

1.-PREVENCIÓN DE DAÑOS EN LOS EDIFICIOS AISLADOS.

1.1.-VISIÓN DE CONJUNTO.

Los daños en los edificios aparecen cuando la carga de humedad en una construcción es superior a la capacidad de secado. Para evitar los daños ha de centrarse la atención sobre la reducción de la carga de humedad. Ahora bien, las construcciones no se dejan proteger completamente contra las influencias de la humedad. Las cargas de humedad por difusión que son previsibles no constituyen, por así decir, nunca la causa de los daños en los edificios. Generalmente, estos últimos son debidos a las cargas de humedad imprevisibles que, por la propia construcción, no pueden ser totalmente excluidas.

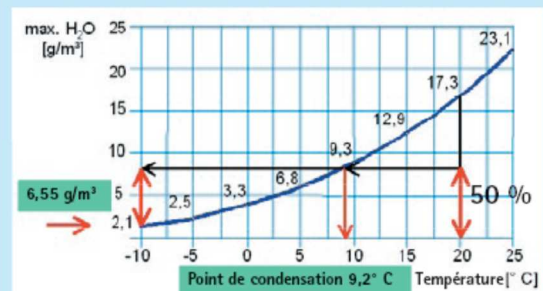
Para prevenir los daños en los edificios y las humedades, es preciso, concentrarse en la prioridad sobre la capacidad de secado. Las construcciones con fuerte capacidad de secado y una carga de humedad reducida, como las que permiten p.e. los frenos de vapor con valor S_d variable, ofrecen una gran seguridad contra los daños en los edificios, incluso en caso de cargas de humedad imprevisibles.

1.2.- CONDENSACIÓN – PUNTO DE ROCÍO – CANTIDAD DE AGUA DE CONDENSACIÓN.

En las construcciones el aislamiento térmico separa el aire interior caliente, de una tasa de humedad elevada, del aire exterior frío de una humedad absoluta reducida. Mientras que el aire cálido del ambiente penetra en un elemento de construcción, este aire se enfría a su paso por la construcción. Puede haber allí condensación de la humedad. La formación de agua es debido al comportamiento físico del aire en relación con la humedad: el aire caliente puede acumular mayor cantidad de humedad que el aire frío.

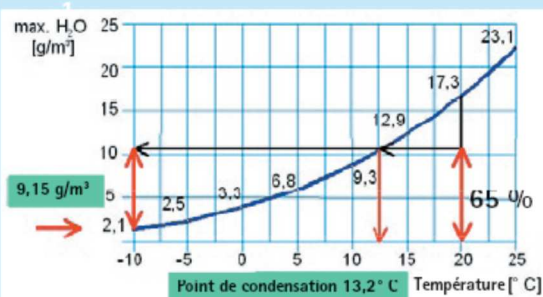
Mientras que la tasa de humedad relativa del aire es más elevada (p.e. 65% en las nuevas construcciones), la temperatura del punto de rocío aumenta y, como consecuencia inmediata, también la cantidad de agua de condensación.

1. Physique de l'humidité de l'air à 50 % d'humidité relative de l'air



Dans des conditions climatiques standards (20° C / 50 % d'humidité relative de l'air), le point de condensation est atteint à 9,2° C. A -10° C, la condensation est de 6,55 g/m³ d'air.

2. Physique de l'humidité de l'air à 65 % d'humidité relative de l'air



Lorsque le taux d'humidité de l'air ambiant est plus élevé, p.ex. à 65 %, le point de condensation est déjà atteint à 13,2° C. A -10° C, la condensation est de 9,15 g/m³ d'air.

El agua de condensación se forma cada vez que una capa de un elemento de construcción más estanco a la difusión se encuentra por debajo de la temperatura del punto de rocío. Dicho de otra forma, las capas más desfavorables de un elemento de construcción son las estancas a la difusión sobre el lado exterior del aislamiento térmico que las situadas en el lado interior. Lo que hace muy problemático porque el aire caliente puede penetrar por los flujos de convección (p.e. debido a

defectos de estanqueidad del elemento de construcción). Por esto podemos decir que la formación ideal de la capacidad de difusión en un elemento constructivo debe ser de menos a más en el sentido del interior al exterior.

Formaciones de sistemas muy estancos en el exterior, como p.e. bajo tejas bituminosos, pueden favorecer la formación de agua de condensación en el interior del elemento llegando incluso en el caso de temperaturas muy bajas a que con la aparición de escarcha o hielo esto haga de mayor retención de vapor y mayor riesgo de condensaciones.

