

## LA REFRIGERACIÓN EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE FAENA

### 1- Aspectos generales

La necesidad de prolongar la vida útil de los alimentos, ha determinado el uso de diversos recursos técnicos para cumplir con esa finalidad.

En particular, el empleo de la refrigeración ya era conocido desde la antigüedad como método idóneo para la conservación de alimentos, manteniendo su aptitud para el consumo humano.

Los procesos de refrigeración de alimentos tienen lugar generalmente en ambientes especialmente acondicionados, atendiendo a los distintos requerimientos de orden técnico y funcional, formando parte de la estructura física de los establecimientos.

Estos ambientes son los que conocemos como “sector frío” o “sector frigorífico” en general, y “cámaras” o “equipos de frío” en particular.

Con el correr del tiempo, tanto desde el punto de vista del diseño como de su construcción y equipamiento, el sector frío o frigorífico ha experimentado cambios importantes, todos tendientes a lograr mejores prestaciones a menores costos.

La importancia de este sector es tal, que ha llevado (en el Río de la Plata) a la identificación de los establecimientos de faena con su nombre, siendo estos últimos denominados y comúnmente conocidos como “Frigoríficos”.

### 2- Diseño

En cuanto al diseño de los componentes del sector frío, el factor determinante es su finalidad específica, la que habrá de condicionar las soluciones en los diferentes aspectos, que en todos los casos son concurrentes.

Desde el punto de vista de su propósito específico, se clasifican según el proceso en:

- Enfriado
- Conservación de producto enfriado
- Congelado
- Depósito de producto congelado

Los aspectos básicos a tener en cuenta para la resolución y el diseño de una **cámara fría tradicional**, son los siguientes:

- Tecnología a emplear, relacionada con los productos a procesar.
- Aspectos higiénico-sanitarios.
- Generación de frío.
- Proyecto arquitectónico (solución formal).

Un capítulo aparte lo constituyen los **sistemas de congelado rápido, ya sean continuos o estáticos**, dado que plantean diversas soluciones sobre la base de unidades compactas contenidas en sí mismas.

### **Proyecto arquitectónico**

Este aspecto implica los siguientes puntos:

a) Desde el punto de vista funcional:

- Las vinculaciones del sector con el resto del establecimiento.
- El flujo de productos (hacia el sector y desde el mismo a otras unidades productivas o hacia la expedición).

b) Desde el punto de vista constructivo:

- El diseño de la cámara fría en sí misma (en el caso de un local tradicional).
- Acondicionamiento del lugar de implantación para los sistemas de equipos frigoríficos.

c) Desde el punto de vista de su dimensionado:

- La capacidad locativa o de proceso debe estar acorde con la capacidad del sistema frigorífico y viceversa, siendo por otra parte, una de las *condicionantes determinantes de la capacidad productiva* de los establecimientos de faena.

### Relación funcional

En este punto se ha observado una evolución sumamente positiva en lo que refiere a los criterios aplicados.

La adopción del principio de separar físicamente la circulación de productos calientes y refrigerados, posibilita el mantenimiento de condiciones ambientales favorables para los productos que se manejan, así como para controlar la condensación de humedad sobre cerramientos y equipos.

Por otra parte el disponer de una circulación exclusiva para manejo de productos enfriados y/o congelados, posibilita evitar la condensación de vapor de agua sobre éstos o sus envases, así como controlar el incremento de temperatura de los diferentes géneros.

Asimismo, este criterio de diseño establece el flujo en un solo sentido en el sector frío, lo que favorece el mantenimiento de la cadena de frío en la medida que un flujo unidireccional evita el contacto de los productos enfriados con productos sin tratar.

El flujo de los productos determina el diseño del conjunto de las cámaras frías y / o los equipos frigoríficos, la disposición de los corredores de circulación, su dimensionado y la eventual necesidad de controlar las condiciones ambientales.

