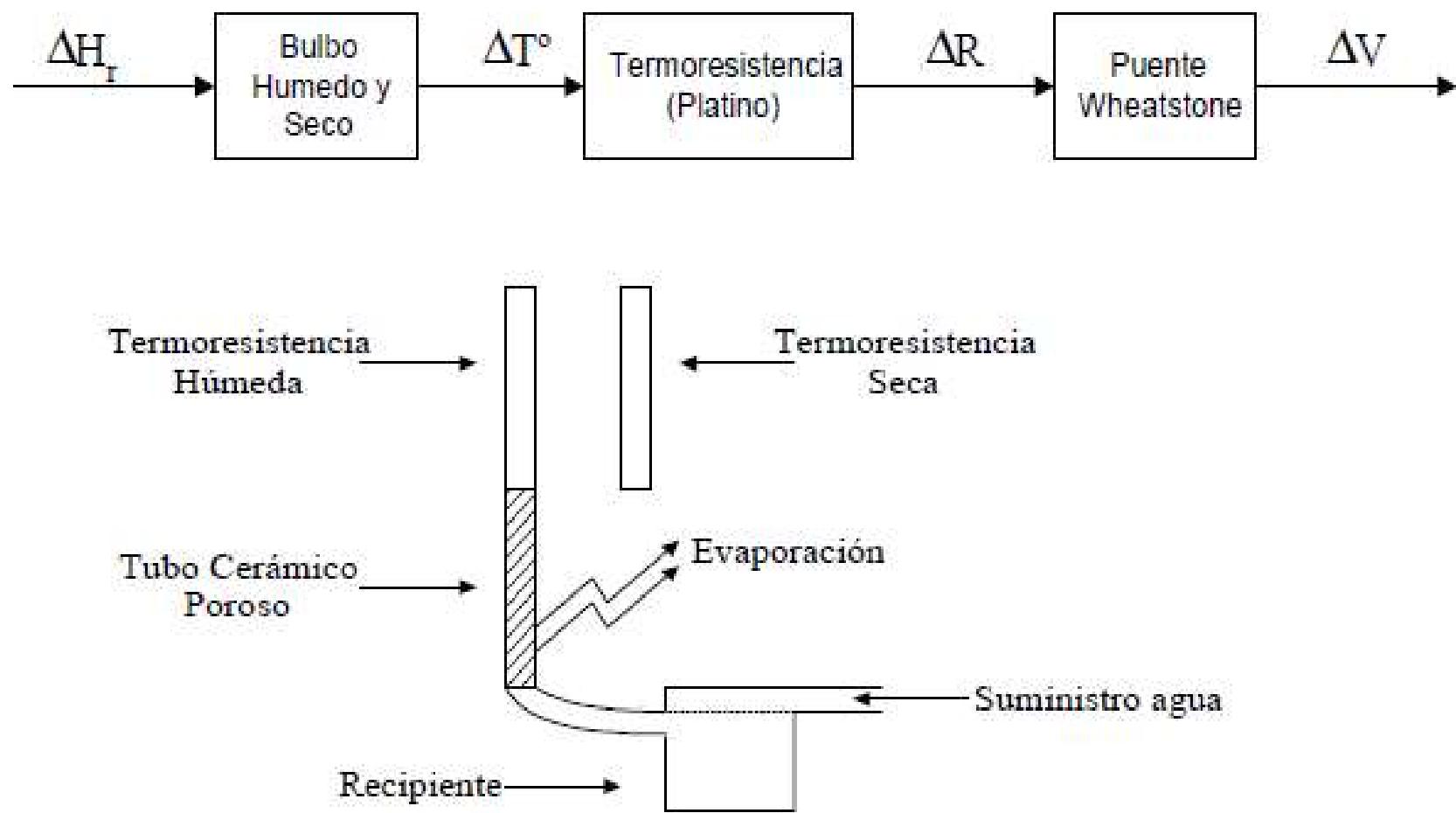
- Se basa en la medición de dos temperaturas, de bulbo húmedo y bulbo seco con dos termómetros iguales y convencionales.
- Conocidas ambas T° se puede determinar la humedad relativa a través del diagrama psicrométrico

Ventajas: Sencillos; Bajo porcentaje de error (0,5%).

