

# Habilidad Térmica en las Viviendas Básicas a Luz de los Resultados del Proyecto Fondef D0011039

Preparado por Pedro Sarmiento, Nina Hormazábal, Universidad Técnica Federico Santa María. [pedro.sarmiento@mec.utfsm.cl](mailto:pedro.sarmiento@mec.utfsm.cl), [nina.hormazabal@ociv.utfsm.cl](mailto:nina.hormazabal@ociv.utfsm.cl)

## RESUMEN

En primer lugar se precisan las condiciones de bienestar térmico para la zona climática del país en la cual se realiza el estudio. Esta corresponde a la zona central litoral y central interior, según la Norma Chilena NCh 1079, siendo de clima marítimo y mediterráneo.

En cuanto a las condiciones anteriores y a las características de uso de las viviendas se define habitabilidad térmica. Se justifica dicho indicador, a diferencia de los criterios utilizados en los países desarrollados, debido principalmente a las condiciones climáticas y de utilización de la vivienda en nuestro país.

Se presenta la metodología de medición de registro de datos y se analizan sus resultados. Se dan a conocer los valores preliminares de habitabilidad térmica de invierno de ocho viviendas y se discuten las perspectivas de aplicación.

## ANTECEDENTES GENERALES- Bienestar térmico

Como es sabido, el concepto bienestar térmico, del Inglés, "thermal comfort", se refiere a la sensación de bienestar físico de los seres humanos y que está influenciado por los factores que pasamos a analizar. El factor más importante, pero no el único, es la temperatura del aire ambiente que rodea a la persona.

En segundo lugar podemos enunciar la humedad relativa del aire ambiente.

En tercer lugar debemos referirnos a la temperatura de las superficies que rodean a la persona. Este último aspecto es importante por el mecanismo de intercambio de energía radiante entre el sujeto y las superficies circundantes.

La velocidad del aire ambiente, el tipo de vestimenta y la actividad realizada por el sujeto también juegan un papel en los aspectos analizados. Para nuestro trabajo hemos utilizado los antecedentes recopilados por ASHRAE (1993).

Puede observarse en el diagrama de bienestar recién aludido, que el área que incluye el bienestar térmico requerido se encuentra a los 65 (°F) ó 18,3 (°C) como mínimo para invierno, si la humedad relativa es de 70 % y de 28,3 (°C) como máximo para verano, si la humedad relativa es de 40 %. Son estos valores los que hemos tomado como referencia, vale decir consideraremos que se cuenta con el bienestar térmico si la temperatura es igual o superior a 18,3 (°C) en invierno e igual o inferior a 28,3 (°C) en verano. Téngase presente que en este diagrama se considera una velocidad de aire máxima de 25 (ft/min) ó 7,6 (m/min). Más importante aún es que en este diagrama

se consideran temperaturas de superficies iguales a las del aire ambiente que se indican en la abscisa. La situación en nuestro país de envolventes sin aislación trae como consecuencia paredes o cielos fríos en inviernos y cálidos en verano, lo que nos obliga a aclarar esta situación con los registros correspondientes.

Los valores de humedades relativas interiores también será necesario precisarlos para saber a qué atenernos. Las condiciones climáticas conocidas de nuestro país respecto a la humedad relativa alta en invierno y baja en verano, nos indica probable incidencia secundaria en las temperaturas límites, aspectos que corroboramos más adelante. Para tomar en consideración el efecto de las temperaturas de superficies hemos precisado el concepto de temperatura operativa, que se expone a continuación.

### **Temperatura de superficies:**

Nos referimos a la de las superficies interiores de la vivienda que rodean al sujeto, tomando así en cuenta el efecto de intercambio por radiación. Este efecto puede considerarse, según Neufert (1990), por medio de la temperatura operativa, siendo ésta la temperatura media del aire y las superficies circundantes. El aspecto recién enunciado puede ser importante, pues sabiendo de la realidad constructiva de nuestras viviendas, especialmente la vivienda social, en ella regularmente las superficies de la envolvente carecen de aislación térmica, lo que implica temperaturas de superficies interiores de intercambio con las personas, de valores inferiores al aire ambiente en invierno. A fin de ser considerada esta realidad, deberemos tomar en cuenta no sólo la temperatura del aire ambiente, sino que corregirla utilizando la temperatura de superficies interiores. El análisis de estos antecedentes nos recomendará el criterio definitivo a seguir.

### **Habitabilidad y habitabilidad térmica:**

El grupo de estudio ha recopilado los diferentes aspectos a considerar en la habitabilidad de una vivienda. Del análisis de estos documentos queda claro que la habitabilidad térmica es uno de los aspectos a considerar y es sólo en éste en el cual nos concentraremos en esta presentación.

Proponemos definir habitabilidad térmica como la relación de las horas en que la vivienda entrega las condiciones de bienestar térmico requerido en relación a las horas totales del período en estudio. Este concepto se podrá entregar en porcentaje y estará referido en nuestro caso a habitabilidad térmica de invierno y verano. Como ejemplo, una vivienda con una habitabilidad térmica de invierno de 40 % nos estaría indicando que en el período de invierno, del total de 2184 horas, sólo 40 % de ellas entregaría las condiciones del bienestar requerido.

Cabe hacer notar que estos valores serían los primeros objetivos y experimentales determinados en el país y permitiría comparaciones legítimas entre viviendas, y así determinar también la influencia que ciertas mejoras tendrían efectivamente en las características de habitabilidad térmica de una vivienda. Esto último sería una de las tareas a realizar en este proyecto, siendo un aporte al conocimiento y de posibles aplicaciones en el país.

Fissore (2001) ha realizado estudios (de circulación restringida) del comportamiento térmico de viviendas, por medio de modelaciones matemáticas, para el Instituto de la Construcción y en el cual también resultados de interés se han presentado por medio de horas por año en el que la vivienda ha tenido un comportamiento determinado.

Este índice así propuesto, creemos es consecuente con nuestra realidad, especialmente en lo relativo a la vivienda social o de bajo costo. En ésta, si las condiciones de bienestar no se logran, el usuario sufre las consecuencias, sacrificando en último término la calidad de vida. Este concepto de habitabilidad térmica, aunque no se ha usado en el país, no es totalmente original, ya que conceptos similares fueron utilizados en la Universidad de California, Berkeley, por Arens (1984). En los países desarrollados en cambio, si la vivienda no entrega la condición térmica requerida, es el sistema de climatización el que entra a operar para lograrla. En este último caso, la habitabilidad para la vivienda se mide en términos económicos, como la Energía Requerida Anual en (kW-h/m<sup>2</sup> año).

Otro referente de las características térmicas de la vivienda es el Coeficiente Volumétrico de Transmisión de Calor, G, (W/m<sup>3</sup> K), cuyo detalle de cálculo para nuestro país aparece en la Norma Chilena NCh1960. Es claro que tanto la Energía Requerida Anual, como el Coeficiente Volumétrico de Transmisión de Calor y nuestra Habitabilidad Térmica arriba definida, estarán relacionados entre sí.

#### **Parámetros para determinación de la habitabilidad térmica e instrumentación:**

Del párrafo anterior queda claro que para la obtención de la habitabilidad térmica es necesario contar con registros continuos de temperaturas del aire ambiente al interior de la vivienda, de las superficies interiores circundantes y de la humedad relativa. La influencia que cada uno de ellos tenga se podrá deducir de los análisis de la información que gradualmente se vaya recopilando. La selección del instrumental y puesta en marcha de los equipos obedece a los criterios anteriormente expuestos. En este caso se han utilizado dataloggers Gemini de 0,2 (°C) de exactitud para los registros de temperatura y 3 % para los de humedad relativa.

#### **Clima:**

La Zonificación Climática Habitacional para Chile de la Norma Chilena NCh1079 entrega las referencias necesarias. Las ocho viviendas de este estudio preliminar se encuentran ubicadas en las zonas Central Litoral y Central Interior y en las ciudades de Santiago, San Felipe y San Antonio. El clima Central Litoral corresponde a uno marítimo con inviernos cortos y de lluvias importantes de 4 a 6 meses. El clima Central Interior en cambio corresponde a uno mediterráneo con insolación intensa en verano.

#### **Condiciones y períodos de registro:**

Estudios similares a los que nos encontramos abocados se han realizado en viviendas vacías (UTFSM, 1993), ya que el comportamiento humano incluye tantas variables que no sería posible identificar cual de ellas sería la que está influyendo en el fenómeno en estudio.

Si se está midiendo temperatura del aire ambiente por ejemplo y la casa estuviera habitada, no sabríamos en qué medida la temperatura está influenciada por la envolvente y cuánto por el comportamiento de los habitantes, en cuanto a cocinar, lavar, abrir ventanas o utilizar calefacción. Similar incógnita tendríamos al medir temperaturas de superficies de cielo o paredes, o al medir la humedad relativa ambiente.

Todo lo anterior lleva a considerar la conveniencia de realizar los registros para determinar la habitabilidad térmica en viviendas sin sus habitantes, influyendo en la habitabilidad las características constructivas de la vivienda y el período a registrar. Consideraremos las estaciones extremas, vale decir el invierno y verano.

