



## LA HUMEDAD DEL AIRE, EL FACTOR MÁS NEGATIVO Y MENOS CONTEMPADO

El vapor de agua en suspensión que se encuentra en el aire atmosférico se determina como **humedad**. La humedad se conoce como humedad relativa y humedad absoluta.

La **humedad relativa** es la que nos permite indicar sobre qué escala graduada el punto representativo del aire analizado, pero no nos permitirá establecer la cantidad de agua contenida en este aire (**humedad absoluta**). Esta medición se establece generalmente en tanto % (Hr%).

La tabla sicométrica nos permite establecer, partiendo de la humedad relativa, la cantidad de agua existente dentro de la masa de aire medida. Por ejemplo, a 21 °C, 1 kg de aire seco puede contener hasta un máximo de aproximadamente 15'8 gramos de vapor de agua. Por lo tanto, cuando 1 kg de aire seco a 21 °C contiene 15'9 gramos de vapor de agua, se dice que ha alcanzado el 100% de humedad relativa. Si la misma cantidad de aire, siempre a 21 °C, contiene en cambio 7'9 gramos de vapor de agua, este valor tienen la siguiente relación con la cantidad máxima de vapor de agua que el aire puede retener a esta temperatura en condición de saturación:  $7'9/15'8=0'50$  (50%). Por lo tanto, en este caso se dice que hay el 50% de H.R. (Humedad Relativa).

La cantidad de agua que el aire puede retener cambia en función de la temperatura y crece al aumentar la temperatura del aire. En consecuencia, mientras 1 kg de aire seco a 21 °C puede contener hasta 15'8 gramos de vapor de agua, la misma cantidad de aire a -18 °C puede retener solamente aproximadamente 0'82 gramos de vapor. Por lo tanto, si se considera 1 kg de aire seco a 21 °C con el 50% de H.R. (aproximadamente 7'9 gr) enfriando el aire hasta alcanzar los -18 °C, se llegará a la saturación (100% de H.R.) a 9'5 °C y empezará a llover (o a nevar). Y viceversa. Si se considera 1 kg de aire seco a -18 °C, con el 100% de H.R. (aproximadamente 0'92 gr) y se aumenta la temperatura a 21 °C sin agregar ninguna cantidad de vapor de agua, el resultado será:  $0'92/15'8=0'06$  (6% de H.R.). El aire, ahora, sería hasta más seco del que se encuentra en el Sáhara, caracterizado por valores que oscilan alrededor del 12% de H.R.. Este tipo de aire seco se encuentra en el origen de muchos problemas de IAQ (calidad del aire interior).

### ¿Por qué el aire seco representa un problema?

Cuando la temperatura externa baja a un valor menor que la interna, como ocurre durante el invierno, el aire frío y húmedo que entra en un edificio calentado se convierte en caliente y seco. Y de esta manera, como ocurre con el vapor de agua que se encuentra en el aire, que es absorbido por los materiales del edificio, el aire caliente y seco absorbe la humedad de todas las cosas con que entra en contacto, para intentar alcanzar el "equilibrio", el punto en que los materiales no pierden ni adquieren humedad.

La reducción de la humedad del aire es responsable de problemas muy conocidos, como la sequedad de la mucosa nasal y de la garganta, las grietas a cargo de materiales o estructuras de madera y las descargas electrostáticas. La sequedad del aire puede ser también el resultado del enfriamiento del aire a un valor inferior al punto de rocío, con eliminación de la humedad (**deshumidificación**) y de su sucesivo calentamiento. Esta condición se podría presentar en un sistema de acondicionamiento del aire o de refrigeración.