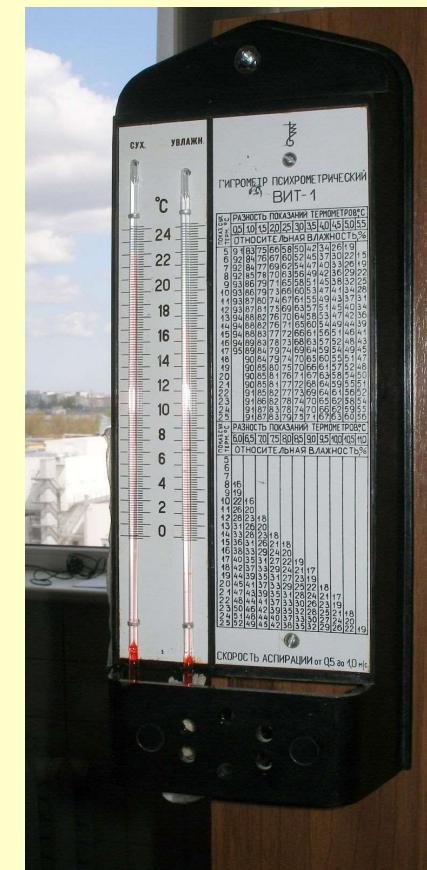
Desventajas: Introduce vapor de agua al ambiente que se desea medir.

Aplicación: Son utilizados típicamente para control ambiental en recintos.

Esquema medición mediante temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco



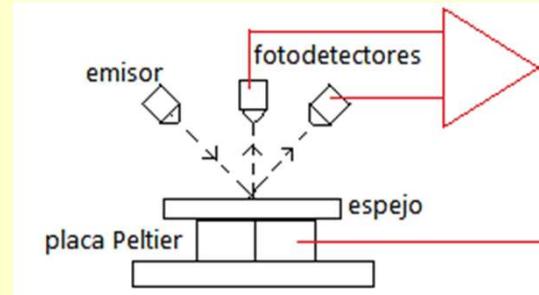
Ejemplos de higrómetros “de pared”



Medición de punto de rocío

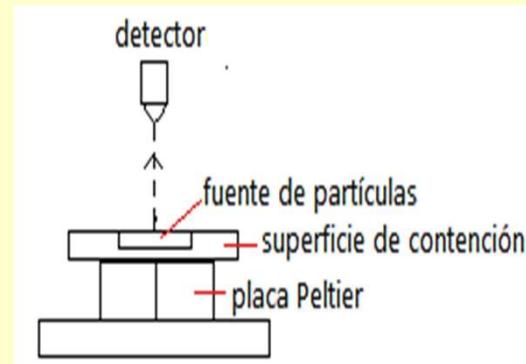
- Se basan por un lado en sistemas que puedan provocar artificialmente el rocío enfriando una superficie pulida a espejo y por el otro en diversos sistemas de detección de este fenómeno.
- Se hace circular la mezcla gaseosa por una cámara provista en su interior de un espejo con un sensor de temperatura embebido en su superficie. El espejo puede ser enfriado o calentado por una placa Peltier, con la finalidad de que el vapor se condense en el espejo o el agua se evapore de él. El efecto Peltier consiste en hacer pasar una corriente por un circuito compuesto de materiales diferentes cuyas uniones están a la misma temperatura, de modo que al hacer pasar corriente en un sentido la placa se calienta y en el otro sentido se enfriá.

Detección del punto de rocío por luz



- Una fuente luminosa es proyectada sobre el espejo, el cual refleja el haz hacia dos fotodetectores: uno mide la intensidad luminosa real y el otro mide la intensidad luminosa distorsionada, debida a la disipación de los rayos de luz en la superficie del espejo al formarse el rocío. La diferencia entre ambas es amplificada y sirve de actuador sobre la calefacción del espejo. De este modo, cuando se forma el rocío, los rayos reflejados se disipan y el detector reduce el calor removido al espejo.
- El equilibrio se alcanza a T° del espejo y grosor de la capa de rocío estables. En esta condición, la T° del espejo será la T° del punto de rocío.

