

# 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/m<sup>3</sup>]
- ***Humedad Especifica:*** 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  $[\text{kg/m}^3]$  o  $[\text{g/L}]$
- 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

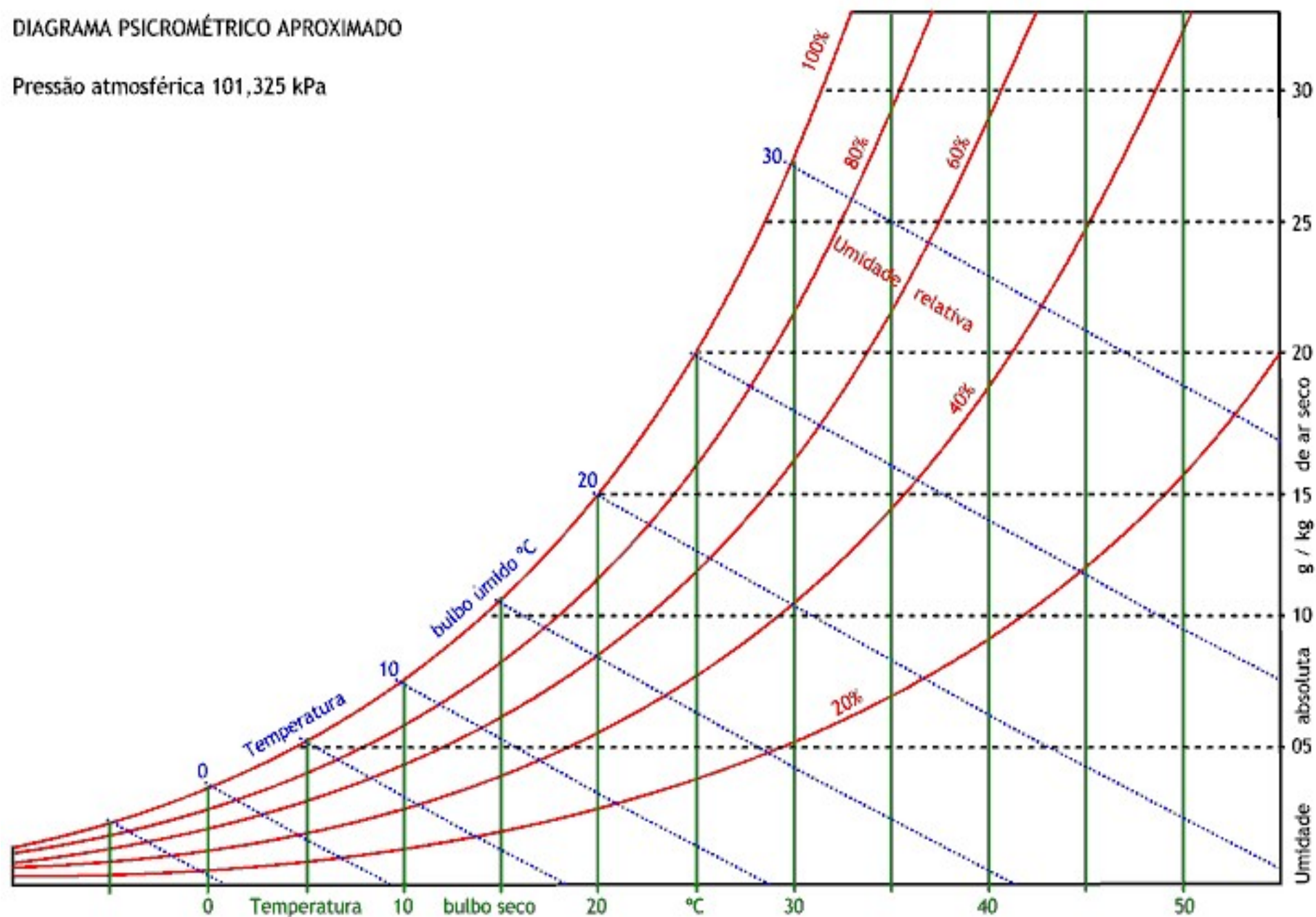
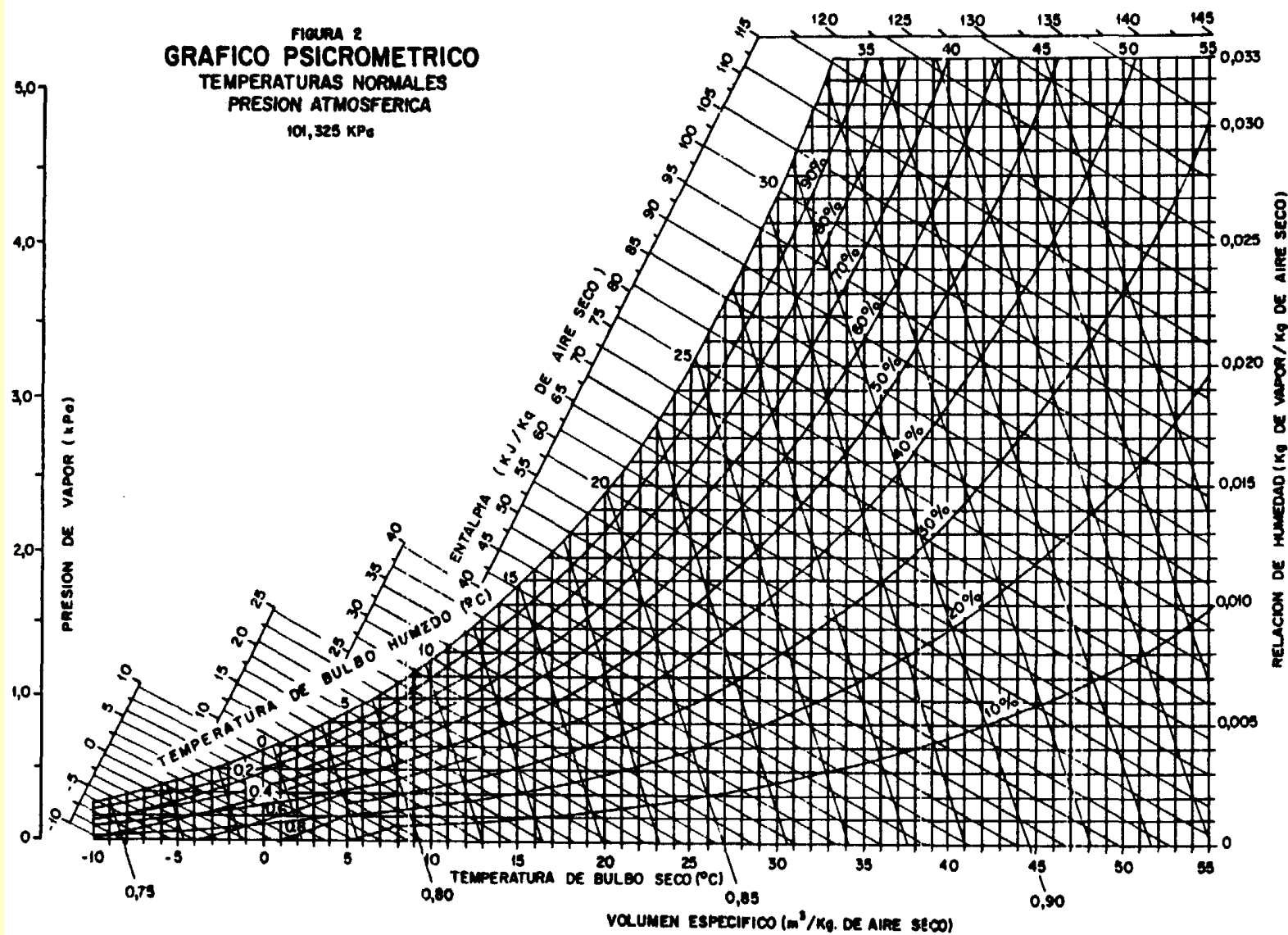




