



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**"CUAUTITLAN"**

**"ALMACENES FRIGORIFICOS: CONSIDERACIONES  
GENERALES DE CONSTRUCCION".**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO EN ALIMENTOS**  
P R E S E N T A  
**ALFREDO ALVAREZ GARDENAS**

**DIRECTOR DE TESIS: M. C. RAMON SEPULVEDA LERMA**

**CUAUTITLAN IZCALLI, MEX.**

**1985**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## I N D I C E

<u>CAPITULO</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
	Resumen	1
I.-	INTRODUCCION	2
	1.1 Importancia de los Almacenes Frigoríficos.	2
	1.2 Objetivos del Trabajo.	3
II.-	CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO	5
	2.1 Definición y Función de los Almacenes Frigoríficos.	5
	2.2 Tipos y Clasificación de los Almacenes Frigoríficos.	5
III.-	ACONDICIONAMIENTO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA	8
	3.1 Temperatura.	8
	3.2 Velocidad y Flujo Másico de aire en movimiento.	8
	3.3 Grado Higrométrico.	10
	3.4 Recambios de aire.	11
	3.5 Lavado de aire.	12
	3.6 Incompatibilidad de conservación de productos en el mismo ambiente.	12
IV.-	DETERMINACION DE SUPERFICIES	14
	4.1 Consideraciones Generales.	14
	4.2 Dimensionamiento de las Cámaras Frigoríficas.	17
V.-	PRINCIPIOS, DISPOSICION Y CONSTRUCCION DE LOS ALMACENES FRIGORIFICOS	20
	PARTE A).- PRINCIPIOS Y DISPOSICION DE LOS ALMACENES	20
	5.1 Influencia de los factores externos.	20
	5.2 Disposición de los Almacenes Frigoríficos.	21
	5.3 Disposición en planta.	23
	PARTE B).- CONSTRUCCION Y ESTRUCTURA	31
	5.4 Almacenes Frigoríficos de construcción clásica.	31
	5.5 Almacenes Frigoríficos prefabricados.	34
VI.-	AISLAMIENTO	41
	6.1 Importancia del Aislamiento.	41
	6.2 Características fundamentales de los materiales aislantes.	43
	6.3 Condensación del vapor de agua sobre las superficies frías.	46
	6.4 La Barrera al Vapor.	46
	6.5 Los Materiales Aislantes y su colocación.	52
	6.6 Carpintería Isotérmica y Herrerajes interiores.	60

<u>CAPITULO</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAGINA</u>
VII.-	LA CARGA TERMICA EN LOS ALMACENES FRIGORIFICOS	67
	7.1 Tiempo de operación del equipo.	67
	7.2 Cálculos de la carga Térmica.	68
VIII.-	EQUIPO E INSTRUMENTACION EMPLEADOS EN EL ENFRIAMIENTO DE LOS ALMACENES FRIGORIFICOS	76
	8.1 Enfriadores de Aire.	76
	8.2 Ventilación.	78
	8.3 Equipo secundario	79
IX.-	REGULACION AUTOMATICA	81
	9.1 Dispositivos de seguridad.	82
	9.2 Equipo para la Expansión automática.	84
	9.3 Separación de la fase líquida.	85
	9.4 Regulación de la Temperatura y del Grado Higrométrico.	87
	9.5 Paro y Arranque automático.	91
	9.6 Dispositivos de Descongelamiento.	91
X.-	TIPOS PARTICULARES DE ALMACENES FRIGORIFICOS	94
	10.1 Almacenes a Doble Pared "Sistema Jacket".	94
	10.2 Atmósferas Controladas.	96
	10.3 Particularidades de las Cámaras Frigoríficas para Productos Hortofrutícolas.	101
	10.4 Centro de Recepción de las Carnes Frescas.	103
	10.5 Instalación de un Matadero de Aves.	104
	10.6 Tipos de almacenes diversos.	106
XI.-	TRANSPORTE INTERNO	107
	11.1 Tarimas.	107
	11.2 Carretilla Elevadora a Horquilla (Montacargas).	114
	11.3 Manipulación y Transporte de la Carne.	119
	COMENTARIOS	123
	BIBLIOGRAFIA	124

## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA N°:</u>		<u>PAGINA</u>
1	Dimensiones de las cárcasas de reses.	18A
2	Dimensiones de las cárcasas de carneros.	18B
3	Dimensiones de las cárcasas de terneras y cerdos.	18C
4	Determinación de la altura de las cámaras frigoríficas.	19A
5	Plataformas de recepción y expedición.	23A
6	" " "	23A
7	" " "	23A
8	Plantas tipo de Refrigeración Industrial.	27
9	" " "	28
10	Antecámara en un frigorífico.	29
11	Armazón soporte de una cámara fría.	32A
11b.	Plataforma de carga de un frigorífico.	32A
12	Vacío Sanitario.	34A
13	Efecto de la formación de hielo en un frigorífico.	34A
14	Calentamiento del terreno.	34B
15	Acoplamiento para paneles preconstruidos.	36
16	Panels tipo "sandwich".	37
17	" " "	38
18	" " "	39
18b.	Estructuras de almacenes frigoríficos prefabricados.	40A
19	Caída de temperatura en una pared compuesta.	48
20	Caída de presión en una pared compuesta.	48
21	Función de la barrera al vapor.	49
22	Prevención del levantamiento del suelo.	50A
23	Calentamiento del terreno con tubos bajo el piso.	50A
24	Calentamiento del terreno.	50B
25	Cintas de aislamiento horizontal y vertical	54A
26	Disposición de aislamientos térmicos	54B
	Puerta isotérmica corrediza con apertura controlada eléctricamente, de empleo en cámaras a baja temperatura.	63A
	Dimensiones óptimas de una puerta corrediza.	63B
	Dimensiones óptimas de una puerta de abatimiento.	63C
27	Cortina de aire de cintas flexibles.	65A
28	Esquema del velo de aire en una puerta.	65A
29	Cámaras con grupos autónomos de producción de frío.	76A
30	Esquema de ventilación en una cámara frigorífica.	78A
31	" " " " "	78A
32	" " " " "	78A
33	" " " " "	78B
34	" " " " "	78B
35	" " " " "	78B
36	" " " " "	78C
37	" " " " "	78C
38	" " " " "	78C
39	" " " " "	79A

40	Método de alimentación de líquido al evaporador	85A
41	" " " "	85B
42	" " " "	86A
43	Cámara a doble pared (Sistema Jacket).	95A
	Cámara frigorífica con atmósfera controlada.	95A
44	Almacén frigorífico para productos hortofrutícolas.	102A
45	" " " "	102B
46	" " " "	102B
47	" " " "	102B
48	Centro receptor para carnes frescas sacrificadas.	103A
49	Plano esquemático para un matadero de aves.	104A
50	Plano de una central de productos lácteos.	106A
51	Establecimiento para el descascarado de huevo.	106B
52	Locales para la preparación del pescado.	106
53	Tipos unificados de tarimas.	108
54	" " "	109
55	Dimensiones características de los montacargas.	115
56	Anchura de pasillos para el tránsito de montacargas.	116
57	" " " " "	117
58	Maniobra lateral del montacarga a rotación.	118
59	Vías aéreas. Diferentes tipos de carriles.	121

## TABLAS Y DIAGRAMAS

<u>TABLA N°:</u>		<u>PAGINA</u>
I	Relación entre la temperatura de enfriamiento del aire, temperatura media de la cámara y humedad relativa.	11
II	Ejemplo de estibamiento para algunos productos alimenticios.	15
III	Información general para almacenes frigoríficos con estructura de concreto.	25
IV	Peso específico y conductividad térmica de diversos materiales aislantes a la temperatura media de 0°C.	44
V	Métodos de regulación termohigrométricas.	90
VI	Disposición de algunos embalajes sobre tarimas unificadas y porcentaje de utilización del espacio.	113
VII	Dimensiones de las puertas para el uso de los montacargas.	111

<u>DIAGRAMA N°:</u>		<u>PAGINA</u>
1	Nomograma para determinar la altura de estibamiento en cámaras frigoríficas.	25
2	Espesor económicamente óptimo.	43A
3	Nomograma para la determinación de la temperatura de rocío.	46A
4	Control de la condensación del vapor de agua sobre superficies frías.	46B

## RESUMEN

Un problema bastante importante, y como tal resuelto, es el estudio y la aplicación de los adecuados métodos y técnicas de conservación de los productos perecederos, desde la cosecha, sacrificio y/o captura, hasta la distribución y consumo de los mismos.

Un método ampliamente difundido y de buena aceptabilidad, es la aplicación del frío. Al hacer un análisis de la situación en que se encuentran actualmente los locales fríos donde se almacenan los alimentos, se han visto una serie de defectos constructivos, cuyos efectos se manifiestan en una disminución en la vida útil de aquellos productos allí almacenados.

Esto hace pensar y decidir al respecto. Dejar a un lado la improvisación de proyectar construcciones de almacenes no adecuados para los fines perseguidos y, proponer normas básicas o consideraciones generales de construcción de almacenes frigoríficos que, razonablemente proyectados, solucionarán en parte un problema que siempre ha sido y será objeto de estudio: la disponibilidad de alimentos en las diversas épocas del año.

Con éste trabajo se intenta, con aspectos teóricos y prácticos, encauzar al profesional de la Ingeniería de los Alimentos, hacia importancia -- que tiene la correcta y razonable construcción de los almacenes frigoríficos, sus condiciones de operación y demás factores inherentes en el enfriamiento de los productos perecederos, tendientes a mantenerlos dentro de la mejor calidad, tanto nutritiva, como sensorial.

## I.- INTRODUCCION

### 1.1 Importancia de los Almacenes Frigoríficos.

La importancia que tienen las instalaciones frigoríficas dentro de la comercialización de los productos perecederos, se refleja al considerar las pérdidas que se obtienen en la disponibilidad de los mismos, originadas por el mal manejo, almacenamiento y transporte. Estas ascienden en México, según cálculos conservadores, a un 30% de la producción anual (18).

Por lo que respecta a las frutas y hortalizas, área que presenta una mejor información en cuanto a almacenes frigoríficos, se tiene que, las frutas que presentan un elevado porcentaje de pérdidas en orden de importancia son: aguacate, plátano, naranja, mango, uva, durazno, papaya, manzana, melón, limón, fresa y piña (18).

Sobre los productos cárnicos, pesqueros y lácteos, la información es escasa e imprecisa, esto hace que se evidencie aún más las adecuadas e inmediatas aplicaciones del frfo en esos amplios recursos de disponibilidad de alimentos.

La capacidad de manejo en México tanto para frutas como para hortalizas es del orden de 100 000 toneladas distribuidas en su mayor parte (66% de la capacidad) entre el Estado de México y Chihuahua. En México, Chihuahua, Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y Jalisco tienen el 92.6% de la capacidad de almacenamiento, el 7.4% corresponde al resto de los estados (18). Si se considera un promedio de la densidad de almacenamiento de  $250 \text{ Kg/m}^3$ , se obtiene sólo 400 000 metros cúbicos de almacenamiento total, representa  $6 \text{ dm}^3$  por habitante mexicano, que comparados con los  $60 \text{ dm}^3$  para España,  $70$  para Italia,  $120$  para Francia y  $150$  para U.S.A., demuestra que en éste renglón México tiene mucho por hacer (18).

Una gran parte de las aplicaciones del frfo concierne, naturalmente, a lo que se llama la "Cadena del Frfo" aplicada a los productos perecederos. De tal manera que, el desarrollo de una sociedad moderna exige, cada vez más, una aplicación de las bajas temperaturas para satisfacer las necesidades alimentarias de la población.

Es por esto que, sea cual sea el país, toda mejora en la "Cadena del Frfo" constituye una condición que se manifiesta en progreso económico y social.

La "Cadena del Frío" sólo puede establecerse si se tiene un conocimiento del comportamiento de los productos perecederos, ante el frío, y si, por otra parte, se cuenta con la competencia necesaria de técnicos e ingenieros que realicen instalaciones, ya sean fijas o móviles, que satisfagan de forma adecuada las condiciones óptimas necesarias para la conservación de los productos. La colaboración, pues, multi e interdisciplinaria, es esencial a este respecto.

En el simposio organizado por el Instituto Internacional del Frío (IIF) en el marco de AgroMéxico 81 (18), se presentó una comunicación tendiente a demostrar que la construcción de los almacenes para la conservación frigorífica de los productos perecederos, y en particular de los productos hortofrutícolas, ha permanecido en un estado incipiente, siendo todavía pocos los casos en los cuales conceptos nuevos y racionales son considerados, y en los cuales las muchas posibilidades de perfeccionamiento técnico con experimentadas.

Aún en la mayoría de los casos se continúa construyendo locales de albañilería, los mismos como para cualquier otro objetivo, se tapijan las paredes con materiales aislantes, y allí se instalan las tuberías más o menos extensas, diversamente plegadas, en las cuales circula el fluido frío.

Los almacenes frigoríficos actualmente en operación en México se han diseñado, la mayor parte de ellos, sin tomar en consideración las normas básicas de construcción y diseño, por lo que es de gran importancia el tener un documento que enmarque a éstas.

## 1.2 Objetivo del presente Trabajo.

Tomando en consideración lo anterior, y aunado a que en nuestro país no existe un estudio técnico cualitativo, ni mucho menos cuantitativo, de la situación actual o perspectivas futuras del diseño o construcción de los almacenes frigoríficos y a la necesidad de disponer de información técnica de este tipo de almacenes, se estructura y se elabora la presente Tesis cuyo objetivo general se puede resumir en :

"Recopilación y revisión bibliográfica para la elaboración de apuntes relacionados con la construcción de los almacenes frigoríficos, que servirán de apoyo didáctico a la asignatura de Ingeniería de Refrigeración y Congelación (9º semestre, Paquete Terminal) de la carrera de Ingeniero en Alimentos".

El objetivo aquí perseguido, debe complementarse con el conocimiento previo sobre la tecnología frigorífica y de las aplicaciones del frío en la conservación de los productos perecederos. De ésta manera podrán ser útiles y aplicables al diseño y construcción de un almacén frigorífico.

## II.- CONSIDERACIONES PRELIMINARES DE DISEÑO

### 2.1 Definición y Función de los Almacenes Frigoríficos.

Por almacén frigorífico (26), se le conoce a un local en el cual, el aire interior se mantiene dentro de un intervalo de temperatura, con la humedad, la ventilación y la pureza consideradas idóneas a la conservación de los productos perecederos almacenados.

El I.I.F. define como almacén frigorífico (18), a un edificio destinado al almacenamiento de determinados productos (especialmente productos alimenticios, con carácter perecedero), a regímenes bien definidos de temperatura e higrometría, a veces incluso en atmósfera artificial, que no pueden obtenerse en almacenes ordinarios sin aislamiento ni instalaciones frigoríficas.

En la práctica, se tienen almacenes frigoríficos de diferentes dimensiones o capacidades, desde aquellos más modestos de uso doméstico o comerciales, en los pequeños laboratorios, en los albergues, en las granjas agrícolas; hasta los más grandes y complejos de numerosos almacenes administrados por importantes empresas comerciales o industriales, de consorcio de productores (almacenes frigoríficos privados), o abiertos al público en donde se pueden depositar los productos como en cualquier almacén general (almacenes frigoríficos públicos).

### 2.2 Tipos y Clasificación de los Almacenes Frigoríficos.

1a. Clasificación).- Los almacenes frigoríficos pueden ser divididos en dos tipos generales, distinción basada en la naturaleza de los productos a conservar (18)(26):

(1) Frigoríficos Polivalentes.- Destinados a recibir cualquier producto que se desee, a según de la necesidad y del momento.

Son generalmente públicos, aseguran, esencialmente, la prestación de servicios por cuenta de terceros, por ejemplo: recepción, pesaje, manipulación, etc. Pero puede ser mucho más variado y comprender: refrigeración, congelación, acondicionamiento u operaciones anexas como: selección de frutas, deshuese de carne, etc.

Es recomendable que cada cámara o por lo menos grupos de cámaras, que forman el frigorífico polivalente, sean destinadas a recibir en diversos períodos, productos de diferente naturaleza, regulando

oportunamente los valores de temperatura, humedad relativa, etc., dentro de intervalos que represente el promedio de condiciones. - Con ésta concepción se facilita la utilización del frigorífico y evidentemente será más elástico el funcionamiento o gestión del mismo.

(2) Frigoríficos monovalentes o especializados.- Son aquellos destinados a recibir un sólo género o especie de producto a una temperatura uniforme. Estos son generalmente privados.

2a. Clasificación).- De particular importancia en lo que respecta a las formas de construcción de los frigoríficos, está basada en la temperatura de conservación; temperatura que puede ser arriba de 0°C, cuando se deban conservar alimentos al estado natural (refrigerados), o temperaturas abajo de 0°C, cuando se deban conservar productos congelados.

3a. Clasificación).- Clasificación comercialmente existente teniendo en cuenta su función económica, los describe como (26):

- (1) Almacenes frigoríficos de Producción o Expedición,
- (2) Almacenes frigoríficos de Distribución y
- (3) Almacenes frigoríficos de Consumo.

El almacén puede estar localizado bien en los lugares de producción, o bien cerca de los mercados de consumo, En el primer caso, el frigorífico tiene como finalidad enfriar o congelar los alimentos inmediatamente después de la captura, sacrificio y/o recolección o cosecha u otros procesos de acondicionamiento con vista a su expedición hacia un almacén de distribución, un mercado mayoritario o una industria transformadora y, en el segundo caso, su venta directa a los consumidores.