A su vez, las condiciones del producto (natural o embalado) definen la circulación del mismo, dado que no puede darse la simultaneidad o el cruce entre ellos.

### Requerimientos constructivos

Este aspecto, es sin duda relevante tanto en cuanto a su significación intrínseca, como en cuanto a la evolución en la tecnología de la construcción de las cámaras frías.

Desde fines de la segunda guerra mundial hasta el presente, se han producido cambios importantes tanto en los materiales empleados, como en los métodos constructivos.

Uno de los elementos más notorios es el cambio en los materiales aislantes y consecuentemente, la aparición de paneles aislantes que posibilitan el montaje de recintos refrigerados en corto tiempo y con un buen nivel de calidad.

De esta manera, el corcho -utilizado ampliamente como aislante antes de la guerra- fue sustituido paulatinamente por otros materiales, tales como espumas plásticas de poliestireno, poliuretano, policloruro de vinilo, etc.

Estos materiales necesitan para su aplicación de agentes espumígenos tales como el vapor de agua para el poliestireno, y R-11 o CO<sub>2</sub> para el caso del poliuretano. Pueden ser utilizados en forma de placas prefabricadas en el caso del poliestireno, y mediante diferentes técnicas de proyectado y expansión en el caso del poliuretano para el aislamiento de muros y techos, (construidos de mampostería y hormigón armado respectivamente).

A su vez, se hace necesario proteger estas espumas mediante la aplicación de barreras de vapor, que impiden la penetración de humedad dentro del aislante, lo cual provocaría la pérdida de sus propiedades como tal y la formación de hielo en el caso que las temperaturas lo permitan.

Desde hace más de dos décadas se han desarrollado paneles aislantes integrales, formados por una placa de espuma aislante contenida entre dos láminas metálicas o plásticas.

Estos paneles son autoportantes, por lo que es posible utilizarlos como elementos constructivos para muros y techos; aparte de esto, su utilización permite una construcción rápida, brindando una superficie interior apta desde el punto de vista higiénico.

Con respecto a los pisos, también se han desarrollado paneles para ser utilizados en pequeñas cámaras y que son de rápido montaje. Nuestra experiencia indica que en estos paneles se gana fácilmente el agua, lo que sumado al tránsito termina destruyéndolos.

Para el aislamiento de los pisos, aún en los casos de cámaras frías de pequeñas dimensiones (en carnicerías, supermercados) se considera que la construcción tradicional (losa de apoyo, aislante protegido de la humedad, losa de rodadura) brinda mejores resultados, avalados por el comportamiento en cámaras de mayor porte y uso exigente.

Esta solución posibilita la construcción del zócalo sanitario como una solución de continuidad de la losa de rodadura, brindando a su vez una protección física de los paneles.

Las pendientes del piso (a fin de evacuar el agua al interior de la cámara), se orientarán en caída hacia la puerta de la cámara en el orden del 2 %.

En consecuencia, el nivel interior estará por encima del correspondiente a los corredores de circulación, y el agua será recogida mediante regueras contiguas a la puerta, ubicadas en el corredor.

Obviamente las condiciones de temperatura de las cámaras determinan las características del aislante a utilizar en muros, techos y pisos, e impone además la calefacción y/o ventilación del suelo para el caso de ambientes que trabajen en condiciones de congelación (temperaturas inferiores a 0° C).

El empleo de paneles aislantes autoportantes determina la construcción de estructuras internas destinadas a soportar los productos que se van a enfriar o congelar (rieles, estructura de soporte de rieles, estanterías, soportes para pallets, etc.).

#### Dimensionado y capacidad

La capacidad locativa del sector frío debe estar acorde con la capacidad del sistema frigorífico.

Asimismo, la capacidad física depende del local y su destino.

Por ejemplo, en el caso de las Cámaras de enfriado de la faena diaria, se establece una capacidad de 1,5 res vacuna por metro lineal de riel.