El día de noche más larga es el solsticio de invierno, en nuestro hemisferio el 21 de Junio, por lo que los días anteriores y posteriores a esta fecha las noches se acortan gradualmente. Si estimamos las estaciones de 90 días, es natural entonces afirmar que el invierno se inicia 45 días antes de esta fecha y termina 45 días posterior a la misma, es decir, el invierno se inicia el 5 de Mayo y termina el 5 de Agosto. Con criterio similar, si el día más largo en nuestro hemisferio es el 21 de Diciembre, el verano se iniciará el 5 de Noviembre y finalizará el 5 de Febrero.

En estos registros preliminares se han registrado temperaturas y humedades relativas del aire ambiente en el living y dormitorio principal y las temperaturas de superficie de pared y cielo. El análisis de los registros obtenidos y que presentamos más adelante aconsejará los criterios a seguir.

### **Características constructivas de las viviendas:**

Debido a las características de esta presentación no es posible entregar todo los detalles constructivos. Bástenos decir aquí que las viviendas sociales en Chile responden a una tipología normada por el SERVIU. Para este trabajo se escogieron solo vivienda unifamiliar de no más de 52 (m<sup>2</sup>) de 1 piso generalmente, en el que se distribuyen uno o dos dormitorios, comedor-estar, cocina-loggia y baño. Estas son parte de un edificio de departamentos con varias unidades de diferente tamaño que varía en densidad dependiendo del proyecto particular.

Cada edificio, el que puede variar de 3 a 5 pisos de altura, se estructura en un sistema de pilares, vigas, cadenas y losa de hormigón armado. Los muros exteriores en albañilería de ladrillo de arcilla de 14 cm. de espesor generalmente sin revestimiento, los tabiques interiores de 7 a 10 cm. de espesor, pueden ser de estructura de madera o metálica, revestidos en planchas de volcánita, sin ningún tipo de aislación térmica.

Las puertas son de placa de madera, huecas y las ventanas de marco de aluminio y vidrio simple. A modo de ilustración, la figura a continuación muestra una planta tipo de dos departamentos de 1 dormitorio, del conjunto construido en San Felipe.

## **PROCESO DE MEDICIÓN**

Según los antecedentes expuestos los registros para cada una de las ocho viviendas fueron los siguientes:

- Temperatura del aire ambiente del living.
- Temperatura del aire ambiente del dormitorio.
- Temperatura de la superficie del cielo del living.
- Temperatura de la superficie de muro de living.
- Humedad relativa del aire del living.
- Humedad relativa del aire del dormitorio.

También se registraron la temperatura y humedad relativa del ambiente exterior para algunas viviendas. Esta medición exploratoria cuyos resultados preliminares acompañamos se realizó desde el 6 al 22 de Agosto de 2001 principalmente. La última fecha varió en algunos casos.

Las instrucciones se dieron para registros horarios, es decir para 24 registros por día. Este número de registros, para el corto período considerado, según los valores a anotar y las casa involucradas, hace ascender el manejo a más de 17.000 datos.

## **PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

Temperaturas y humedades relativas

La figura 2 adjunta presenta la temperatura del aire ambiente del living de la vivienda 1 durante el período de registro. Puede observarse que hay períodos del día o días enteros en que la temperatura está bajo los 18,3 (°C), vale decir no alcanza a la temperatura mínima de bienestar.

La figura 3 presenta la humedad relativa del aire ambiente del living de la casa 1 durante el período en análisis. Puede observarse que la humedad relativa alcanzó valores cercanos al 70 %.

Los gráficos comparativos de humedad relativa de living y dormitorio que no acompañamos indican clara coincidencia de sus valores.

Con el análisis de las figuras anteriores se puede comprobar que para las condiciones de invierno (aunque los registros están posterior al término del invierno) la temperatura del aire ambiente es el factor preponderante en la determinación del bienestar térmico. La humedad relativa no influye, al no sobrepasar los valores observados del 70 %. El leve incremento de la temperatura requerida para el bienestar cuando la humedad relativa es inferior al 50 % no es considerada, sobre todo tomando en cuenta que en el invierno la baja temperatura no es coincidente en nuestro clima con baja humedad relativa.

### **Temperaturas y resultados comparativos**

Puede comprobarse la coincidencia en la tendencia de valores de la temperatura del aire ambiente de la superficie de cielo, aunque siempre la temperatura de la superficie es menor a la del aire ambiente.

Valor medio 15,7 (°C) del aire del dormitorio durante el período en análisis comparándolo con el del aire del living de 15,05 (°C), la diferencia es escasa, por lo que consideraremos sólo la temperatura del aire ambiente del living. Puede justificarse dicho criterio además, al observar la planta de la figura 1.

La temperatura media del cielo del living en cambio, de 13,7 (°C) en relación con la temperatura media del aire ambiente del living de 15,05 (°C) merece un análisis más cuidadoso.

Todo el análisis anterior aconseja en primera instancia considerar la temperatura del aire ambiente y la del techo del living como la más representativa de cada vivienda para las condiciones de invierno.

Los registros de pared no se analizan en esta presentación y tendrán aplicación en los estudios de condensación superficial e intersticial de muros a realizar más adelante.

Por otro lado, las razones de considerar eventualmente las temperaturas de superficie de cielo y no de pared en la habitabilidad térmica se refiere a los factores de forma que intervienen en el intercambio de energía por radiación.

### **Habitabilidad térmica:**

Por todo lo anterior, cuando la temperatura del aire ambiente del living o la media del cielo y aire ambiente del living alcancen o sobrepasen los 18,3 (°C), consideraremos alcanzado el bienestar térmico mínimo para esa vivienda en invierno.

Determinaremos la habitabilidad térmica, HT, por lo tanto, según el porcentaje de horas de invierno en que la vivienda entrega esas condiciones.

Comprobaremos la diferencia que pueda existir en HT considerando sólo la temperatura del aire ambiente, como también considerando la temperatura del aire ambiente junto a la del cielo.

### **CONCLUSIONES Y RESULTADOS DE HABITABILIDAD TÉRMICA**

Los valores obtenidos de Habitabilidad Térmica de las ocho viviendas estudiadas se incluyen en tabla adjunta, según los criterios anteriormente expuestos. Los valores varían entre 0 a 12,2 % considerando sólo la temperatura del aire ambiente y entre 0 y 9,8 % considerando la temperatura del aire ambiente junto a la de la superficie de cielo.

Cabe hacer notar que es probable que estos valores sean aún menores al considerar el invierno en toda su extensión. Una regulación futura podrá decidir que valor de habitabilidad es aceptable, ya que no existe un estándar disponible en la actualidad. El criterio, sin embargo, es racional e intuitivamente obvio, de tal manera que se puede utilizar para comparar condiciones de habitabilidad térmica de construcciones diversas o en términos absolutos. Es pertinente destacar lo sencillo del concepto de habitabilidad térmica y que éste se podrá relacionar con las características constructivas.

Modelaciones matemáticas validadas permitirán en el futuro determinar la HT de diferentes viviendas y en distintas condiciones climáticas. Eventualmente también la HT se podrá relacionar con características deseadas de certificación de viviendas.

Los resultados de la HT para las ocho viviendas estudiadas y con las condiciones climáticas explicadas son las siguientes:

Se puede comprobar que en 6 de las 8 viviendas la HT es un 10 % menor al considerar la temperatura de cielo. Lo anterior haría legítimo utilizar sólo la temperatura del aire ambiente para la determinación de la HT.

Cabe hacer notar que los grados-día de calefacción para San Antonio de casa 3 y 4 es de 239 y de San Felipe de casa 1 y 2 de 247, perteneciendo así ambas localidades a Zona 3, según la Reglamentación Térmica del MINVU. La diferencia en HT por lo tanto no está influenciada de manera importante por el clima, sino que por posibles aspectos constructivos y de orientación. Lo anterior se puede confirmar al comparar la HT de la casa 1 y 2, ambos en la misma zona climática pero con notoria diferencia en HT. Tarea importante será desde ya identificar los aspectos arquitectónicos que explican esta situación.

### **Reconocimiento**

Este trabajo ha sido posible gracias al aporte de FONDEF, Proyecto N°D0011039.

En él han colaborado E. Moreno y P. Colonelli de Fundación Chile; E. Haramoto, P. Jirón, L. Goldsack, A. Toro, O. Sepúlveda, I. Zapata, J. Larenas de la Universidad de Chile y H. Noll de la Cámara Chilena de la Construcción.

### **REFERENCIAS**

Arens B., 1984, Predicting Thermal Comfort of People in Naturally Ventilated Buildings, ASHRAE Transactions, 1980, V.90.

ASHRAE, 1993, Fundamentals.

Fissore A. , 2001, Estudio segunda etapa de reglamentación térmica. Instituto de la Construcción.

Neufert Ernest, 1970, Styropor-Handbuch, Wiesbaden, Alemania.

UTFSM, 1993, Evaluación Experimental del Programa de Incentivo al Acondicionamiento Térmico, Convenio Municipalidad de la Florida - Universidad T.F. Santa María.