Si, por ejemplo, se toma una determinada cantidad de madera almacenada al aire libre y en equilibrio con el contenido de vapor de agua presente en el aire y se la lleva a un ambiente calentado y con menor contenido de vapor de agua, la madera comienza a ceder parte de su humedad al aire seco del ambiente. Mientras la madera pierde humedad de sus bordes, éstos se contraen (se "encogen") causando la formación de grietas o deformaciones. El mismo daño se puede detectar en el papel, en los tejidos, en algunos materiales plásticos, en la cera, en la porcelana, en las frutas y en las verduras y en otros materiales que tienen la propiedad de absorber o liberar humedad. Estos materiales se llaman higroscópicos (que pueden absorber agua de la atmósfera). Los materiales higroscópicos tienden siempre a alcanzar un equilibrio con el ambiente que los rodea.

En el caso de un museo que exponga pinturas y esculturas de valor y otros materiales higroscópicos, los rápidos cambios de la Humedad Relativa pueden dañar irreparablemente estas obras o hasta destruirlas. en los procedimientos de impresión, el papel se seca rápidamente mientras pasa a través de la máquina de impresión y tiende a encogerse y arrugarse, causando bloqueos, desgarramientos y una equivocada superposición para la regulación de los colores. En los laboratorios para la producción de obleas para microprocesadores, hasta las mínimas variaciones en las dimensiones de una oblea de silicio pueden hacer que dichos microprocesadores resulten inutilizados.

La protección de los materiales higroscópicos se puede garantizar solamente con la estabilidad del ambiente donde se encuentran. Una variación rápida o excesiva en el tiempo no puede ser otra cosa que causa de daños. Esta es una de las razones por las cuales el control (la estabilización) de la Humedad Relativa está asumiendo un papel cada vez más importante en el ámbito del Indoor Aire Quality (Calidad del Aire Interior). Este objetivo se consigue mediante la deshumidificación, cuando el aire se vuelva demasiado húmedo, y mediante la humidificación, cuando el aire se vuelva demasiado seco.

### **¿Por qué humidificar?**

Ante la necesidad de humidificar un determinado ambiente se plantean tres interrogantes:

1. ¿Se han utilizado materiales higroscópicos (que pueden absorber agua desde el aire) durante el proceso de construcción del edificio?
2. ¿La electricidad estática representa un problema?
3. ¿Se consideran importantes el bienestar y la comodidad?

A continuación se toman en consideración cada uno de estos puntos, examinando algunas aplicaciones específicas.

#### **1-¿En el ambiente se encuentran materiales higroscópicos?**

Se define **higroscópico** todo material que tiene las células que absorben agua, causando una variación de sus dimensiones. De tipo diferente es la absorción hidrófila, que consiste en la absorción de agua entre las células, de la cual NO deriva ninguna variación de las dimensiones.

Es justamente la variación de las dimensiones de los materiales, debida a un cambio de la Humedad Relativa, que puede condicionar la manejabilidad de los materiales y los procesos de elaboración, hasta en mayor medida que la temperatura. A continuación algunos ejemplos:

#### **Impresión**

El papel llega a la imprenta en forma de rollos, acondicionados en la papelera con una determinada cantidad de humedad y embalados con material impermeabilizado, para hacer que mantengan su grado de humedad (una razón para ello es que el papel se vele al peso y, por supuesto, resulta más económico vender un poco de agua en lugar de papel).

Cuando se saque el embalaje, si el aire del ambiente es más seco, el papel comienza inmediatamente a perder la humedad o, si el aire del ambiente es más húmedo, comienza a absorber agua. Mientras el papel absorbe humedad, sus células se expanden o, al contrario, se encogen, si el papel cede humedad. Un solo rollo de papel puede variar sus dimensiones en varios centímetros, tanto en anchura como en longitud.

Cuando el rollo de papel se apoya en la máquina de la imprenta y se desenrolle, el mismo pierde rápidamente su humedad. Si la impresión prevé varios colores, los mismos pueden imprimirse en el lugar equivocado, causando una "incorrecta regulación de los colores", debida justamente a la variación de las dimensiones del papel. Muchos tipógrafos logran regular los rollos con el fin de compensar este error, pero si la humedad varía durante el día, se vuelve necesaria la ejecución de muchos ajustes de los rollos, con la consiguiente pérdida del papel, de tiempo y de velocidad de producción.