Los de distribución/producción son, generalmente, especializados y privados, y los de consumo, públicos y polivalentes.

En la actualidad prácticamente, y salvo algunas excepciones, los almacenes frigoríficos están localizados en las zonas de producción y son de carácter polivalente o mixto, es decir, pueden conservar la totalidad o una parte de los productos acondicionados antes de su expedición, están dotados de cámaras frigoríficas adecuadas para efectuar el enfriamiento inicial y mantener la temperatura óptima de conservación durante períodos más o menos largos según las exigencias y las aptitudes de los distintos productos alimenticios y según de la forma de comercialización en el mercado.

Los almacenes frigoríficos de distribución ofrecen las siguientes ventajas: (1) Transportación rápida a los grandes centros de consumo; (2) Los productos almacenados pueden ser entregados rápidamente con una vasta diversidad de alternativas a los lugares donde son requeridos; (3) Integra los períodos largos de almacenamiento de distintos productos a un precio de almacenamiento menor que otros muchos almacenes urbanos y en donde los costos - reales, impuestos, espacio deseado y condiciones particulares de almacenamiento son más satisfactorias.

Una clasificación más reciente (28), es hecha en base al desarrollo de almacenes refrigerados en cuevas o canteras, este tipo de frigorífico aún se encuentra en estudio y experimentación, de ahí que el presente trabajo se enfoque sólo al diseño y construcción de frigoríficos sobre la superficie del suelo.

Dado que se dispondrá de almacenes frigoríficos desde las zonas de producción hasta las de consumo, pasando por la de distribución, enlazados estrechamente con el transporte frigorífico a temperatura controlada, se cumplirá con la serie de exigencias que implica la aplicación del frío a los productos perecederos, inicialmente de buena calidad, que deben estar sometidos ininterrumpidamente a la acción del frío. Este conjunto de instalaciones constituyen la llamada "Cadena del Frío".

### III.- ACONDICIONAMIENTO DE UNA CAMARA FRIGORIFICA

Los factores que influyen en el acondicionamiento ambiental de una cámara frigorífica son:

#### 3.1 Temperatura.

El control de la temperatura en el medio principal para reducir a un mínimo las velocidades de reacciones enzimáticas y microbiológicas.

Se debe considerar que la temperatura influye en modo diferente sobre las particulares reacciones, por lo que se puede generalizar desequilibrios tales de provocar alteraciones de diferente naturaleza en el producto almacenado (cambios de color, pérdida de la consistencia, etc.), de ahí la necesidad de establecer una oportuna escala de valores a adoptar en función de las características del producto que se considera. En efecto, la selección de la temperatura óptima no puede ser igual para las diversas especies, así como no puede ser igual para todas las variedades de la misma especie y en el ámbito de la misma variedad puede variar en función de diversos factores, como en el caso de la frutas y hortalizas, es el estado de madurez el más apreciable.

La temperatura óptima para un mismo producto en conservación, puede variar con el tiempo, por lo que se debe adaptar a las diversas condiciones físico-químicas del producto, (6)(12)(16)(18)(22).

#### 3.2 Velocidad y Flujo Másico de Aire en Movimiento.

La velocidad y masa de aire en movimiento a seleccionar en una cámara frigorífica están en función de diversos factores (12)(16)(26)(29):

- a) Cantidad de calor emitido por el producto,
- b) Dimensiones de la cámara misma,
- c) Patrón de estibamiento y
- d) Velocidad con la que se quiere enfriar el producto.

La circulación del aire en el interior de la cámara puede ser:

- 1) Por convección natural o gravedad,
- 2) Por circulación activada.
- 3) Por circulación forzada:

3a. Por difusión y

3b. Por canalización.

En (1) sabemos que el aire frío es más denso que el aire caliente; por lo tanto, el aire enfriado por contacto en el evaporador tendrá tendencia a descender, y el aire calentado en contacto con las paredes y con el producto almacenado tendrá tendencia a ascender, estableciéndose una circulación natural por diferencia de densidades.

En (2), que se emplea en parte para corregir el defecto anterior, se activa la circulación natural por una disposición adecuada de tabiques y mamparas de conducción. La circulación del aire resulta de esta manera mejorada a pesar de la pequeña diferencia de temperaturas entre el aire frío y el caliente.

En (3), la circulación del aire se fuerza por la acción de un ventilador que da uniformidad a la temperatura, humedad relativa, etc.

Existen dos métodos de distribución del aire:

1) Por difusión.- En este caso el aire viene introducido en el ambiente a través de la superficie total del evaporador, que debe ser dotado de ventiladores de gran potencia; éste método es recomendable para cámaras de pequeñas y medianas dimensiones y de forma rectangular.

2) Por canalización.- Utilizable en cámaras de grandes dimensiones para mantener más uniforme la distribución del aire. Se distribuye en canales forma circular o a sección paralelepípeda, provistos de mamparas o deflectores para distribuir el aire en las diversas direcciones.

### 3.2.1 Estibamiento.

La circulación del aire está estrechamente condicionada al patrón de estibamiento, tanto que los frecuentes defectos reencontrados en los productos almacenados por variaciones de la temperatura, son imputables más a las erradas formas de carga que a los defectos de la instalación (potencia inadecuada de los ventiladores o de los evaporadores, reducida masa de aire -- circulante, ausencia de canalizaciones, etc.).

Se debe tener presente que si la distribución de las estibas no es correcta, tampoco será uniforme la temperatura; donde hay espacios vacíos el aire circula más velozmente, donde el estibamiento es más compacto el aire permanece inmóvil y la temperatura resulta más alta.

### 3.3 Grado Higrométrico.

Se llama Grado Higrométrico del aire a la relación entre el peso de vapor de agua que contiene 1 m<sup>3</sup> de aire y el peso que contendría si estuviera saturado de humedad a la misma temperatura (29).

También recibe el nombre de Humedad Relativa.

La cantidad de vapor de agua contenida en 1 m<sup>3</sup> de aire saturado varía con la temperatura en el mismo sentido que ella. Basta con que un punto -- cualquiera del ambiente que tenga una temperatura suficientemente baja capaz de provocar la condensación, para que el fenómeno se verifique en ese punto, independientemente de la temperatura de la cámara, causando una reducción de la humedad relativa. En la cámara frigorífica el evaporador representa en punto más frío (12).

El grado higrométrico será problema muy importante por los reflejos técnicos y económicos que implica, pero es descuidado por los operadores por un doble motivo: porque resulta gravoso realizar el control de las instalaciones ; porque se ignora la importancia y los efectos negativos sobre el producto conservado (12).

El grado higrométrico idóneo, si no óptimo, está en función de la naturaleza y forma de presentación del producto a conservar.

#### 3.3.1. Regulación Indirecta de la Humedad Relativa.

El principal factor que condiciona la humedad relativa lo representa la temperatura del evaporador. La diferencia de temperaturas entre la del aire de la cámara y la de la superficie del evaporador, a fin de que el vapor de agua no venga condensado y consecuentemente reducida la humedad relativa, debe estar contenida dentro de valores muy pequeños, Tabla I.

#### 3.3.2 Regulación Directa de la Humedad Relativa.

La regulación directa de la humedad relativa se realiza instalando en las cámaras frigoríficas los humidificadores.

Los humidificadores pueden ser:

- a) Vaporizadores.
- b) Nebulizadores y
- c) Atomizadores de cuarzo.

Los primeros inyectan partículas de agua de dimensiones muy pequeñas -- (del orden de micras) asegurando un mejor resultado con respecto a los se--

gundos, que inyectan gotas de agua.

Los atomizadores son de reciente introducción al sector frigorífico y son capaces de crear una finísima aerosolización de agua. Con el funcionamiento continuo y el consumo de un litro/hora de agua, es posible mantener en cámaras de 1000 m<sup>3</sup>, una humedad cercana a la saturación.

El funcionamiento de los humidificadores se provoca por medio de los higrostatos que registran y regulan la humedad relativa de una cámara sobre valores preseleccionados con desviaciones no superiores al 5% (12).

TABLA I: RELACION ENTRE LA TEMPERATURA DE ENFRIAMIENTO DEL AIRE, TEMPERATURA MEDIA DE LA CAMARA Y HUMEDAD RELATIVA (12).								
Temperatura de enfriamiento del aire (Superficie del evaporador), °C	Temperatura media de la cámara, °C							
	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5
	Humedad Relativa (%)							
- 8	60	55	50	48	44	41	36	35
- 7	66	60	55	52	48	45	42	39
- 6	71	66	60	56	52	48	45	42
- 5	77	72	66	61	57	53	49	46
- 4	85	78	72	67	62	57	54	50
- 3	92	85	78	73	68	63	58	55
- 2	100	92	85	79	73	68	64	59
- 1		100	92	86	80	74	69	64
0			100	93	87	81	76	70

### 3.4 Recambios de Aire.

Los operadores luego que advierten un intenso olor en las cámaras, realizan el recambio de aire introduciéndolo del exterior. El parámetro preseleccionado para establecer la necesidad del recambio es representado por una valoración olfativa de los olores del medio ambiente.

Un buen método para valorar la necesidad del recambio de aire, en caso de frutas y hortalizas, es aquel de determinar la concentración de anhídrido carbónico en las cámaras, tomando la actividad respiratoria de los frutos como elemento indicativo (6)(12)(16).

### 3.5 Lavado del Aire.

Cuando se tiene en conservación especies que desprenden cantidades notables de compuestos volátiles o que necesitan de ambientes privados de los mismos, para no incurrir en inconvenientes, se puede proceder al lavado del aire mediante el cual son alejados, fijados u oxidados los compuestos gaseosos del ambiente.

Para esto, se han propuestos métodos diversos como:

- a) Erogación o distribución de ozono en el ambiente.
- b) Instalación de depuradores a base de carbón activado.
- c) Búrbujeo del aire a través de soluciones alcalinas de permanganato de potasio.

Sin embargo, el método verdaderamente eficaz, que hasta ahora ha dado resultados satisfactorios, es:

- d) Lavado de aire en contracorriente de agua en columnas empacadas con anillos "Rashing" (12).

### 3.6 Incompatibilidad de Conservación de Productos en el mismo Ambiente.

La presencia de diversos compuestos gaseosos en la atmósfera sugiere otra alternativa a la posibilidad de conservar en el mismo ambiente productos diversos y cuales inconvenientes podría provocar tal mezcla de especies.

Existen una serie de incompatibilidades entre los productos a conservar o almacenados en una cámara, de las cuales se puede mencionar (16)(26):

- 1) Temperatura.- Todos los productos necesitan temperaturas diferentes de almacenamiento, inclusive variedades de una misma especie, por tanto no pueden almacenarse en los mismos locales. Si el espacio disponible es crítico, se podrían agrupar por su afinidad en un intervalo de temperatura adecuado.
- 2) Humedad Relativa.- A temperaturas iguales, las humedades no siempre son las mismas y conviene no mezclar productos que necesitan humedades diferentes.
- 3) Olores.- Esta es una incompatibilidad de especial importancia. La mayor parte de los inconvenientes que se presentan en la conservación y la mayor parte de las alteraciones y perjuicios son provocados por los diferentes olores.

Todos los productos que contienen grasas absorben olores, por tanto, se debe evitar el contacto de estos con aquellos que desprenden olores fuertes o desagradables.

Las cámaras deben estar totalmente separadas y, para productos como los cítricos, incluso los almacenes deben estar separados.

- 4) **Atmósferas Especiales.**- En el caso de los productos hortofrutícolas, existe la necesidad de almacenar ciertos productos en atmósferas especiales, controladas de una manera muy estricta, porque todos los frutos no exigen la misma concentración de oxígeno o de anhídrido carbónico.

#### IV.- DETERMINACION DE SUPERFICIES

##### 4.1 Consideraciones Generales.

En la determinación de las superficies de las cámaras se deben tomar en cuenta una serie de factores, entre los que se pueden mencionar:

- 1) Naturaleza de los productos: en estado refrigerado o congelado.
- 2) La densidad de almacenamiento, que es función de la naturaleza del producto. A título indicativo, se puede adoptar como densidad media de almacenamiento, entre 150 y 200 Kg/m<sup>3</sup> para los productos refrigerados y unos 300 Kg/m<sup>3</sup> para productos congelados (18)(26).
- 3) Modo de manipulación: manual o mecánica.
- 4) Patrón de estibamiento: tarimas, "pallets", estantes o soportes metálicos, etc.

Adoptada una capacidad, expresada según la cantidad de productos a almacenar, se debe de aquí pasar a las dimensiones globales del almacén o de los almacenes que deberán contenerlos.

Para ese fin se distinguen las siguientes magnitudes características:

- a) Estiba.- Apilamiento o colocación ordenada de una cierta cantidad de productos.
- b) Estibamiento.- Es la distribución conveniente de las estibas en el interior de la cámara frigorífica.
- c) Densidad de Estibamiento.- Es la cantidad de productos que pueden ser estibados en un metro cúbico de espacio completamente lleno.

Para productos o embalajes que tienen forma geométrica regular, este dato es fácilmente determinable, la Tabla II ejemplifica algunos casos.

Cuando los productos tienen formas irregulares, es todavía posible valorar con buena aproximación la masa que puede ser apilada o estibada en un determinado espacio (Ejemplo típico es aquel de la carne en cuartos de canal congelada).

A la vez, la posibilidad de almacenar determinadas cantidades de productos en un espacio dado es dependiente del momento en el cual esos son dispuestos, que deberá por tanto ser especificado o sobreentendido cuando se expresa la densidad de almacenamiento, ejemplo típico es el caso de la carne en canal suspendidas de rieles, en el cual deberá ser indicadas las tallas medias de las canales mismas y las distancias a las cuales esas es-



tán suspendidas. Las figuras 1, 2 y 3 muestran algunas distancias y dimensiones características (6)(7)(16)(26).

- d) Volumen bruto. - El volumen bruto de un almacén es aquel geométricamente comprendido entre sus paredes, el piso y el techo.
- e) Volumen Util. - Es la suma de los volúmenes de todos los espacios en los cuales pueden ser depositados los productos a conservar. Es decir, es el volumen bruto menos el volumen ocupado por los equipos -- productores o distribuidores de frío.
- f) Volumen Neto. - Es el volumen útil menos los espacios ocupados por -- los pilares o equipo, o que deben ser dejados libres a lo largo del piso, de las paredes y del techo para regular la distribución del aire, así como para el tráfico interno.

Esta última deducción es incierta y variable de caso en caso.

Por ejemplo, si en un almacén es depositado un producto del mismo género, de un sólo propietario (Frigorífico privado) que pueda ser después de la conservación retirado con orden indiferente, se podrá llegar, para la más completa utilización del almacén, a llenarlo completamente y así reducir casi a nada el espacio dejado libre para el tráfico de los productos.

Si por el contrario, el almacén debe contener productos de diversa naturaleza o de muchos propietarios (Frigorífico público), que deban ser introducidos o retirados en orden obligatorio, pero no prefijado, las dimensiones a respetar para los corredores o pasillos utilizados para el tránsito o manipulación dentro del almacén deberá ser considerable (16)(26).

- g) Relación de Volumen Util. - Es la relación entre el volumen útil suma do de uno o más almacenes reagrupados en una construcción, y el volumen externo de tal construcción, para la parte que comprende no sólo los almacenes en palabra, sino los locales de procesos, los huecos - de las escaleras y de los montacargas y cuanto es necesario para el tráfico y el enfriamiento.

Este es un dato de mucha importancia y sobre el cual se hablará varias veces, ese indica si la disposición proyectada es más o menos razonable y económica en las diferencias del costo de la planta.

- h) Grado de Almacenamiento. - Se distingue para un almacén dado y en un determinado momento, referido a la utilización, es la relación entre la cantidad de productos realmente almacenados y aquella que podría ser contenida en todo el volumen útil.

- i) Grado de Utilización.- Se dice así a la media de los grados de almacenamiento en los diferentes días de un período considerado (año, meses, etc.) e influye en los balances de utilización.

#### 4.2 Dimensionamiento de las Cámaras Frigoríficas.

Para pasar a la estimación de la cantidad máxima de productos a conservar en el volumen bruto de los almacenes, se deberá no solamente tener en cuenta de las consideraciones necesarias para pasar del volumen útil al bruto, sino también tener en cuenta un razonable patrón de estibamiento, del conocimiento de casos análogos o de previsiones sobre las modalidades del futuro uso.

El problema de la selección de las dimensiones de una cámara está estrechamente unido a la técnica de ventilación y al patrón de estibamiento: por lo que se debe establecer la conveniencia de construir y gestionar cámaras de pequeña o de gran capacidad.

Las cámaras de grandes dimensiones son más económicas, en cuanto son menores los gastos de construcción por unidad de volumen; desde el punto de vista operativo no son siempre idóneas, a causa de las dificultades enlazadas con el llenado y el desarreglo del producto, la imperfecta ventilación y la no uniformidad de la temperatura que se refleja, en definitiva, en una mala conservación. En realidad, en las cámaras grandes es fácil encontrar una irregular areación con temperaturas no uniformes; no siempre es posible complementar el llenado en tiempos breves; frecuentemente viene a faltar la homogeneidad del producto y es difícil predisponer de un estibamiento regular.

Por otra parte las cámaras pequeñas resultan poco convenientes sea desde el punto de vista de la administración (inferior carga unitaria), sea por el hecho que la construcción es bastante costosa (12)(18)(26).