Según la norma EN ISO 13788, NBN EN ISO 13788, DIN4108-3, los elementos de construcción muy abiertos a la difusión son aquellos en los que el espesor de la capa de aire equivalente (valor S_d) es inferior a 0,50m.

El valor S_d se define como el producto del coeficiente de resistencia a la difusión de vapor (μ) y el espesor del elemento de construcción expresado en metros.

$$S_d = \mu \times \text{espesor [m]}$$

1.3.- CARGAS DE HUMEDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

Una carga de humedad en el interior de un elemento constructivo con aislamiento térmico, puede tener causas variadas.

Por una parte, un defecto de estanqueidad en la cubrición puede dejar penetrar agua. Pueden añadirse grandes cantidades de humedad donde el agua gotea en el espacio habitado. Pequeñas fugas pueden provocar una humidificación lenta. Lo que se acompaña a menudo con la formación de manchas de humedad. Pero por otra parte una carga de humedad en la construcción puede tener también causas internas:

Cargas de humedad previsible:

Por procesos de difusión.

Cargas de humedad imprevisibles:

La convección.

Transporte de humedad debido a la construcción misma.

Aporte de humedad aumentado por los materiales puestos en obra.

Una falta de coordinación en obra.

1.4.- CARGA DE HUMEDAD POR DIFUSIÓN.

Antiguamente se pensaba que cuánto menos humedad podía penetrar en una construcción menos riesgo de daños en los edificios. Los para-vapores muy gruesos impedirían los daños. Ahora bien, la realidad es diferente, como ha quedado demostrado hace más de veinte años en los cálculos de física de la construcción, con la comercialización de la membrana pro clima DB+, con un valor S_d de 2,30 m.

Conclusión: Incluso en las construcciones con para-vapores cuyos valores S_d teóricos se elevan a 50m, 100 m o más, hay finalmente también formación de humedades. Porque los para-vapores no permiten ninguna evaporación.

1.5.- CARGA DE HUMEDAD POR CONVECCIÓN

Las cantidades de humedad transportadas en la construcción por convección, por flujo de aire, son sensiblemente mayores que por difusión.

La cantidad de humedad aportada por convección puede fácilmente ser mil veces superior a la aportada por difusión.

Un aporte de humedad por convección causa rápidamente daños en el edificio en las construcciones dotadas de capas estancas a la difusión por el lado exterior.

Pero por la condición de su gran carga de humedad, las cantidades de humedad

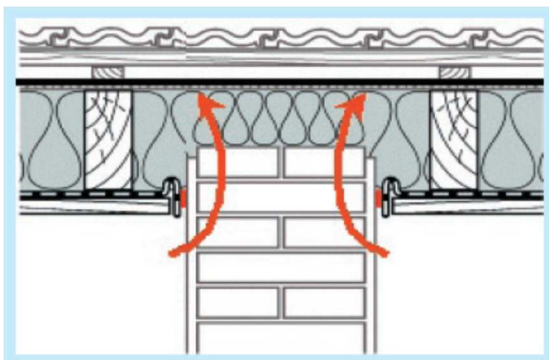
aportadas por convección pueden también llegar a ser peligrosas para elementos de construcción muy abiertos a la difusión al exterior, sobre todo mientras el agua de condensación se haya formado. Por ello una buena ejecución en la formación de las capas de estanqueidad garantizan la capacidad de secado frente a esas cargas de humedad.

La cantidad total de humedad de obra es a menudo sub-estimada. En la construcción mineral, la humedad contenida en la obra-nueva puede contribuir a aumentar fuertemente esta cantidad.

1.6.- HUMEDAD DEBIDA A LA PROPIA CONSTRUCCIÓN- DIFUSIÓN LATERAL.

En la práctica se han descubierto daños en los edificios que no se explicaban exclusivamente por los procesos de difusión y convección.

Así quedó demostrado en el año 1997 por Künze por los cálculos de transporte bidimensional del calor y de la humedad con la ayuda del programa WUFI 2D. Después de sus cálculos, la humedad de la madera próxima al muro de ladrillos había subido al 20 % después de un año, pasando incluso al límite crítico para las humedades, antes de alcanzar al 40% en tres años y al 50% después de cinco años.



1.7.-APORTE DE HUMEDAD POR LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Mientras que los materiales de construcción son puestos en obra con una tasa de humedad aumentada, hace falta, para preservar la construcción que esta humedad pueda evaporarse.

RESUMEN

Higroregulación inteligente;
Fórmula de seguridad:

Capacidad de secado > Carga de humedad → **Prevención de daños en los edificios**

Las construcciones que son abiertas a la difusión al exterior poseen una mayor reserva de secado que las construcciones estancas a la difusión al exterior.