FIGURA 2  
**GRAFICO PSICROMETRICO**  
 TEMPERATURAS NORMALES  
 PRESION ATMOSFERICA  
 101,325 KPa



# 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 ( $^{\circ}\text{C}$ ), y la temperatura de bulbo húmedo ( $^{\circ}\text{C}$ ) se halla representada por las rectas inclinadas a  $30^{\circ}$ .
- 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  $15^{\circ}\text{C}$  y temperatura de bulbo seco de  $25^{\circ}\text{C}$ .*
- Temperatura de bulbo seco:  $25^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de bulbo húmedo:  $15^{\circ}\text{C}$
- Estos valores se corresponden en el grafico psicométrico con:
- Humedad relativa: 35%
- Punto de rocío (humedad relativa del 100%):  $9^{\circ}\text{C}$

## 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  $H_r \rightarrow H_{abs_e} = 26 \frac{g}{kg}$
- Ambiente: 25°C con 60%  $H_r \rightarrow H_{abs_a} = 14 \frac{g}{kg}$
- $\Delta\delta_{H2O} = \Delta H_{abs} = H_{abs_e} - H_{abs_a} = 12 \frac{g}{kg}$
- Flujo respiratorio en 1 hora:  $5 \frac{L}{min} \cdot 60 \frac{min}{h} = 300 \frac{L}{h}$
- Considerando que la densidad del aire es de  $\delta_{aire} = 1,2 \text{ kg/m}^3$ :
- $300 \frac{L}{h} \cdot 1,2 \frac{kg}{m^3} \cdot \frac{1m^3}{1000L} = 0,36 \frac{kg}{h}$
- Cantidad de agua que se pierde por hora:  $\Delta H_{20} = 0,36 \frac{kg}{h} \cdot \Delta\delta_{H2O} = 0,36 \frac{kg}{h} \cdot 12 \frac{g}{kg} = 4,32 \frac{g}{h}$
- Si la humedad relativa ambiente fuera del 20%, se perdería más agua, ya que  $\Delta H_{20}$  sería mayor.



# Lo que mata es la humedad...

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

		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
HUMEDAD RELATIVA (%)	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.