La forma y dimensiones del frigorífico guardan relación con la velocidad de deshidratación del producto. En proporción con la cantidad de productos que contiene, en una cámara pequeña penetra más calor que en una grande, porque su volumen aumenta más que el área de su superficie (26). Por esto es más probable que una cámara grande ofrezca mejores condiciones de almacenamiento que dos más pequeñas de la misma capacidad.

Para reducir al mínimo el paso del calor por el aislamiento, la forma ideal sería un cubo, que combina el mayor espacio de almacenamiento con la menor área de superficie. Los productos se pueden estibar hasta una altura de 8 m. con carretillas elevadoras (montacargas), y por ello, para dar a un gran frigorífico la forma cúbica ideal hay que construirlo de varias plantas, aunque esto plantea problemas de entrada y salida de productos, que revisten especial importancia cuando se trata de un frigorífico general muy activo. Por esto casi todos los frigoríficos modernos son de una sola planta con una fachada bastante amplia para permitir el acceso fácil para cargar y descargar (3)(26).

Todas las razones concurren en el aconsejar de tener alturas en los almacenes cuanto más altas sean posible. La altura tiene, igualmente influencia sobre los porcentajes de reducción de superficie y, especialmente sobre aquel que permite determinar el volumen prácticamente utilizado.

Los límites a las alturas de los almacenes son dados por los medios mecánicos de manipulación usados para el estibamiento de los productos y de la resistencia mecánica de los embalajes o de los productos mismos si no tienen embalaje (8)(26).

Otras veces una menor altura es impuesta por la naturaleza misma de los productos, que no pueden ser estibados, como es el caso de la carne refrigerada suspendida de rieles (Figuras 1,2y3).

Las dimensiones lineales de las cámaras frigoríficas se fijarán de acuerdo con los medios de manipulación adoptados; si la manipulación es manual o mecánica, la altura de la cámara estará limitada. No debe sobrepasar los 4 metros si las cámaras se emplean exclusivamente para la prerrefrigeración del producto, ya que en este caso el tiempo de permanencia es bastante breve, en general inferior a la duración de un día. El sistema de transporte interno deberá ser rápido, lo que no permite que la estiba de las cargas colocadas en tarimas tenga una altura superior a dos niveles.

En cambio, tratándose de cámaras de almacenamiento prolongado y con los modernos medios de manipulación, la altura podrá alcanzar hasta 8 metros e incluso más, debido a estibas de 4 o 5 tarimas o "pallets" (26).

Pero también las carretillas elevadoras, que se describen en el capítulo (XI), resultan excesivamente complicadas si deben emplearse para estibas muy

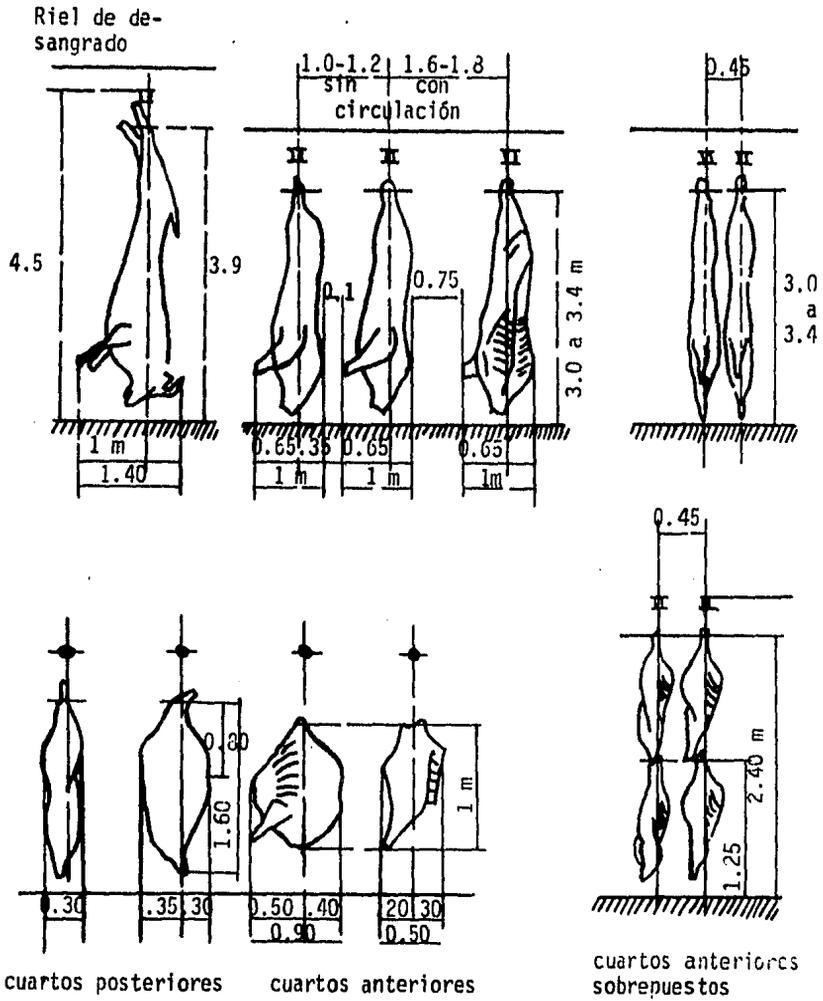


Fig.1.- Dimensiones de las cárcas de reses. (metros).  
(7),(15).

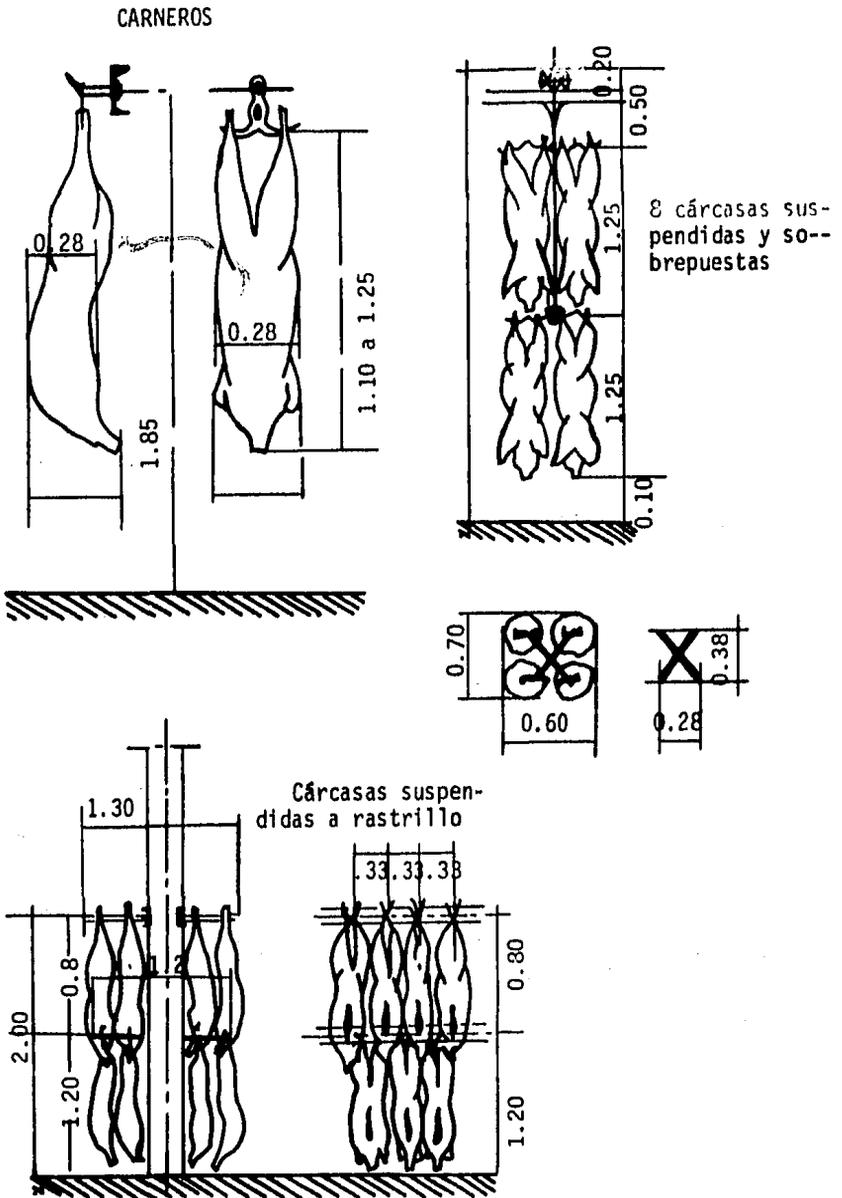


Fig. 2.- Dimensiones de las cárcasas de carneros. (metros).  
(7), (15).

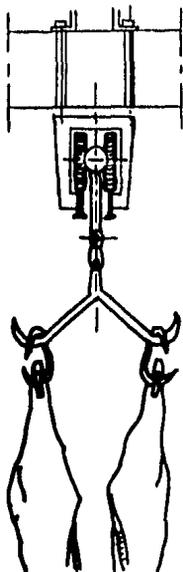


Fig. 3a. Riel doble con carro a dos ganchos.

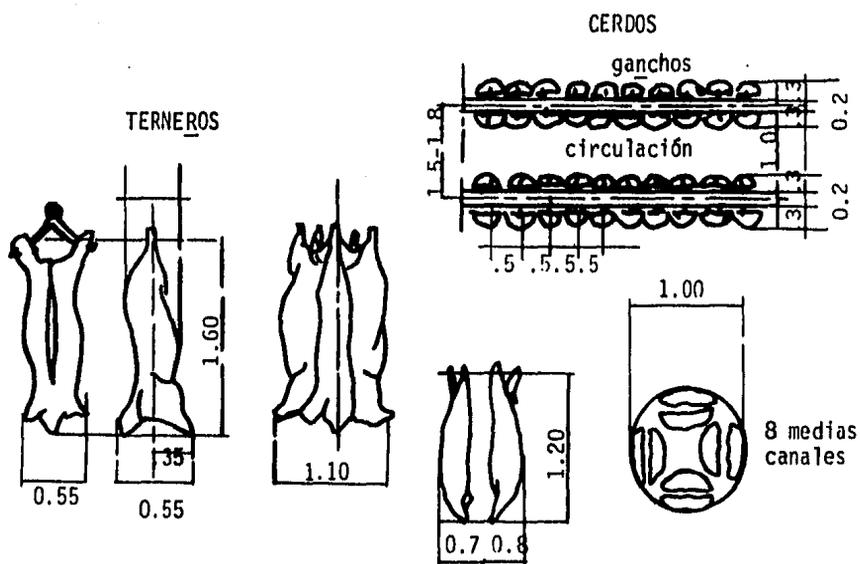


Fig. 3b. Dimensiones de las cárcasas de terneras y de los cerdos (metros). (7), (15).

altas, por lo cual la altura de 10 metros aproximadamente, parece un límite a no superar en las actuales circunstancias (26).

Hay que tener en cuenta, por otra parte, que la altura de una cámara es igual a la altura de la estiba de los productos aumentada en una cifra de 0.8 a 1.2 m. Este espacio libre es indispensable para una buena circulación del aire impulsado por los ventiladores de los evaporadores, como se muestra en la Figura 4.

La longitud y el ancho de las cámaras estarán en función de las condiciones de explotación prevista y del tipo de equipo frigorífico que se adopte.

Para mantener una buena circulación del aire dentro de las cámaras con la consecuente uniformidad de la temperatura y, para facilitar la determinación de las dimensiones de las cámaras frigoríficas, normalmente se deben dejar los siguientes espacios libres (12)(18)(26):

- a) Entre pared y estiba (para evaporadores.....de 0.20 a 0.40 m de techo).
- b) Entre pared y estiba (para difusores de.....de 1.00 a 2.00 m piso).
- c) Entre estiba y estiba.....de 0.10 a 0.20 m
- d) Entre piso y estiba.....de 0.10 a 0.15 m (espesor de la tarima).
- e) Entre estiba y el techo.....de 0.80 a 1.20 m
- f) Pasillo de manipulación.....(es función de - de la forma y medio de manipulación, generalmente se toma de 1.00 a 4.00 metros).

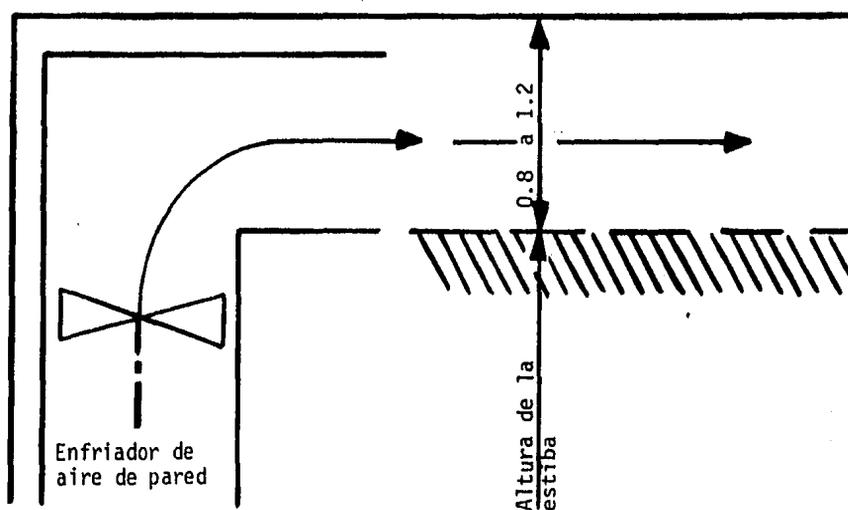


Fig.4.- La altura de las cámaras frigoríficas es igual a la de las estibas aumentada entre 0.8 m y 1.2 m para permitir la circulación del aire frío. (18).

## V.- PRINCIPIOS, DISPOSICION Y CONSTRUCCION DE LOS ALMACENES FRIGORIFICOS

### PARTE A) PRINCIPIOS Y DISPOSICION DE LOS ALMACENES.

Como se ha especificado al inicio de esta tesis, el objetivo principal de la misma es el de exponer las apropiadas normas o consideraciones para la construcción de los almacenes frigoríficos, sin entrar en el amplio campo y aún inagotablemente explorado de las condiciones óptimas requeridas - para la conservación de los productos perecederos.

El proyectista recogerá sobre este punto las necesarias informaciones de los biólogos, de los especialistas en las diferentes tecnologías, o de la misma bibliografía existente; su deber será el de preparar los medios - necesarios para crear y mantener las condiciones ambientales requeridas en las aplicaciones particulares.

También la capacidad que el frigorífico deba alcanzar en su primera -- realización y con las sucesivas ampliaciones; este dato debe ser proporcionado al proyectista por los interesados en la obra. Inclusive él podrá intervenir, con su sentido práctico y con su experiencia, en la crítica del - anteproyecto diseñado y a sugerir razonables modificaciones.

#### 5.1 Influencia de los Factores Externos.

##### 5.1.1 Terreno.

En la construcción de un almacén frigorífico influye de gran manera la calidad del suelo, que no puede modificarse y a ella debe adaptarse el modo de cimentar y de construir el almacén.

Es evidente, que es preferible construir sobre un suelo de buena calidad, seco y resistente, pero si es necesario construir en un terreno pantanoso; hay que hacerlo bien.

Si el terreno es pantanoso, será necesario cimentar sobre pilotes para apoyar los pilares del almacén en asientos perfectamente estables.

Si el terreno es de buena calidad, la construcción será más simple utilizando zapatas corridas o aún más simple con losa continua.

El terreno se debe seleccionar en función a los criterios que intervienen en la explotación y, en particular, de la infraestructura.

Es necesario disponer de la superficie suficiente para permitir la realización de amplios estacionamientos y patios de maniobras y que, asimismo, permita las futuras ampliaciones.

Es necesario también, y esto es esencial, que haya a proximidad terrenos disponibles para poder implementar industrias tributarias del frfo (Mataderos, lácteas, ortofrutícolas, etc.)(6)(21)(26).

### 5.1.2 Orientación.

Al tener cuatro fachadas el almacén, todas estarán expuestas a las radiaciones solares; al menos, de que las cámaras que conforman el almacén - se encuentren bajo protección de un techo principal, es decir, son construidas con techos a falso plafón. De ahí que se tome en cuenta las radiaciones solares y la dirección de los vientos dominantes, entre otros.

## 5.2 Disposición de los Almacenes Frigoríficos.

Establecida la cubrición y la altura de los locales destinados a formar los almacenes, así como la determinación de las dimensiones lineales, viene en consecuencia la extensión en planta, es decir, el sucesivo problema que el proyectista de un frigorífico es llamado a resolver, es aquel del número y de las disposiciones a dar a los varios locales o almacenes que lo compongan.

En particular, deberá decidir si construir un frigorífico sobre una o varias plantas. En ésta selección, dos principalmente son las exigencias a tener presente: el costo de la obra, y la comodidad en su utilización, o en otras palabras, los gastos de la futura administración.

Desde un punto de vista térmico, la disposición en varias plantas -- trae como ventaja la reducción al mínimo de la superficie de las paredes exteriores. También desde el punto de vista económico porque se reducen -- las superficies en la planta, las cimentaciones y cubiertas (21)(26).

La superficie a través de la cual viene transmitido el calor externo -- en los almacenes, disminuye al aumentar el número de plantas, por lo menos hasta alcanzar la forma cúbica (26)(28). Pero se ha demostrado que la influencia de este factor es mínima, por lo cual a este punto se puede concluir que la disposición en una sólo planta es la más conveniente, salvo -- casos excepcionales (26).