Detección de punto de rocío por radiación α



- Se utiliza una fuente de radiación α , la cual es detectada por un sensor apropiado. Al formarse el rocío sobre la superficie pulida, disminuye la intensidad de la radiación que llega al detector. En equilibrio, la T° del espejo controlado por la placa Peltier será la T° de rocío
- Se utiliza radiación α porque tiene baja capacidad de penetración. Es “detenida” por una hoja de papel y por lo tanto es apropiada para detectar el rocío.
- Las **desventajas** de estos sensores son que son caros y de gran tamaño ya que requieren todo un sistema eléctrico, y el sensado puede ser afectado por la suciedad o las condiciones atmosféricas.

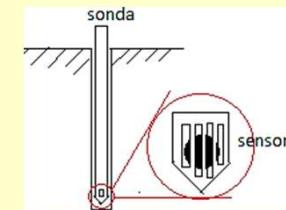
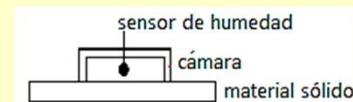
Moisture measurement

No hay métodos específicos, debido a que no se puede medir directamente esta humedad. Las mediciones son indirectas:

Se puede medir el peso del objeto húmedo, luego se calienta hasta que se seca y vuelve a pesarse. La relación entre los pesos será la humedad relativa: $Hr(\%)=Ph-PsPh100$

Si el material no puede pesarse, se puede implementar una cámara estanca sobre el objeto y dentro de la misma un sensor de humedad.

- Para medir la humedad de la tierra, se realiza un pozo y mediante una sonda se coloca el sensor en el mismo. La sonda posee ventanillas para que la humedad del suelo sea medida por el sensor.



Humedad en granos

- Es un parámetro de gran importancia en el almacenamiento de granos, sea en silos de chapa, alambre o silo-bolsa.
- Nótese la longitud de ellos electrodos a fin de poder medir a suficiente profundidad dentro del silo
- Son evidentemente resitivos



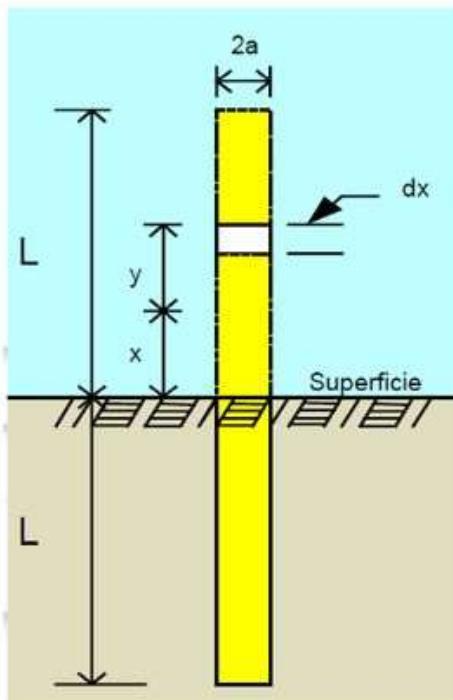
Humedad en suelos

- Si bien hay otros métodos, uno de los mas populares utiliza electrodos de distintas geometrías y métodos, desde un material higroscópico que se deje un tiempo para que adquiera la humedad del terreno circundante, como en la figura
- Otro método es medir la resistencia de la tierra entre electrodos o aún de un único electrodo como la fórmula clásica de la resistencia de una puesta a tierra de la siguiente página. En todos los caso la resistencia medida dependerá de la resistividad del terreno y este de la humedad
- La dificultad reside en la calibración para distintos tipos de terreno pero es muy útil para evaluar, pej la efectividad del riego



CÁLCULO DE LA RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA

ELECTRODOS VERTICALES (Jabalina)



$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \ln \frac{2L}{a}$$

Donde:

- ρ : resistividad del terreno ($\Omega \cdot \text{m}$).
- L : longitud de la barra en (m).
- A : radio de la barra en (m).
- L_n : logaritmo natural.
- R : resistencia en (Ω).
- d : $2a$.

Calibración humedad por contrastación

- **Calibración por contrastación:** se genera y remueve humedad mientras se contrasta con un calibrador.