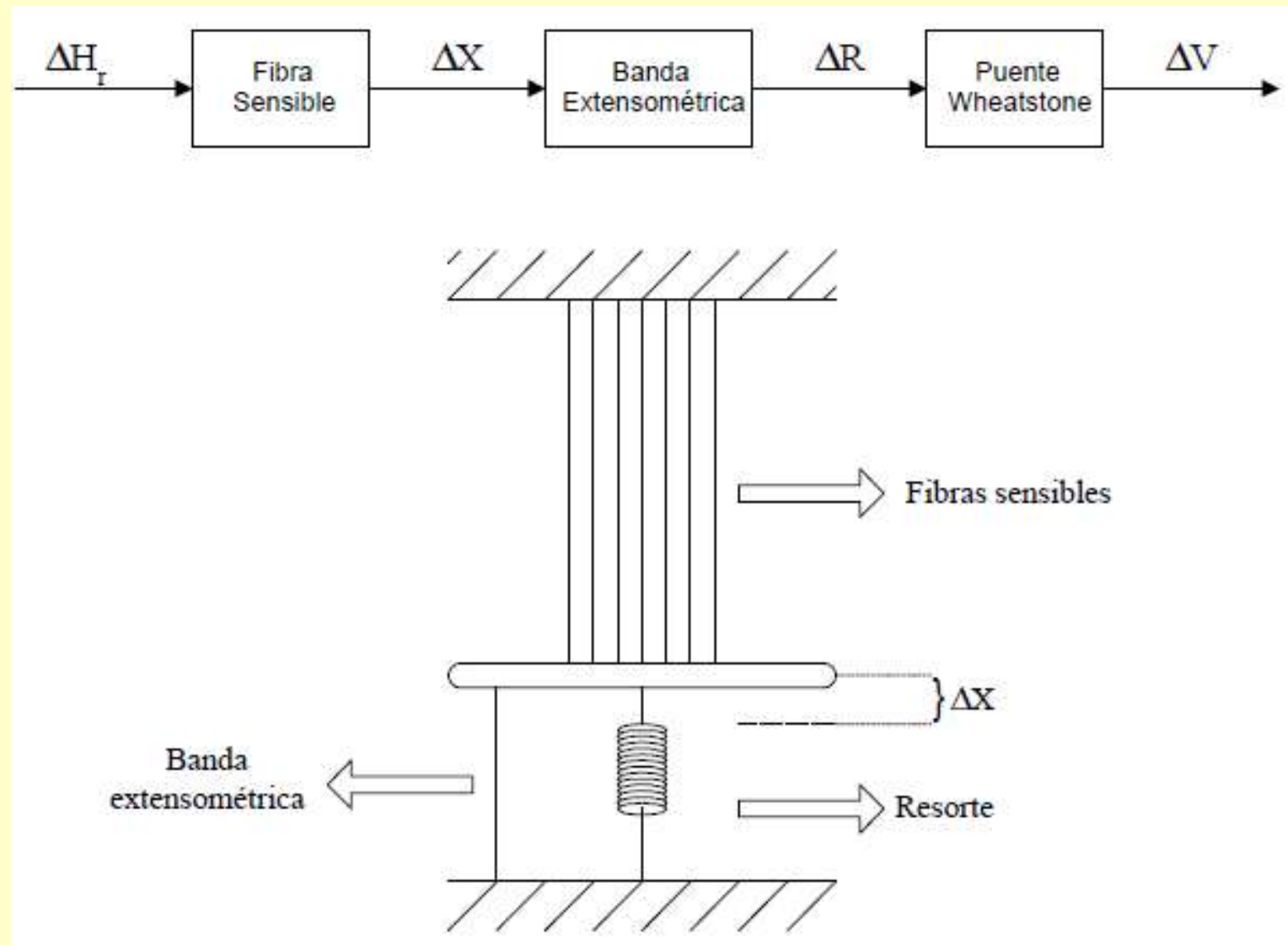
# Tecnologías

- **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



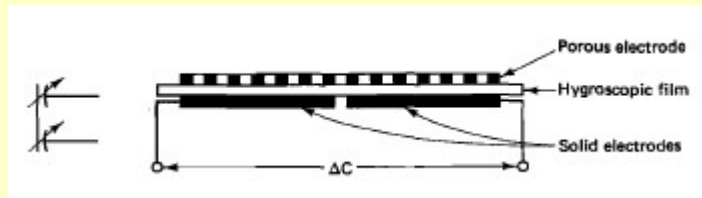
## Sensor de humedad por deformación

- 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  $T^{\circ}$ : -20 a 70  $^{\circ}\text{C}$
- **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  $\epsilon_r \ll \epsilon_{H_2O} = 79$

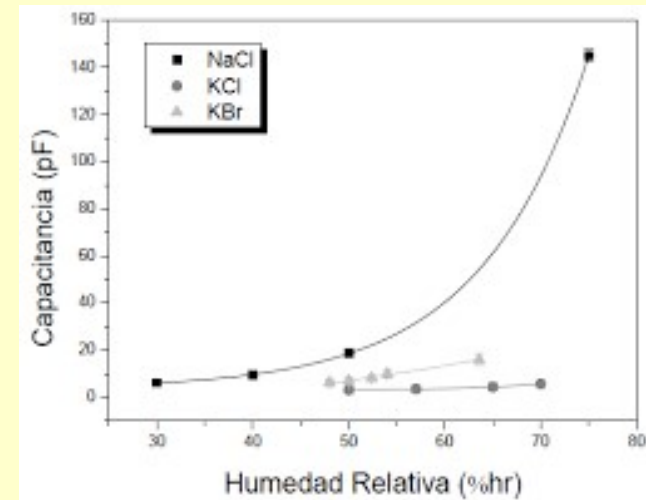


Está diseñado con electrodos de placas planas paralelas, uno de los cuales es poroso y el otro sólido. El dieléctrico entre placas es un material higroscópico, poroso y permeable al agua. De este modo, el vapor de agua puede ingresar y salir del dieléctrico alterando su “permitividad equivalente”, lo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