# Aislantes Térmicos: conciencia ecológica y técnica v/s eficiencia

Preparado por Ingeniero Lineu Teixeira de Freitas Holzmann, Gerente General de POLIPEX INDÚSTRIA E COMÉRCIA LTDA., [polipex@polipex.com](mailto:polipex@polipex.com)  
Traducción: Alejandro Requesens P. Business to Business Ltda.,  
[gerencia@business-to-business.cl](mailto:gerencia@business-to-business.cl)

## 1. INTRODUCCIÓN

La importancia de conservar la energía en los sistemas de HVAC-R es indiscutible para los conceptos básicos de economía, del rendimiento y de la vida útil de los equipos. Actualmente, no obstante, la eficiencia en la “economía” también está íntimamente unida a la mantención de las propias fuentes de energía, un nuevo concepto para la humanidad, cuya concientización es de vital importancia para su propia existencia.

## 2. CONCIENCIA ECOLÓGICA

El calentamiento global es el culpable por la pérdida del hielo eterno en muchas regiones del planeta”, es lo que aseveran los científicos de la Nasa, responsables por el estudio citado anteriormente, donde se muestra la evolución del deshielo en el círculo polar Ártico durante el lapso de un año (2004/2005). Por primera vez, esa disminución en la capa de hielo de la región, también, había sido observado durante el invierno, preocupando a los estudiosos y ambientalistas, ya que el resultado no tendría antecedentes recientes, agregando además, que Europa quedará sin temporadas de esquí dentro de 20 años.

Muchos factores contribuyeron para llegar al punto en que el mundo se encuentra actualmente, encaminándonos a situaciones negativas hacia el futuro. Entre estas está el programa de substitución de CFC's por otros gases más miscibles con el aire. A pesar de que este programa esté siendo considerado un éxito para la disminución del “agujero” en la capa de ozono, al punto de afirmarse que esa situación deberá normalizarse entre 20 o 30 años en algunos sectores, como en la producción de espumas, el cambio por otros gases más livianos que el aire es vista como un “remedio con gusto amargo” presentando consecuencias desastrosas para el medio ambiente. Es el caso de gases como el metano (CH<sub>4</sub>) que cuando se liberan y están en suspensión en la atmósfera, acarrear una enorme cantidad de átomos de carbono, favoreciendo a la retención de la energía térmica que debería ser disipada hacia el espacio, favoreciendo así el indeseable aumento del “efecto invernadero.

Cada vez están más presente en el día a día, los efectos del calentamiento global. El hombre ataca la naturaleza sin discriminación, teniendo en mente sólo sus intereses personales o el propio enriquecimiento. Es inaceptable que, aún hoy en día, se lancen al mercado productos sin la más mínima preocupación con ese aspecto básico para la calidad de vida de nuestros hijos y descendientes. Algunas espumas se



expanden indiscriminadamente con el uso del “gas para cocina” (GLP-gas licuado de petróleo) el que sistemáticamente libera en el medioambiente enormes cantidades de metano, con el indiscutible intento de bajar los costos de industrialización, ya que otros gases como el propano, exento de aquel componente, sólo se encuentra en Japón, Estados Unidos, España y Holanda, cuya adquisición afecta de forma substancial el costo del proceso productivo.

Por otro lado, existen otros fabricantes que, por estrategia de mercado, afirman que están utilizando “resinas reticuladas” en la producción de sus espumas para comunicar, en un esfuerzo promocional, ingresos en la banda de temperatura de aplicación de sus aislantes térmicos, por ejemplo, haciendo que materiales como el polietileno expandido pueda ser aplicado en instalaciones cuyas temperaturas superen los 90°C, obviamente que no mencionan en su publicidad, que este plástico al ser reticulado, pierde la condición de reciclaje y el impacto ambiental que genera se torna totalmente inadmisibles para la actual coyuntura ecológica.

#### Posibilidad de reducción en la emisión de CO<sub>2</sub>

En los gráficos siguientes vemos dos aspectos relevantes para nuestro estudio: el primero es que en las posibles medidas de contención para recuperar los niveles aceptables en la emisión de CO<sub>2</sub>, la porción más significativa es exactamente, la que se refiere a la economía de energía. También salta a la vista, el hecho de que el CO<sub>2</sub> que resulta de la combustión de los aceites, gases y carbones, contribuyen mayoritariamente en el carbono para la atmosfera (64%), pero además podemos observar que la segunda parte importante proviene de la liberación de gas metano (CH<sub>4</sub>), con lo que podemos concluir que, en la búsqueda de aislantes térmicos de alto desempeño, debemos combinar en un mismo material la eficiencia de la tecnología, la cual le atribuye, entre otras propiedades, una baja conductividad térmica al empleo de materias primas y procesos de bajo impacto ambiental.

### 3. CONCIENCIA TÉCNICA

“Aislar es proteger un objeto del medio que lo rodea, con el fin de que se conserve alguna propiedad inicial”. Ese concepto se aplica a cualquier tipo de aislante, sea este térmico, acústico, eléctrico o cualquier otro. Entre los objetivos de un aislante térmico podemos destacar la economía de energía, la optimización del rendimiento de los equipos, la anticondensación, la protección de tuberías contra el congelamiento y, hasta, la protección de tuberías contra la corrosión y la reducción del ruido en las instalaciones. Algunas características técnicas son fundamentales para determinar la elección del producto que se utilizará como aislante térmico: la conductividad térmica; la permeabilidad y la resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ ); el comportamiento al fuego y a la toxicidad del humo; el riesgo de corrosión. A pesar de que muchos materiales tienen valores de conductividad térmica compatibles con los de un aislante térmico, a continuación veremos que la combinación de varios factores es lo que determina la elección de uno u otro producto para cada tipo de instalación.

### 3.1 – Conductividad Térmica.

En forma resumida, por definición la CONDUCTIVIDAD TÉRMICA es la cantidad de energía que pasa por un cuerpo de  $1\text{m}^2$  de área por  $1\text{m}$  de espesor, suficiente para presentar un diferencial de  $1^\circ\text{C}$  entre las temperaturas de las dos caras. Es necesario tener mucho cuidado al considerar esa propiedad de los materiales. Es de gran importancia que el valor de conductividad térmica indicado esté acompañado de la temperatura con la cual ésta fue medida, ya que cuanto más bajas sean las temperaturas de ensayo, menores serán los valores de conductividad térmica, pudiendo estar de esta forma, encubriendo un eventual bajo rendimiento.

En el ejemplo, podemos observar el comportamiento de la Conductividad Térmica en relación a la temperatura del ensayo, para dos materiales diferentes: en azul la espuma en goma elastomérica y en rojo la espuma en polietileno expandido.

Se consideran aceptables como aislantes térmicos eficientes, es decir, materiales que no necesitan un aislante térmico adicional, a aquellos que tienen su conductividad térmica bajo  $0,060\text{ W/m.K}$  (a  $20^\circ\text{C}$ ), ve remos a continuación que ese no es el único parámetro para la determinación del material que aplicaremos en nuestra instalación. Aún mas podemos observar que algunos materiales tienen conductividades térmicas que, a pesar de ser altas, son aún mucho menores que las del cobre o del aluminio, sin embargo, la asociación de esos tubos a un aislante de polietileno expandido o goma elastomérica, por ejemplo asume valores de conductividades térmicas mucho menores que los materiales que se compararon inicialmente. Debido a esto, es básica la excelencia en la búsqueda de un aislante térmico adecuado en forma eficiente a la mayor economía de energía para cada sistema.

El mejor aislante térmico que se conoce es al vacío, técnicamente inviable de ser aplicado en nuestras instalaciones. El segundo material con mejor eficiencia térmica es justamente el aire, siempre que esté detenido. El aire en movimiento es un pésimo aislante térmico. La función de un aislante térmico es solamente capturar cierta cantidad de aire detenido alrededor de un objeto a ser aislado. El concepto es aplicado a los aislantes térmicos concebidos en fibras minerales, espumas de celdas semi-abiertas como el poliuretano y el poliestireno, además de las celdas cerradas como la goma elastomérica o el polietileno expandido.

Si la materia prima en nuestro aislante no es lo que propiamente le otorga la condición térmica, sino el aire que ahí se encierra, evidentemente la relación entre las cantidades de material y de aire, es decir, la densidad de una espuma, será de gran importancia en el resultado de su conductividad térmica.

En el gráfico se compara, la variación de la conductividad térmica en función de la densidad de materiales. Nuevamente aquí consideramos la goma elastomérica en azul y el polietileno expandido en rojo.

En un primer análisis, podríamos concluir rápidamente que, si disminuyéramos la cantidad de aire en esas espumas con relación a la cantidad de material, es decir, aumentando la densidad de las mismas, tendríamos una pérdida en su capacidad aislante, para las dos espumas: “Cuanto más denso sea el material, peor aislante térmico será”.