Métodos para remover vapor:

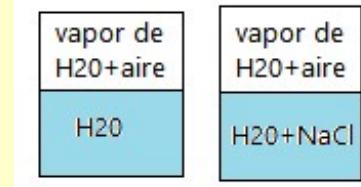
- - enfriamiento (condensación)
- - deshumidificador

Métodos para generar vapor:

- - calentar agua (ebullición)
- - pulverizar agua (nebulización)
- - ultrasonido (aumento de la energía cinética)



Calibración por reproducción de un fenómeno físico



- Por soluciones salinas saturadas: si se coloca agua en una botella, el vapor de agua satura al aire contenido en la misma, siendo la humedad relativa del 100%. Al saturar el agua con sal (por ejemplo NaCl) se evapora menos agua, y la humedad disminuye.
- Los sensores no pueden permanecer mucho tiempo en la botella porque la sal es muy reactiva. Cada vez que la botella se abre se pierde aire y debe esperarse un tiempo para que el sistema se estabilice.
- Existen sales para puntos fijos de calibración de 10 a 100% en intervalos regulares. Las tablas incluyen correcciones por temperatura

Soluciones saturadas de sal 10 a 30%

Temperature °C	Relative Humidity (%RH)		
	Lithium Chloride	Potassium Acetate	Magnesium Chloride
0	11.23 ± 0.54		33.56 ± 0.33
5	11.26 ± 0.47		33.60 ± 0.28
10	11.29 ± 0.41	23.28 ± 0.53	33.47 ± 0.24
15	11.30 ± 0.35	23.40 ± 0.32	33.30 ± 0.21
20	11.31 ± 0.31	23.11 ± 0.25	33.07 ± 0.18
25	11.30 ± 0.27	22.51 ± 0.32	32.78 ± 0.16
30	11.28 ± 0.24	21.81 ± 0.53	32.44 ± 0.14
35	11.25 ± 0.22		32.05 ± 0.13
40	11.21 ± 0.21		31.60 ± 0.13
45	11.16 ± 0.21		31.10 ± 0.13
50	11.10 ± 0.22		30.54 ± 0.13
55	11.03 ± 0.23		29.93 ± 0.16
60	10.95 ± 0.26		29.26 ± 0.18
65	10.86 ± 0.29		28.54 ± 0.21
70	10.75 ± 0.33		27.77 ± 0.25
75	10.64 ± 0.36		26.94 ± 0.29
80	10.51 ± 0.44		26.05 ± 0.34
85	10.38 ± 0.51		25.11 ± 0.39
90	10.23 ± 0.59		24.12 ± 0.46
95	10.07 ± 0.67		23.07 ± 0.52
100	9.90 ± 0.77		21.97 ± 0.60