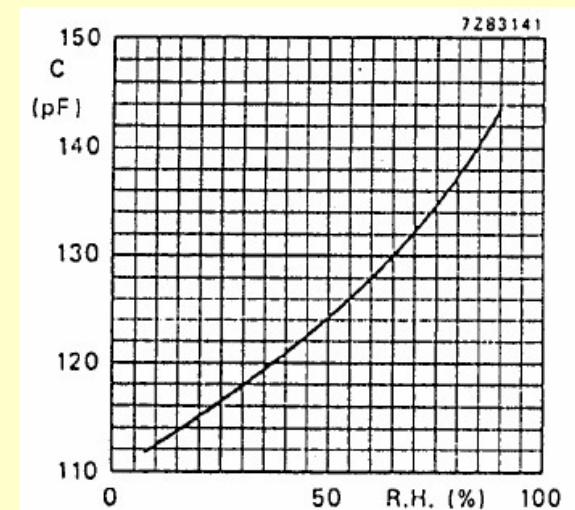
*Ventajas:* Robustos, bajo costo y alta fidelidad

*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

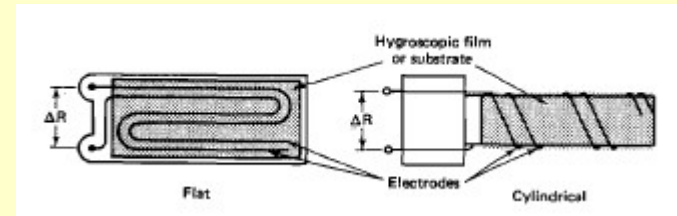


- Curva típica de respuesta de un higrómetro capacitivo vs humedad relativa. Nótese que ni parte de 0% ni llega a 100% de humedad relativa

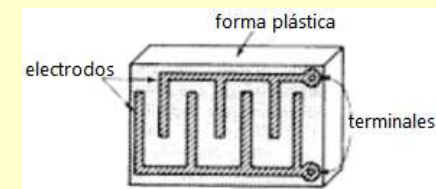


Typical capacitance/relative humidity characteristic.

# Higrómetro resistivo

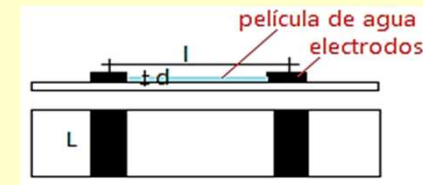


. Se basan en la variación de resistividad que sufrirá un material higroscópico como el cloruro de litio al absorber vapor de agua a medida que aumenta la humedad relativa. Puede tener distintas geometrías, sobre una base o sustrato de forma plana o cilíndrica a fin de disminuir el tamaño relativo del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



*Para un resistor cilíndrico de sección  $S$  y longitud  $l$*   
*es  $R = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{l}{dL}$*

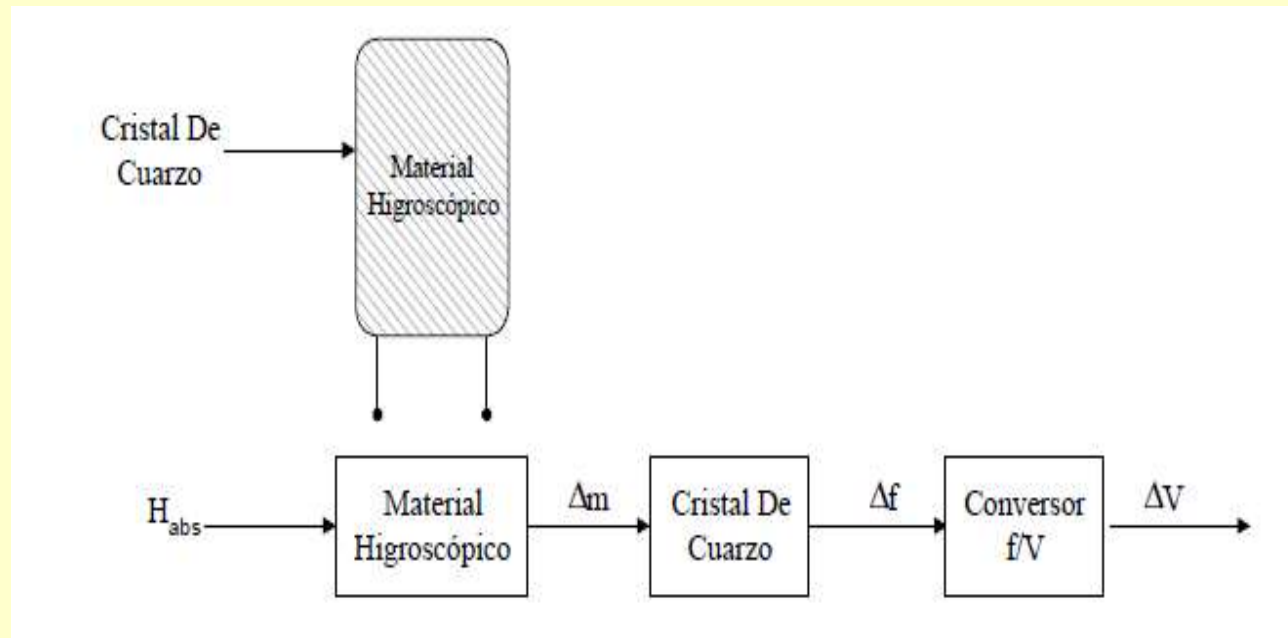
Se busca que  $l$  sea chica y  $L$  grande para que  $R$  no tienda a infinito.