En casos particulares se puede llegar a una limitada disponibilidad de terreno (ejemplo, sobre los muelles o pendientes de un puerto), de tal forma que la adopción de un determinado número de plantas resulta indispensable y fuera de discusión, independientemente del costo de la construcción.

Algunas de las desventajas que se tienen como consecuencia de la construcción de almacenes de varias plantas son:

- a) Dificultad de aislamiento.
- b) Dificultad de construcción.
- c) Dificultad de explotación.

Existe una dificultad en la realización de una perfecta continuidad del aislamiento en los pisos y en las paredes o pilares. Se llega, así, a realizar un doble aislamiento: aislamiento interior para evitar las transmisiones de calor de cámara a cámara y aislamiento exterior para evitar las transmisiones de calor con el exterior (8)(26)(28).

Si las vigas de los pisos son difíciles de aislar, los pilares lo son aún más. Estos atraviesan las cámaras, atraviesan el aislamiento y terminan en zapatas de grandes dimensiones, y muy armadas, que constituyen un magnífico agente de transmisión de frío, que hacen que exista el riesgo de que se provoque la congelación del suelo, cuyos efectos se pueden observar en la Figura 13.

También los pilares constituyen un serio obstáculo para la manipulación.

Las desventajas anteriores han sido pautas para modificar el modo de construcción de los almacenes frigoríficos, pero no hubieran sido suficientes, y se hubiera seguido construyendo en altura, con todos sus inconvenientes, sino se hubiera inventado un equipo cuya aparición revolucionó todos los métodos de manipulación y, especialmente, en los almacenes frigoríficos; se trata de la carretilla elevadora con horquilla (conocida comúnmente como Montacargas).

La transformación radical de las técnicas de construcción es debido a actualmente el costo de la fuerza motriz es barata y la mano de obra cara. Los problemas técnicos estarán por debajo de los problemas de explotación, buscándose, ante todo, reducir los gastos de manipulación y facilitar el trabajo (26).

De las carretillas elevadoras se puede decir que es el órgano quien ha creado la función y trae como consecuencia dos hechos:

- 1) El aumento de la altura de las cámaras frigoríficas y
- 2) La construcción de cámara a un sólo nivel.

### 5.3 Disposición en Planta.

El siguiente problema que se debe resolver es el determinar el número de los locales entre los cuales subdividir la extensión de los almacenes en planta.

El diseño de este tipo de plantas debe ser proyectado teniendo en consideración tres factores fundamentales (3):

- 1) Producción.
- 2) Almacenamiento.
- 3) Ampliaciones.

No debiéndose olvidar los siguientes puntos:

- 1.- Una localización conveniente para los productores, agencias de camiones de embarque y distribuidores.
- 2.- Un fácil acceso de carreteras principales, así como una buena comunicación local y regional.
- 3.- Se deberá tomar en cuenta el espacio para maniobrar los camiones en la planta, sin obstruir el tráfico diario de servicio.
- 4.- El costo del terreno no deberá ser excesivo en comparación con la inversión total.
- 5.- Facilidad para obtener energía eléctrica, agua potable y drenaje.
- 6.- Proveer a la planta de espacio dedicado a basura y desperdicio.

Para determinar el tamaño y las funciones del edificio, se deberá considerar lo siguiente (3):

- 1.- El producto de llegada a la planta así como el producto de salida, ¿será transportado por tren, camión o barco?  
Ya que el diseño de la plataforma de recepción y expedición, así como el tráfico interno del producto son puntos a considerar, como se muestran en las Figuras 5, 6 y 7.
- 2.- Establecer el porcentaje de producto que será destinado para estar almacenado a corto, mediano y largo plazo.
- 3.- ¿El producto será recibido o expedido en grandes o pequeños lotes?  
Un sistema de bandas transportadoras o montacargas podría ser la solución a los problemas de tiempo y espacio.

Figura 5.-

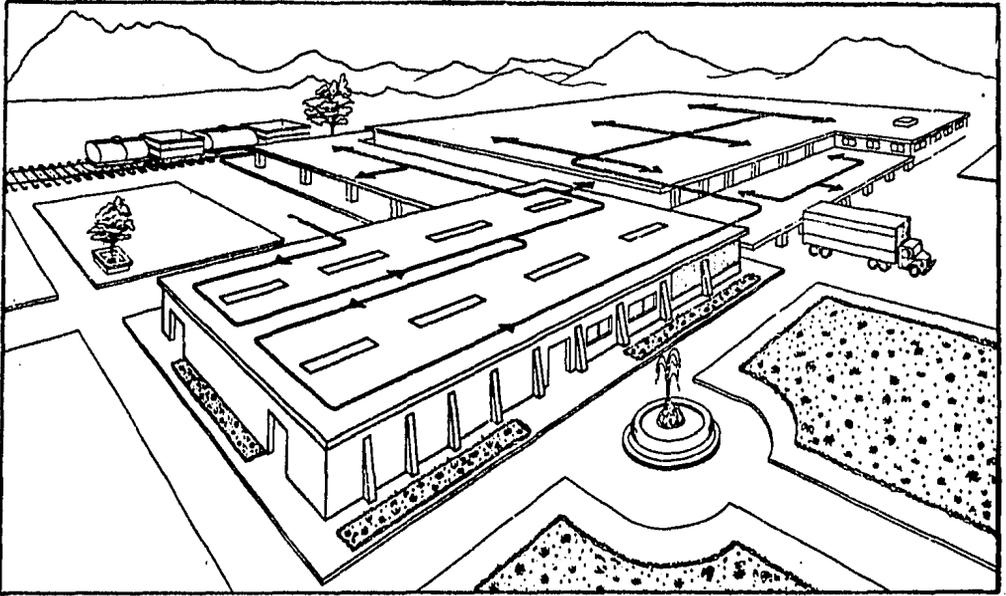
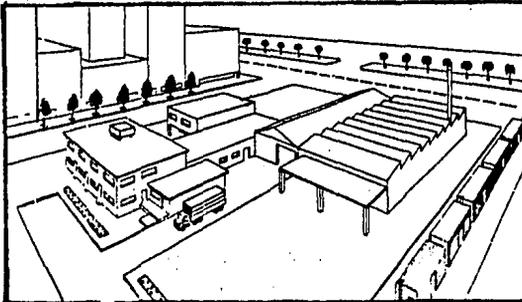
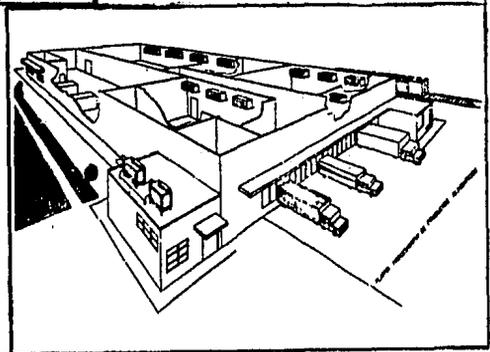


Figura 6.-



Plataformas de recepción y expedición para productos alimenticios.

Figura 7.-



4.- Se deberá considerar la forma más rápida y eficiente para estibar - el producto.

¿Será necesaria la construcción de anaqueles, o el producto se almacenará en sus envases o embalajes.

5.- ¿Se rentará espacio o será de uso particular?

De la Tabla III y Diagrama D-1, se obtienen informaciones prácticas para almacenes frigoríficos con estructura de concreto y para la determinación de la altura del producto almacenado en función de la capacidad de almacenamiento y de la superficie refrigerada, respectivamente.

Con la adecuada disposición en planta se deben perseguir los siguientes objetivos (26):

- 1.- Facilitar las manipulaciones.- De recepción y expedición, tomando en cuenta los medios de transporte.
- 2.- Facilitar el control y la vigilancia.
- 3.- Facilitar la distribución de frfo.

En base a los tres factores fundamentales, en el proyecto de un frigorífico será siempre más ventajoso adoptar el mínimo de locales que las circunstancias permitan, tomando en cuenta el tipo de almacén frigorífico y la naturaleza del producto a conservar.

En los edificios que acogen los almacenes frigoríficos, deben encontrarse otros locales necesarios para el desenvolvimiento de operaciones conectadas con el servicio de los almacenes mismos (3)(26).

- a) Puestos o sitios para la recepción y expedición de los productos conservados. Serán proyectados en relación a los medios de transportes internos y externos previstos, así como de instrumentos de pesaje, - cuartos de vigilancia y oficinas. En relación a la importancia y naturaleza del tráfico, podrán comprender andenes de ferrocarril, o marítimas, o para camiones.

El tráfico puede ser de flujo alternativo cuando los mismos andenes se utilizan para la recepción y expedición, y de flujo continuo, cuando los productos circulan siempre en el mismo sentido.

- b) Salas para el proceso o confección y las manipulaciones, con los utensilios en relación a la naturaleza de los productos a almacenar y de los tratamientos que estos deben sufrir.

Los productos hortofrutícolas, por ejemplo, tienen la necesidad de ve--

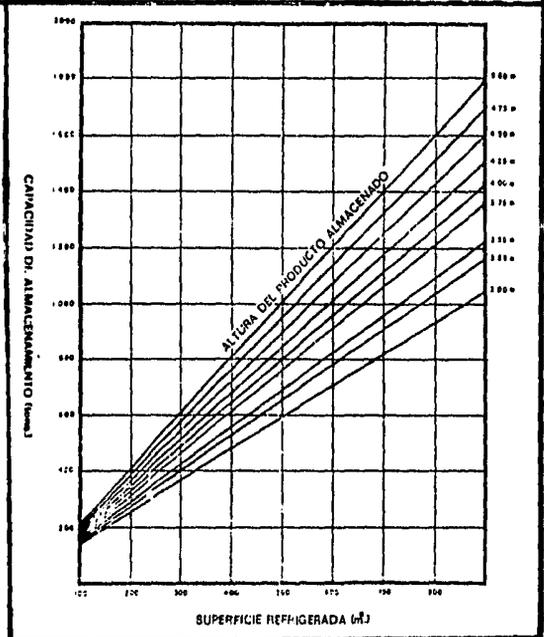
TABLA III.-

## INFORMACION GENERAL PARA ALMACENES FRIGORIFICOS CON ESTRUCTURA DE CONCRETO

Capacidad de Almacenamiento (TNS)		100	200	300	500	800	1 000
Capacidad de Congelamiento (TNS/día)			5	10	15	20	20
SUPERFICIE (M <sup>2</sup> )	Almacén de Producto	123.0	231.5	283.5	443.5	698.0	978.0
	Antecámara	33.1	54.5	69.5	59.5	99.2	132.0
	Congelador		23.2	40.5	62.6	89.3	89.3
	Antecámara del Congelador			23.2	36.4	39.7	39.7
	Cuarto de Máquinas	33.1	46.3	52.9	59.5	109.0	129.0
	Cuarto de Proceso	49.6	66.1	66.1	92.5	158.5	158.5
	Oficinas Generales			26.4	33.1	59.5	59.5
	Café o Cuarto de Recreo			21.5	24.8	44.6	34.7
	TOTAL	247.8	421.6	583.6	817.9	1 297.8	1 630.7
AISLAMIENTO (mm)	Almacén Producto	150	150	150	150	150	150
	Congelador	200	200	200	200	200	200
	Antecámara	100	100	100	100	100	100
	Material Poliestireno						
CAPACIDAD DEL COMPRESOR	Almacén de Producto	11.5	22.5	25.2	34.3	46.7	64.3
	Congelador		14.6	29.2	43.9	58.8	58.6
	Antecámara	0.9	1.3	2.5	2.6	3.4	3.8
	TOTAL	12.4	38.4	56.9	80.8	108.9	126.7

\* Las plantas se diseñaron para trabajar con refrigerantes NH<sub>3</sub> y las capacidades de los compresores (T.R.) están basadas en 5°F (-15°C); Temperatura de succión y 86°F (30°C) temperatura de condensación.

Diagrama 1.- Nomograma para la determinación de alturas de estibamiento en cámaras frigoríficas.



nir controlados, seleccionados, y embalados; y similares tratamientos pueden efectuarse totalmente o en parte antes o después del período de conservación.

El acondicionamiento del aire en las salas de procesos es útil, no sólo para el bienestar del personal, sino también para la buena conservación del producto. Puesto que las salas son generalmente muy amplias, y deben permanecer frecuentemente abiertas, su acondicionamiento resulta gravoso, y casi siempre se renuncia a tenerlo, sin de que de ello se deriven inconvenientes. Por análogas razones se busca, durante el invierno, de limitar el calentamiento en algunas zonas del edificio, en las cuales se desenvuelve el reducido trabajo estacional.

- c) Son siempre necesarios los locales para la instalación de las maquinarias (salas de máquinas, cabinas eléctricas de transformación, etc.) Convendrá que esos tengan las dimensiones suficientes, mayores al necesario, sin acceso y espacios inútiles.

Deberán ser dispuestos en modo de interferir lo menos posible con el tráfico de los productos, en posición apartada, eventualmente subterráneos o elevados. Deben también satisfacer las normas de seguridad que exigen las leyes en vigor al respecto.

- d) Cuando los procesos del producto en el frigorífico resulten excesivos y requieran de numeroso personal, deberán ser previstos los servicios para los trabajadores; con accesos controlados y con todas las precauciones previstas de los usos y de las leyes.
- e) Deberán preverse también suficiente locales para uso de oficinas, de portería y de habitación para los guardias, para eventuales o permanentes laboratorios de control de calidad, etc.
- f) Es conveniente también disponer de pasillos de servicio. Generalmente éste se construye por encima del pasillo de manipulación externo a las cámaras. En este caso, los evaporadores se colocan en la cámara a la misma altura, lo que permite aumentar la superficie útil de almacenamiento.
- g) Otros como empalmes ferroviarios, jardines, accesos, etc.

En las Figuras 8 y 9 se muestran algunas disposiciones de almacenes frigoríficos.

Figura 8.- Planta tipo de Refrigeración Industrial (3).

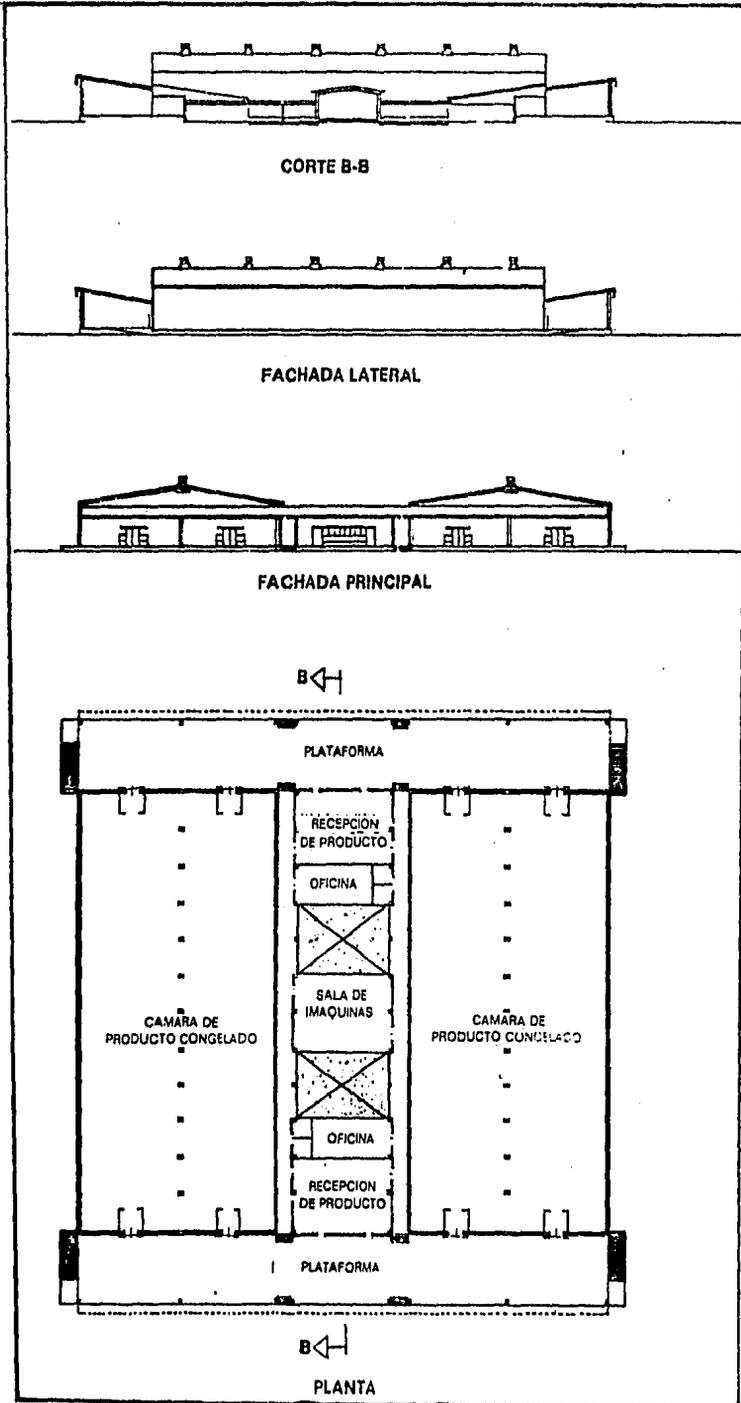
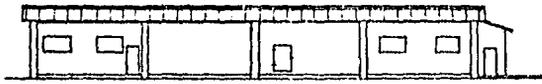
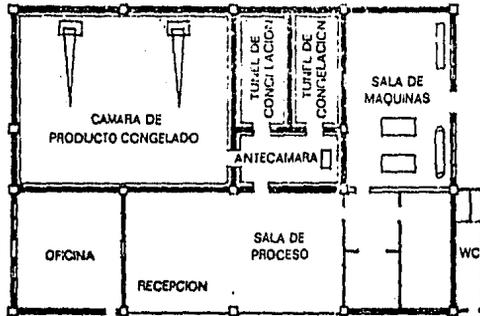


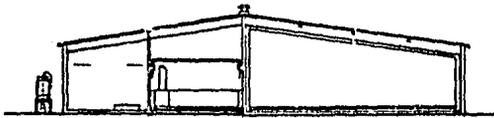
Figura 9.- Planta tipo de Refrigeración Industrial (3)



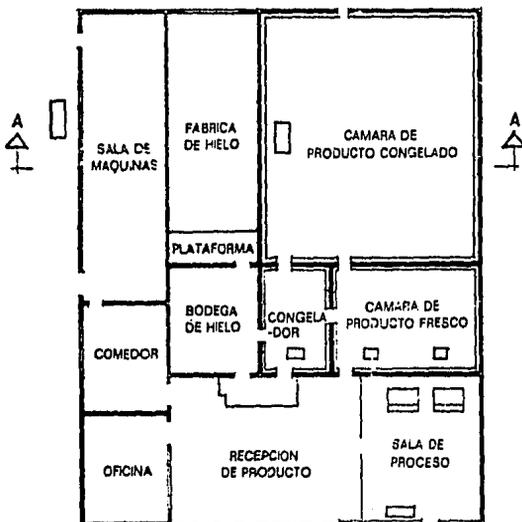
FACHADA



PLANTA



CORTE A-A



PLANTA

La habilidad del proyectista de un frigorífico se manifiesta en el modo de disponer los almacenes previstos, así como los otros locales para el tráfico, los procesos, las salas de máquinas, los puestos de control, etc., en modo de rendir cómodos y breves los accesos y los movimientos internos, de reducir los espacios vacíos; en una palabra para aumentar la relación -- del volumen útil.

