

Condensaciones

¿CÓMO EVITO LA APARICIÓN DE HUMEDAD EN LAS PAREDES?

La humedad en diferentes puntos (paredes, suelo, techo) de un edificio puede originarse por factores externos y/o internos. Conocer estas causas nos permite evitarla.



Los factores externos son fenómenos naturales como el nivel freático, escorrentías, pluviometría, brisas marinas, etc.



Los factores internos se deben a cerramientos inadecuados para el aporte de vapor de agua interno de un edificio provocado por: la humedad en el aire exterior de ventilación, la presencia de personas, piscinas, duchas, etc.

 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

Visita nuestra web: termotecnia.gir.uva.es

 @DeTermotecnia

 @Grupo Termotecnia Uva

PARA ACTUAR SOBRE LOS FACTORES EXTERNOS:



La normativa establece soluciones de impermeabilización, drenaje y evacuación (ver anexo al final del capítulo).

PARA CONTROLAR LOS FACTORES INTERNOS, ES NECESARIO:



Aislar térmicamente e impermeabilizar de forma adecuada al clima donde se ubica la vivienda.



Conocer qué actividades domésticas generan vapor, para evitar alcanzar condiciones en el aire interior próximas a saturación de humedad.



Ventilar adecuadamente los espacios para eliminar ese exceso de humedad. Esta solución sencilla es siempre viable en climas no excesivamente húmedos.



En todo caso, siempre puedes recurrir a un deshumidificador.

¿Necesitas más datos? ¡Echa un vistazo! >>>

REVISEMOS CÓMO EVITAR LA APARICIÓN DE CONDENSACIONES CAUSADAS POR LA HUMEDAD DEL INTERIOR DE LA VIVIENDA



Comencemos por el principio:

¿QUÉ ES LA CONDENSACIÓN?

El aire que nos rodea es “aire húmedo”; es decir, una mezcla de gases que no condensan a presión atmosférica (aire seco) y vapor de agua (humedad), que sí puede condensar. Normalmente, pensamos en la “cantidad de vapor” en el aire en términos de humedad relativa (HR), siendo una HR de 0% aire seco sin humedad y una HR de 100% aire saturado de humedad. Sin embargo, este parámetro no indica la “cantidad real” de vapor, ya que es relativo a la **máxima cantidad de vapor de agua** posible, que será mayor a mayores temperaturas. La cantidad real de vapor en el aire, son los gramos de agua por kilogramo de aire seco, para que se produzca niebla (aire saturado) en un clima cálido es mucho mayor que la cantidad que hay en el aire cuando la niebla aparece en invierno (si quieres profundizar en estas ideas, consulta el anexo).

Siempre, que el aire del interior de la vivienda no esté saturado de humedad (100% de humedad relativa), su contenido real de humedad se puede incrementar aportando vapor, como, por ejemplo: una ducha, la cocción de alimentos, planchado con vapor, ropa tendida en el interior, etc.

Cuanto mayor es la humedad relativa, más fácilmente puede condensar parte del vapor de agua en el aire cuando este se enfría. Es lo que observamos cuando el vapor condensa sobre la mampara de la ducha, la cual está más fría que dicho aire húmedo. Esto mismo es lo que sucede cuando aparecen condensaciones sobre los cerramientos: el aire con elevada humedad relativa entra en contacto con superficies más frías y parte del vapor del aire condensa sobre estas. La temperatura límite a la que tienen que estar las superficies para que el vapor condense al entrar en contacto con ellas se denomina “temperatura de rocío”, por analogía con el rocío en las plantas, que se produce por este mismo fenómeno.

La Tabla 1 proporciona la temperatura de rocío correspondiente a las condiciones del ambiente interior asociadas a espacios confortables.