## 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.



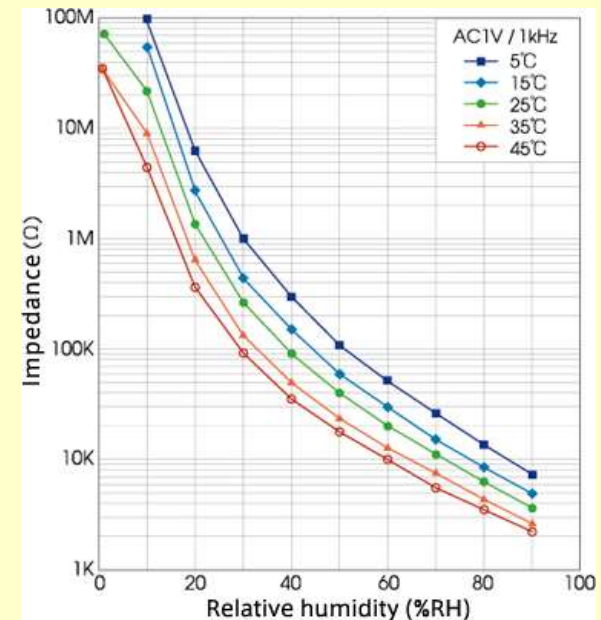
## Algunas conclusiones

- 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 ( $\pm 5\%$ ).
- 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). Apropriadamente 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

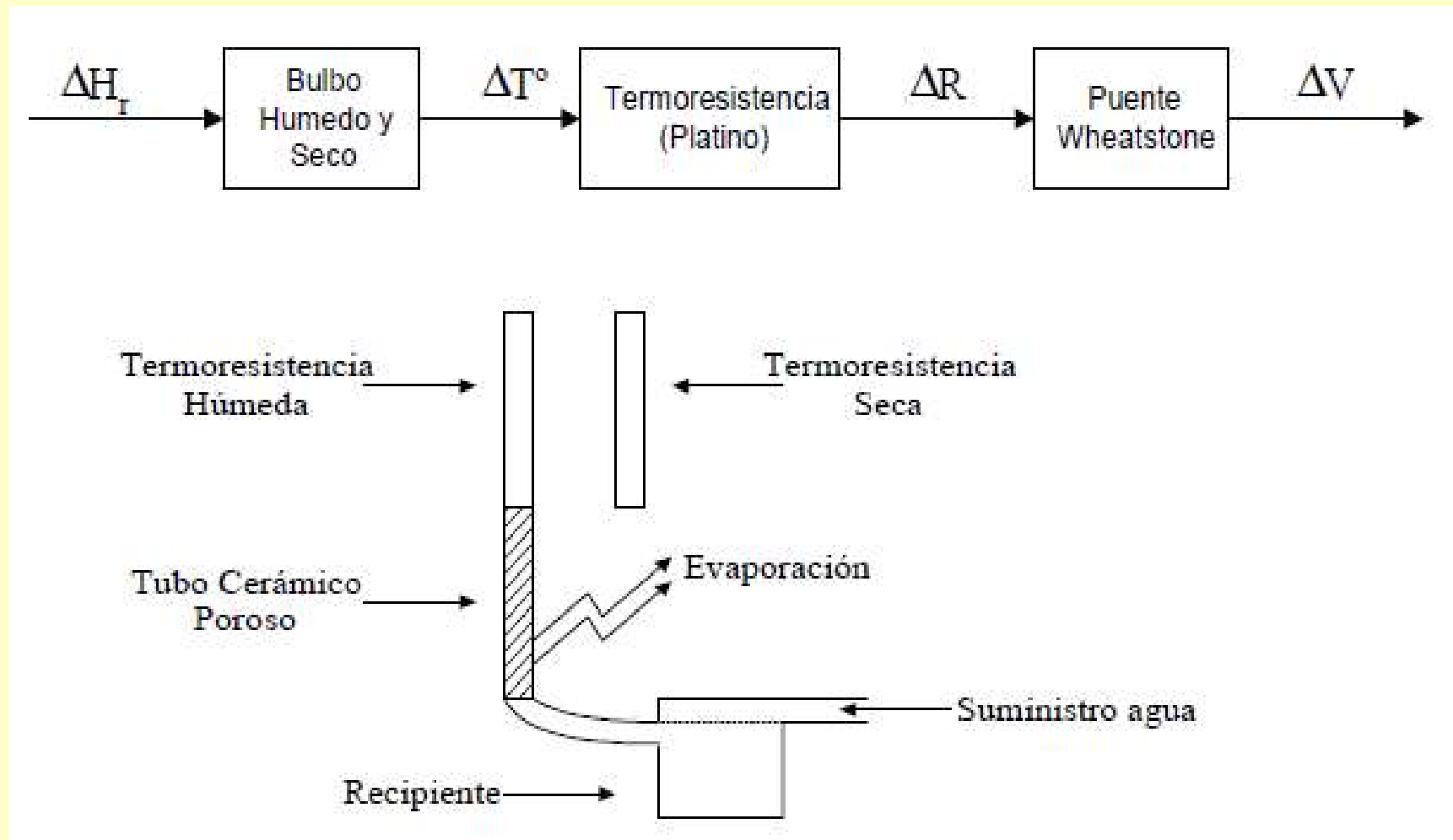
- Se basa en la medición de dos temperaturas, de bulbo húmedo y bulbo seco con dos termómetros iguales y convencionales.
- Conocidas ambas  $T^{\circ}$  se puede determinar la humedad relativa a través del diagrama psicrométrico