Dentro de los locales de servicio para un frigorífico, no se consideran, por estar en desuso, las llamadas "antecámaras frigoríficas", reconociéndose actualmente su inutilidad. La figura 10 representa una "antecámara simple".

Gravoso para el transporte e inútil a cada efecto resultará depositar provisoriamente los productos en los locales que no sean aquellos donde deberán ser conservados.

Puede darse que algunas especies de frutas, en relación a su estado de madurez a la cosecha, tengan necesidad de permanecer algún tiempo a la temperatura ordinaria antes de ser introducidas en los almacenes fríos; o que otras especies de frutas después de extraídas del frigorífico tengan necesidad de tratamientos naturales o artificiales para ser conducidas al estado requerido del comercio. Otras veces algunos productos deben ser rápidamente refrigerados o congelados antes de introducirlos en los almacenes de conservación.

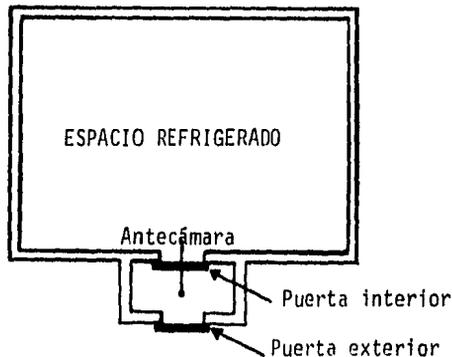


Fig.10.-Antecámara en un frigorífico.(8).

En todos estos casos deberán ser previstos los adecuados locales de trabajo y de instrumentación, pero que no deben ser considerados como "antecámaras" de los almacenes.

Así también convendrá abolir o por lo menos reducir al mínimo necesario los pasillos de mantenimiento o servicio, cuya construcción, como el caso - de las "antecámaras", con la finalidad de economizar gastos de construcción y para la mejor utilización del espacio.

Posteriormente en el capítulo VI, se tratará el problema provocado por las corrientes de aire frío que pueden resultar molestas a los trabajadores de puestos fijos, por lo que se deben de adoptar dispositivos apropiados para su eliminación.

## PARTE B) CONSTRUCCION Y ESTRUCTURA

En la construcción de los edificios destinados a acoger los almacenes frigoríficos se han hecho hasta ahora algunas innovaciones respecto a las clásicas estructuras industriales, este es el campo en el cual son posibles los más radicales perfeccionamientos, y las más sensibles reducciones de los costos.

La construcción y estructura de los almacenes frigoríficos, se clasifican - en dos tipos (17)(26):

- (1) Almacenes frigoríficos de construcción clásica,
- (2) Almacenes frigoríficos prefabricados.

### 5.4 Almacenes Frigoríficos de Construcción Clásica.

Las construcciones generalmente usadas del tipo de albañilería, con estructuras soportes de cemento armado; los pisos en los edificios a varias - plantas de cemento armado o mixtos de cemento y ladrillo; techo o tejado, en los edificios a una planta, de ladrillo y mantos de tejas; paredes de tabique.

Estos tipos pueden resultar convenientes cuando la construcción sea racionalmente proyectada, siguiendo criterios de razonable economía.

Las estructuras soportes deberán adecuarse a las cargas a soportar, por efecto de los productos y de los agentes externos.

En los edificios a una planta de albañilería, muy difundidos en la práctica, permiten realizar amplias salas desprovistas de pilares de sostén.

En los edificios a varias plantas, las cargas gravantes sobre los pisos son aquellas inherentes al estibamiento de los productos, uniformemente repartidas.

Para los pisos fuertemente cargados, el tipo de planta a hongo, sin nervaduras, reduce los obstáculos en altura; simplifica los revestimientos aislantes y por la ausencia de vigas o armazones sobresalientes, facilita el paso de conductores, tuberías y canalizaciones.

Los almacenes de gran amplitud no obstaculizados por pilares resultan - muy cómodos y estéticos, y son siempre aconsejables en los edificios a una planta. En los edificios a más plantas, la abolición de los pilares y la - adopción de pisos precomprimidos, importa a veces gastos mucho mayores y es discutible si las ventajas prácticas y estéticas obtenidas los justifican.

Las albañilerías en elevación para la formación de paredes, cuando no tienen funciones de soportes, deben ser consideradas solamente como sostenes y protecciones de los aislamientos térmicos.

Las paredes de ladrillos con huecos en su interior son desaconsejables por su mayor costo, por el escaso contributo que dan al aislamiento las capas verticales de aire, en los cuales los movimientos convectivos permanecen libres, además porque son incontrolables las condensaciones de humedad en los espacios vacíos.

Además de estas clásicas y difundidas formas constructivas de albañilería, son de tener en consideración soluciones más recientes (2)(21).

Para los edificios a una planta, en los cuales el tejado debe sostener sólo el manto impermeable y las presiones de los vientos y la nieve, las estructuras ligeras de fierro a contrapeso o tubulares pueden resultar más económicas, permitir una rápida instalación y eventuales remociones y movimientos de lugar.

Existen comparaciones entre los costos de un cobertizo hecho con ladrillos sobre pilares de cemento armado, con manto de techo de tejas, y un análogo cobertizo de la misma medida hecho con perfiles ligeros de fierro o --techo con placas de fibrocemento (Figura 11). La diferencia resultante no es notable, lo que quiere decir que la conveniencia de un tipo y del otro puede depender de circunstancias del momento y del lugar.

También en los edificios a más plantas es posible preveer estructuras -soportes de fierro, y hacer una comparación de gastos respecto a los otros tipos.

Se entiende que se deberá analizar atentamente y resolver el problema -del aislamiento térmico.

Las estructuras de fierro se prestan en particular a recibir sellos verticales y mantos de cubierta ligeros, parcialmente o totalmente precontruidos, de los que se hablará más adelante. Además, mediante los así llamados hierros guiamuros, se permite que sean estables las paredes de ladrillos --muy delgadas.

#### 5.4.1 Cimientos.

Es de interés recalcar la importancia del estudio del terreno, realizan los sondeos necesarios para determinar la profundidad del firme, esto in

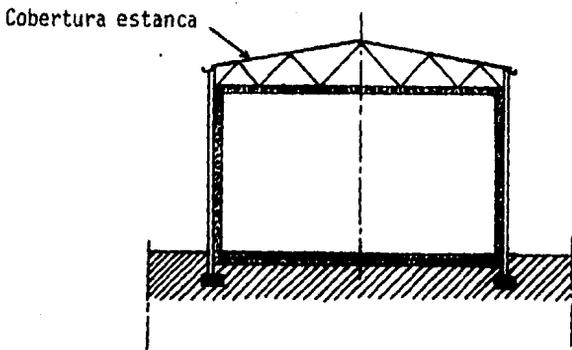
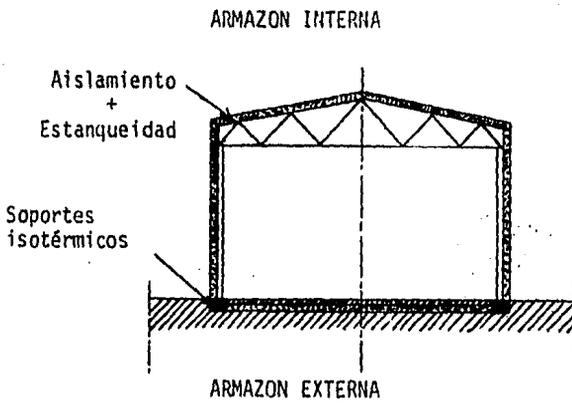


Fig. 11.- Armazón soporte de una cámara fría. (17).

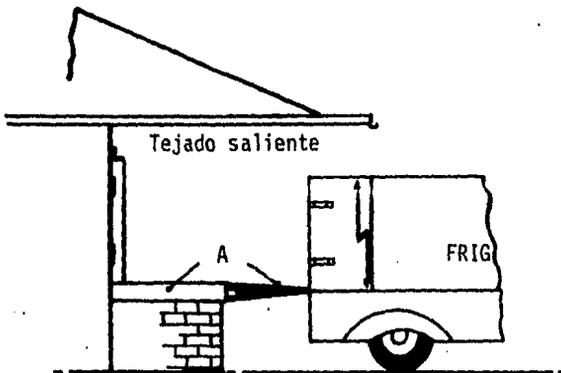


Fig. 11a. Plataforma de carga de un frigorífico.

A) Puente de altura ajustable de la plataforma de trabajo.

dica que la elección del sistema de cimentación depende de la naturaleza del suelo en que se va a edificar el almacén frigorífico.

Por lo demás, según el terreno, número de pisos del almacén y sobrecarga a considerar, se encuentran cualquiera de los tipos de cimentación normalmente utilizados en edificios industriales: zaparas corridas o aisladas, placas contínuas o pilotes.

#### 5.4.2 Pisos.

Son independientes de la estructura exterior. Su construcción varia según se disponga a la altura de un muelle o a nivel del suelo y según se trate de cámaras para productos refrigerados o de cámaras para producto congelado.

##### a) Elección del Nivel.-

La elección del nivel del piso obedece a consideraciones sobre la explotación del almacén.

Un andén elevado facilita la carga y descarga de los vehículos (Fig. 11a), sin la necesidad de recurrir a las carretillas elevadoras (montacargas), siempre costosas y cuya función principal es la de estibar en cámara a gran altura.

Pueden disponerse también, al borde de los andenes de carga y descarga, plataformas de 3 a 4 m<sup>2</sup> de superficie que, por medio de gatos neumáticos pueden pasar del nivel del suelo al nivel de los vehículos.

Por el contrario, cuando los productos que entran a un almacén son transportados por carretillas, como ocurre en los puertos, es necesario, para evitar ruptura de la carga, que las carretillas puedan penetrar al almacén cuyo piso debe, en este caso, estar al nivel del suelo.

##### b) Cámaras para producto refrigerado.-

No hay que tomar ninguna previsión particular. Si el piso esta a nivel del suelo, será suficiente una losa de hormigón que podrá estar soportada, en el caso del suelo de mala calidad, por una capa de piedra fuertemente apisonada.

Si el piso está a nivel del andén, se podrá elegir entre hacer un relleno, o una losa de hormigón. La primera solución es, evidentemente, más económica, pero la segunda es más elegante y además, si en un futuro se quiere descender la temperatura de la cámara, se encontrará realizado

el vacfo sanitario, cuya construcción se muestra en la Fig.12.

c) Cámaras a bajas temperaturas,-

Pudiéndose provocar numerosos accidentes por la congelación del suelo - bajo las cámaras de baja temperatura, es indispensable disponer, entre el piso aislado y el suelo, un vacfo sanitario en el que el aire exterior debe circular libremente para arrastrar al exterior el frfo que - pasa a través del aislamiento y evitar así el riesgo de la congelación del suelo, inconvenientes que se pueden observar en la Fig. 13.

Estos accidentes son más comunes en almacenes a varias plantas, en don de las zapatas de los pilares sirven como transmisoras del frfo.

Generalmente la congelación del suelo se presenta en terrenos muy hume dos o donde el nivel freático es próximo a la superficie del suelo.

Si el almacén tiene un andén en elevación, el vacfo sanitario se reali za por debajo del piso. Si está al nivel del suelo es necesario la exca vación para obtener la circulación del aire.

d) Vacfo Sanitario.-

Generalmente se realiza con muros de ladrillos o de hormigón dispuestos sobre zapatas que descansan directamente en el suelo, Figuras 12 y 14. Sobre los muretes se pueden colocar losas prefabricadas de hormigón o - construir una losa contfnua de hormigón armado.

Los muretes pueden reemplazarse por cuerpos huecos en formas convenientes o utilizarse conductos cilindricos de amiantocemento insertos en el hormigón que soporta el aislamiento.

Cualquiera que sea el caso, los canales de aire deben comunicar por los dos extremos con colectores laterales de grandes dimensiones que estén comunicados al exterior.

Para evacuar el agua de condensación deben dejarse las pendientes convenientes en los conductos.

## 5.5 Almacenes Frigorfficos Prefabricados.

Varias pruebas se han hecho en diversos Países para construir paredes térmicamente aisladas, preconstrufdas o rápidamente montables.

Se pueden tener construcciones enteramente construfdas, las cuales en el lugar de la instalación, sólo vienen unidas; o tener elementos prefabri cados que simplifican y rinden más rápida la construcción sobre el lugar -

Fig.12.-Prevención del levantamiento con ventilación debajo del suelo: "Vacfo Sanitario". (8).

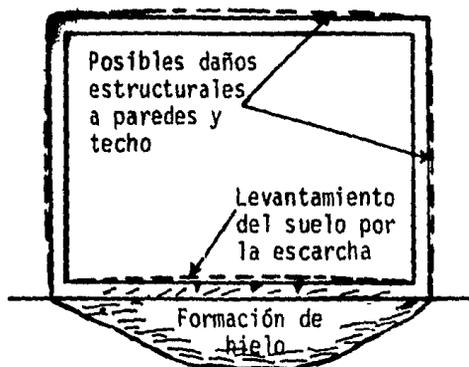
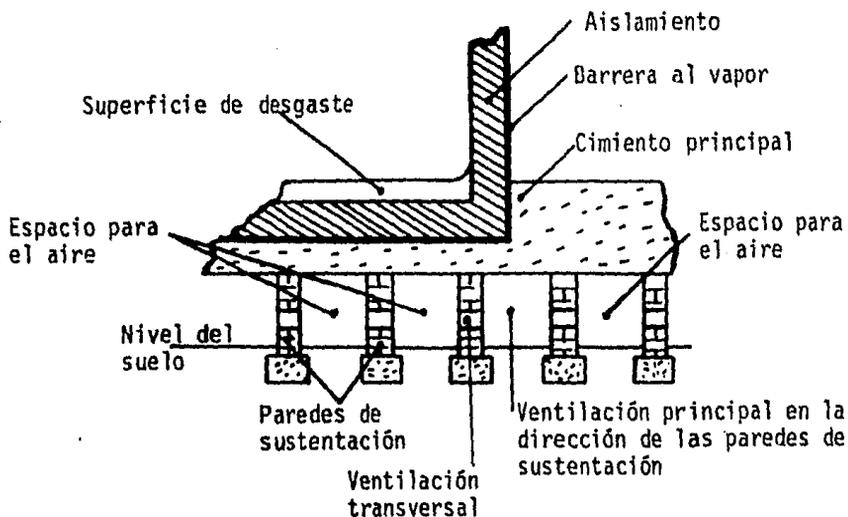


Fig.13.-Efecto de la formación de hielo debajo de una cámara frigorífica.