TIPOS DE CONDENSACIONES EN CERRAMIENTOS: SUPERFICIALES E INTERSTICIALES

La condensación en un cerramiento puede ser superficial o intersticial:

La condensación superficial se produce cuando aparece agua en fase líquida **sobre la superficie** del cerramiento (suelo, pared o techo) que da al interior de la vivienda, procedente de la condensación del vapor de agua presente en el aire interior de la casa.

La condensación intersticial se produce cuando aparece agua en fase líquida **en cualquier parte interna del cerramiento**, procedente de la condensación del vapor de agua que se transfiere a través del cerra-

miento entre el interior y el exterior del edificio. En climas como los de Castilla y León, resulta crítica la transferencia de vapor desde el aire interior más cálido y húmedo hacia el exterior.



Figura 1: Condensación superficial sobre ventana.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA CONDENSACIÓN SUPERFICIAL

La condensación superficial en viviendas depende de los siguientes factores:

- El tipo de cerramiento.
- El aporte de vapor.
- La ventilación.

a) El tipo de cerramiento

Un cerramiento con buen aislamiento impide que la temperatura superficial interior se encuentre por debajo de la temperatura de rocío y, por tanto, evita que se produzcan condensaciones. Por esa razón se observa “vaho” sobre el espejo del cuarto de baño cuando nos duchamos o sobre el vidrio de ventanas de un cristal simple, pero no así sobre ventanas de vidrio doble con cámara de aire.

Puedes conocer más sobre el aislamiento de los cerramientos en el capítulo de esta guía “¿Cómo puedo proteger mi casa del frío y del calor?”.

¹ REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

Tabla 1. Condiciones de temperatura y humedad de confort en los ambientes interiores y temperaturas de rocío correspondientes.

ESTACIÓN	TEMPERATURA OPERATIVA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	TEMPERATURA ROCÍO (°C)
VERANO	23 - 25	45 - 60	10,4 - 16,7
INVIERNO	21 - 23	40 - 50	6,9 - 12,0

¿QUÉ TENEMOS QUE TENER CLARO HASTA AHORA?

► La condensación superficial sobre un cerramiento se produce si está muy frío (es decir, si su temperatura superficial se encuentra por debajo de la temperatura de rocío del aire del local), por lo que una solución es incrementar el aislamiento térmico del cerramiento.

Sin embargo, ciertas soluciones de aislamiento pueden implicar condensaciones intersticiales dentro del cerramiento, como se explicará más adelante.

b) El aporte de vapor

El aporte de vapor por actividad doméstica incrementa la humedad relativa del aire interior y por tanto favorece la condensación superficial. En la Tabla 2 se recogen valores de la aportación de vapor por actividad doméstica.

Al incrementarse la cantidad de vapor del aire dentro de los locales, este puede llegar a saturación. Si sucede esto, en invierno, como la cara interior de las fachadas y otros muros que lo separan del exterior siempre está a una temperatura inferior a la del ambiente interior, se producirán condensaciones.

Obsérvese este ejemplo: el aire a 23 °C y 50 % HR (para una altitud de 750 m sobre el nivel del mar, co-

rrespondiente a Palencia) contiene 9,6 gramos de agua por cada kg de aire seco, (la presión parcial de vapor en el aire húmedo es de 1,405 kPa, en estas condiciones). Para saturar este aire es necesario aportar 9,9 g agua/kg aire seco, (La presión parcial de vapor en el aire húmedo es de 2,810 kPa, cuando se satura).

El vapor de agua que se aporta en un local se supone que se difunde de forma homogénea por todo el local; para un aporte determinado,

la condensación es inversamente proporcional al volumen del local, de forma que los locales grandes tienen menos posibilidades de condensación que los pequeños para una misma actividad. En la figura 2 se puede ver lo que supone incrementar 100 g de vapor de agua en un local de 10 m³ y en uno de 20 m³, partiendo de unas condiciones iniciales de 23 °C y 50 %HR.