2.- FRENOS DE VAPOR "INTELIGENTES".

2.0.- ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE LA HUMEDAD EN LA CONSTRUCCIÓN.

El flujo de difusión va siempre del calor hacia el frío, consecuencia de esto:

En invierno:

La humedad aumenta sobre el lado exterior.

En verano:

La humedad aumenta sobre el lado interior.

2.1.- SECADO DE LA CONSTRUCCIÓN HACIA EL INTERIOR.

Hacia el interior, es posible una posibilidad de secado del elemento de construcción: cada vez que la temperatura exterior del aislamiento es superior a su temperatura interior, el flujo de difusión se invierte: la humedad presente en el elemento de construcción se dirige hacia el lado interior.

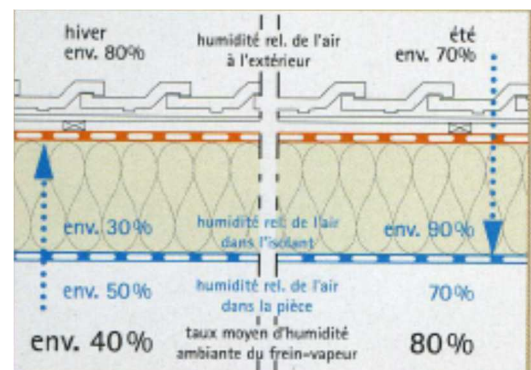
Si hubiera un freno de vapor y estanqueidad al aire, abierto a la difusión, la humedad eventualmente presente en la construcción podría evaporarse y secar hacia el interior. Pero, en invierno, un freno de vapor abierto a la difusión dejaría difundir demasiada humedad en la construcción y causaría daños en el edificio.

Con la utilización de para-vapores, la construcción parece, a priori, protegida contra la humedad. Sin embargo, si hay un aporte de humedad por convección, difusión lateral o de los materiales de construcción, no es posible en verano un secado ulterior hacia el interior.

La solución ideal es un freno de vapor con una resistencia fuerte a la difusión en invierno y débil en verano.

Hace ahora varios años que estos frenos de vapor "inteligentes", con valor S_d variable ha hecho perfectamente sus pruebas. Modifican su resistencia a la difusión según la humedad relativa del aire. Así, para el clima invernal, son estancos a la difusión y protegen la construcción de la humedad. Para el clima estival, son más abiertos a la difusión y permiten un secado hacia el exterior de la humedad eventualmente presente en la construcción.

Principio de funcionamiento de las membranas hygrovariables.



Representación de las tasas de humedad relativa del aire al nivel del freno de vapor, según la estación anual.

2.2.- FUNCIONAMIENTO DE LA RESISTENCIA HYGROVARIABLE A LA DIFUSIÓN.

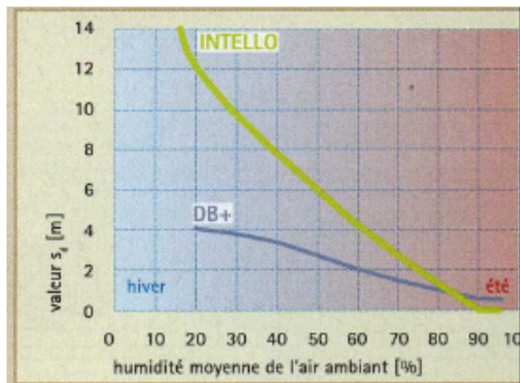
La dirección del flujo de difusión está determinada por el gradiente de la presión parcial del vapor de agua. Esta presión depende de la temperatura y de la tasa de humedad del aire en el interior y/o en el exterior de un edificio.

Mediciones tomadas en tejados muestran que para clima invernal, el freno de vapor se sitúa en una humedad ambiente media alrededor de un 40%, en función del

transporte de humedad presente en el aire de los cabrios hacia el exterior. Por el contrario, para un clima estival, la humedad relativa del aire aumenta al nivel del freno de vapor, en caso de presencia de humedad en el aire entre cabrios y del agua de condensación puede incluso formarse. (Ver figura arriba).

Los frenos de vapor con resistencia hygrovariable son más estancos a la difusión en un ambiente seco y más abiertos en un ambiente húmedo.

Después de la muy probada en su puesta en obra en millones de m², la Pro clima DB+ desde 1991, en 2004 MOLL bauökologische Produkte GmbH ha desarrollado el freno de vapor de mayor rango mundial, el INTELLO, con un valor de 0,25 m y 25 m como valor **S_d**, lo que le hace apto para cualquier zona climática.



2.2.1.- GRAN RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN EN INVIERNO.