Soluciones saturadas de sal 40 a 100%

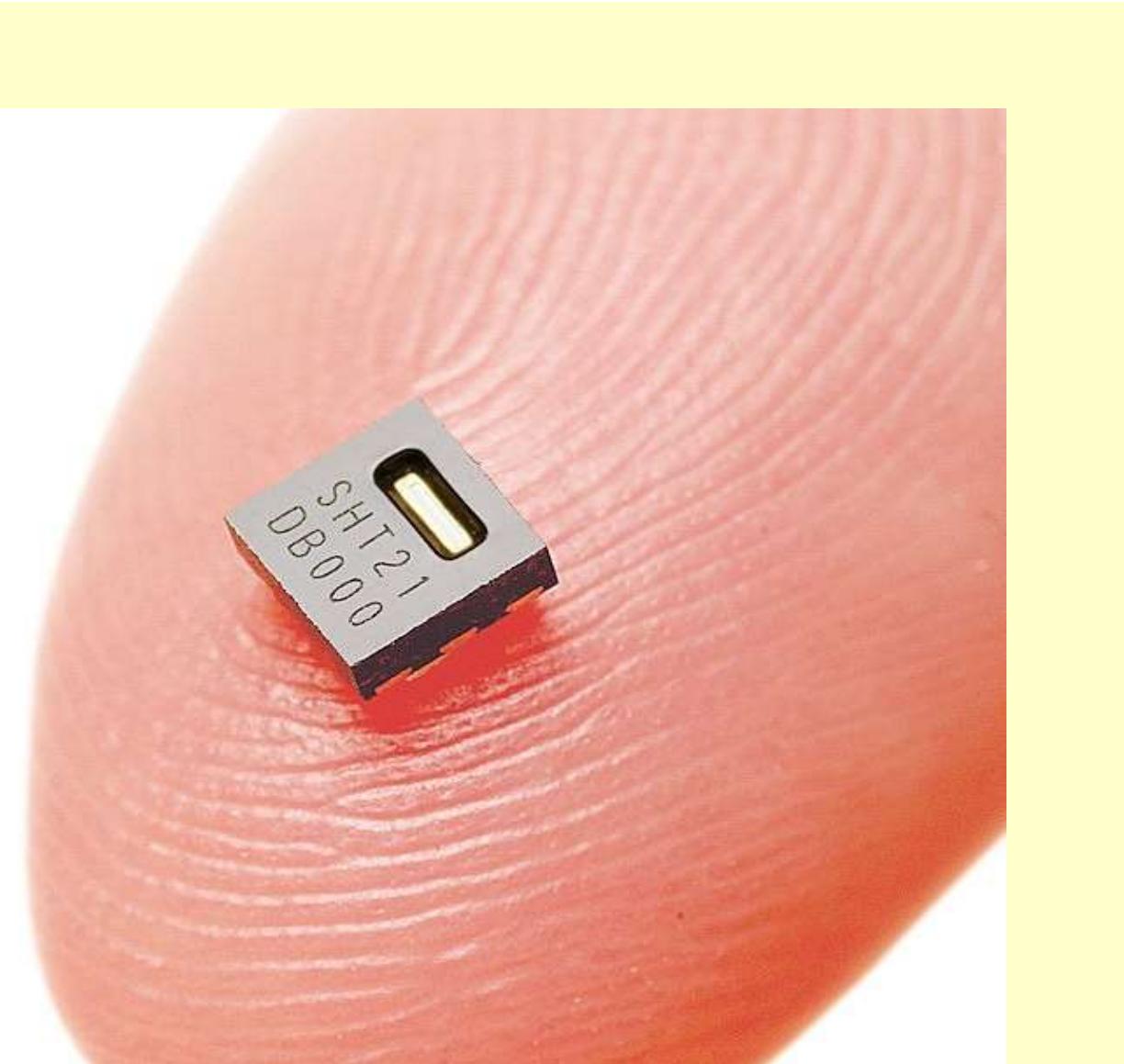
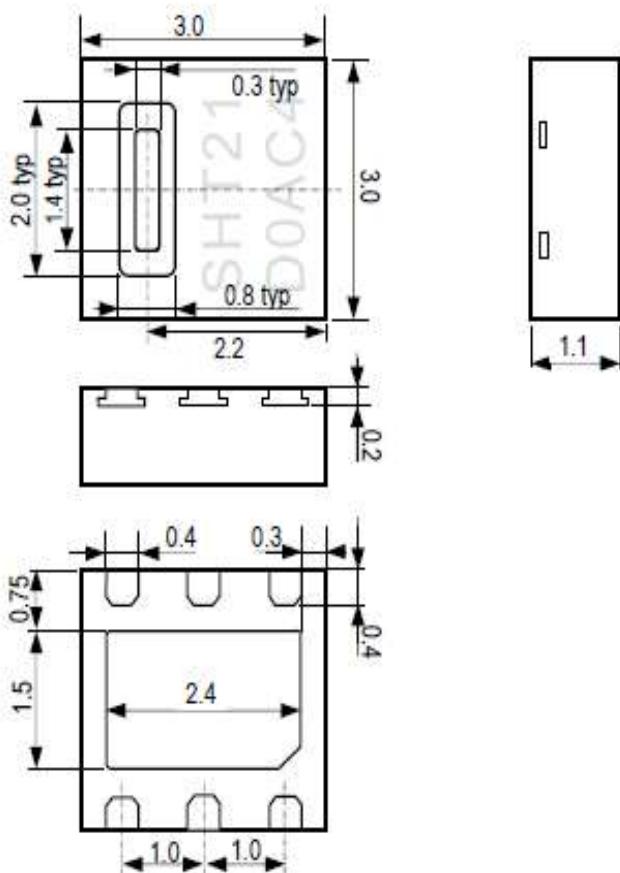
Temperature °C	Relative Humidity (%RH)					
	Potassium Carbonate	Magnesium Nitrate	Sodium Chloride	Potassium Chloride	Potassium Nitrate	Potassium Sulfate
0	43.13 ± 0.66	60.35 ± 0.55	75.51 ± 0.34	88.61 ± 0.53	96.33 ± 2.9	98.77 ± 1.1
5	43.13 ± 0.50	58.86 ± 0.43	75.65 ± 0.27	87.67 ± 0.45	96.27 ± 2.1	98.48 ± 0.91
10	43.14 ± 0.39	57.36 ± 0.33	75.67 ± 0.22	86.77 ± 0.39	95.96 ± 1.4	98.18 ± 0.76
15	43.15 ± 0.33	55.87 ± 0.27	75.61 ± 0.18	85.92 ± 0.33	95.41 ± 0.96	97.89 ± 0.63
20	43.16 ± 0.33	54.38 ± 0.23	75.47 ± 0.14	85.11 ± 0.29	94.62 ± 0.66	97.59 ± 0.53