Tabla 2. Producción de humedad por actividades domésticas:

PRODUCCIÓN DE HUMEDAD POR ACTIVIDADES DOMÉSTICAS	
ACTIVIDAD DOMESTICA	TASA DE PRODUCCIÓN DE HUMEDAD
Cocinar (cocina eléctrica)	2.000 g/día
Cocinar (cocina gas)	3.000 g/día
Lavado de platos (a mano)	400 g/día
Baño/ducha/lavabo	200 g/día persona
Lavado de ropa (a mano)	500 g/día
Secado de ropa (en el interior)	1.500 g/día persona

PRODUCCIÓN POR NÚMERO DE MIEMBROS EN LA CASA			
NÚMERO DE PERSONAS	ÍNDICE DE PRODUCCIÓN KG/DÍA SEGUN TIPO DE OCUPACIÓN		
	SECA ¹	HÚMEDA ²	MOJADA ³
1	3,5	6	9
2	4	8	11
3	4	9	12
4	5	10	14
5	6	11	15
6	7	12	16

1- Ocupación seca, el hábito de los ocupantes limita la producción de humedad: incluye hogares desocupados, durante el día, da lugar a una presión de vapor interna de hasta 0,3 kPa sobre la presión de vapor exterior. **2- Ocupación húmeda**, es cuando la humedad interna es superior a lo normal, incluye una familia con niños, da lugar a una presión de vapor interna de entre 0,3 kPa y 0,6 kPa sobre la presión de vapor exterior. **3- Ocupación mojada** es cuando hay una alta generación de humedad: incluye una familia con hijos, ropa secándose en el interior, da lugar a una presión de vapor interna superior a 0,6 kPa sobre la presión de vapor exterior.

² UNE-CEN/tr 14788 IN, Ventilación de edificios, diseño y dimensionamiento de los sistemas de ventilación en viviendas. AENOR 2007.

INICIAL	APORTE DE VAPOR DE AGUA	FINAL
Local de 10 m ³		
	+ 100 g de vapor de agua	
Local de 20 m ³		
	+ 100 g de vapor de agua	

Figura 2: Cómo varía la humedad relativa en función de la aportación y el volumen del local.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el aire seco a 23 °C y 50 %HR tiene una densidad de 1,08 kg/m³, por lo que cada metro cubico del local admite casi 10,7 g_{agua}/m³_{aire}. Suponiendo una altura estándar del local de 2,5 m, se puede establecer el vapor de agua en gramos que se puede aportar por superficie del local para saturar el aire y que se produzcan condensaciones superficiales, tal y como se indica en la figura 2.

c) La ventilación

La ventilación es la forma natural y sencilla de eliminar la humedad del interior de las viviendas, incluso en aquellas zonas climáticas húmedas. Es importante, evitar zonas de remanso donde el aire no sea renovado por aire exterior. En las climatologías de Castilla y León la ventilación es un método efectivo de reducir la humedad del aire interior. De hecho, una situación habitual de aparición de condensaciones es tras la sustitución de ventanas; cuando esto sucede, es porque las ventanas originales eran poco estancas y permitían la infiltración de aire exterior, generando una ventilación adicional que las nuevas ventanas impiden.

En un edificio de viviendas nuevo que cumpla con los requerimientos legislativos actuales del Código Técnico de la Edificación (CTE), en cuanto a aislamiento de los cerramientos y ventilación, se garantiza que no se produce condensaciones superficiales siempre que la humedad relativa sea interior al 80%. El CTE considera que cuando dentro del local se superan el 80 % de hu-

medad relativa es porque dentro del local tiene lugar alguna actividad puntual, como duchas, baños, cocinado, etc. en estas situaciones puntuales, para evitar la condensación se debe utilizar la ventilación circunstancial (es decir, abrir las ventanas) para reducir la humedad relativa en la vivienda o cualquier otro método que reduzca la humedad en el local.