Por otro lado, los ensayos realizados en laboratorio confirman que cada espuma tiene su densidad ideal para que obtengamos la más baja conductividad térmica (en los casos de más arriba: polietileno expandido = 30kg/ m<sup>3</sup>; goma elastomérica = 60kg/m<sup>3</sup>). Y aunque, abajo de esos valores la conductividad térmica aumenta en una proporción mucho mayor, debido a que, en esos casos, tenemos celdas mucho más grandes donde fatalmente tendremos la presencia de la convección del aire, o hasta la comunicación entre celdas por la rotura de las paredes muy delgadas de las mismas, perdiendo así la condición básica de que “el aire debe estar detenido”, arruinando la eficiencia de ese material como aislante térmico. Por lo tanto concluimos que los fabricantes de aislantes térmicos con densidades muy por debajo de lo establecido como ideal, en realidad, están siendo doblemente desleales con sus consumidores, pues de hecho entregan mucho menos materia prima y una mayor cantidad de aire, en un producto técnicamente penado. La irresponsabilidad de esos fabricantes afecta directamente el principio de impacto ambiental en el uso de esos materiales.

### **3.2 – Permeabilidad y Resistencia a la difusión del vapor de agua ( $\mu$ ).**

La permeabilidad de los materiales es un factor preponderante en la determinación de un sistema térmicamente aislante. Los productos permeables deberán recibir un cuidado totalmente especial en el manejo de sus características y en la aplicación de los mismos. Una alta higroscopia (absorción de humedad) significa que, habiendo humedad, el agua penetrará en los poros de esos aislantes y llenará espacios que deberían contener solamente aire, comprometiendo su conductividad térmica y en consecuencia, su eficiencia y en algunos casos, arruinando definitivamente la aislación. Esa es una de las razones que encabeza la tendencia de que se aplique sólo aislantes térmicos con celdas cerradas.

Aún así, existe otra condición determinante: el coeficiente de resistencia a la difusión de vapor de agua ( $\mu$ ), la grandeza adimensional que resulta del coeficiente entre la permeabilidad del aire (constante) y la permeabilidad del material ensayado, que en la práctica significa cuantas veces nuestro material es menos permeable que el aire. Los materiales con “ $\mu$ ” menores que 2300 (en estos se encuadran las fibras minerales, el poliuretano y el poliestireno) necesitan de una “barrera de vapor” complementaria. Ahora bien, los aislantes térmicos con  $\mu$  sobre este límite (polietileno expandido=3000; polietileno expandido con película adicional fundida=6500; goma elastomérica= 7000) son considerados por sí mismo como “barrera de vapor”, eliminando otros tratamientos o aplicaciones adicionales.

Esa situación es más evidente en las instalaciones donde la temperatura interna que será aislada es más baja que el ambiente, condición que favorece la ocurrencia de condensación y la consecuente presencia de humedad.

Condensación: la condensación ocurre en la realidad en relación con los principios que se presentan a continuación. A cada temperatura de aire, le corresponde una presión máxima de vapor de agua que esta pueda soportar, según se muestra en la tabla a seguir

Tomando como base la temperatura de 10°C, comprobamos que la máxima presión de vapor de agua es de 8,94mmHg. Con esa condición de presión, concluimos que la masa de aire está con 100% de humedad relativa de aire (UR). Por el simple hecho de aumentar esa temperatura para 20°C, la misma masa de aire pasará a tener una presión máxima de 17,50mmHg, y en esa condición, la cantidad de vapor de agua contenida en ella representa sólo 51% de UR, o sea pudiendo contener ahora una cantidad mucho mayor de vapor de agua. Por otro lado, al bajar la temperatura de esa hipotética masa de aire para 5°C (por ejemplo: tuberías con agua helada), la presión máxima será para 6,51mmHG, o sea, la presión máxima ahora es mucho menor y la UR se elevaría, teóricamente, para 137% lo que no es posible. Esa situación provoca la precipitación del vapor de agua contenido en el aire, formando así la condensación.

### **¿Cómo un aislante térmico funciona como aislante ANTICONDENSACIÓN?**

En el gráfico de arriba, se muestra cómo se comporta la temperatura a partir del tubo central (5°C) hasta la fase externa del aislante térmico, donde la temperatura es suficientemente alta al punto de no promover o favorecer más la indeseable condensación. Una vez más el concepto de conductividad térmica está íntimamente unido al rendimiento del aislante. Productos con conductividades más altas, necesitarán de espesores mucho mayores para alcanzar el mismo resultado.

El dimensionamiento del “espesor de aislación” se realizará por el concepto de anticondensación y, se deberán aplicar barreras eficientes sobre aislantes con  $\mu < 2300$ , ya que la presencia de humedad en instalaciones en esas condiciones es muy significativa. Ya en situaciones de aislación de instalaciones con la temperatura sobre la temperatura ambiente, no ocurrirá ese fenómeno, permitiendo el uso de materiales aislantes con valores de “ $\mu$ ” más bajos.

El dimensionamiento de espesores de aislante para instalaciones típicas de refrigeración, aire acondicionado y calefacción, deberá realizarse a través de fórmulas y cálculo específicos para el espesor anticondensación, donde es necesario dar parámetros de temperaturas ambientes críticas asociadas a humedades relativas de aire críticos. Los espesores anticondensación variarán en cada región de acuerdo con las propiedades climáticas de cada localidad, así en lugares más húmedos llegaremos a resultados de espesores mayores que en lugares más secos. Los fabricantes de aislantes térmicos, generalmente colocan a disposición en sus “sitios web” aplicaciones de cálculo para computadores con interfases muy amigables y de uso muy sencillo, pudiendo obtenerse rápidamente ahí el resultado deseado, de acuerdo con las características físicas de cada producto.

Como sugerencia, en [www.kflex.com](http://www.kflex.com), [www.polipex.com](http://www.polipex.com), [www.thermaflex.nl](http://www.thermaflex.nl) y [www.nomaco.com](http://www.nomaco.com), en áreas específicas como “download” se encuentran respectivamente, softwares para goma elastomérica y polietileno expandido.

### **3.3- Comportamiento de los materiales en presencia de fuego y toxicidad del humo.**

No siempre se le da al asunto la importancia que merece. Tenemos que preocuparnos con la reacción y el comportamiento en presencia del fuego, de todos los materiales aplicados en una instalación, evidentemente el aislante térmico también debe ser analizado en ese aspecto. Materiales con tratamiento antillama y que muestren una baja opacidad del humo, además de baja toxicidad son los más indicados. La baja opacidad del humo, eventualmente, no nos impedirá ubicar las rutas de salida de los ambientes y la baja toxicidad no nos afectaría mientras estuviéramos en ese ambiente. Sin embargo, los aditivos retardatorios a la llama son de costo muy altos, por eso se recomienda probar esa condición de los materiales aislantes aún en los casos que las especificaciones del fabricante indique esa propiedad en su producto.

#### **Conclusión**

Podemos concluir que las propiedades físicas de los materiales son determinantes en la selección del producto que se usarán. Afortunadamente, existen en el mercado empresas serias con productos de alta tecnología y excelente eficiencia térmica, lo que nos da una gran seguridad al indicarlos para aplicaciones de aislación térmica. Por otro lado, los incentivamos a estar atentos a los malos empresarios (fabricantes, vendedores e instaladores) y a sus indiscriminadas ambiciones, para no volvernos víctimas pasivas de sus actos.

## **La importancia de una correcta humidificación**

Preparado por Ing. Carlos G. Mendoza Elizondo, ASHRAE. Capítulo Ciudad de México. [carlos\\_mendoza@tecno-sis.com](mailto:carlos_mendoza@tecno-sis.com) / [www.aercmx.com](http://www.aercmx.com)

### **IMPRENTAS**

El papel, como ya se planteó anteriormente, es un material altamente higroscópico que absorbe y pierde muy rápidamente la humedad de acuerdo con algunos cambios menores en la temperatura y el contenido de humedad del aire que lo rodea. Los siguientes problemas son asociados con un incorrecto control de la humedad en el ambiente de una imprenta:

- 1.- Distorsión, enroscado u ondulado del producto terminado.
- 2.- Arrugado de las hojas o rollos de papel mientras se imprime.
- 3.- Pérdida de registro en proceso multicolor, que provoca “empañamiento” u

“adherencia de pelusa” en las imágenes.

- 4.- Secado lento de la tinta.
- 5.- Dilatación o contracción de los cilindros que forman la prensa.
- 6.- Cambios en la sensibilidad lumínica en la superficie del recubrimiento de impresión utilizado en los procesos de fotolitografía, grabado y fotograbado.

Las casas proveedoras de papel de buena calidad abastecen y suministran el papel en envolturas resistentes a la humedad y con el contenido de humedad correcto para la aplicación del papel. Al menos que el papel se encuentre almacenado en una atmósfera de humedad y temperatura adecuadas, la envoltura no deberá ser abierta hasta que el papel vaya a ser utilizado.

El acondicionamiento de la temperatura previo a la apertura de la envoltura puede minimizar el problema de los cambios en el contenido de humedad. La Figura 1 Indica el tiempo que se requiere para el acondicionamiento de la temperatura dependiendo de la diferencia de la temperatura del papel almacenado y el del cuarto de impresión.