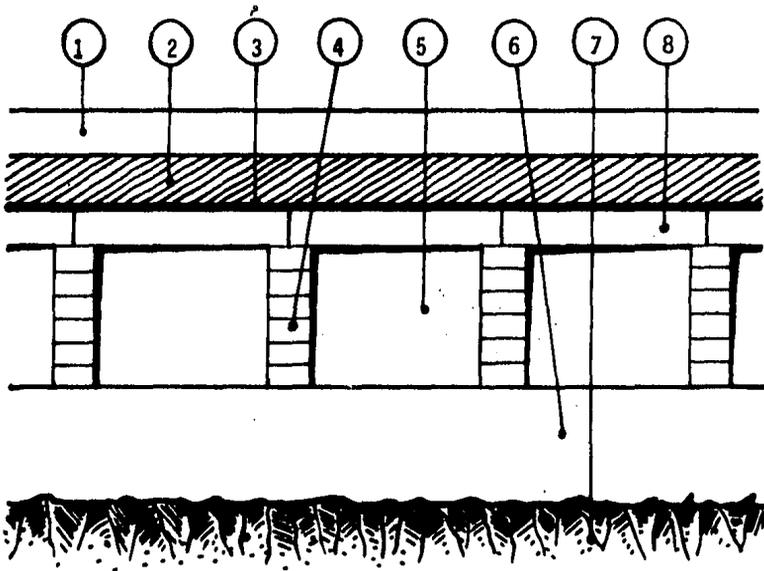


Fig.14.- Calentamiento del terreno con avispero ventilado.  
(Vaco Sanitario). (20).

- |                          |                                     |
|--------------------------|-------------------------------------|
| 1) Piso.                 | 5) Espacios de aire en el avispero. |
| 2) Material aislante.    | 6) Bajo suelo del piso.             |
| 3) Barrera al vapor.     | 7) Terreno                          |
| 4) Pilares del avispero. | 8) Tablas sostén del piso.          |

de la instalación.

Las estructuras metálicas, las cubiertas con láminas metálicas o de cemento-amianto, representan elementos prefabricados.

Las paredes de albañilería han sido sustituidas por paneles de cemento o metálicos, preparados en fábrica y trasladados al lugar de la instalación.

Se construyen paneles compuestos de capas y diverso espesor del material aislante (poliestireno o poliuretano) preseleccionado, revestidos sobre las dos caras con materiales protectivos y rígidos como delgadas capas de poliéster reforzado por velos de lana de vidrio; capas de fibra mineral; así como de diversos materiales disponibles en el comercio.

La Figura 15 representa un esquema de acoplamiento para paneles preconstruidos, de bordes contrapuestos acanalados que son fácil y rápidamente ensamblados en el lugar de la instalación.

Se trata de una solución simple, fácilmente realizable. Deberán ser cuidadosas las conexiones y la continuidad entre los aislamientos verticales y horizontales, las uniones de dilatación, etc.

#### 5.5.1 Paneles tipo "Sandwich".

Un panel tipo "sandwich" es una estructura constituida, al menos de tres elementos: dos revestimientos delgados y una masa aislante. Estos tres elementos considerados individualmente, no ofrecen más que su resistencia mecánica propia, pero cuando se ensamblan los unos a los otros forman una verdadera viga compuesta, cuya resistencia mecánica puede llegar a ser considerable.

Los revestimientos pueden ser metálicos, de duraluminio, acero inoxidable, o chapa galvanizada, de contrachapado o fibrocemento, o constituidos por placas de poliéster estratificado con fibras de vidrio, amianto-cemento, madera o yeso.

Algunos tipos o modelos de paneles "sandwich" se muestran en las Figuras 16, 17 y 18.

Las principales ventajas de la utilización de paneles aislantes tipo "sandwich" son (1)(2)(23)(24)(27):

a) Máxima rigidez debida a las notables resistencias mecánicas que per

- miten un sensible ahorro sobre las estructuras,
- b) Reutilización paneladuras en los casos de cambios de sitio o ampliaciones de las instalaciones.

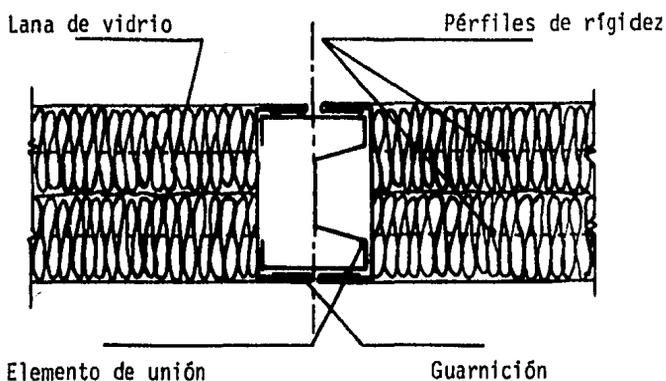


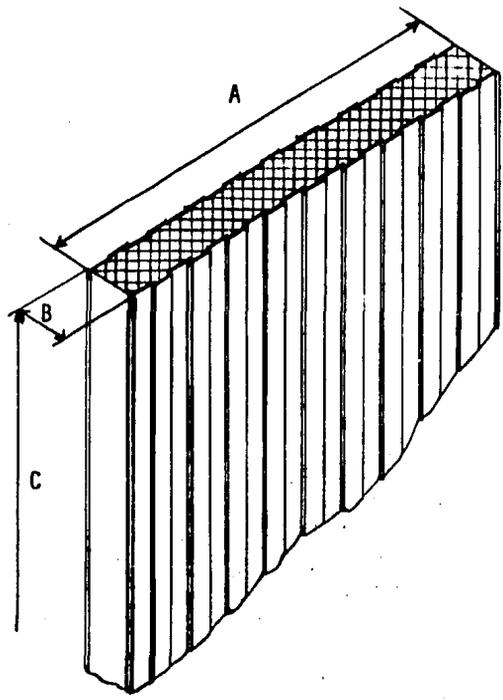
Fig.15. Esquema de acoplamiento para paneles prefabricados. (26).

- c) Ausencia de mantenimiento con consecuente menor costo de operaci3n.
- d) Reducci3n de los tiempos de montaje.
- e) Estabilidad en el tiempo de las caracterfsticas de los materiales.
- f) M3xima higiene de las manufacturas.
- g) Elevado poder aislante.
- h) Alto grado de ejecuci3n o acabado.

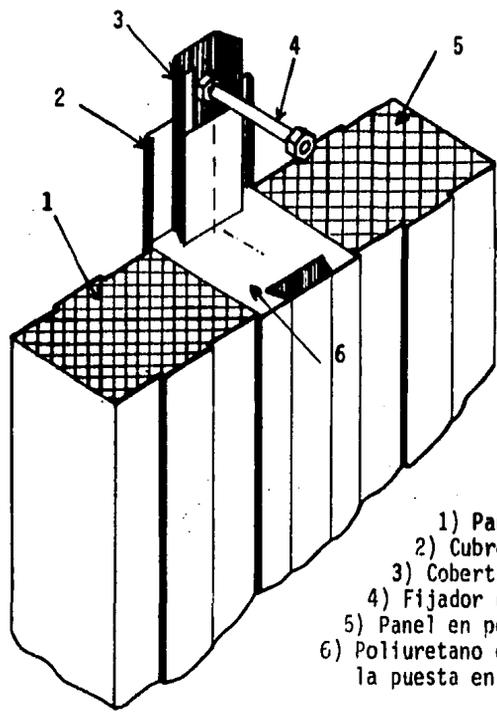
Algunas veces, la masa aislante se fabrica en "in situ", utiliz3ndose en este caso poliuretano expandido,

Si los revestimientos son met3licos, sirven de moldes en el que se inyecta el poliuretano, pero previamente al pegamento se tapizan interiormente las paredes de compuestos fibrosos que se impregnan f3cilmente de resina que permiten obtener una zona perif3rica de gran resistencia bajo el revestimiento, que asegura una uni3n perfecta entre la masa aislante y los revestimientos.

Fig.16.-Algunos tipos de paneles tipo "sandwich". (23)(24).  
Particularmente estudiados para cámaras frigoríficas.

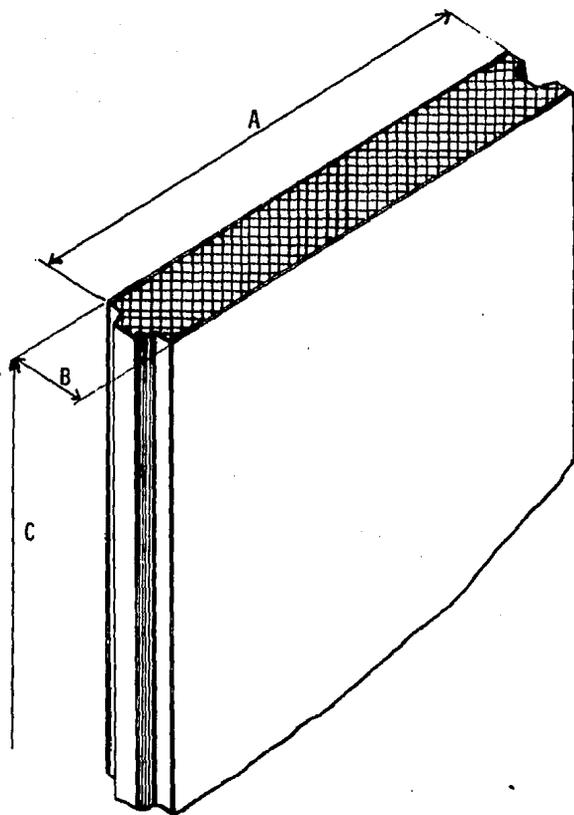


- A) Largo
- B) Espesor
- C) Altura



- 1) Panel en poliuretano
- 2) Cubre-unión
- 3) Cobertura a disparo
- 4) Fijador en material aislante
- 5) Panel en poliuretano
- 6) Poliuretano expandido durante la puesta en obra

Fig. 17.- Panel aislante tipo "sandwich", (23).



Panel modelo "T.I." oportunamente estudiados para tamponamientos industriales y civiles.

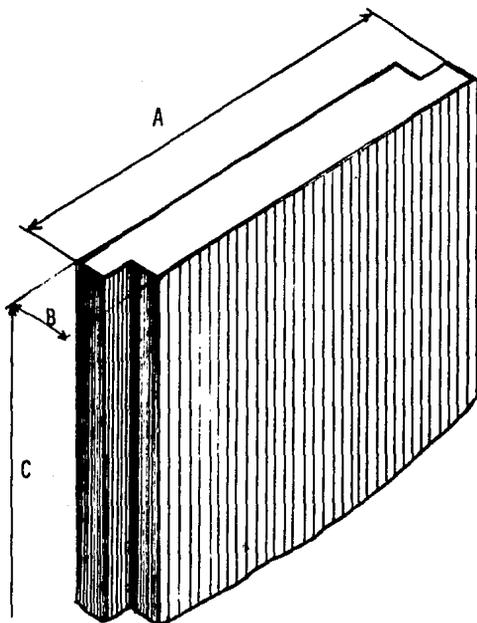


Fig.18.-Panel aislante tipo "sandwich", modelo "C.P."  
 Muy utilizado en la realización de edificios prefabricados, paredes móviles, contratechos, etc.(23).

Según los esfuerzos que han de sufrir los paneles, se pueden utilizar dos o tres capas de compuestos fibrosos, después se cierran las dos partes del molde y se inyecta el aislante que, por expansión, formará el corazón del "sandwich", que llena los intersticios, obteniéndose así un perfecto aislamiento integrado.

Aunque el poliuretano sea estanco, se recomienda adicionar una barrera al vapor.

Este procedimiento es en la actualidad normalmente utilizado.

Es difícil en este momento predecir sobre las comparaciones económicas entre los tipos mencionados y los otros que pueden experimentarse, porque al inicio de cada nueva construcción resulta por obvias razones más costosa --

que aquellas que son desde mucho tiempo usadas y perfeccionadas.

Es todavía preveer que con el desarrollo de las construcciones en grandes series, los tipos prefabricados llegarán a costar menos que las estructuras clásicas, a requerir menor tiempo para el montaje en la obra, a no depender de la disponibilidad local de personal o mano de obra y materiales - de construcción, etc.

El futuro buen éxito o resultado es seguro.

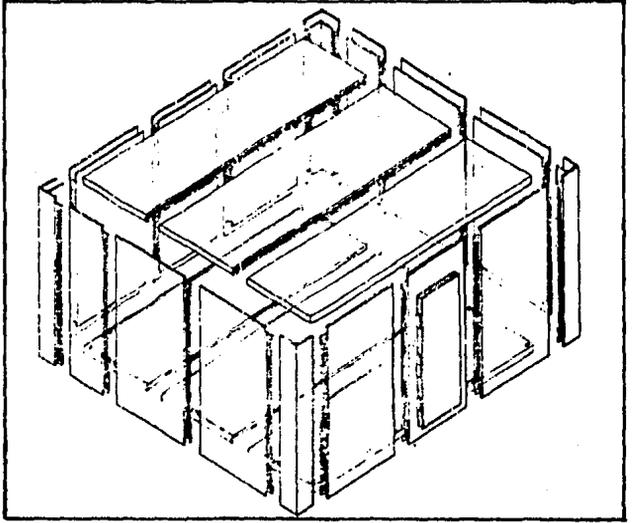
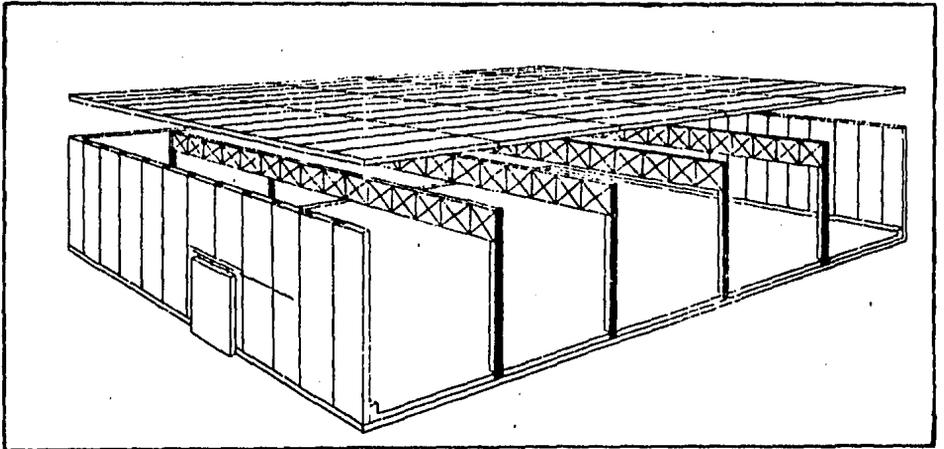


Fig. 18b.- Estructuras de almacenes frigoríficos prefabricados, (17).



## VI.- AISLAMIENTO

### 6.1 Importancia del Aislamiento.

La producción de frío es tanto más costosa cuanto más baja es la temperatura a que se produce; por consiguiente, es indispensable economizar el frío producido protegiendo los locales enfriados contra las entradas de calor, -- disponiendo sobre las paredes de éstos un material que sea mal conductor del calor y que, por este hecho, limite el flujo térmico procedente del medio exterior a un valor compatible con la temperatura interior y exterior, en -- función de la diferencia reinante entre estas mismas temperaturas.

Para que un material sea "aislante", y por ello mal conductor de calor, -- hace falta que este material esté formado por gran número de células cerradas conteniendo aire seco en reposo, u otros gases, con un coeficiente de -- conductibilidad muy bajo.

Estas consideraciones explican porqué todos los materiales aislantes son ligeros y también el hecho de que el poder aislante de un material aislante varía en función inversa a su peso específico. Las características aislantes de un material pueden modificarse --o deteriorarse-- en función de ciertos factores exteriores; así pues, si el material es higroscópico, la absorción del vapor de agua de la atmósfera servirá para aumentar su peso específico y disminuirá su poder aislante. Prácticamente importa, pues, que los materiales aislantes no sean higroscópicos (1)(2)(13)(17)(20)(21)(26)(27),

Así, el concepto de aislamiento térmico sobreentiende el empleo de ciertos materiales, conocidos como termoaislantes, que tienen la propiedad de reducir la transmisión de calor entre dos ambientes que tienen temperaturas diferentes.

Los objetivos de este aislamiento son múltiples y su distinción debe tener presente (2)(13)(17)(21):

- 1) Ante todo debe servir para reducir las transmisiones de calor del exterior, generalmente más caliente, al interior frío del almacén. Es este el objetivo económico del aislante, porqué una menor transferencia de calor corresponde a una menor potencia frigorífica necesaria -- para compensarlo, y un menor gasto de energía para producir la potencia misma.
- 2) En segundo lugar el aislamiento térmico debe servir para evitar --

consecuencias inconvenientes y molestas de la transmisión de calor. La más obvia y frecuente entre estas consecuencias es la de verificarse condensación de humedad del aire, bajo forma líquida o sólida (escarchamiento), contra la cara externa una pared o un trecho de pared, inadecuadamente aisladas.

- 3) En ffn, las capas de materiales aislantes pueden eventualmente, con su resistencia mecánica, contribuir a la rigidez de las paredes, -- constituir el soporte de un revestimiento ligero, reducir la difusión del vapor de agua, obstaculizar la propagación de incendios, - etc.

En base a la distinción de los objetivos (a) y (b) del aislamiento, se pueden definir y determinar bajo circunstancias de temperatura, humedad, - costo de la producción de frío, naturaleza y costo del material aislante, las siguientes magnitudes (27):

- 1o) Espesor Económicamente Optimo.- Es decir, el espesor del mat. aislante que hace mínima la suma de los gastos para el funcionamiento de las máquinas frigoríficas y de las cuotas de amortización de los gastos para la ejecución de los aislamientos térmicos y para la instalación de las maquinarias.
- 2o) Espesor Mínimo del Aislamiento.- Es el espesor estrictamente necesario o suficiente de un material aislante y siempre en circunstancias determinadas, para evitar los inconvenientes característicos.

En un local frigorífico, aumentando el espesor del aislamiento térmico en algunos tramos o en toda la pared, disminuye la cantidad de calor que - pasa a través de ella, y de consecuencia disminuye el paso total de calor.