El estudio de la humedad relativa en el interior de un local ventilado, requiere realizar un balance de los flujos de vapor de agua que existen en el local. Se pueden considerar tres flujos: el vapor aportado en el aire entrante de ventilación, el vapor generado en el local y el vapor saliente por ventilación. La diferencia entre la masa de vapor entre el aire que sale del local y el que entra determina la cantidad de vapor que se puede generar sin que exista riesgo de incrementar la humedad relativa del local (figura 3).

Por lo tanto, el vapor de agua que puede extraer la ventilación depende de tres términos: a) el caudal de

aire de ventilación, b) la humedad relativa del aire exterior y c) las condiciones interiores del local.

Considera, a modo de ejemplo, un dormitorio con una ventilación de 8 l/s de aire exterior, ubicado en una zona con temperatura exterior de 10 °C y 40% HR; en este caso, el aire exterior se caracteriza por tener 3,3 g_{vapor de agua}/kg_{aire seco} y una densidad del aire es 1,1375 kg/m³. Esto supone introducir en la vivienda 0,03003 g_{vapor de agua}/s mientras se ventila.

Suponiendo una ocupación de 2 personas en una vivienda y suponiendo un aporte de vapor de 6 kg al día (según los datos de la tabla 2), resulta una aportación de 0,1042 g_{vapor de agua}/s. Si se admite que la temperatura interior de la vivienda es 23 °C, resultaría que el dormitorio alcanzaría en torno al 60 % HR.

Si quieres profundizar en la determinación de estos valores, te animo a que te adentres en el intrigante mundo de la psicrometría, en el anexo del final de esta guía.

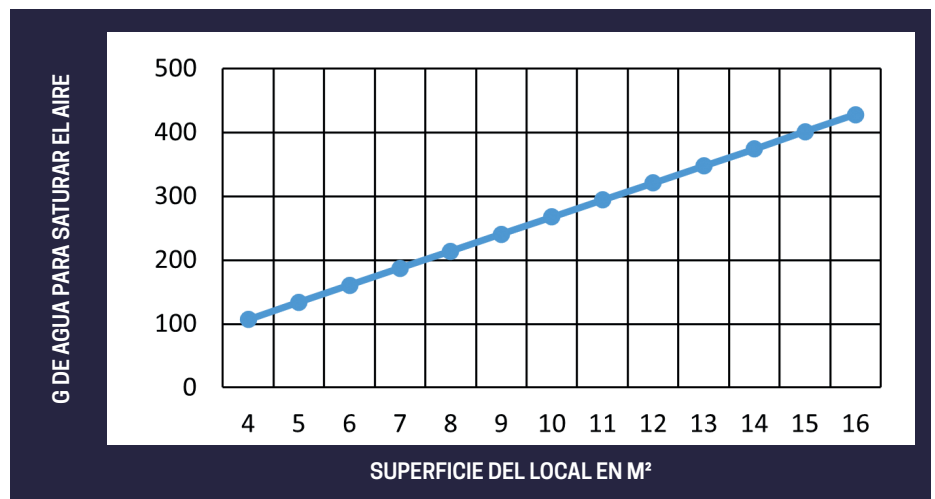


Figura 3: aporte de vapor al local para alcanzar la saturación frente a la superficie.

¿QUÉ CONCLUSIÓN PODEMOS EXTRAER DE ESTE APARTADO?

► Cuando en los locales se realizan actividades que supongan un incremento importante de vapor de agua, se debe incrementar la ventilación con la apertura puntual de ventanas, poner en funcionamiento extractores de aire; cuando el local donde se genere el vapor de agua no tenga ventanas (por ejemplo, un aseo), fomentar la transferencia de aire entre estancias, abriendo las ventanas de espacios próximos para favorecer que el aire salga por el shunt.