La solución se encuentra justamente en la estabilización de las condiciones ambientales. Gracias a un control apropiado de la humedad, el papel se estabiliza, no se seca ni absorbe humedad y, por lo tanto, no cambia sus dimensiones. Como resultado, el proceso de impresión será más rápido, las detenciones de la producción serán limitadas y se hará también necesaria una menor cantidad de tinta, porque el papel absorberá una cantidad menor de este material.

#### **Elaboración de la madera**

También la madera, al secarse, reduce sus dimensiones, causando grietas, roturas, encogimientos y deformaciones. La madera seca, además, absorbe el disolvente de los acabados, asumiendo un aspecto granuloso y opaco. Asimismo, las uniones realizadas utilizando cola resultarán inestables, porque la madera absorberá el disolvente de la cola antes de que la misma pueda polimerizarse. También en este caso, la solución se encuentra justamente en la estabilización de las condiciones ambientales, si se quiere que la madera mantenga las mismas dimensiones durante todo el proceso de elaboración.

#### **Industria textil**

Cuando las fibras se hagan deslizar a través de los bastidores, si son secas se vuelven frágiles y se rompen, causando interrupciones, tiempos pasivos y la reducción de la producción. Un segundo efecto colateral es el hecho de que las fibras que se rompen liberan hilacha en el aire, causando frecuentemente

un empeoramiento de la calidad el aire, con respecto a los valores de referencia OSHA. Eso vale, sobre todo, para las fábricas de hilados y para las industrias que producen las juntas de amianto para los frenos.

Una humidificación adecuada reduce el nivel de rotura de las fibras, la cantidad de polvo presente en el aire y, al mismo tiempo, acelera el funcionamiento de las maquinarias.

#### **Bodegas**

En las bodegas en general, y en las de vino en particular, es de vital importancia mantener un grado higroscópico adecuado en algunos procesos de la fabricación, sobre todo en las naves de barricas, ya que que normalmente éstas son de madera y de todos es conocida la influencia que la humedad tiene en ellas y con el posible deterioro del contenido.

#### **Oficinas**

En las oficinas, con frecuencia se encuentran costosos muebles de madera, revestimientos de paneles y alfombras. el aire seco de la temporada invernal puede dañar y deformar las mesas y los revestimientos de paneles. En cambio, las alfombras se han fabricado con fibras que, al secarse, las hacen más sensibles al desgaste causado por las pisadas. Todo ello aumenta el nivel de polvo que se encuentra en el aire y también causa el desgaste prematuro de las alfombras.

En cambio, utilizando una correcta deshumidificación, es posible mejorar el aire en el interior de las oficinas, mediante la reducción de la concentración de polvo, debida a una menor fragmentación de las fibras y además a un aumento de la tendencia de las mismas partículas a aglomerarse. Las partículas que tienen las dimensiones más grandes se atascan más fácilmente en los filtros que, entre otras, cosas, se vuelven más eficientes por la hinchañón higroscópica.

#### **Producción de microprocesadores de alta tecnología**

Los microprocesadores se están volviendo cada vez más pequeños y los fabricantes ya no hablan, por lo que se refiere a tamaños, en términos de micrón, ¡sino de Ángstrom!. Por ello, también una leve variación de las dimensiones de una oblea de silicio durante un enmascaramiento fotográfico causa, en correspondencia, una desalineación de la misma máscara.

El control de la humedad es un requisito fundamental en el sector de las altas tecnologías.

#### **Fundición a cera perdida**

Incluimos también este ejemplo, para tomar en consideración no sólo el producto acabado, sino también los materiales higroscópicos que se utilizan durante un proceso de elaboración.