25	43.16 ± 0.39	52.89 ± 0.22	75.29 ± 0.12	84.34 ± 0.26	93.58 ± 0.55	97.30 ± 0.45
30	43.17 ± 0.50	51.40 ± 0.24	75.09 ± 0.11	83.62 ± 0.25	92.31 ± 0.60	97.00 ± 0.40
35		49.91 ± 0.29	74.87 ± 0.12	82.95 ± 0.25	90.79 ± 0.83	96.71 ± 0.38
40		48.42 ± 0.37	74.68 ± 0.13	82.32 ± 0.25	89.03 ± 1.2	96.41 ± 0.38
45		46.93 ± 0.47	74.52 ± 0.16	81.74 ± 0.28	87.03 ± 1.8	96.12 ± 0.40
50		45.44 ± 0.60	74.43 ± 0.19	81.20 ± 0.31	84.78 ± 2.5	95.82 ± 0.45
55			74.41 ± 0.24	80.70 ± 0.35		
60			74.50 ± 0.30	80.25 ± 0.41		
65			74.71 ± 0.37	79.85 ± 0.48		
70			75.06 ± 0.45	79.49 ± 0.57		
75			75.58 ± 0.55	79.17 ± 0.65		
80			76.29 ± 0.65	78.90 ± 0.77		
85				78.68 ± 0.89		
90				78.50 ± 1.0		
95						
100						