El mejor resultado no es la reducción al mínimo del paso de calor, sino el mínimo gasto de operación o funcionamiento, entendido como la suma del - costo de energía utilizada para el enfriamiento del almacén, más aquella de amortización del capital requerido de los aislamientos y maquinarias.

En este sentido un aislamiento excesivamente eficaz puede resultar económicamente perjudicial y por ello es casi exclusivamente estudiado y re- - suuelto como un problema económico.

Es obvio, que el espesor económicamente óptimo puede ser diferente, mayor o menor, del espesor calculado para evitar, por ejemplo, la condensación en las superficies frías, y, en estos casos, es correcto de allí adoptar el espesor que resulta mayor.

El concepto de espesor económicamente óptimo se muestra en el diagrama D-2, en el cual en la abscisa están reportados los espesores del material aislante, en la ordenada los costos del aislamiento y de la energía.

La curva A representa el costo de energía dispersa, tiene obviamente el valor máximo para  $(x=0)$ , mientras decrece al aumentar el espesor  $(x)$ , la curva B representa el costo del aislamiento, que aumenta proporcionalmente al espesor  $(x)$ , y que tiene un cierto valor también para  $(x=0)$ , debido a los costos fijos.

Sumando las curvas A y B, se obtiene la curva C, que presenta un mínimo en correspondencia del espesor  $(x_{e0})$ , que corresponde al espesor económicamente óptimo.

Es importante precisar que todos los espesores situados bajo la zona trazada a rayas, permiten realizar una economía que es parecida a la suma algebraica del costo de la energía térmica dispersa en ausencia del aislamiento, del costo análogo que se obtiene con el espesor empleado de material aislante y del costo del aislamiento mismo, economía que resulta máxima para el espesor  $(x_{e0})$ . De hecho, para un espesor  $(x_1)$ , el segmento (a-e) representa el costo de la energía dispersa en ausencia del aislamiento, el segmento (a-b) el costo de la energía dispersa con el espesor  $(x_1)$ , y el segmento (a-c) el costo del aislante con  $(x_1)$ : sumando (a-b) y (a-c), se obtiene (a-d) que representa los costos globales (dispersión + aislamiento) para  $(x=x_1)$  y que resulta inferior a (a-e) del segmento (d-e); para  $(x=x_1)$ , la economía es por tanto representada del segmento (d-e).

## 6.2 Características Fundamentales de los Materiales Aislantes.

Un material aislante es tanto más aislante cuanto menor es su conductividad térmica  $(k)$ . Factor importante de los cuerpos sólidos en la que la transmisión de calor, se efectúa únicamente por conducción, depende entre otros factores: de la naturaleza química, de la estructura molecular, etc., del cuerpo mismo.

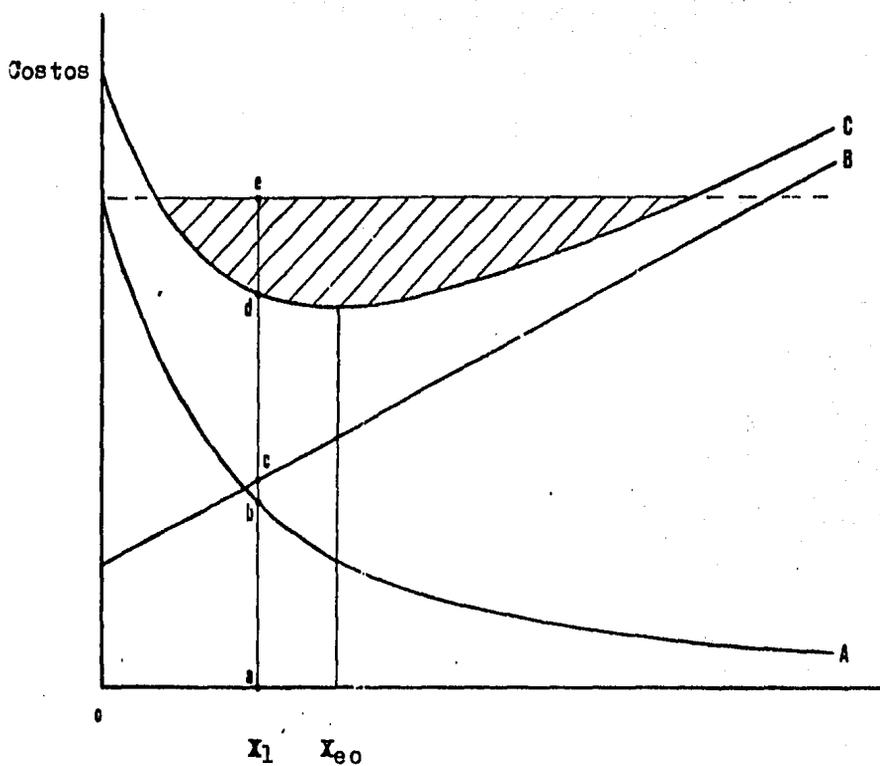


Diagrama 2 : Costos-espesores, para la individualización del espesor económicamente óptimo ( $x_{e0}$ ).  
(26), (27).

Además, estos cuerpos sólidos en contacto con el aire en ausencia de movimientos convectivos, presentan a temperatura ambiente un valor del coeficiente de conducción térmica muy bajo, del orden de 0.02 Kcal/mh°C. En la Tabla IV se reportan valores de la conductividad térmica para algunos materiales aislantes.

TABLA IV.- PESO ESPECIFICO (Pe) Y CONDUCTIVIDAD TERMICA (k) DE DIVERSOS MATERIALES AISLANTES A LA TEMPERATURA MEDIA DE 0°C,(1)(20)(27).		
Materiales Aislantes	Pe, Kg/m <sup>3</sup>	k, Kcal/hm°C
Poliuretano expandido con Freón 11	30 - 40	0.016 - 0.020
Poliestireno expandido	15 - 28	0.028 - 0.030
Fibra de Vidrio	65	0.028 - 0.030
Resinas fenólicas expandidas	30 - 35	0.028 - 0.030
Lana mineral	100	0.035
Fibras de amianto	160	0.045
Vidrio celular expandido	144	0.046
Cemento celular	200 - 1200	0.048 - 0.180
Aglomerados de fibras de leño	360 - 530	0.054 - 0.068

De las anteriores observaciones, se deriva que un material que tenga por naturaleza propia una limitada transmisión de calor por conducción, y que sea dotado de una estructura alveolar a cámaras finas, uniforme y no intercomunicadas, se caracteriza por tener un valor del coeficiente de conducción térmica muy bajo; tal valor disminuye ulteriormente, si las cámaras son llenadas de freón 11 en vez de aire, siendo la conductividad térmica de tal gas, todavía inferior.

También la temperatura influye sobre los coeficientes de conducción térmica; más precisamente si la temperatura aumenta, aumentan los movimientos convectivos del aire o del gas en el interior de las cámaras y por esta razón la conductividad térmica del material, que es mayor cuando las cámaras son grandes y fácilmente interconectadas.

Por lo que respecta a las características que debe satisfacer un buen aislante, esas son varias y todas importantes. Naturalmente no todas las características pueden encontrarse en un sólo material aislante, pero es bueno que tenga muchas. Por esto, compatiblemente con las exigencias del servicio que debe desarrollar el montador, las características de trabajo de los aislantes térmicos empleados en los frigoríficos son (13)(17)(20) - (21)(26)(27):

- 1) Deben ser, obviamente, pobres conductores del calor, esto que prácticamente es indicado por la conductividad térmica y que tiene valores tanto más pequeños cuanto mayor es la resistencia del aislante.
- 2) Deben ser lo más resistente posible a los choques y a las manipulaciones, es decir, tener resistencia al estibamiento y a la presión ejercida por la carga de productos.
- 3) Deben ser ligeros, especialmente si son empleados sobre medios de transporte (camión, ferrocarril, etc.).
- 4) Deben resistir bien la acción de la humedad, no ser higroscópicos.
- 5) Deben resistir en el tiempo, en el sentido de que sus características de aislamiento deben ser permanentes.
- 6) Deben ser absolutamente inodoros, porque su olor no debe transmitirse a los productos almacenados.
- 7) No deben ser nocivos a la salud de los operadores durante el manejo y durante la puesta en obra.
- 8) Deben ser imputrescibles, es decir, no deben pudrirse al contacto con el agua, ni ser fácilmente putrescibles por acción química de sus componentes. Neutro frente a otros materiales.
- 9) No deben ser inflamables y tanto menos capaces de ser explosivos.
- 10) Deben ser de fácil aplicación (láminas, paneles, etc.).
- 11) Deben fácilmente encontrarse en el mercado.
- 12) No se deben apilar, especialmente si se usan sobre medios que puedan producir vibraciones (medios de transporte).
- 13) Deben ser de precio accesible.

### 6.3 Condensación del Vapor de Agua sobre las Superficies Frías.

Considerese una pared que divide dos ambientes, de los cuales uno a cierta temperatura, el otro a una temperatura mayor; supongamos además que el aire de éste último ambiente contenga una elevada cantidad de humedad.

Como consecuencia del paso del calor del ambiente a temperatura mayor hacia aquel a temperatura menor, se puede verificar el caso de que la humedad condense sobre el lado caliente de la pared, con consecuencias obviamente dañosas.

A fin de que sobre el lado caliente de la pared no se verifique la condensación de humedad del aire en contacto, será necesario controlar que su temperatura  $T_a$  sea superior a la temperatura  $T_r$ , temperatura de rocío del aire mismo, que es función de la temperatura y del grado higrométrico, se puede obtener del nomograma D-3, (26)(27).

El control es facilitado del diagrama D-4, en el cual el primer cuadrante da la temperatura de rocío en función de la temperatura de bulbo seco y de la humedad relativa; el segundo cuadrante da la diferencia de temperaturas en función de las temperaturas externa e interna; el tercer cuadrante relaciona esa diferencia de temperaturas y la conductividad térmica del aislante y el cuarto cuadrante da el espesor óptimo de aislante que evita la condensación de la humedad, éste debe ser igual o superior al calculado.

El mismo diagrama se emplea para establecer el aislamiento óptimo de tuberías.

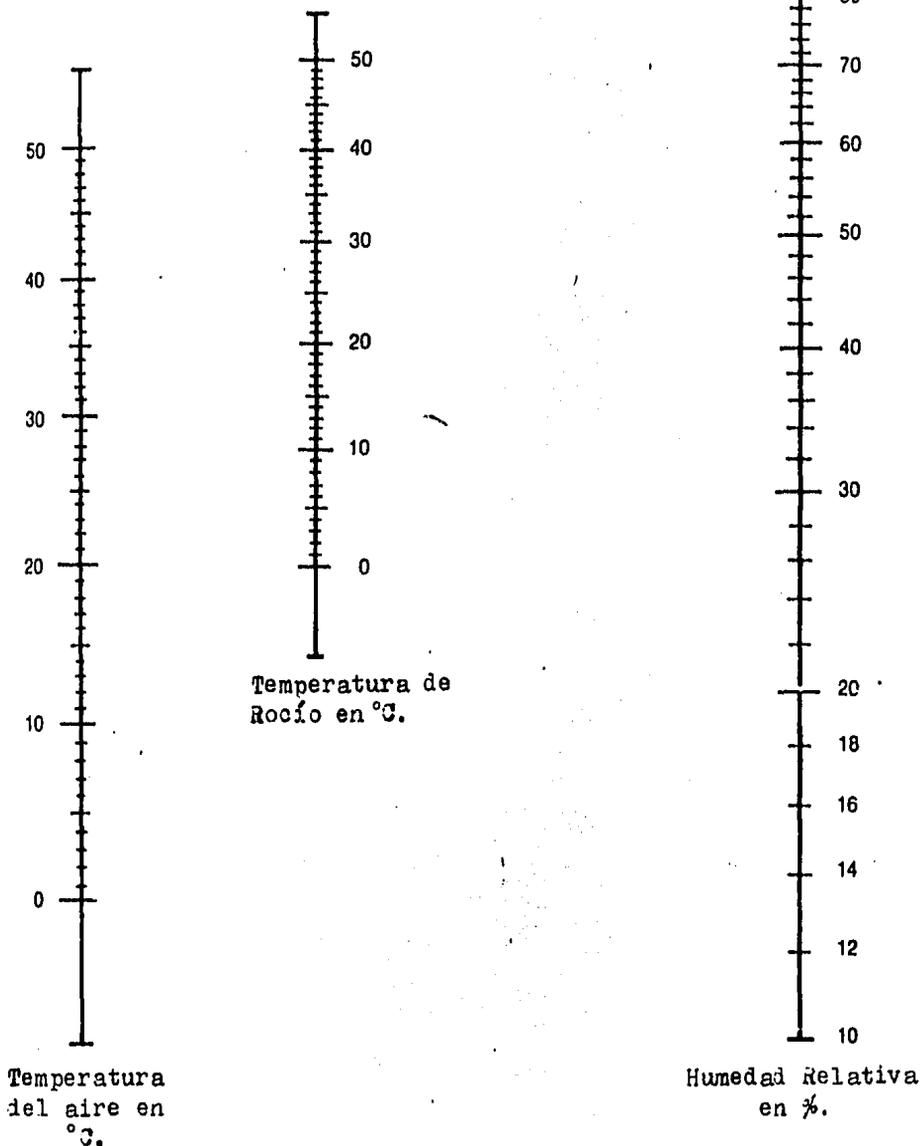
### 6.4 La Barrera al Vapor.

La adaptación de la barrera al vapor, conocida también como "pantalla antivapor", tiene por objeto impedir la penetración del vapor de agua en el aislamiento, su condensación y, eventualmente su congelación, transformaciones físicas del vapor de agua que conducen inevitablemente a reducir el poder aislante del material utilizado y, en caso de congelación, a su deterioro final.

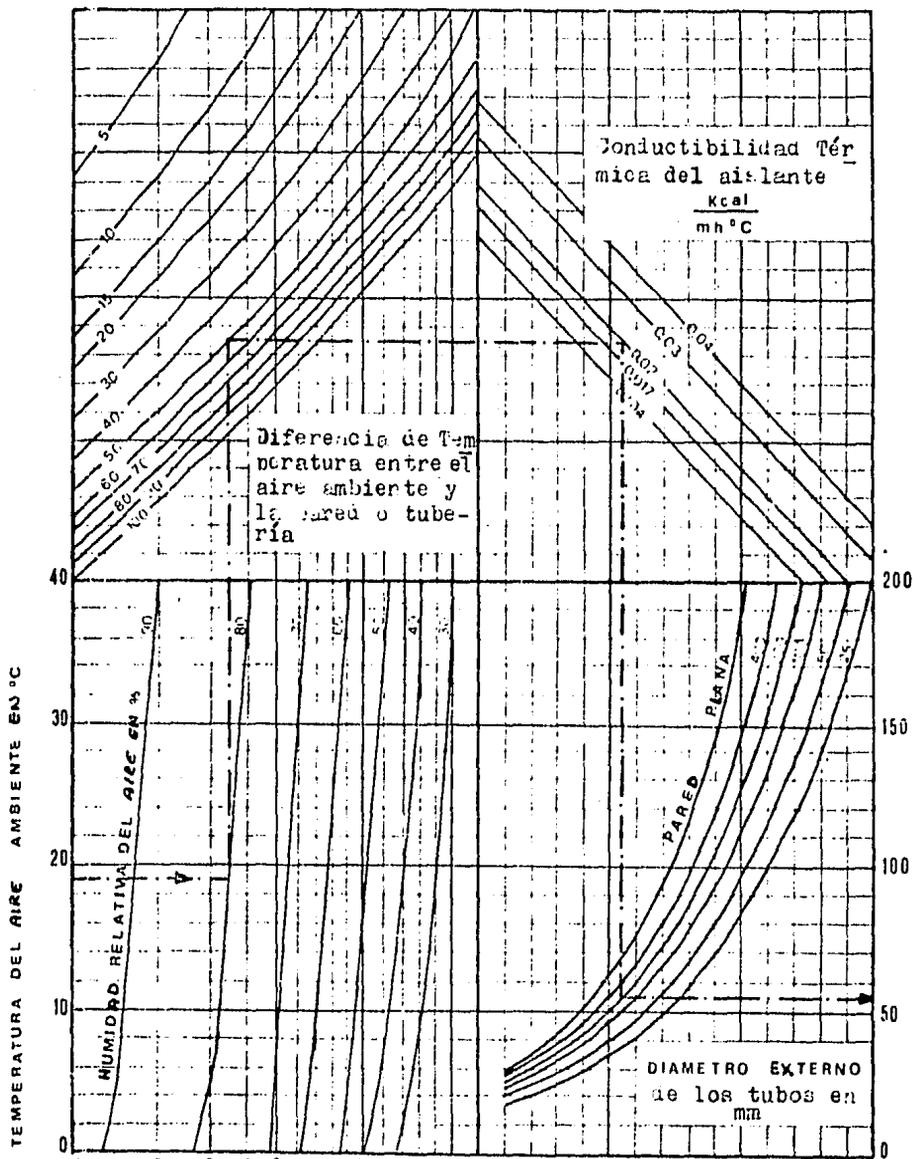
#### 6.4.1 Migración del Vapor de Agua. Causas.