Estos rieles deben permitir el tránsito de las canales (medias reses) sin contactar con el suelo, por lo que se recomienda una altura de los mismos al piso, no menor a los 3,30 m. A su vez se debe utilizar una separación entre rieles de 0,80 m y una distancia mínima de estos a los muros y/o estructuras internas de 0,60 m.

La disposición de los rieles con relación a los evaporadores es importante dado que de la misma depende una mejor exposición de las carcacas a la corriente de aire. Es por ello que se considera que los rieles se deben ubicar paralelos a los evaporadores, con lo cual las medias reses resultarán paralelas a la vena de aire, debiendo presentar una adecuada separación entre ellas.

Asimismo en las cámaras donde se cuelgan cuartos vacunos o canales de ovinos, la altura mínima recomendada desde el riel al piso es de 2,50 m.

Las condiciones para las cámaras de congelado de productos, básicamente carne en cajas, son más exigentes en lo referido a la potencia frigorífica a disponer, así como en cuanto a las temperaturas de evaporación del sistema. En el diseño del local y para dirigir el movimiento del aire, predomina el largo sobre el ancho y el alto, por lo cual estos ambientes –por su forma- son también llamados túneles de congelado.

Por su parte, los depósitos de mantenimiento de productos enfriados o congelados tienen requisitos menores desde el punto de vista de la carga térmica por cuanto esta se reduce -en principio- a compensar el calor ganado a través de muros, piso y techo y a la carga sensible y latente, debido a la apertura de puertas. Este último aspecto es mitigado mediante el uso de esclusas o cortinas.

Asimismo, el uso de sistemas de estiba que requieren la acción de auto elevadores, condiciona el ancho del espacio destinado a la circulación.

### **Tecnología**

En este campo se han producido avances en cuanto a las condiciones ambientales a someter a los diferentes géneros, tendientes a lograr procesos en los que se procura mantener las características de los productos, evitando cambios físicos que deterioran los mismos.

De hecho se han producido cambios en los sistemas de enfriamiento, logrando ambientes de dimensiones más compactas con instalaciones más simples.

Un ejemplo de esto es la sustitución en las cámaras de enfriamiento de carnes de los antiguos “chillers” (cuyo funcionamiento se basaba en la aspersion de salmueras refrigerantes y movimiento de aire por convección natural) por las actuales cámaras, en las que se trata la carne con aire enfriado en un evaporador de tubos aletados y movido mecánicamente por ventiladores (por tiro forzado o tiro inducido).

Siguiendo con el ejemplo planteado, se presentarán los elementos para el cálculo de la respuesta a las condicionantes del producto, para lo cual se debe evaluar la capacidad de los evaporadores instalados en la cámara.

En este análisis, se tienen en cuenta las siguientes variables:

- la relación entre la masa de carne a enfriar y la superficie de evaporación instalada ( $\beta$ ),
- el índice de recirculación, definido como el cociente entre el volumen de aire circulado y el volumen físico de la cámara, y
- la temperatura de evaporación.

Se consideran valores adecuados:

$$25 \text{ Kg} / \text{m}^2 > \beta > 30 \text{ kg} / \text{m}^2$$

- Índice de recirculación ( $\phi$ )  
 $\phi =$  del orden de 240 renovaciones por hora.
- Temperatura de evaporación (**te**):  $-2^\circ\text{C} > te > -5^\circ\text{C}$
- Humedad relativa (**HR**):  $90 \% < HR < 95 \%$

Considerando un peso promedio de 260 Kg. por res en 2ª balanza, se dispone en cámara de una masa de carne de 390 Kg. por metro lineal de riel.

Un proceso de refrigeración adecuado, resulta esencial para la obtención de un producto de calidad, así como minimizar las mermas que dicho proceso conlleva implícitamente.

Para los procedimientos de congelado de productos, se ha afianzado la tendencia del empleo de refrigeración mecánica de alta potencia para unidades de dimensiones mayores (carton freezer), en tanto que para unidades de pequeñas dimensiones (hamburguesas, presas de aves, milanesas, etc.) se afirma el uso de sistemas de congelado rápido individual, IQF, ya sea con refrigeración mecánica, con sistemas criogénicos o la combinación de ambos.