En la fundición a cera perdida, antes se realiza un molde de cera de la parte, que posteriormente se sumerge en la porcelana. Mientras la porcelana y la cera se secan y endurecen, en el caso de que el aire sea demasiado seco, la porcelana se encoje mucho más que la cera, causando unas delgadas grietas en el molde. Cuando se vierte el metal fundido en el molde, el mismo llenará también estas grietas y, como resultado, se tendrán una fusión irremediablemente inutilizable. Este proceso se utiliza para realizar algunos componentes de los motores de los aviones a reacción.

#### **Museos**

Es obvio que una correcta estabilización ambiental es esencial para preservar costosas obras y objetos de arte durante los años. Por ejemplo, si los lienzos cambiaron constantemente sus dimensiones de la cual, en cambio, permanecen inalteradas; además las obras en madera y los pergaminos se destruirían en poco tiempo si la aridez del ambiente donde se encuentran las empezaran a agrietar.

#### **Defensa**

En Boeing, en McDonnel Douglas, en Hughes Aircraft, en Lockheed, el control de la humedad se considera de la máxima importancia para la nueva tecnología stealth.

La pintura, capaz de no reflejar las ondas de los radares, es muy sensible a la humedad ambiental. De hecho, en el caso de que se encoja demasiado a causa de un ambiente seco, se rompe dejando expuesto el metal que así podría reflejar las ondas de los radares.

El primer transbordador lanzado al espacio perdió muchas placas durante el regreso a la tierra. La causa del problema fue la incorrecta polimerización de la cola utilizada para fijar las placas, debida a su vez a un incorrecto control de la Humedad Relativa en los locales de la fábrica. Ahora, estos locales se encuentran humidificados.

#### **Alimentos**

Las carnes mantienen su buen color rojo, sin necesidad, de añadir nitratos, si se conservan en contenedores y almacenes frigoríficos adecuadamente humidificados. Cuando las verduras o la frutas pierden demasiada humedad, las células vegetales se secan de forma irreversible. Por ello es importante que los alimentos se humidifiquen, desde el momento en que se llevan al almacén hasta el momento en que son adquiridos por el consumidor.

Los huevos pueden perder hasta el 50% de su peso si se dejan secar, porque las carcasas son porosas. En caso de huevos fecundados, ello se traduce en una pérdida que se pueden alcanzar el 25% de la cría. Cuando después los polluelos rompan la cáscara, un ambiente demasiado seco puede causar un excesivo enfriamiento por evaporación, seguido de la muerte.

#### **Animales**

Los responsables de los zoológicos son muy conscientes de la importancia de una adecuada humidificación para los monos y los demás animales. El aire seco del invierno puede causar problemas en la piel de estos animales y reducir su capacidad de reproducción.

#### **2-¿La electricidad estática representa un problema?**

La electricidad estática se reduce notablemente cuando la Humedad Relativa se mantiene a un valor más alto del 35%. Existen muchos sectores industriales que son especialmente sensibles a este problema.

#### **Centros de cálculos**

Es obvio que una escala de regulación de la humedad en un centro de cálculo causa una potencial acumulación de cargas electrostáticas, las descargas de las cuales pueden borrar memorias y dañar los componentes de los circuitos. También las impresoras de alta velocidad pueden ser fuente de problemas en los Centros de Cálculo, en el caso de que el aire sea demasiado seco, porque se pueden generar cargas electrostáticas durante el arrastre del papel.

#### **Imprentas**

En estos lugares de trabajo, tanto el papel higroscópico utilizado en los procesos de impresión como la electricidad estática son una fuente potencial de peligro. El disolvente contenido en los tinteros de las máquinas se puede incendiar si las descargas estáticas encienden sus vapores.

Una maquinaria normal para la impresión de diarios puede desarrollar hasta 2.000.000 de voltios durante el arrastre del papel. Ello no contribuye solamente a la formación de una tensión adicional a cargo de la banda de papel en movimiento, sino que puede también representar un serio peligro para el operador, que representa una vía de descarga a tierra.