Al ganar humedad el papel sufrirá cambios de dimensión de aproximadamente 0.1% por cada 1% de cambio en el contenido de humedad. La necesidad crítica para el control de humedad puede ser vista mejor del hecho en que la impresión multicolor requiere una precisión dentro de 0.005 pulgadas (0.127mm). La figura 2, muestra la variación dimensional del papel para impresión provocado por los cambios en el contenido de humedad.

La tabla VII muestra las temperaturas y humedades recomendadas para diversos procesos de impresión. Un higrómetro de espada (papel higroscópico) es utilizado para verificar las condiciones higroscópicas del papel.

\*Cuando el papel es almacenado a una temperatura diferente que la del cuarto de impresión, éste deberá acondicionarse en el cuarto de impresión antes de que las envolturas sean abiertas.

\*\*El papel para impresiones offset Multi-color y para litografías deberá estar al rededor de 5 a 8% de la humedad del cuarto de impresión.

## **ELABORACIÓN DE QUESOS**

Los quesos requieren de una atmósfera húmeda en varios pasos de su elaboración y almacenamiento. El vapor, es uno de los principales recursos para el calentamiento en la manufactura de los quesos, por lo que se debe disponer de él rápidamente para la humidificación cuando ésta sea necesaria. Las siguientes tablas muestran los niveles de temperatura y humedad óptimas para diversas clases de quesos.

## **DULCES Y NUECES**

El control de la temperatura y la humedad durante el almacenamiento de las materias primas, manejo, procesamiento y almacenaje del producto terminado son esenciales para lograr una consistente y alta calidad en la elaboración de caramelos. Los siguientes datos son condiciones óptimas de diseño para varios procesos de caramelos.

a: Los rangos de humedad y temperatura se dan en su respectivo orden; i.e. el primer valor de la temperatura corresponde al primer valor de humedad.

b: Las características que se dan en esta tabla son para expresar y proporcionar los valores que se han encontrado para satisfacer diferentes tipos de industrias. Sin embargo para casos específicos estos valores varían debido a ciertos factores como tipo de producto, recetas, fórmulas, procesos de cocina, métodos de manejo y tiempo. La aceleración y desaceleración de algunos precedentes cambiaría la temperatura, humedad ó ambos en igual magnitud.

c: Condiciones óptimas.

+: Depende de la rapidez del sistema. Con altas temperaturas, mayor coloración y gran fluidez.

El procesamiento del sistema podría ser designado con un rango de flexibilidad bastante amplio para abarcar varios valores de temperatura y humedad con los que se deseen trabajar. El vapor, de un generador de vapor o cuarto de calderas ofrece las ventajas de proporcionar vapor para humedecer el aire con un mínimo espacio y equipo.

Si se necesita enfriar y se cuenta con el espacio y equipo correspondiente, el método de enfriamiento evaporativo tiene la gran ventaja de usar bajos costos de energía para realizar este proceso y el de humidificación. El contenido de humedad que presentan los dulces cuando se termina el proceso, determina los valores necesarios de humedad relativa que se necesitarán durante el almacenamiento.

### **A continuación se dan las siguientes recomendaciones:**

Los terminados de proceso para los malvaviscos, gomas de mascar, barras de coco, jaleas y embustes, deben de estar a una humedad relativa entre 12 y 16% y deberán ser almacenados con una humedad relativa del 65%.

Los dulces finos, como barras de nuégado, barras de nuez, almendras, avellanas, cremas suaves y duras, bombones y caramelos deben de contener entre 5 y 9% de humedad y deberán ser almacenados a 50 y 55% de humedad relativa.

Los chocolates de leche, dulces sólidos y otros con un 2% de H.R. y bajo contenido de humedad podrán ser almacenados con una humedad relativa del 45%.

La tabla XII contiene valores para el almacenamiento de dulces a diferentes temperaturas.

Las nueces pueden ser refrigeradas durante su almacenamiento para retardar la ranciedad y moho. Estas pueden ser almacenadas con un rango de temperatura de 65 a -20°F (18 a -29°C). Generalmente la temperatura de enfriamiento le da más tiempo de duración. Durante el almacenamiento la humedad podrá estar entre 65 a 75%. El almacenamiento bajo condiciones atmosféricas puede evitar malos olores y evitar que sean absorbidos rápidamente por el contenido de aceites que tienen las nueces.

## **PAN Y PRODUCTOS DEL PAN**

El control de la temperatura es un factor crítico en cada paso del proceso de cocción u horneado del pan. Partiendo desde el almacenamiento de los ingredientes, mezclado, fermentación, decoración final, horneado, enfriamiento, rebanado, envoltura y almacenamiento del producto final. Para asegurar un producto de alta calidad, la humedad se puede controlar durante los tres pasos críticos del proceso, los cuales son:

- \* Fermentación
- \* Decoración final
- \* Enfriamiento o refrigeración

El periodo de fermentación tiene una duración de 3 a 5 horas, dependiendo del proceso de elaboración de la pasta. Uno de los mejores ingredientes que se utilizan durante el proceso del producto es el agua, pero no se puede tener control de las causas que provocan su evaporación, esto provoca variaciones significantes en el peso y calidad final del producto.

Las mejores condiciones de elaboración de la pasta de levadura se realizan a una temperatura de 80°F (27°C). La superficie de la pasta a una humedad relativa de 75% permite soltar uniformemente los gases que se forman durante la fermentación de ésta. Durante el horneado del pan de dulce se logra obtener una buena textura y se evita la formación de huecos o vacíos en el interior del pan.

Durante el proceso de fermentación existe liberación de calor y gotas de agua, la periferia del cuarto de fermentación, es utilizado algunas veces para humedecer y enfriar.

Durante el proceso final del pan estos son colocados en una caja de prueba para un período de almacenamiento de 0.8 a 1.25 horas. En la caja de prueba se mantiene la levadura en buenas condiciones y a una temperatura de 95 a 120°F (35 a 49°C). Para lograr un terminado suave en el pan, es necesario asegurar un buen proceso de horneado sobre su superficie, debiéndose tener generalmente una humedad de 85 a 90%.

El vapor generado por el cuarto de calderas o por otro tipo de sistema puede ser utilizado para humedecer fácilmente una corriente de aire, sin que exista una disminución de temperatura. El cuarto de prueba puede ser aislado para prevenir la condensación en las paredes internas del recinto y así evitar la formación de mohos. Si se trabaja con un generador de vapor, se puede considerar el uso de un



desmineralizador de agua para tener mayor seguridad de generar vapor de mayor calidad y no producir malos olores. Se recomienda tener un generador de vapor diseñado y construido con materiales no corrosivos al agua.

Además se debe tener un ambiente con una humedad relativa de 80 a 85% y una temperatura de 75°F (24°C) cuando se tenga el producto terminado en la etapa de enfriamiento.

## **REPERCUCIÓN DE LA HUMEDAD EN LOS ANIMALES**

La mayor parte de los beneficios en la salud atribuidos a una buena humidificación, se da tanto para humanos como para animales.

Los malos olores y polvos, pueden ser medios para transferir enfermedades contagiosas como sarna, roña, comezón y otros desordenes perjudiciales, estos son agravados por la falta de un entorno o medio ambiente que no cuenta con una humedad propicia.

Así como la agricultura procura tener una mayor eficiencia de producción a través de mejores condiciones en su área de trabajo, también se debe de tener mayor atención enfocada al control del entorno donde se trabaja con animales.

\* Para períodos largos.

\*\* Para períodos cortos (2 a 4 semanas)

La tabla XIII proporciona recomendaciones de temperatura y humedad relativa en época de invierno, cuando se esta trabajando con las siguientes clases de animales.

## **CONTROL DE HUMEDAD EN EDIFICIOS Y COMERCIALES**

Los hospitales, centros de salud, salas culturales, laboratorios, zonas industriales, edificios públicos y comerciales deben de tener y operar bajo condiciones específicas de humedad. Este capítulo muestra algunos casos en particular.

## **LA LIMPIEZA EN CUARTOS (INDUSTRIA DEL CHIP)**

En un cuarto donde se necesita procesar o laborar bajo excelentes condiciones de limpieza, se debe estar a unas condiciones de temperatura de 72°F (22°C), además durante casi todo el año necesita equipos de aire acondicionado y ventilación para evacuar las cargas térmicas que se generan debido el personal de trabajo, equipos eléctricos y de iluminación y al los diferentes tipos de procesos, etc.

El control de humedad constante en varias épocas del año debe involucrar tanto la adición como la remoción de éste, ello evitará la formación de estática, condensaciones, corrosión, ruptura de fibras y la incomodidad del personal debido a malas condiciones de confort. La corrosión ocurre por encima del 50% de humedad

relativa, y la formación de la estática debido a las cargas eléctricas se comienza a dar por debajo de una humedad del 40%.

Durante el desarrollo de un proceso se pueden requerir cambios en las condiciones de temperatura y humedad, al hacer este tipo de cambios en las condiciones iniciales, cuando el proceso lo requiere se está previniendo la formación de gotas de agua debido a la condensación, y la formación de estática sobre el cuarto de operación. La formación de la estática puede causar la atracción de impurezas existentes en el medio ambiente que pueden perjudicar la elaboración del producto.