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

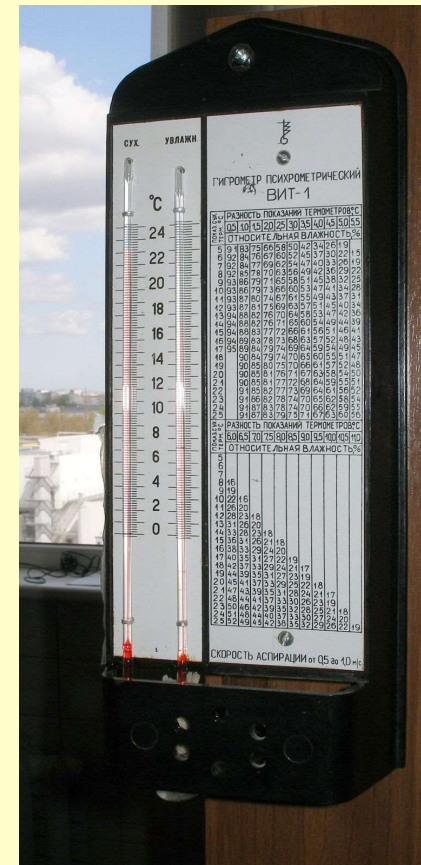
**Desventajas:** Introduce vapor de agua al ambiente que se desea medir.

**Aplicación:** Son utilizados típicamente para control ambiental en recintos.

## Esquema medición mediante temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco



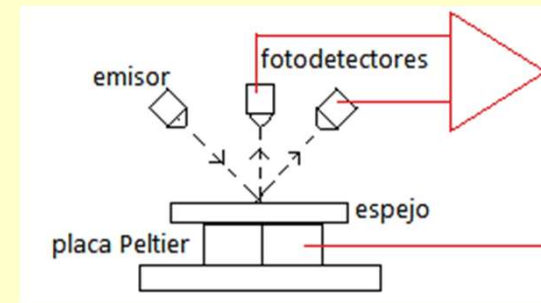
# Ejemplos de higrómetros “de pared”



# Medición de punto de rocío

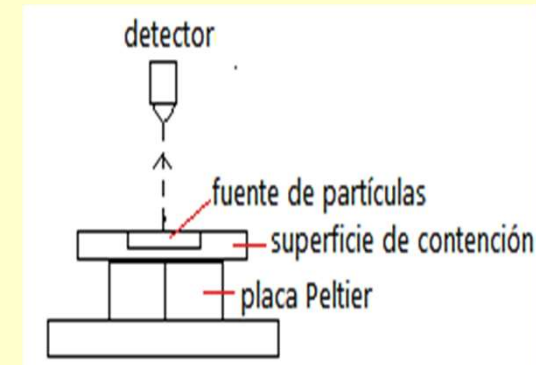
- Se basan por un lado en sistemas que puedan provocar artificialmente el rocío enfriando una superficie pulida a espejo y por el otro en diversos sistemas de detección de este fenómeno.
- Se hace circular la mezcla gaseosa por una cámara provista en su interior de un espejo con un sensor de temperatura 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 enfría.

## 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 dispersión 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 dispersan y el detector reduce el calor removido al espejo.
- El equilibrio se alcanza a  $T^{\circ}$  del espejo y grosor de la capa de rocío estables. En esta condición, la  $T^{\circ}$  del espejo será la  $T^{\circ}$  del punto de rocío.

# Detección de punto de rocío por radiación $\alpha$



- Se utiliza una fuente de radiación  $\alpha$ , 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  $T^\circ$  del espejo controlado por la placa Peltier será la  $T^\circ$  de rocío
- Se utiliza radiación  $\alpha$  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.

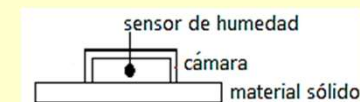


# Moisture measurement

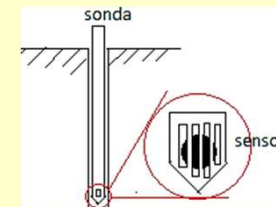
No hay métodos específicos, debido a que no se puede medir directamente esta humedad. Las mediciones son indirectas:

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:  $Hr(\%) = \frac{Ph - Ps}{Ph} 100$

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 resistivos



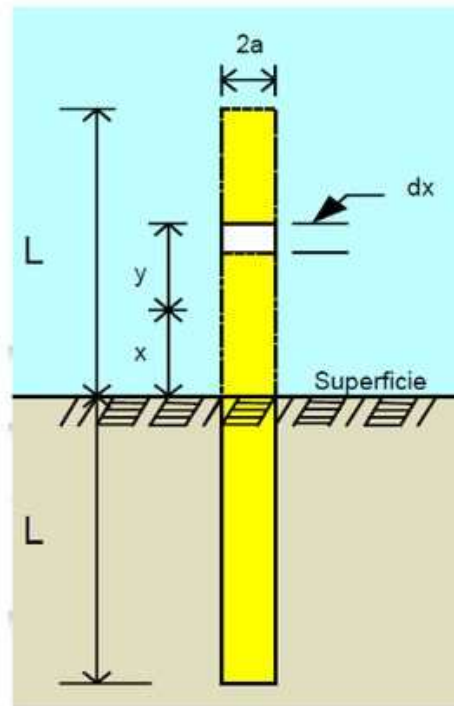
## Humedad en suelos

- 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:

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

# Calibración humedad por contrastación

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

*Métodos para remover vapor:*

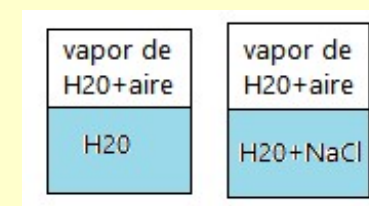
- - enfriamiento (condensación)
- - deshumidificador

*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%

Relative Humidity (%RH)			
Temperature °C	Lithium Chloride	Potassium Acetate	Magnesium Chloride
0	11.23 ± 0.54		33.66 ± 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 ± 0.36	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	22.81 ± 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 ± 0.38		26.94 ± 0.29
80	10.51 ± 0.44		26.06 ± 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 ± 0.66		
80			76.29 ± 0.65	78.90 ± 0.77		
85				78.68 ± 0.89		
90				78.50 ± 1.0		
95						
100						

# Algunas Marcas Reconocidas



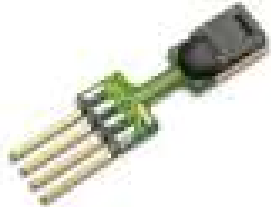
**SENSIRION**  
THE SENSOR COMPANY



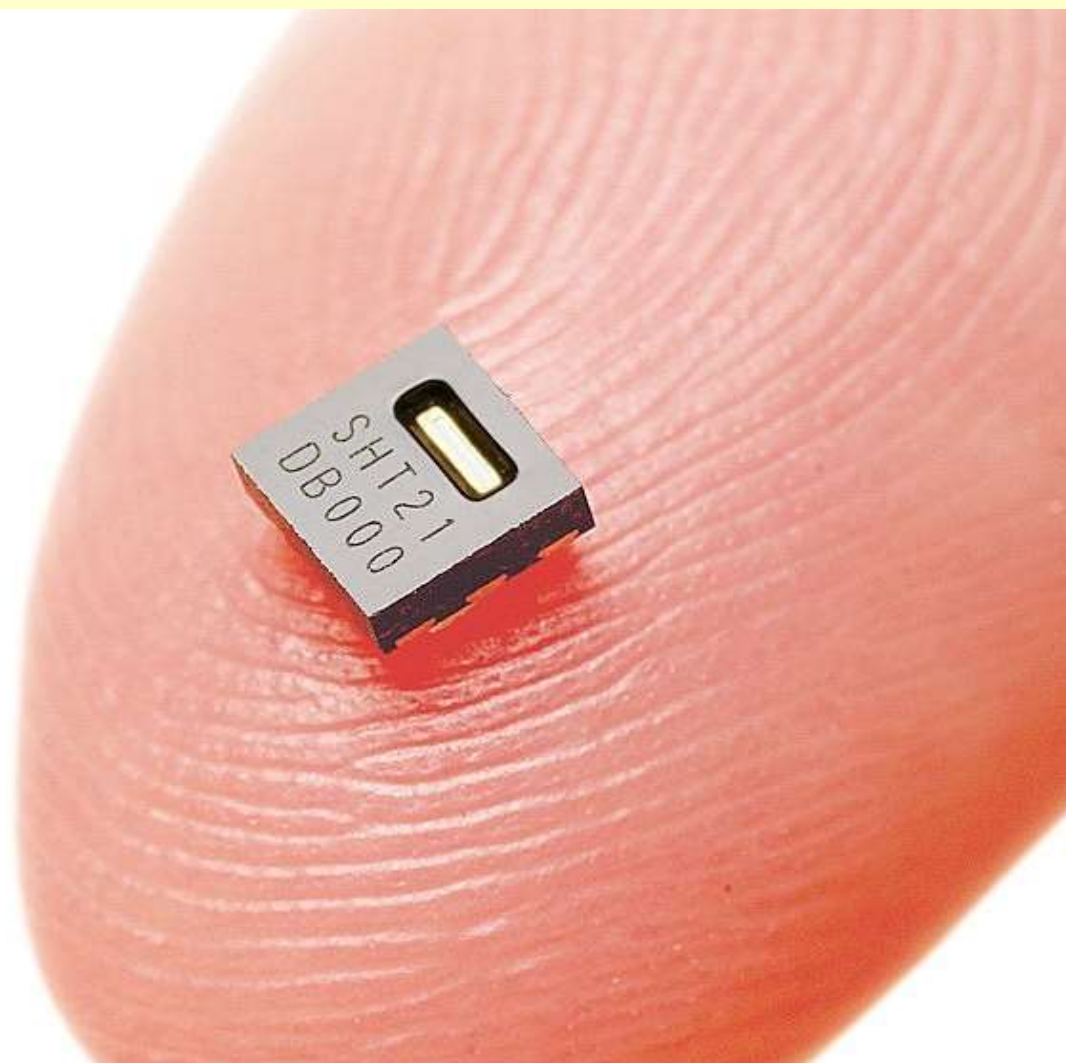
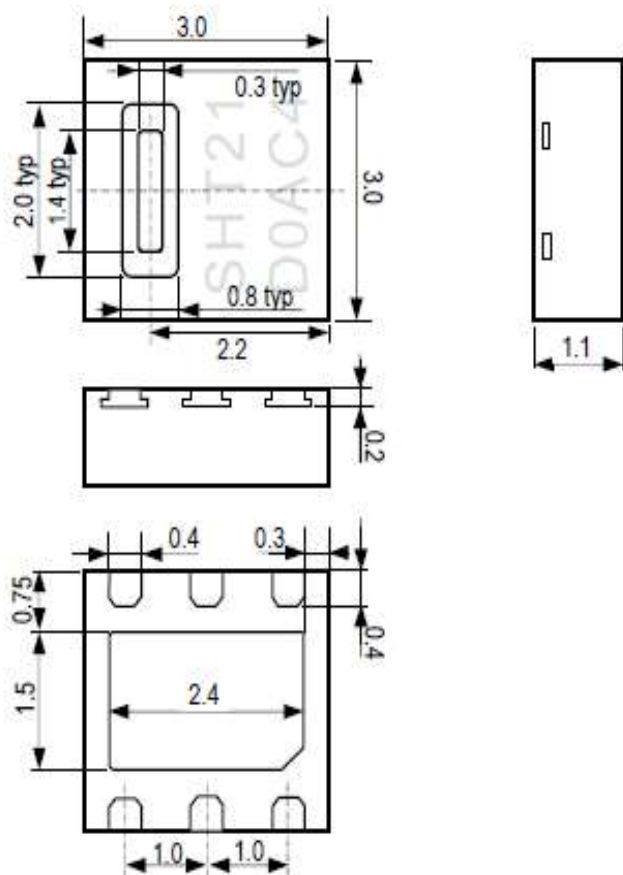
**General  
Eastern**