#### **Películas en material plástico**

En la producción de los materiales plásticos, la regulación de la humedad es necesaria para reducir los problemas de la electricidad estática activada por el polvo y que facilita que las películas se peguen a los rodillos o en la maquinaria.

#### **Películas fotográficas**

La mayoría de los laboratorios fotográficos se han equipado con un sistema de regulación de la humedad para prevenir la acumulación de cargas en las películas. este fenómeno toma una importancia especial en los hospitales, en particular en el caso de las películas para radiografía.

#### **Producción de pólvora**

La importancia de la adopción de las medidas cautelares, en este caso, resultan más obvias.

#### **Quirófanos / Estabularios / Salas blancas**

De todos es sabido la vital importancia en este tipo de instalaciones. Mantener en todo momento el grado higrométrico y la asepsia de estas salas es importante para mantenerlas limpias de microorganismos, utilizar el sistema "isotérmico" y no el "adiabático".

#### **3-¿Se debe tener en cuenta el bienestar y la comodidad?**

El bienestar y la comodidad no siempre se han encontrado en el primer lugar en el pensamiento de la mayoría de los contratistas, pero en la compleja sociedad moderna ellos asumen una importancia crucial. Una correcta humidificación, además de eliminar las exhalaciones de las colas que se encuentran en los muebles y reducir el polvo en suspensión, permite a quienes se encuentren en ambientes cerrados respirar bien sin los problemas que se derivan de la sequedad de las principales vías respiratorias. Además, la reducción de la evaporación cutánea, que resulta de una correcta humidificación, altera la sensación de frío y permite como consecuencia bajar la temperatura de los locales, permitiendo así un ahorro en el gasto de calefacción y limitando la pérdida de calor entre el ambiente intenso y el extenso.

Otra fuente de problemas en las oficinas modernas ha aparecido con la adopción de las lentes de contacto blandas. En efecto, éstas, siendo higroscópicas, absorben y liberan humedad de la superficie del ojo. En un ambiente muy seco, estas lentes se desechan rápidamente, curvándose provocando molestias a quienes las llevan. La sequedad de la superficie de las lentes, además, origina una pátina pegajosa que impide que los párpados, con su normal movimiento de abertura y cierre, mantengan limpias las lentes. Esta pátina pegajosa lleva a una rápida acumulación de proteínas y bacterias, con la posible aparición de infecciones oculares. De hecho, un estudio acerca de los casos de infección causadas por las lentes de contacto blandas, ha evidenciado su sensible aumento en los meses invernales.

#### **Humidificación isotérmica y Adiabática**

En los aparatos de atomización, el agua se atomiza finamente en la corriente de aire o en el ambiente que se debe humidificar; el calor necesario para la transformación del agua desde el estado líquido a vapor es suministrado por el aire, por lo que pierde temperatura (manteniendo su energía a valor constante).

Como no hay aportación de energía térmica desde el ambiente exterior, este proceso se define **adiabático**. En el proceso de humidificación con introducción de vapor, éste se dispersa en la corriente de aire o en el ambiente que se debe humidificar después de su generación por ebullición del agua contenida en un específico generador, en el interior del cual se suministra la energía necesaria para el cambio de estado.

A pesar que la temperatura del vapor está más elevada que la del aire, éste último no incrementa su temperatura. A este proceso se lo conoce como "**isotérmico**" (que no cede calor). De hecho el vapor sólo puede ceder calor al aire cuando se llega al 100% de la humedad relativa (saturación). Llegado a este punto, para que el aire pueda absorber más vapor de agua debe incrementar su temperatura. Éste es el principio para calentar los baños turcos.

En la práctica, cuando se está utilizando vapor de agua para incrementar la humedad relativa, la temperatura del aire tiende a aumentar ligeramente. Esto es debido a la transferencia de calor por los distribuidores y tuberías de conducción de vapor y que están en contacto con el aire tratado, nunca por el hecho de suministrar vapor al aire. De todas formas, este ligero aumento es totalmente despreciable en la mayoría de los casos.

(Fuente: Carel, sap)