

El Hielo y el Agua en la Refrigeración.

En nuestra vida el agua es un elemento fundamental y necesario para todos los procesos que sostienen la vida sobre la tierra. Encontramos en nuestro planeta grandes cantidades de agua en los más diferentes lugares, como grandes depósitos en mares, lagos y ríos, en menores cantidades en charcos en toda la tierra. Existe también el agua en el interior de los productos, particularmente los de origen vegetal o animal. Nuestro cuerpo está compuesto mayormente por agua. Incluso en materiales que parecen libres de humedad como maderas, papel u otros existe abundante agua. El agua también se encuentra en el aire como vapor de agua, en toda nuestra atmósfera. Existe agua disuelta en otros líquidos, como ejemplo en el alcohol. El agua se encuentra abundantemente en sus tres estados físicos: como líquidos, sólido o gas. Es fundamental en la vida como vehículo y sustrato para toda suerte de reacciones bioquímicas y procesos físicos.

Visto lo anterior resulta imposible “desprenderse” de este fluido el cual estará presente en toda nuestra vida, siendo esto una bendición pues la vida como la conocemos sería imposible si no existiera el agua.

El agua posee particulares características físicas y químicas, las que pueden catalogarse de insólitas. Sería esperable por su composición química que el agua solo se encontrara en forma gaseosa en la tierra, pero afortunadamente esto no ocurre así. Existe en el agua un fenómeno conocido como puentes de hidrógeno que le permite asociarse para que la podamos tener en estado líquido y sólido. Este mismo fenómeno le da al agua especiales cualidades que se reflejan en su comportamiento respecto a los procesos térmicos.

El agua posee un calor de evaporación extraordinariamente alto. Es necesario agregar 539 Kcal. para evaporar un kilogramo de agua. Al condensar el agua entregará por tanto esta misma cantidad de calor.

El agua posee un calor de fusión también extraordinariamente alto. El hielo entrega 80 Kcal/Kg. al fundirse. De igual forma es necesario retirar 80 Kcal para transformar en hielo 1 kilogramo de agua que se encuentra a 0° C.

El agua posee un calor específico de 1 Kcal/Kg. °C. De esta manera es necesario agregar o retirar 1Kcal para incrementar o disminuir la temperatura de 1 kilogramo de agua en la cantidad de 1° C.

Todo lo anterior lleva a que los procesos térmicos donde está involucrada el agua son acompañados de grandes cambios o movimientos de energía. Hay que retirar mucha energía (calor) para enfriar el agua y aún más para realizar sus procesos de fusión o evaporación. Todo lo anterior que son ventajas para sostener la vida sobre la tierra, puede jugar en nuestra contra al momento de trabajar en refrigeración.



Lo anterior se debe a que el agua tiene una función de estabilizador térmico sobre la tierra y no permite violentos cambios de temperaturas. No los permite pues para que estos pudiesen ocurrir se requerirá a mover enormes cantidades de energía a los que resulta difícil.

Por todo lo anterior y al trabajar en el enfriamiento de productos vegetales o animales, resulta difícil enfriarles. El proceso es lento y se debe hacer un gran esfuerzo en términos de aplicar mucha capacidad de refrigeración. Esta situación se torna aún mas grave si queremos congelar productos. Transformar el agua en hielo requiere transferir grandes cantidades de energía a, lo que resulta difícil y costoso.

Es por esto que cuando tenemos productos con gran cantidad de agua como frutas o pescados y los exponemos a una corriente de aire, el agua pasa al aire, absorbiendo calor del medio, y disminuyendo o deshidratando el producto. Esta humedad ahora en el aire puede verse involucrada en otros procesos como condensación sobre una superficie fría. En efecto el agua en el aire disminuye su presión de vapor al disminuir su temperatura, y esto puede ocurrir hasta un punto en que el aire ya no puede sostener tanta agua, de manera que el agua se deposita como agua condensada. Por lo anterior en evaporadores y tubería de succión así como otros equipos que se encuentran fríos, es posible encontrar que el agua se deposita por fenómeno de condensación. Ahora si la temperatura del evaporador, tubería o equipo baja de 0° C el agua depositada se transformara en hielo. Este hielo puede generar problemas en el funcionamiento de los equipos, y normalmente existen métodos para retirarle.

Por otra parte el hielo tiene propiedades físicas bastante diferentes al agua, de manera que una vez congelado un producto, se requiere extraer menos calor para bajar la temperatura pues el hielo tiene un calor específico cercano a 0,45, es decir necesitamos extraer solo 0,45 Kcal. Para bajar la temperatura del hielo en 1° C.

Supongamos que tenemos una cámara fría de dimensiones internas 30 x 20 x 7 metros de altura. El volumen total de esta cámara será de 4.200 m³. Si consideramos una densidad de 1 Kg. Por m³ para el aire obtenemos un total de 4.200 Kg. de aire en la cámara.