Al producirse mayor estática, aumenta la atracción de las impurezas existentes en el medio ambiente que pueden perjudicar la elaboración del proceso.

El suministro directo de vapor sobrecalentado, obtenido del cuarto de calderas o de un generador de vapor, se le puede considerar como un vapor de alta calidad. Esto se puede asegurar más completamente cuando se suministra agua tratada y desmineralizada al generador de vapor. La construcción de este debe ser de materiales de alta resistencia al agua. Además se deberán tomar las precauciones necesarias para evitar humedecer los ductos de aire, y así evitar la formación de bacterias y algas.

## **PRUEBAS AMBIENTALES**

Para realizar este tipo de pruebas es necesario contar con herramientas y equipo adecuado. Estas pruebas tienen una gran aplicación y confiabilidad para realizarse investigaciones y como información para el público.

Las pruebas ambientales son usualmente de dos tipos:

- \* Pruebas para Clima
- \* Pruebas Dinámicas.

Las pruebas de clima incluyen mediciones de temperatura, humedad, porcentaje en sal, tipos de hongos y la combinación de estos últimos.

Las pruebas de dinámica incluyen, vibraciones, choques, aceleración, radiación y otras formas de tensiones físicas.

El uso de diferentes modelos de cámaras permite trabajar en un amplio rango de temperaturas y humedades. El intervalo de operación de la humedad es de 2 a 98% y para la temperatura desde 35 a 185°F (2 a 85°C).

El suministro directo de vapor a través de un generador vapor o del cuarto de calderas, es más conveniente para alimentar a los equipos de humidificación, debido a que proporciona vapor de calidad a temperaturas altas. Además se puede tener un mejor y más rápido control sobre estas variables. Si se desea suministrar y controlar la capacidad necesaria de vapor al humidificador es necesario que este cuente con una válvula de control modulante. Si no se desea tener un buen control sobre la humedad, es más conveniente y "menos costoso" operar con un generador de vapor de calentamiento de agua eléctrico.

Los dos sistemas anteriores cuando son correctamente diseñados y operados, pueden suministrar vapor sin contaminantes.

Sin embargo se debe tener las precauciones necesarias para no suministrar excedentes de vapor en la corriente de aire que pasa por los ductos, para evitar así el cultivo de bacterias.

En los lugares donde hay ganancias de calor debido a equipos eléctricos, sistemas de iluminación y personal interno, se recomienda utilizar un sistema evaporativo (lavadora de aire) para evacuar esta ganancia de calor. Se debe tener atención especial cuando se está humidificando, para no suministrar también algún tipo de mineral durante el proceso.

En otros casos donde se necesita una extrema flexibilidad de control de humedad y temperatura se debe utilizar un sistema de división (Suministro de vapor en forma directa y evaporativa).

## **SALAS DE COMPUTACIÓN**

En instalaciones donde se cuenta con equipo de computo es necesario durante casi todo el año evacuar las cargas térmicas internas y además de tener un buen control sobre el contenido de humedad. Los equipos auxiliares y papelería (Cintas magnéticas discos, hojas de impresión y tarjetas de punzón), también se pueden guardar en la misma sala para estar en las mismas condiciones ambientales. Si esto no es posible se puede tener estos equipos auxiliares con condiciones ambientales inferiores a las que existe en la sala de computo, siempre y cuando se utilicen en períodos cortos.

En algunas instalaciones el hardware de los equipos de computo cuenta con un sistema de enfriamiento o ventilación interna que evacua el calor generado por éste. En otros casos para evacuar este calor se suministra una corriente de aire con un contenido de humedad que no debe exceder de una humedad relativa de 80%, en caso de que se excediera este límite de humedad se afectaría los componentes del sistema de computo, particularmente aquellos que están hechos de oro y plata.

Generalmente las salas de computo son diseñadas para operar con una temperatura de 72°F (22°C) y una humedad relativa de 45%. Se pueden minimizar los efectos de la deshumidificación, a través del serpentín de enfriamiento, este puede ser seleccionado para operar con una sensibilidad de calor de 0.9 a 1.0 a una temperatura de 72°F (22°C), con una humedad relativa del 45%. Cuando se utilizan equipos para humidificar, el vapor puede ser adicionado a la corriente de aire posterior al serpentín de enfriamiento, en algunas situaciones es posible recuperar condensados libres de sales minerales, los cuales son removidos por el serpentín de enfriamiento, parte de estos condensados son vueltos a utilizar por el humidificador.

El suministro directo de vapor a través de un generador de vapor o de un cuarto de calderas, suministrará vapor libre de minerales. En la mayoría de los casos el aire que pasa por el serpentín de enfriamiento presenta una húmeda relativa muy alta (arriba del 90%).

En algunos casos, debe tenerse cuidado y atención para determinar la carga de humedad que se suministrará a la corriente de aire, para que este pueda absorber rápidamente esta carga, y así evitar daños en los ductos producidos por los excesos de humedad. Para un sistema de ductos muy largo, cuando se tenga que humidificar a la corriente de aire, se recomienda utilizar un sistema de enfriamiento evaporativo. Se debe tener cuidado de que la corriente de aire ya húmedo que se suministra a las salas de computo esté libre de polvos y sales minerales que puedan afectar a los equipos de computo.

## **CONDICIONES AMBIENTALES EN SALAS DE ENFERMERÍA**

Las áreas de enfermería se dividen en tres clasificaciones generales:

- \* Cuidados intensivos.
- \* Cuidados de adiestramiento y habilidad
- \* Área de residencia o entretenimiento.

Las áreas de cuidados intensivos son utilizadas principalmente por personas en proceso de recuperación, después de abandonar el hospital. Esta gente requiere de cuidados de rehabilitación y terapéuticos suministrados por enfermeras especializadas.

Estos cuidados son utilizados por gente de todas las edades y cuya estancia generalmente es menor a 60 días. Las áreas de cuidados de adiestramiento y habilidad son utilizadas por pacientes que realizan actividades durante casi todos los días del mes. Las características que presentan estos pacientes son:

- \* Incontinencia.
- \* Desorientación e inmovilidad.

Además se cuenta con la aplicación de servicios terapéuticos. La mayoría de los pacientes son de edades avanzadas (aproximadamente 80 años) y tienen una estancia de tiempo de algunos meses o años.

El área residencial o de entretenimiento es utilizada por personas de edades muy avanzadas que son incapaces de desempeñar ciertas labores durante el día, como los quehaceres domésticos, pero pueden atender sus necesidades personales.

Estas personas pueden realizar movimientos físicos y caminar en áreas de residencia y zonas alternas. El personal que los atiende es altamente calificado, con una gran experiencia y permanencia de varios años en su trabajo. Generalmente, todos los ocupantes de estas salas de enfermería son físicamente sensibles, débiles y de edad avanzada.

Ellos tienen preferencia por una temperatura más alta que la indicada como rango de confort. Además reciben mayores beneficios de salud cuando se encuentran en áreas con una atmósfera con la correcta cantidad de humedad, debido a que se reducen sus irritaciones, problemas respiratorios, desordenes en la piel y las molestias provocadas por la estática, además cuando se realiza un buen control de las propiedades del aire, se evita la generación de malos olores y propagación de bacterias.

Cuando los humidificadores que se encuentran instalados en los ductos de aire exceden en el suministro de vapor, provocan que este excedente se condense y perjudique físicamente a los ductos y tener como riesgo criaderos de bacterias y algas.

En todas las áreas de enfermería excepto en hidroterapia se recomienda tener un entorno con condiciones atmosféricas de 75°F (24°C) y una humedad relativa de 30 a 50% y para los baños se prefieren las condiciones de temperatura de 80°F (27°C) y una humedad relativa de 50%.

## **HOSPITALES.**

Es un requisito principal mantener en los hospitales, áreas con las condiciones de confort agradable a los pacientes. En agencias, dependencias de gobierno y asociaciones que se dedican a las áreas de salud tienen establecido las recomendaciones estándares de las condiciones ambientales que se requieren para estas áreas.

Las siguientes recomendaciones y parámetros son tomados de la publicación No. HRA 79-14550, que son utilizadas por los Departamentos de Salud, Educación y Sociedades de beneficencia de los Estados Unidos de América (ver tabla XIV).

La inyección de vapor es el método más frecuentemente utilizado para humidificar las salas que lo requieran en los hospitales.

Se debe tener mucho cuidado cuando se esta humidificando debido a que los excedentes tienden a condensarse en los ductos de aire, provocando el riesgo de generar criaderos de bacterias y algas.

La corriente de aire que pasa a través de los ductos y que se suministra en las salas con altos requerimientos de humedad, debe de contener una humedad con un rango del 90%. Un humidificador que inyecta vapor a través de un tubo múltiple, debe estar acoplado a una válvula modulante que trabaje en el rango de suministro requerido, este requerimiento que es muy importante evitaría muchos problemas (ver capítulo XI).

## **LIBRERÍAS Y MUSEOS**

Varios manuscritos importantes, libros, trabajos de arte y otros objetos de exhibición han sido destruidos o ampliamente dañados debido a los efectos perjudiciales del entorno en que se encuentran.