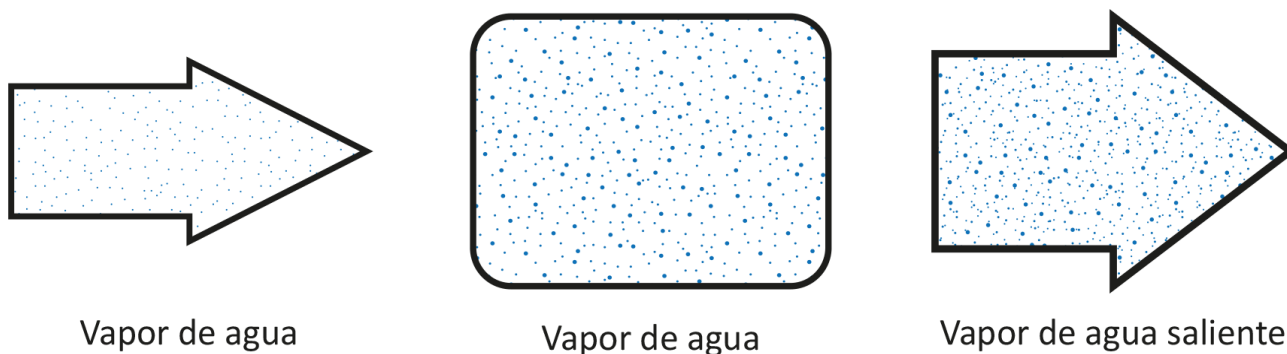


Figura 4: Balance de vapor de agua en la vivienda, considerando la ventilación.

FACTORES A CONSIDERAR EN LA CONDENSACIÓN INTERSTICIAL

La condensación intersticial tiene lugar en el interior del cerramiento y se considera como algo negativo cuando causa alteraciones en los elementos que lo constituyen. De ahí la importancia de la resistencia de los diferentes aislantes a la humedad. Por ejemplo, si condensa agua sobre un aislante de poro abierto como el poliestireno expandido, se altera la conductividad térmica del material, empeorando la transmitancia térmica del cerramiento en su conjunto (“pierde capacidad de aislar”). Como consecuencia, en el interior se notarán más los cambios de temperatura externos.

La condensación intersticial depende de la permeabilidad al vapor de agua de las capas que forman el cerramiento y de la diferencia de presión de vapor entre el interior y el exterior. La permeabilidad al vapor es una característica de los materiales que indica la facilidad que tiene un material para dejar pasar

el vapor a través de él. En caso necesario, es posible colocar barreras de vapor para controlar la permeabilidad del cerramiento.

El estudio de la condensación intersticial es complejo y depende de cada edificio y climatología. La colocación de una barrera impermeable, como láminas de aluminio o papel impermeable, entre otras (figura 4), debe hacerse siempre sobre la

cara caliente del aislante. Como en Castilla y León el vapor condensado intersticialmente se debe al vapor que se transfiere por el cerramiento desde el interior al exterior en invierno, la barrera impermeable se colocará en la cara interior del aislante (hacia el interior de la vivienda). Sin embargo, esta actuación no es evidente en edificios ya existentes, por la limitación técnica de acceder a la capa de aislante.



Figura 5. Panel semirrígido de Lana de Vidrio ISOVER, no hidrófilo, revestido por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor (fuente de imagen: ISOVER).

Las condensaciones intersticiales se producen análogamente a las condensaciones superficiales: si en cierta capa del cerramiento la temperatura es inferior a la temperatura de rocío del aire; aunque, en este caso nos referimos a la temperatura de rocío del aire con la concentración de vapor que ha podido atravesar el cerramiento hasta esa capa. Por ejemplo, en un cerramiento típico con cámara de aire, cuando la temperatura exterior es de -3°C existe riesgo de condensación intersticial. Si se mejora el aislamiento mediante insuflado de fibra de vidrio en la cámara de aire o acoplando ese mismo espesor de aislamiento por el interior, sigue existiendo riesgo de condensación intersticial. Ese riesgo de condensaciones intersticiales tan solo desaparecerá si se aísla por el exterior.