Supongamos el aire en la cámara está a + 15° C, con una humedad de 90% y en esa condición entra al evaporador. Supongamos que el Evaporador está a una temperatura de + 5° C.

A una temperatura de + 15° C y humedad del 90% el aire tiene aproximadamente 10 gramos de agua por kilo de aire seco. Deducimos así que el aire en la cámara tiene 10 x 4.200 = 42.000 grs. de agua = 42. Kilos de agua.

El aire a + 5° C solo puede sostener 5 gramos de agua por kilogramo de aire seco. Si enfriamos entonces el aire de toda la cámara de + 15° C hasta + 5° C condensará la cantidad de 4.200 x (10 - 5) = 4.200 x 5 = 21.000 grs. = 21 Kg. de agua. Esta agua se depositará en el evaporador y hay que disponer de ella eliminándola adecuadamente.



Una cámara normal rota el aire que contiene dos veces en una hora, de manera que podría llegar hasta condensar $2 \times 21 = 42$ Kg. de agua en una hora si el aire se vuelve a humidificar por contacto con producto caliente. Debemos considerar que si el material almacenado es frutas o verduras podemos perder 42 Kg/hrs por deshidratación del producto . Lo anterior ocurre porque dependiendo de la temperatura el agua tiene una cierta tendencia a pasar a la fase vapor, y la fuerza con que este fenómeno ocurre es descrita por un parámetro conocido como presión de vapor. Al calentar el agua en estado líquido aumenta su presión de vapor y pasa el agua pasa a la fase vapor, absorbiendo naturalmente del medio el calor de evaporación señalado anteriormente. Si el producto esta a mayor temperatura tendrá una mayor presión de vapor y migrará agua hacia el aire.

Adicionalmente y por este solo concepto, el agua al condensarse entrega 42 Kg. agua condensada/hora $\times 539$ Kcal/kg de agua condensada = 22.638 kcal/hr. Esta cantidad de energía es considerable de manera que el fenómeno debe estar evaluado al momento de diseñar un proyecto.

Todos estos cálculos son un ejercicio teórico y aproximado donde los variables de operación han sido extremados para mejor ilustrar el problema.

Si en una situación similar tenemos el evaporador bajo 0° C, juntaremos esta agua condensada en el evaporador a razón de 42 kilos/hora. Este hielo puede llegar a bloquear el flujo de aire a través del evaporador, y deberá ser eliminado oportunamente con algún sistema de deshielo.

Un efecto adicional se presenta al juntar hielo en el evaporador (aletas). Ocurre que el hielo es un mal conductor del calor, de manera que si las aletas están cubiertas de hielo, el calor del aire en la cámara tendrá un resistencia a pasar por las paredes del evaporador hacia el fluido refrigerante para ser eliminado posteriormente en el condensador. Si nosotros obstruimos con hielo el paso del calor el Evaporador funcionará malamente.

Puede resultar extraña la afirmación que el hielo es mal conductor del calor, pero en realidad lo es. Baste considerar que los esquimales construyen sus casas de hielo, y en el exterior quizá haya una temperatura de -50° C, pero en el interior se mantiene fresco y confortable (para ellos) alrededor de 0° C. Temperaturas mayores producirían el derretimiento del hielo y la pared.

En las cámaras de baja temperatura es posible juntar hielo en las puertas en sus marcos, bajo el piso de la cámara o en otros lugares. El hielo tiene la propiedad de expandirse al congelarse y lo haría, de manera tal que esta expansión del hielo puede llegar a destruir los elementos señalados. Particularmente en las cámaras de baja temperatura es necesario aislar y ventilar el piso, pues de no hacerlo, el continuo congelamiento del agua destruirá la losa del recinto.

Concluimos de esta manera que el no tomar adecuada consideración de estos fenómenos puede llegar a producir serios trastornos en los sistemas de refrigeración. Por una lado se dañaran las cámaras, equipos, puertas y obras civiles y por otro se afectará la calidad del producto por problemas de deshidratación y desarrollo de hongos, los que crecen rápidamente cuando la humedad supera el 90% y la temperatura es relativamente alta.

Un buen proyecto de frío debe considerar estos problemas y el tema del agua, además de otros que no hemos mencionado que pueden ser cruciales al para el buen trabajo de un sistema. El buen proyecto debe dar respuestas adecuadas a todas estas dificultades.

Enrique Aparicio Bernat
Ingeniero Civil Químico U. de Santiago
Gerente de ICER Ingenieros



Avda. Pedro de Valdivia 555 Oficina 309 Providencia Santiago - Chile
Teléfonos: (56 - 2) 3437654 - 2092558 Fax : 3438262

Sitio Web: www.icer.cl

E- mail: icer@icer.cl