Las condiciones ambientales que se disponen para estos objetos generalmente no corresponden a las condiciones de confort que se utilizan para el ser humano. También las bodegas de libros, librerías, comercios de microfilmé, cintas magnéticas, discos musicales y varios trabajos de arte deben encontrarse en su rango de confort adecuado. Los microfilmes y cintas magnéticas deben estar en un ambiente por abajo del 37% de una humedad relativa, mientras el papel debe encontrarse con un límite superior al 40%.

La mayoría de las piezas de los museos están hechas de materiales orgánicos y tienen un tiempo mayor de vida cuando se encuentran a bajas temperaturas. Algunos museos mantienen sus colecciones entre las salas de almacenamiento y las de exposición. En las salas de almacenamiento, podrá mantenerse una temperatura más baja, que la que corresponde a la del rango de confort.

Una adecuada temperatura y humedad relativa mantienen una buena apariencia y características de los materiales higroscópicos como, el papel, textiles, madera y cuero. Cuando este tipo de materiales sufren cambios bruscos en su entorno, les provoca una aceleración de envejecimiento y descomposición. Una de las causas principales que generan estos efectos perjudiciales, son los cambios del contenido de humedad.

Los cambios de la carga térmica en el interior de las salas de exposición es debido a las contribuciones de calor por conducción, convección, personal de trabajo y visitantes, equipo eléctrico, sistemas de iluminación y radiación solar. Estas contribuciones producen cambios en el contenido de humedad en las salas provocando perjuicios y daños a los objetos en exposición. Si los objetos son mantenidos en áreas con temperaturas bajas, durante la noche, el cambio y transferencia de humedad ocurrirá durante el calentamiento que sucede en el transcurso del día siguiente. Durante el calentamiento del aire en las salas, en la superficie de los objetos se van formando capas de aire sucesivamente con mayor contenido de humedad y provocando en los casos más extremos el fenómeno de la condensación. Estos cambios y transferencia de humedad aceleran el deterioro de los objetos. Las condiciones atmosféricas óptimas para librerías y museos son generalmente similares. En la tabla XV1, se recomiendan los siguientes niveles adecuados de temperatura y humedad relativa.

## **LA HUMEDAD Y SU RELACION CON EL DISEÑO DE LAS CONSTRUCCIONES Y ESTRUCTURAS.**

Cuando la humidificación es contemplada para el diseño de estructuras, se deben de considerar y tomar todas las precauciones necesarias.

### **EL VAPOR DE AGUA ES MÁS LIGERO QUE EL AIRE**

Contrariamente a lo que se supone e imagina, el vapor de agua es más ligero que el aire seco. Un pie cúbico de vapor de agua saturada, bajo las condiciones de temperatura de 72°F y 100% de humedad, tiene un peso aproximado de 1/40 de peso de un pie cúbico de aire seco a las mismas condiciones de temperatura y presión. Esto podría ser considerado en mente cuando se trata de introducir aire húmedo y calefacción en un espacio desde una parte alta.

La niebla visible, es semejante a una nube que se encuentra en el cielo, y está compuesta de partículas microscópicas de agua (no es vapor de agua). Si el agua es mucho más pesada que el aire ¿Por que las nubes no se precipitan?, la razón es que cada partícula minúscula de agua que compone a la nube, está rodeada por una capa delgada de vapor de agua. Esta provoca una fuerza de empuje hacia arriba, elevando a la nube, provocando que flote sobre el aire.

## **BARRERAS DE VAPOR**

Se sabe que el vapor de agua que se encuentra en un área con condiciones de mayor presión, se mueve a una región que se encuentra con una presión menor. Cuando se trabaja con vapor, éste presenta dos propiedades termodinámicas importantes y que están muy relacionadas entre sí, estas propiedades son: la presión y la temperatura.

Se presenta una caída de presión, en una región que contiene un volumen de vapor, debido a una disminución considerable de su temperatura. Causando que otro volumen de vapor a mayor presión tiende a fluir hacia esta región.

Como consecuencia de no proteger y aislar adecuadamente con una barrera de vapor la superficie o área donde hay una transferencia de calor hacia el exterior, se provocará un cambio probable de vapor saturado a vapor condensado. Las puertas de madera que se utilizan para cerrar una región donde se trabaja con vapor, deberían ser apropiadamente selladas para estar protegida de la penetración y absorción del vapor, esto se puede hacer si se protege la puerta con acero inoxidable o a través de un material no higroscópico, que selle perfectamente en contra del vapor.

En las áreas donde puede ocurrir una transferencia de calor en paralelo o en serie, semejante a un sistema combinado por una cubierta de acero y un soporte de pared, estos deberían ser muy bien aislados y protegidos en la superficie donde ocurre la transferencia de calor, debido al contacto que tienen con el vapor. El uso de múltiples espesores de cristal tipo ventana, unidos entre sí, minimiza la condensación y la formación de escarcha.

En edificios donde no existen equipos con barreras de vapor, se puede utilizar una hoja de lamina en forma de pared, que sirva como cubierta o en su caso permeabilizar las paredes y techos con una capa de pintura, que ayudará a contener el vapor de agua. En algunos climas, la protección de las construcciones o estructuras de los edificios en contra de la condensación puede ser no necesaria. Sin embargo, las barreras de vapor pueden ser todavía una garantía para reducir la cantidad de humedad y sólo tener el contenido que se requiera.

## **CONDENSACIÓN SOBRE VENTANAS**

La condensación puede dañar permanente y totalmente los arreglos decorativos de cualquier sala. Esto ocurre cuando la temperatura de la superficie afectada desciende por debajo de la temperatura de rocío del aire adjunto.

Existen diferentes tipos de cristales con características diferentes, para evitar y resistir a la condensación y que se encuentran disponibles para su utilización. La tabla XVI sirve como una guía en la selección del tipo adecuado de cristal, que cumpla con las condiciones esperadas de temperatura y humedad.

## **CONTROLES DE AJUSTE PARA EL SUMINISTRO AUTOMÁTICO DE LA HUMEDAD**

En algunas aplicaciones, donde la humidificación es la base del confort y que no requiere de condiciones muy estrictas, se podrá permitir reducir la humedad relativa interna, durante un pequeño período de enfriamiento. Cuando éste sea el caso, el uso de un controlador automático restablecerá automáticamente el control del punto de humedad que se requiere, en forma descendente o ascendente en acorde a la consideración de la temperatura del exterior.

Al estar aplicando este pequeño período, puede ser posible reducir los costos de la construcción y eliminar los problemas asociados con la condensación, a la vez que todavía se estará ofreciendo un entorno global comfortable.

## **Barrera de vapor y aislamiento térmico con EPS en cerramientos livianos**

**Preparado por ALberto Dunker Daiber, Gerente ACHIPEX AG - Dic. 2007**

A comienzos del año 2007 entraron en vigencia las nuevas exigencias de aislación térmica para muros, ventanas y pisos ventilados, sumándose a las ya existentes para el complejo techumbre desde el año 2000, abarcando así toda la envolvente de una edificación con destino habitacional.

El cumplimiento del requerimiento de la aislación térmica exigida para los elementos de la envolvente, según la localidad y las zonas térmicas del país, invita también en invierno a cautelar y frenar la eventual presencia de condensaciones superficiales y en su núcleo, lo que se consigue detener con el uso de barreras de vapor que impiden la posible presencia de precipitación de agua líquida manteniendo inalterable tanto las conductividades térmicas de sus materiales componentes, como también, la transmitancia térmica del conjunto.

Esto es especialmente importante de considerar en los elementos con una configuración de tabiquería de madera o metálica. Habitualmente se les incorpora la aislación térmica en su núcleo y producto de ello se produce el mayor gradiente térmico al difundir simultáneamente desde el espacio habitado interior hacia el medio exterior, tanto un flujo de calor por cambio de diferencia de temperatura, como a la vez, un flujo de vapor de agua por difusión y diferencia de presión entre estos ambientes considerados que este tipo de cerramientos envolventes separan.



En la medida que las temperaturas de los planos componentes del muro superen a la temperatura de rocío o que las presiones de vapor sean inferiores a las de saturación, se evitará precipitación de agua líquida o condensaciones en los mismos.

Para el caso de los tabiques con la aislación térmica incorporada en su centro, estos gradientes son muy marcados y hay más riesgo de condensaciones dependiendo del gradiente térmico y la humedad relativa interior, por lo que en este tipo de elementos no pueden prescindirse las barreras de vapor dispuestas por el lado más cercano al espacio habitado interior y previo a la aislación. De esta forma la presión de vapor estará siempre bajo la presión de saturación y se reducirá tal riesgo. La permeanza está referida a la capacidad de tránsito de vapor de agua que tiene un material y es el concepto análogo a la conductancia, referida a la capacidad de tránsito de calor a través del mismo (conductividad térmica del material dividido por su espesor,  $e$ ). La unidad de permeanza está expresada aquí en gramos por unidad de mega Newton por segundo) El Poliestireno Expandido (EPS) tiene una permeabilidad al vapor de agua entre  $4 - 7 \times 10^{-3}$  [(gm) / MNS], para las densidades comprendidas entre 30 y 10 kg/m<sup>3</sup>, respectivamente (mayor densidad, menor permeabilidad).