En el caso de cámaras o túneles de congelado, se trabaja sobre la base de disponer por caja 27 Kg. de carne sin hueso (promedio) y considerando 9 cajas por farol (disposición tradicional) se ubican dos faroles por metro lineal de riel, lo que representa una masa de 486 Kg. de carne por unidad de longitud de riel.

El proceso, que normalmente se produce con las cajas tapadas, exige un índice de recirculación del orden de  $300 < \phi < 500$  y temperaturas de evaporación en torno a los  $-30^\circ\text{C}$ . A su vez esto condiciona el diseño de los serpentines del evaporador, en particular la separación entre aletas. Una solución interesante es la separación decreciente de ellas, es decir que las aletas se encuentran más separadas en la zona de ingreso del aire al evaporador y menos en el sector por donde el aire sale,

de manera de evitar el taponamiento por escarcha y reducir los tiempos de detención del proceso para el descongelado de los equipos.

El mantenimiento de condiciones de humedad elevada para evitar las mermas en los productos es un requisito tecnológico dirigido a conservar la calidad del producto.

El control y registro de la evolución de la temperatura del ambiente tanto en cámaras de enfriado como en cámaras de congelado o en los respectivos depósitos es una exigencia que se debe observar cuidadosamente. Para esto se debe disponer no solo de termómetros individuales, ubicados en cada cámara y cuya lectura se puede realizar desde el exterior de la misma, sino que además se debe contar con elementos de registro automatizados y centralizados, sobre la base de sistemas informáticos capaces de generar registros continuos.

### **Requisitos Higiénico-Sanitarios**

Este aspecto es fundamental y debe ser muy tenido en cuenta por cualquiera de las soluciones que se adopten, dado que la preservación de la calidad y la inocuidad de los productos a ser refrigerados es una premisa insoslayable.

En este sentido se han adoptado criterios de separación de la circulación de carnes sin refrigerar de aquellas que ya están refrigeradas así como de separación del tránsito de los productos empacados en su envase secundario, de aquellos que se encuentran desvestidos (canales, cuartos).

Por otra parte, se ha establecido el criterio de no permitir el uso de materiales de difícil higienización o porosos en las cámaras donde se manipulan productos desvestidos (madera por ejemplo).

Existe un punto al que usualmente no se le brinda suficiente atención y es el lavado de los serpentines de los evaporadores. Siendo el aire el vehículo para la transferencia de calor desde el producto hacia la superficie del evaporador, ocurre que el aire no solo retira el calor del producto y humedad del mismo, sino que además mueve partículas del ambiente de la cámara.

En su pasaje por el evaporador, el aire cede el calor y la humedad que transporta y sobre la superficie (húmeda) de tubos y aletas, se depositan y acumulan las partículas antes mencionadas.

Es por esta razón que se considera necesario el lavado periódico de los evaporadores, a fin de que la superficie de transferencia de calor se mantenga limpia.

A su vez, en aquellos sistemas en los que se ayuda al descongelado de los evaporadores mediante agua, se debe cuidar la potabilidad de la misma, en la

medida que al final del proceso, cuando se ponen en funcionamiento los ventiladores, se produce un aerosol que al ser proyectado sobre el producto puede ser contaminante.

Por otra parte la calidad de las terminaciones de los muros, techos y pisos es un aspecto a tener en cuenta en lo relativo a las condiciones higiénico – sanitarias de las Cámaras. En este mismo sentido no se deben instalar desagües dentro de estos ambientes, tanto por razones higiénico – sanitarias (evitar ingreso de vectores, olores, etc) como para evitar las obstrucciones por hielo en las líneas sanitarias.