CONCLUSIÓN QUE EXTRAEMOS DE ESTE APARTADO...



► Es necesario valorar los distintos escenarios para establecer soluciones de aislamiento diferentes, según el tipo de edificio y la climatología de la localidad donde se encuentre. Si existe condensación intersticial se debe introducir una barrera impermeable entre el elemento que sufra condensación y el interior del local, suponiendo que la transferencia de vapor es siempre del interior de la vivienda al exterior (esto es correcto en climas fríos, pero no así en climas tropicales).

SI QUIERES AMPLIAR TUS CONOCIMIENTOS SOBRE LA HUMEDAD EN EDIFICIOS, ECHA UN VISTAZO A LAS SIGUIENTES NORMATIVAS:

- El Documento Básico, Salubridad, Protección frente a la humedad establece los requerimientos que deben tener: los muros, suelos, fachadas y cubiertas, en función de las diferentes condiciones a las que pueden estar sometidos, marca las soluciones que agrupa en: construcción, impermeabilización, drenaje/evacuación y ventilación.
- El Documento Básico DB-HE-2, Ahorro Energético, Condiciones para el control de la demanda energética y el Documento de Apoyo DB-HE/2, Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos que establece el procedimiento para determinar este tipo de condensaciones, también es conveniente tomarlos en consideración.

³ CTE-DB-SH-1 "Protección frente a la humedad" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019 <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>

⁴ CTE-DB-HE-2 "Condiciones para el control de la demanda energética" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019. <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

⁵ CTE-DA-DB-HE-2 "Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos" Ministerio de Fomento, Secretaría de Estado de Infraestructuras, Transporte y Vivienda, Secretaría General de Vivienda, Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, Madrid, 20 diciembre 2019. https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-2_-_Condensaciones.pdf

Adentrémonos en el mundo de la Psicrometría

La rama de la ciencia que estudia las propiedades del aire húmedo, compuesto por la mezcla de aire seco y de vapor de agua, es la "Psicrometría".

EL AIRE HÚMEDO Y SUS PROPIEDADES

El aire húmedo está compuesto por una mezcla de gases como el Oxígeno (O_2), Nitrógeno (N_2) y, en menor proporción, gases nobles (como el argón, Ar), dióxido de carbono (CO_2), y vapor de agua. Exceptuando al vapor de agua, todos los componentes del aire se encuentran prácticamente en proporción invariable, ya que no condensan en las posibles presiones atmosféricas.

Para caracterizar el aire húmedo necesitamos conocer tres propiedades: una es la presión (P), que viene dada por la altitud de la localidad en la que nos encontremos; habitualmente proporcionamos también la temperatura del aire (estrictamente se denomina "temperatura seca" del aire), T_s ; y, finalmente necesitaremos conocer una tercera variable que caracterice la cantidad o proporción de vapor en la mezcla aire húmedo.

Para esta tercera variable, podemos recurrir a distintas propiedades; en este documento hemos hablado de estas tres:

- **Humedad relativa (HR):** relaciona la presión que ejerce el vapor en la mezcla, frente a la que ejercería si el aire estuviera saturado de humedad; o, a efectos, la proporción de humedad en el aire frente a la máxima que podría contener.
- **Humedad específica (w):** es lo que hemos denominado "cantidad real de humedad", ya que indica los gramos de vapor de agua por cada kilogramo de aire seco.
- **Temperatura de rocío (Tr):** Es la mínima temperatura a la que se puede enfriar el aire, manteniendo la humedad específica constante; o, lo que es lo mismo, sin que se produzca condensación del vapor. Es decir, es la temperatura seca del aire saturado de humedad (HR 100%) para una humedad específica determinada (w).