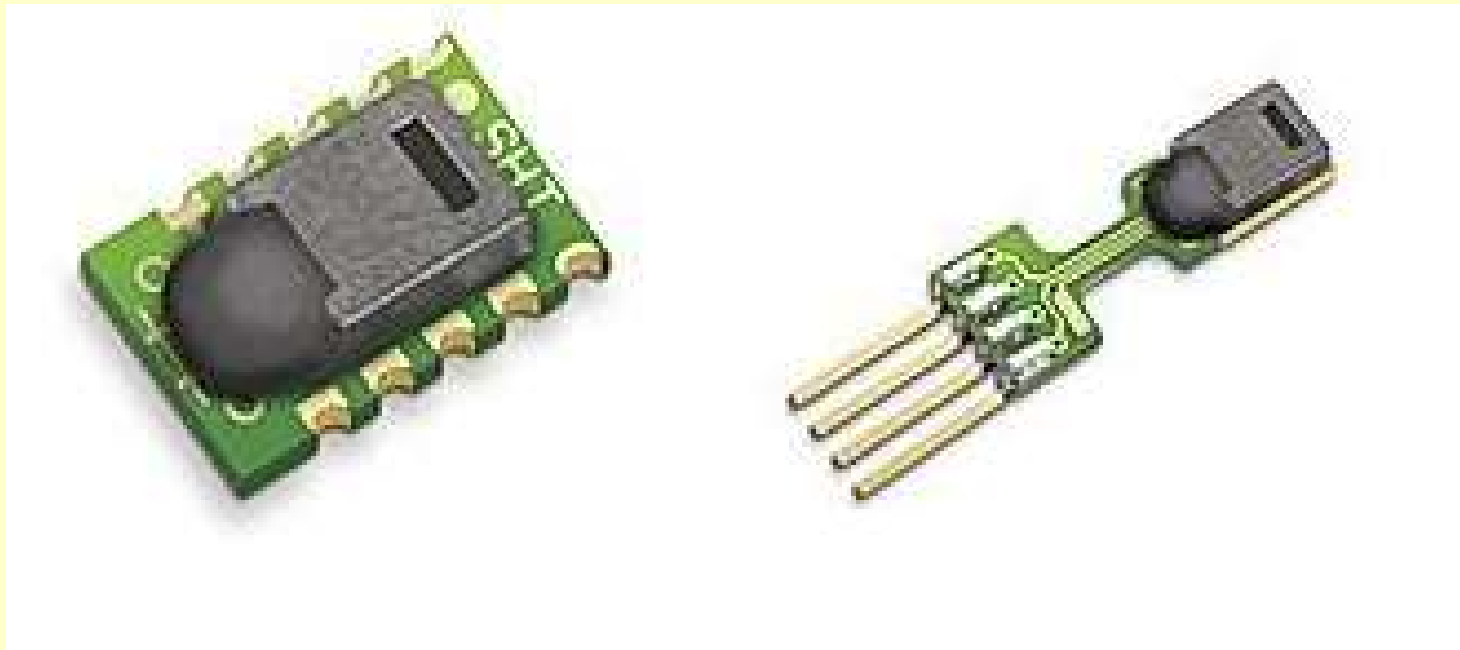


**VAISALA**

Humidity Sensor		Packaging	Max. RH tolerance <sup>1</sup>	Max. T tolerance <sup>1</sup>	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 <sup>2</sup> C, PWM, SDM
SHT25		DFN	±2%RH	±0.3°C	I <sup>2</sup> C
SHT71		Pins	±3%RH	±0.4°C	Digital Sbus
SHT75		Pins	±1.8%RH	±0.3°C	Digital Sbus

### Dimensions







**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](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>