### **Generación de frío**

Este aspecto, sin duda importante en cuanto al eficaz proceso sobre los géneros, ha evolucionado de una forma notoria en las últimas décadas. Si bien los fundamentos de la refrigeración mecánica no han cambiado, la introducción de elementos de control sofisticados y asistidos por la electrónica y la informática, posibilita la automatización de los sistemas mejorando su eficacia, tornando al complejo de cámaras más eficiente. De hecho, se han desarrollado evaporadores con mejores coeficientes de transferencia de calor, sobre la base de una mejor condición mecánica entre aletas y tubos. Esto se acompaña con una mejora en la circulación de aire a través del evaporador, logrando que el aire tome contacto con la mayor parte de la superficie de transferencia de calor.

Si bien hacemos referencia al componente primordial dentro de una cámara, no es menos importante la evolución de los equipos externos a la misma, tales como compresores, condensadores y elementos de expansión.

Un aspecto fundamental para las cámaras de enfriado de productos o de conservación de productos enfriados, es evitar la desecación de los mismos por la transferencia de humedad desde éstos hacia el evaporador.

Uno de los parámetros a manejar para su logro es mantener bajo el DT del evaporador, con lo cual se reduce en forma notoria la pérdida de humedad de los productos. Para esto se hace necesario disponer de superficies de evaporación importantes, que si bien incrementan la inversión inicial, genera un ahorro a mediano plazo en la medida que se evita la pérdida de agua ( por lo tanto de peso del producto) y concomitantemente el descenso en la calidad de los géneros tratados.

Se define **DT del evaporador** como la diferencia entre la temperatura del aire que ingresa al evaporador, tomada generalmente como la temperatura de cámara  $t_c$  y la temperatura de saturación del refrigerante que corresponde a la presión a la que se encuentra el mismo en la salida del evaporador.

Incidencia del DT del evaporador en la humedad relativa en una cámara

<b>DT °C (convección forzada)</b>	<b>HR %</b>
4,4 – 5,5	95 – 91
5,5 – 6,6	90 – 86
6,6 – 7,7	85 – 81
7,7 – 8,8	80 – 76
8,8 - 10	75 - 70

Fuente: Principios de Refrigeración, Roy Dossat

Como se observa en el cuadro precedente, un DT elevado produce una condición ambiental en la cámara con humedad relativa baja, lo que favorece una mayor transferencia de humedad desde el producto hacia el aire.

Por el contrario, cuanto más bajo es el DT del evaporador mayor es la humedad relativa del aire en la cámara y en consecuencia menor será la transferencia de humedad desde el producto hacia el aire.

En cuanto a los sistemas de generación de frío, en nuestro país los sistemas de mayor porte funcionan sobre la base del empleo del amoníaco como refrigerante, ya sea en sistemas recirculados, como en sistemas inundados o de expansión directa en algunos casos.

En los sistemas comerciales de grandes superficies, así como en los de menor escala se emplean refrigerantes CFC, HCFC y HFC, siendo los más significativos para cada caso el R-12, R-22 y R-134a.

A la fecha el uso de R – 12 está ya discontinuado a nivel general y en Uruguay, por una decidida acción de la DINAMA del MVOTMA, se ha dejado de utilizar en un 95 %.

Existe la posibilidad del empleo del amoníaco para estos usos, tanto en los sistemas para grandes superficies (sistemas amoníaco – agua helada o amoníaco – salmueras) como para pequeñas instalaciones, dado que se han desarrollado compresores semi herméticos para funcionar con amoníaco.

El hecho de tener que abandonar el uso de refrigerantes CFC ( R-12, R502) y no emplear en el futuro refrigerantes HCFC (R-22) ha generado desde fines de los años 80 una línea de investigación para el desarrollo de nuevos refrigerantes, puros o en mezclas, todos ellos con propiedades tales que evitan el daño a la capa de

ozono o lo minimizan y que presentan una baja o nula incidencia sobre el efecto invernadero.