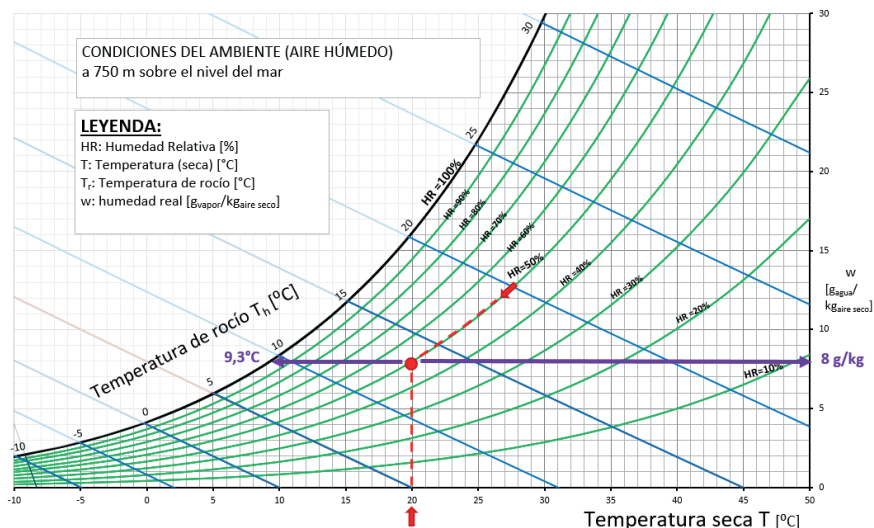
Cuando aumenta la T_s , para mantener la HR fija es necesario incrementar la cantidad de vapor en el aire; es decir, la humedad específica. Observa los siguientes ejemplos para una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar:

- Aire a 10 °C y 50 % HR tiene 4,1 g de agua por kg de aire seco ($w=4,1 \text{ g/kg}_{\text{gas}}$)
- Aire a 25 °C y 50 % HR tiene 10 g de agua por kg de aire seco ($w=10 \text{ g/kg}_{\text{gas}}$)

Como se ha visto, puede disminuirse la cantidad de vapor (humedad específica) poniendo en contacto el aire con una superficie fría que se encuentre por debajo de la temperatura de rocío (T_r):

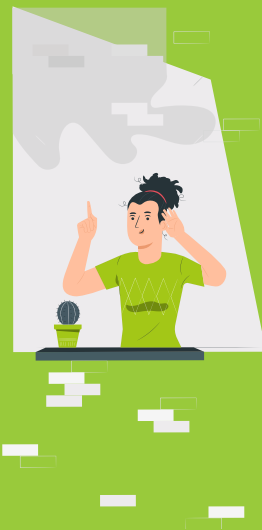
- Un aire a 20 °C y 50 % HR, tiene una temperatura de rocío de 9,3 °C; con la misma humedad específica ($w=8 \text{ gagua/kgaire seco}$), el aire a 9,3 °C tiene 100 % HR.

Para "navegar" por la psicrometría, puedes usar este diagrama:



Fíjate que es fácil de usar: busca la temperatura sobre el eje horizontal y la humedad relativa sobre las curvas; desde el punto resultante, muévete hasta el límite izquierdo para leer la temperatura de rocío y hasta el derecho para obtener el contenido de humedad.

¡Cuidado! Este diagrama es válido para localidades que se encuentren aproximadamente a 750 m sobre el nivel del mar. Sería óptimo para Palencia y válido para Salamanca, Valladolid e incluso Burgos, León o Zamora; el error cometido para Ávila, Soria o Segovia sería muy pequeño. Para la altitud de Ávila, a 1130 msnm, la temperatura de rocío en esas condiciones sigue siendo aproximadamente la misma, mientras que el contenido de humedad sería ligeramente superior: 8,3g/kg.



 **GRUPO DE TERMOTECNIA**
DE LA UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Grupo de Investigación Reconocido de la Universidad de Valladolid
Unidad de Investigación Consolidada de Castilla y León UIC 053

termotecnia.gir.uva.es



@DeTermotecnia



@Grupo Termotecnia Uva