La aislación térmica preferente por el beneficio que significa tanto para la situación de invierno como de verano es, aquella que se dispone por el exterior de los muros envolventes de masa. Aislar el frío por la parte fría permite mantener alta la temperatura interior de la pared envolvente, lo que inhibe al máximo el riesgo de condensación en invierno y se aprovecha la inercia de los muros de masa para tener ambientes frescos interiores durante el verano.

Por otro lado, aislar el vapor por el lado caliente, que previene el riesgo de condensaciones, se logra con la disposición de barreras de vapor por la parte más cercana y temperada que enfrenta el espacio habitado. Estas son especialmente importantes de considerar en muros livianos como los cerramientos configurados por estructuras de tabique de madera y metálicos y en aquellas soluciones de aislación térmica de espesor significativo adosadas a las paredes interiores de muros envolventes de masa que produzcan fuertes gradientes de temperatura y presión como los comentados.

En las soluciones de aislamiento térmico para las fachadas livianas de los elementos envolventes, tanto el material EPS como las barreras de vapor son complementarios y necesarios para evitar condensaciones superficiales e intersticiales. El Poliestireno Expandido que tiene una extraordinaria capacidad de aislación térmica al contener 98 % de aire quieto en su volumen, está presente ya por más de 50 años en el mercado.

Los miembros asociados a ACHIPEX, BASF Chile S.A., NOVA Chemicals Chile Ltda., Aislapol S.A., ETSA y Aislapanel S.A, fabrican el EPS con acuerdo a la norma chilena 1070 y está certificado para sus aplicaciones Standard. Las viviendas deben aislarse térmicamente y ser concebidas y ejecutadas para hacerlas funcionalmente sanas y saludables, amigables y no contaminantes con el medio ambiente. La presencia de condensaciones y hongos por humedades en las mismas van justamente en sentido contrario. Por ello, el bienestar, confort y una mejor calidad

de vida para el usuario es posible con soluciones integradas de aislamiento térmica lo que además le permite ahorro de mantención, calefacción y de energía y salud tanto a él como al país. El EPS es un material versátil y noble que permite otorgar estos beneficios y muchos otros más en vías de una construcción más sana, eficiente y sustentable.

## **La “Entropía” de los grupos de trabajo y el liderazgo**

**Preparado por el Ingeniero Juan Carlos Troncoso,  
Diplomado en Dirección Gerencial de Servicios y Asesor de Empresas.**

Usted quizá recuerde, cuando el profesor decía: “niños agrúpense, porque vamos a trabajar en equipo”. Esta actividad alegraba a muchos, ya sea porque perdían algo de clases o porque lograban juntarse un par de horas con los amigos.

Sin embargo tal alegría no duraba demasiado, ya que al comenzar a trabajar y plantear cada uno sus puntos de vista frente al tema en cuestión, el ambiente se enrarecía y hasta el amigo ya no parecía tan simpático. Esto se agravaba, cuando el profesor decía: “hay que entregar la conclusión grupal a la brevedad”. Lo cual provocaba, el comienzo de la ley de la selva, en donde el más extrovertido (que normalmente resultaba ser el más gritón), imponía su opinión provocando el disgusto de los demás y el quiebre del grupo. Al final dado el desorden imperante y el nulo avance, cada uno entregaba su conclusión en forma individual.

Aunque esto le parezca algo exagerado y propio de la época de la niñez, permítame comentarle que en nuestro trabajo diario se dan situaciones bastante similares. Pero ¿por qué pasa esto?, si lo lógico sería que cuando cada persona hace lo mejor posible, el sistema también lo haga.

### **ENTROPÍA SISTÉMICA**

Adentremos en este tema y partamos diciendo que el segundo principio de la termodinámica sostiene que el universo decae a lo largo del tiempo y que la energía se va dispersando, creciendo la desorganización. Tal fenómeno se llama entropía y parece ser el principio operativo de la mayoría de los grupos de trabajo, que en vez de crear sinérgia entre los participantes, terminan anulándose entre sí, desperdiciando el increíble potencial humano.

Sobre esto existen muchos mitos y paradojas, algunos por ejemplo piensan que la mejor forma de trabajar es sólo convocando a los “más dignos”, esto es a los eruditos en el tema o a los que aprenden más rápido. Pero esto es igual, que el entrenador de fútbol que sólo cita a las estrellas del balompié, en donde nadie duda de la capacidad técnica de los jugadores, pero sin embargo los roces y vanidades propias

del que se siente exitoso, terminan generando muchas veces un juego colectivo deslavado y poco efectivo. O los clásicos disturbios que se producen entre barristas de distintos equipos, en donde los individuos al estar en grupo se transforman en una turba de difícil control. Recordemos, que la mayoría de las personas actúan de manera distinta cuando están en grupo que cuando están solas y su comportamiento individual coherente y racional, puede transformarse en comportamientos sistémicos incoherentes e irracionales.

Así las “energías grupales” pueden transformarse en desavenencias, malas decisiones, desbordes continuos o simplemente inercia. Lo anterior es debido a múltiples factores, entre los que destaca la falta de confianza en nosotros y en los demás (tema tratado en el artículo de la revista anterior), el poco roce social que alcanzamos en este mundo paradójicamente “hipercomunicado”, la nula tolerancia y el liderazgo que pretendemos ejercer sobre nuestros pares. Sobre este último punto quisiera detenerme, no sólo porque está de moda en los medios de comunicación, sino porque además es curioso visualizar los roles (o tipos de liderazgo) que las personas adoptamos en el trabajo, entre los que se cuentan los siguientes:

- **El Pacesetter:** Es aquel que posee gran motivación de logro y mucha iniciativa, estableciendo altos estándares de desempeño para el resto, con baja empatía.
- **El Coercitivo:** Es el que exige conformidad inmediata, ordena, amenaza y controla, supervisando directamente a las personas.
- **El Afiliativo:** Que promueve la armonía, es empático y se orienta a solucionar conflictos bajo el lema: “las personas están primero”.
- **El Democrático:** Que escucha, fomenta el trabajo en equipo y la colaboración, forjando consenso a través de la participación.
- **El Coaching:** Que escucha, delega y busca desarrollar internamente a las personas. Los anima, aconseja y ayuda a identificar sus fortalezas y debilidades.
- **El Visionario:** Que inspira, cree en su propia visión y moviliza a las personas hacia ellas. Es empático, explica cómo y de qué forma la gente puede contribuir al proyecto.

Pero liderar, es ¿sólo adoptar una o varias de estas posiciones frente a los demás?, analicemos:

En cada momento de la vida estamos simultáneamente liderando y siguiendo a otros, por lo tanto pretender ser constantemente un líder es no recordar que vivimos en un mundo organizado y siempre hay gente con autoridad sobre nosotros.

Además un verdadero líder no puede estar obligado a liderar y un verdadero seguidor no puede estar obligado a seguir a otro, del momento que esto ocurre, dejan de tener una conducta inducida. Un líder es aquel que pretende organizar o gerenciar a los demás y para poder hacerlo, lo primero que debe lograr es gerenciarse a sí mismo. Esta es una tarea compleja, ya que implica administrar correctamente su carácter, su ética, su temperamento, sus palabras y sus actos. Tal trabajo, debería

ocupar la mitad de nuestro tiempo y consumir lo mejor de nuestras habilidades. Cuando llegemos a lograrlo, estaremos recién en condiciones de ejercer autoridad.

La segunda responsabilidad que tiene un líder es gerenciar a los que están sobre ellos, es decir, sus jefes, sus directivos, etc. Sin su consentimiento y respaldo ¿cómo podemos lograr nuestras convicciones y crear las condiciones para que otros hagan lo mismo?

La tercera responsabilidad es gerenciar a nuestros pares, es decir a aquellos sobre los cuales no tenemos autoridad y que tampoco la tienen sobre nosotros. Sin su respeto y confianza poco o nada podemos lograr. Y finalmente y como última cosa, nuestra cuarta responsabilidad es gerenciar a los subordinados.

Después de priorizar de esta forma, cabe preguntarse: si tengo que preocuparme de mí, de mis jefes y de mis pares ¿a qué hora me preocupó de mis subordinados?, en realidad no quedará tiempo y esa es justamente la idea. Así, sólo nos queda seleccionar a personas decentes que estén comprometidas con los objetivos de la empresa e introducirlos en este nuevo concepto de management para que lo ejerciten.

Porque si logramos que nuestros subordinados se gerencien adecuadamente a sí mismos, también lograremos que nos gerencien adecuadamente a nosotros, a sus pares, etc., generándose un círculo virtuoso.

Esta nueva forma de conducción permite lograr objetivos en equipo, ya que estimula el aprendizaje y el respeto hacia los demás. Después de todo, sólo tiene sentido trabajar en equipo si la sumatoria de los aportes individuales es mayor que el aporte que haríamos estando solos.