Sin embargo, más allá de los logros alcanzados ninguno de estos refrigerantes supera al amoníaco, tanto en sus propiedades termodinámicas, como en cuanto a los temas de conservación del ambiente y los costos del refrigerante.

### **3- Comentarios**

En el desarrollo precedente hemos planteado una clasificación del destino de las cámaras frías y de los aspectos a tener en cuenta para su diseño y resolución técnica, base sobre la cual habremos de realizar algunos comentarios en cuanto al uso de las mismas.

El manejo de las cámaras frías es un aspecto que presenta dificultades, que podría superarse en función de una mayor capacitación del personal operativo y de los supervisores del sector.

Por otra parte, el equipamiento frigorífico disponible en cada caso, condiciona el funcionamiento de las mismas.

Es posible establecer algunas pautas básicas operativas y de diseño, acordes al uso previsto de las cámaras frías y de esta manera hacer posible la mejora de los resultados.

Se consideran adecuadas las siguientes pautas al respecto:

1. Evitar la sobrecarga de la cámara. Cada cámara, ya sea de enfriado o de congelado, es diseñada para soportar una determinada carga térmica que se encuentra directamente relacionada con la carga física a alojar. Un mayor índice de ocupación no solo influye negativamente sobre el sistema frigorífico, sino que atenta contra algo fundamental: la circulación del aire en torno a los productos a tratar.
2. Evitar el ingreso excesivo de aire caliente, que proviene principalmente, de los corredores de circulación de productos calientes. El ingreso de aire en estas condiciones no solo aporta calor (carga sensible) sino que además incorpora humedad (carga latente). Esta humedad se depositará sobre la superficie de aletas y tubos disminuyendo el rendimiento del evaporador y en muchos casos, provocando el taponamiento del mismo por escarchado de su superficie en un

- lapso menor al deseado. La racionalización de los métodos de carga de las cámaras, contribuye en forma positiva sobre este punto.
3. La capacidad de una cámara para enfriado de reses está relacionada con la capacidad de faena horaria del establecimiento, dado que el tiempo máximo de carga no debe superar las dos horas.
  4. Es conveniente lograr una distribución uniforme de los productos dentro de la cámara, de modo que el movimiento del aire encuentre una resistencia a la circulación homogénea en todo el recinto. En relación con este punto y el anterior, cabe señalar que una cámara llenada en forma incompleta, o con piezas muy disímiles en tamaño, es igualmente desaconsejable.
  5. La experiencia nos muestra que es más conveniente, para el caso del enfriado de reses, evitar el escurrido de su superficie antes del ingreso a la cámara fría. Si se logra que el agua ubicada en la superficie de las canales se evapore dentro de la cámara, habremos de aprovechar el enfriamiento superficial por la evaporación del agua, logrando el descenso de la temperatura de superficie y paralelamente su secado, dificultando así el crecimiento de bacterias. Por otra parte la superficie seca evitará la migración de agua desde la canal hacia el aire.
  6. Es necesario controlar, si la instalación lo permite, la temperatura de evaporación en las cámaras de enfriado, de manera de evitar descender por debajo de los  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Esto posibilitará mantener un DT bajo, una humedad relativa (HR) alta, retardará el escarchado de los evaporadores y contribuirá a lograr productos de mayor calidad. Sin dudas esto representa un compromiso para la capacidad del sistema de refrigeración, pero entendemos que mantener una temperatura de evaporación en torno al valor sugerido, contribuye al ahorro energético, por cuanto se reduce el salto de presiones en la etapa de alta presión.
  7. A los efectos del manejo, un punto a considerar es la iluminación en las cámaras de enfriado. Se considera adecuado un valor de 100 Unidades Lux de nivel de intensidad de iluminación medido en un plano ubicado a la altura del brazuelo de la res suspendida, de modo de lograr una correcta visualización de los géneros, sobre todo en condiciones de máxima ocupación.

Equipo de Proyectos de la  
Unidad de Ingeniería y Arquitectura - INAC