La resistencia a la difusión del freno de vapor INTELLO ha sido regulada de manera que para el clima invernal puede tener un valor **S_d** de 25 m. Resultado: en invierno, mientras que la presión de humedad sobre la construcción es más fuerte, el freno de vapor no deja pasar la humedad en el elemento de construcción. Esto es válido en condiciones climáticas extremas o también cuando la cubierta exterior al aislamiento es muy estanca a la difusión; p.e.

cubriciones bituminosas, cubiertas planas o cubriciones en chapa.

2.2.2.- DÉBIL RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN EN VERANO.

Para el clima estival, la resistencia a la difusión puede caer a un valor **S_d** de 0,25m. Resultado: un secado rápido hacia el interior de la humedad eventualmente presente en la construcción. Según la altura del gradiente de la presión de vapor, lo que corresponde a una capacidad de secado de 5 a 12 g/m² de H₂O por hora, sea alrededor de 80 g/m² de H₂O por día, o de 560 g/m² de H₂O por semana.

Gracias a esta gran capacidad de secado los compartimentos de un elemento de construcción secan rápidamente desde la primavera. Los frenos de vapor que presentan valores **S_d** superiores a 1 m en medio húmedo, no ofrecen seguridad suplementaria significativa.

2.2.3.- PERFIL DE DIFUSIÓN EQUILIBRADO.

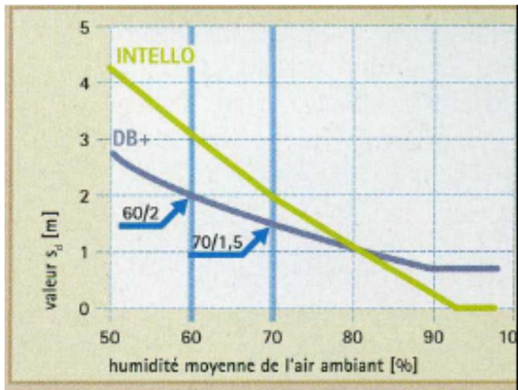
En una época donde las estanqueidades al aire se mejoran y se acompañan de tasas de humedad del aire más elevadas en las nuevas construcciones minerales, la resistencia a la difusión juega un papel importante en caso de aumentos de la humedad relativa del aire.

2.2.3.1.- NUEVA CONSTRUCCIÓN: REGLA 60/2.

En las nuevas construcciones y las piezas húmedas (baños, cocinas) la tasa de humedad ambiente alcanza fácilmente sobre un 70% bajo el efecto de los trabajos realizados y de la propia ocupación de la habitación. La resistencia a la difusión de un freno de vapor debería ser regulada de manera para alcanzar un valor de, al menos 2m para esta tasa de humedad, a fin de proteger suficientemente la construcción contra el aporte de humedad por el aire

ambiente e incluso la formación de humedades.

A una tasa de humedad media de 60% (70% de humedad del aire ambiente y 50% de humedad al nivel del aislamiento térmico), INTELLO tiene un valor S_d de alrededor de 4 m.



Valores S_d mínimos recomendados durante la fase de los trabajos, en caso de humedad aportada por la nueva construcción y en las piezas húmedas.

2.2.3.2.- FASE DE CONSTRUCCIÓN: REGLA 70/1,5.

Durante la fase de construcción, mientras la aplicación de un enducido o la realización de una chapa, reina en el edificio una tasa de humedad del aire muy elevada, a veces superior al 90%. El valor S_d de un freno de vapor debería ser de 1,5 m, a fin de proteger la construcción contra un aporte de humedad demasiado elevada para el clima del trabajador.

A una tasa media de humedad de 70% (90% de humedad del aire ambiente y 50% en la capa del aislamiento térmico), INTELLO tiene un valor S_d de 2m. la persistencia de una tasa de humedad excesiva del aire ambiente durante la fase de construcción perjudica a todos los elementos de construcción y provoca una acumulación de la humedad que debería poder escapar por ventilación. Los humidificadores aceleran el secado. (ver fig. anterior)

2.2.4.- SEGURIDAD MÁXIMA.

El componente "inteligente" de los frenos de vapor hygrovariables Pro clima convierten a las estructuras aisladas muy seguras, incluso en caso de aporte de humedad imprevisto en la construcción, p.e. en función de condiciones climáticas desfavorables, de defectos de estanqueidad, de una difusión lateral o de un aumento de humedad debido a la puesta en obra de madera de construcción o de materiales aislantes. Ellos actúan como una bomba que extrae activamente del elemento de construcción, la humedad que se encuentra eventualmente de manera imprevista.