Algunas Marcas Reconocidas

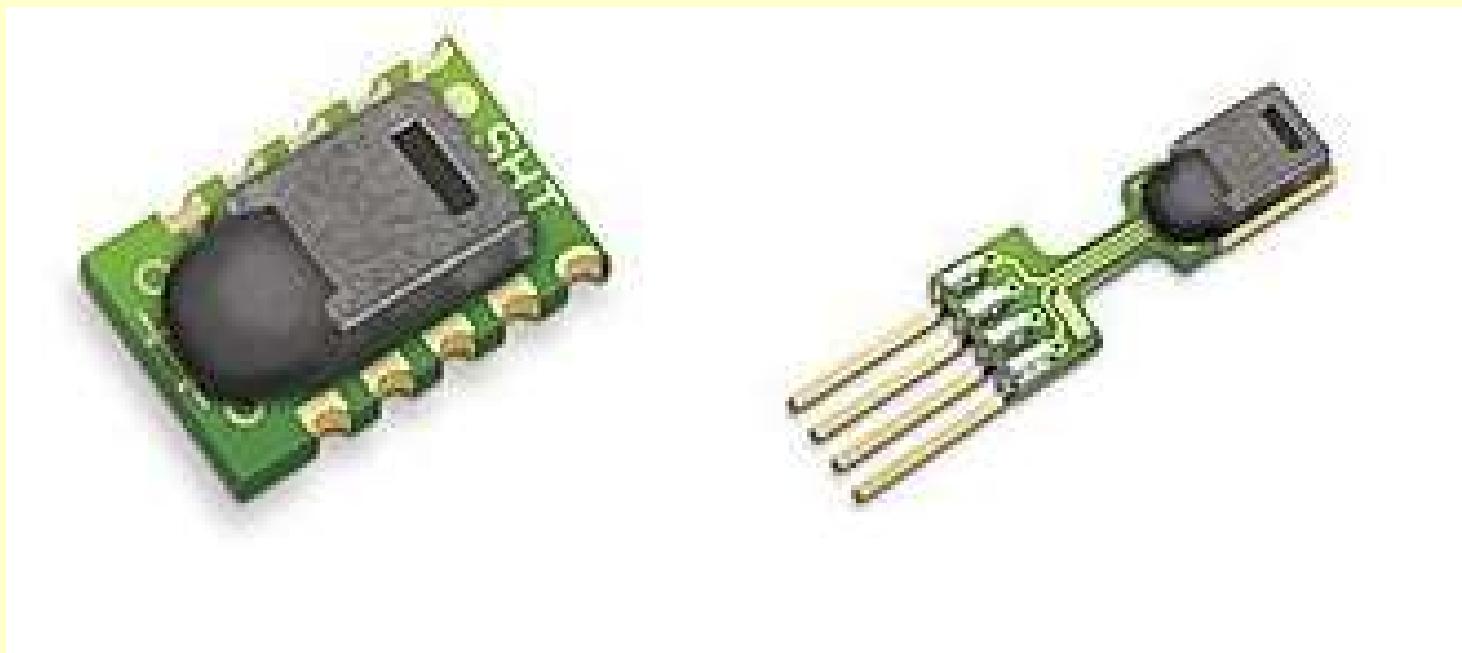


Humidity Sensor		Packaging	Max. RH tolerance ¹	Max. T tolerance ¹	Sensor Output
SHT10		SMD	±4.5%RH	±0.5°C	Digital Sbus
SHT11		SMD	±3%RH	±0.4°C	Digital Sbus
SHT15		SMD	±2%RH	±0.3°C	Digital Sbus
SHT21		DFN	±3%RH	±0.4°C	I ² C, PWM, SDM
SHT25		DFN	±2%RH	±0.3°C	I ² C
SHT71		Pins	±3%RH	±0.4°C	Digital Sbus
SHT75		Pins	±1.8%RH	±0.3°C	Digital Sbus

Dimensions



SENSIRION
THE SENSOR COMPANY





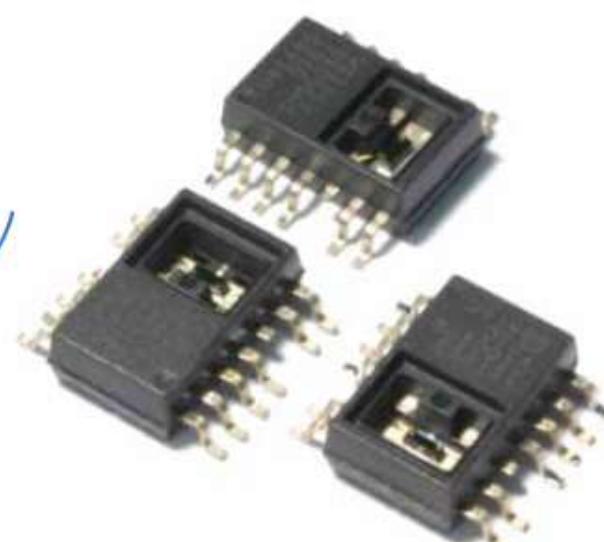
*General
Eastern*

EMD-4000 General Eastern Humidity Sensor



ChipCap

The Fully Calibrated Humidity
and Temperature Solution





Vaisala HUMICAP®
Humidity and
Temperature Transmitter
Series HMT100



Vaisala HUMICAP®
Humidity and
Temperature
Transmitters
HMD/W60/70

Bibliografía

- Cap 13 – Handbook of transducers, Norton
- Omega Handbook – Temperature and Humidity Reference Section
- https://www.slideshare.net/nikita_liferocks/humidity-sensor-55359601
- Información de fabricantes en material del aula virtual de este módulo dedicado a sensores de humedad (Manufacturers Data)
- <http://www.vaisala.com>
- <http://www.sensirion.com>