Con muy pocas excepciones (vidrio, caucho o espumas de ebonita, espumas de cloruro de polivinilo) todos los materiales de construcción o de aislamiento son más o menos permeables al vapor de agua y, por un fenómeno simi

Diagrama 3.-



- Conocidas la temperatura del aire y la humedad relativa de un determinado ambiente, la temperatura de rocío es individualizada sobre la intersección de la recta, que une los valores dados, con la escala central. Con el mismo procedimiento se puede obtener uno de los tres parámetros, conocidos los otros dos.



Diferencia entre la temperatura superficial externa del aislante y la temperatura de rocío

Diagrama 4.-

lar a la transmisión del vapor a través de una pared cuyas dos caras se hallen sujetas a temperaturas diferentes, tenemos migración del vapor de agua a través de la pared si estas dos caras se hallan sometidas a tensiones de vapor de agua diferentes.

Este fenómeno se presenta en dos diferentes casos:

- 1) Cuando las temperaturas de las dos caras de la pared son idénticas, pero la humedad relativa del aire que baña las mismas es diferente;
- 2) Cuando las temperaturas de las dos caras son diferentes y la humedad relativa que baña dichas superficies puede ser entonces idéntica o diferente.

En el primer caso, la transmisión del calor es nula y no tendríamos necesidad del aislamiento, pero en el segundo caso, se tienen conjuntamente la transmisión de calor de una cara a la otra de la pared y la migración de vapor de agua de la superficie caliente hacia la superficie fría.

#### 6.4.2 Proceso de la Migración del Vapor de Agua.

En la transmisión de calor (14), a través de una pared compuesta, las variaciones de temperatura a través de la pared no son lineales, y las caídas de temperatura a través de los diversos materiales que constituyen la pared se hallan en razón inversa al coeficiente de conductibilidad de cada material, tal como se representa en la Figura 19.

El aire en contacto con la pared caliente (ambiente exterior) se halla a la temperatura  $T_1$  con una humedad relativa  $HR_1$  que corresponde a una tensión parcial del vapor de agua  $Pv_1$ ; el aire en contacto con la cara fría (ambiente interior de la cámara fría) se halla a temperatura  $T_2$ , con una humedad relativa  $HR_2$  que corresponde a una tensión parcial de vapor  $Pv_2$ , por lo que resulta evidente que:

$$T_2 < T_1 \quad \text{y} \quad Pv_2 < Pv_1$$

Esta diferencia, puede además, adquirir un valor importante como lo demuestra el siguiente ejemplo:

Se tiene una pared de la cámara fría sometida exteriormente a la temperatura de 25°C, humedad relativa 60% e, interiormente, a una temperatura de -10°C, humedad relativa 80%.

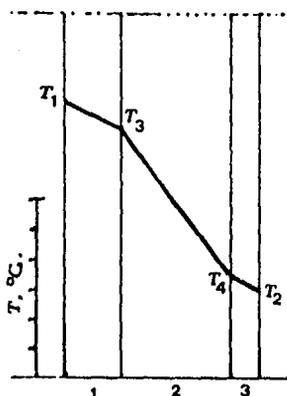


Fig. 19.- Caída de Temperatura en una pared compuesta.

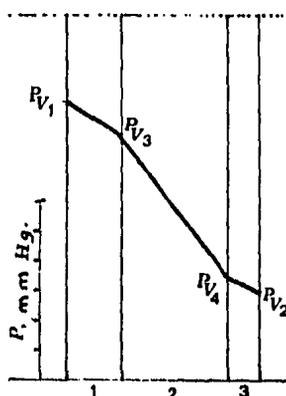


Fig. 20.- Caída de presión en una pared compuesta.

1. Obra de albañilería, 2. Aislante y 3. Enlucido interior.

La lectura del diagrama psicrométrico, muestra que en estas condiciones la tensión parcial del vapor de agua tiene por valores :

$$P_{V1} = 20.25 \text{ mm de Hg.}$$

$$P_{V2} = 1.56 \text{ mm de Hg.}$$

o sea, una diferencia de tensión de vapor de :

$$\Delta P = 18.69 \text{ mm de Hg.}$$

Bajo el efecto de esta diferencia se tiene una "demanda" de vapor de agua hacia la zona de baja presión y la consiguiente migración de dicho vapor de agua a través de la pared; esta migración será además más importante si:

- Es mayor la diferencia de la tensión de vapor  $\Delta P$ .
- Es elevada la permeabilidad del material.
- El espesor del material es bajo.

Se tiene un problema análogo al de la transmisión de calor a través de una pared, con la diferencia de la tensión de vapor que juega el mismo papel que el de la diferencia de temperatura en la transmisión de calor, y con la permeabilidad jugando el del coeficiente de conductividad térmica.

La caída de presión en una pared compuesta presenta la misma forma de línea quebrada generalmente expresada para la caída de temperatura a través de la pared (Fig. 20).

### 6.4.3 Efectos y Prevención de la Condensación.

Si el vapor de agua o aire caliente con alta humedad relativa existente al exterior de un local frío se desvían a través de una pared divisoria aislada, hacia el interior frío, van a estar en contacto con capas siempre más frías, hasta llegar a la temperatura de rocío y condensando, bañando - el material aislante y difundiéndose por capilaridad o higroscopicidad.

Si la temperatura alcanzada es inferior a  $0^{\circ}\text{C}$ , la condensación se conduce al estado sólido, y las incrustaciones de hielo que se forman, además de reducir las propiedades aislantes del material, puede dañar y debilitar la estructura de la construcción, Fig. 13.

Si el paso del aire se efectúa en sentido opuesto, del interior hacia el exterior, la condensación se efectúa igualmente cuando el aire frío se mezcla con aquel caliente exterior. Se pueden también de este modo provocar humedecimiento de las paredes, formación de costras de escarchas, etc.

Se atribuye por esto una justificada importancia a la creación de las barreras al vapor, es decir, las capas impermeables a los gases, puestas - del lado de la más alta presión de vapor, que generalmente es el lado más caliente en la capa aislante, la Figura 21 ejemplifica esquemáticamente la función de una barrera al vapor.

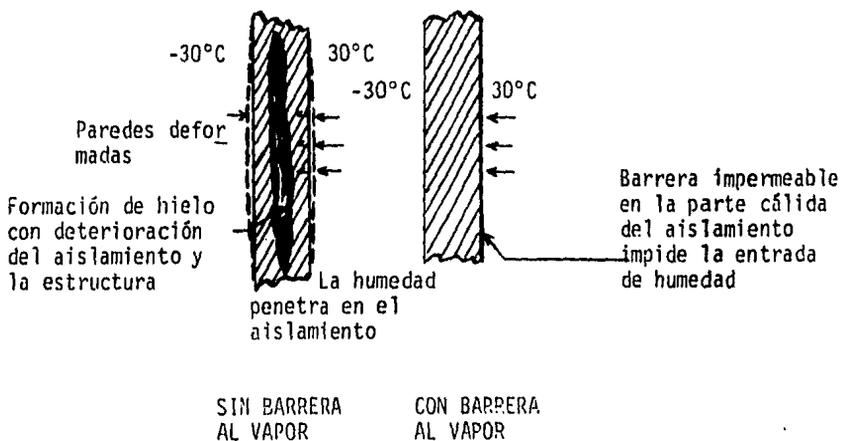


Fig.21.-Esquema de la función de una barrera al vapor de un frigorífico. (3).

Tales barreras para que sean eficaces deben naturalmente ser continuas y elásticas, para no agrietarse con el tiempo, o con las eventuales pequeñas lesiones y deformaciones de las estructuras de los edificios.

Es importante precisar que la barrera al vapor debe ser impermeable pero no hidrófuga, ya que, en efecto, si muchos materiales aislantes son hidrófugos puesto que no absorben prácticamente agua, no son por lo mismo impermeables al vapor de agua.

Se ha visto, que la zona de condensación aparece siempre en el espesor del material aislante (17)(21)(26). Parece pues lógico el intento de reducir fuertemente la presión parcial del vapor de agua antes de su llegada al material aislante, y, por consiguiente, antes de alcanzar el punto de rocío del aire que contiene humedad, a fin de que su valor permanezca siempre inferior al de saturación a la misma temperatura.

Si el punto de rocío es alcanzado antes de la barrera al vapor, se deberá aumentar la resistencia térmica del aislante hasta evitarla.

Se deben tomar las previsiones necesarias con los frigoríficos construidos sobre el suelo para evitar que la formación del hielo debajo del edificio lo levante y, en casos extremos, destruya la cámara e incluso al edificio mismo, un ejemplo de éste efecto se muestra en la Figura 13.

Son bastante complejas las condiciones que crean el levantamiento del suelo por la escarcha y están relacionadas con la clase y consistencia del suelo, propiedades del aislamiento, existencia de humedad, dimensiones del frigorífico, variaciones estacionales del clima u otros factores.

El levantamiento del suelo se impide normalmente de dos maneras:

- (1) Calentamiento del terreno debajo del frigorífico;
  - a) Con una placa eléctrica de poco voltaje en los cimientos en la forma que se muestra en la Figura 22.
  - b) Con una red de tubos por donde circule un líquido caliente, la disposición de los tubos se muestran en las Figuras 23 y 24.
- (2) Déjando un espacio para la ventilación debajo del frigorífico, espacio conocido como Vacío Sanitario (ejemplificados en el anterior capítulo por las figuras 12 y 14). El suelo del frigorífico se pone generalmente a un nivel que permita la carga y descarga de los vehículos. La altura necesaria para ello deja mucho espacio debajo del

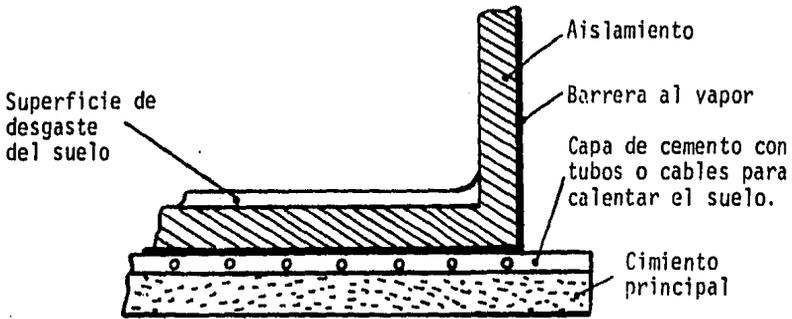


Fig.22.-Previsión del levantamiento calentando el suelo. (8).

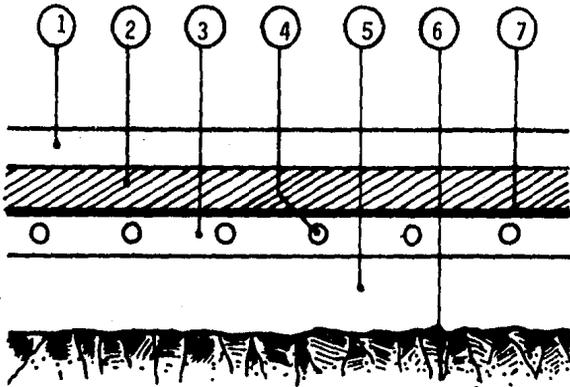


Fig.23.-Calentamiento del terreno con tubos bajo el piso. (20).

- |  |                         |
|--|-------------------------|
| 1) Piso.                                   | 5) Bajo fondo del piso. |
| 2) Material aislante.                      | 6) Terreno.             |
| 3) Capa de hormigón conteniendo los tubos. | 7) Barrera al vapor.    |
| 4) Tubos calentadores.                     |                         |

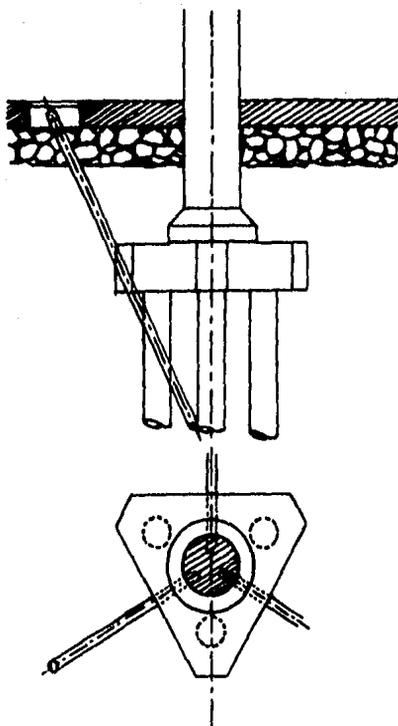


Fig.24.-Calentamiento del subsuelo (terreno).  
(20).

aislamiento para la ventilación del aire. Si hay peligro de inundaciones, los suelos se construyen por encima del posible nivel del agua y también en estos casos habrá una necesidad de dejar un espacio para la ventilación. La ventilación deberá estar claramente -- bien definida para no bloquearla más adelante cuando nadie se acuerda de la función principal del espacio de aire.

En la construcción de un frigorífico los dos factores más importantes -- son, probablemente, la aplicación de una eficaz barrera al vapor y disponer de equipo para impedir el levantamiento por la escarcha.

#### 6.4.4 Materiales Empleados para la Barrera al Vapor.

Los primeros materiales que se emplearon para la barrera a la estanqueidad al vapor de agua fueron los betunes y asfaltos en caliente, así como -- también el alquitrán. Actualmente lo son las emulsiones acuosas bituminosas en frío, o las emulsiones de compuestos asfálticos, así como los productos soldables térmicamente sobre la obra, constituidos por compuestos de aluminio polietileno o de aluminio bituminado que se sirven en rollos y que se sueldan sobre la propia pared para su fijación. Estos últimos productos más caros que los betunes calientes, presentan en cambio la ventaja de permanecer estables y flexibles con el tiempo; son de colocación sencilla y no -- presentan olores desagradables, ni los numerosos inconvenientes que, en la práctica, son característicos de los betunes en caliente, de los cuales el -- principal es la incompatibilidad de las temperaturas en el proceso de impregnación con determinados materiales de aislamiento de tipo celular (17)(20).

Entre los principales materiales utilizados para su colocación en frío -- se pueden citar (17)(20)(21):

- a) Emulsiones estabilizadas de betún;
- b) Emulsiones de compuestos asfálticos;
- c) Los compuestos de aluminio tales como:
  - compuesto de aluminio-polietilénico y
  - compuesto de aluminio bituminado.

## 6.5 Los Materiales Aislantes y su Colocación.

La realización de la barrera al vapor de agua es el primer elemento que interviene en el proceso de aislamiento de una cámara fría o de un conjunto de cámaras frías, pero en cambio es la penúltima etapa cuando se trata de aislar térmicamente tuberías o cuerpos cilíndricos. La naturaleza del material de que está constituida la barrera depende de la clase de paredes sobre las cuales deben colocarse los materiales aislantes (paredes apoyadas o no apoyadas), por lo que es conveniente examinar los diversos procedimientos utilizados, conjuntamente con la colocación de los propios materiales aislantes.

En los materiales aislantes se deben tomar en cuenta, además, el calor específico, la capacidad térmica (calor específico por la densidad), la difusividad térmica (relación entre la conductividad y la capacidad térmica). Esta última es inversamente proporcional a la velocidad de variación de la temperatura en la capa aislante, y puede ser significativa cuando tales variaciones deban ocurrir rápidamente.

Particular importancia tiene también la propiedad que determina la capacidad del material a soportar sollicitaciones mecánicas, en particular el módulo de elasticidad, y la carga que induce deformaciones permanentes o resquebrajaduras.

### 6.5.1 Colocación del Aislamiento.

En el estudio de la colocación de los aislamientos que se hará en esta sección, admitirá, a fin de examinar este problema bajo su aspecto más completo, las hipótesis siguientes válidas para todos los aislantes:

- 1a. La necesidad de una barrera al vapor de agua en todas las paredes,
- 2a. El aislante debe colocarse en varias capas (en la duda, dos).
- 3a. El aislante debe protegerse, después de colocado, por su cara interior.
- 4a. Las paredes verticales están formadas por muros de apoyo con una capa de cemento armado.
- 5a. El aislante base de estudio es el poliestireno expandido.

### (A) Paredes Verticales.

Las placas de poliestireno que constituyen la primera capa del aislamiento se fijan en la pared por medio de calces o soportes metálicos apretados - contra el aislante por barrenado de tirafondos metálicos empotrados en la - pared, o bien rebatiendo el vástago de este tirafondos y clavándolo sobre el panel con grampillones. En primer lugar, para un trazado correcto y teniendo en cuenta las dimensiones de los paneles utilizados, debe de determinarse la posición de estos puntos de fijación de forma que en ningún caso estos tirafondos traspasen los paneles. Deberán, pues, hallarse entre las líneas de unión de los paneles, lo que, además, tiene como ventaja suplementaria, la de reducir la cantidad de tirafondos que han de colocarse, de forma que cada uno de ellos interese la fijación de dos paneles. Se prevén, en general, cuatro tirafondos por metro cuadrado. En la paredes de gran superficie y si su naturaleza lo permite, estos tirafondos se fijan en la pared por medio de puntas de acero con cabeza agujereada, incrustados a pistola. En las paredes - de superficie pequeña, cuya naturaleza no permita utilizar este sistema de - colocación (cuerpos huecos) las fijaciones metálicas se empotran directamente en la pared. Cuando han de colocarse dichas piezas de sujeción metálica, deberá procederse a la colocación de la barrera al vapor, que estará formada por dos capas de emulsión bituminosa en frío, de una emulsión de asfalto u - otros productos similares.

Este producto, y de acuerdo con su naturaleza, se colocará con espátula, o bien a brocha, y en algunos casos a pistola, en las condiciones y en la - densidad por metro cuadrado recomendadas por el fabricante. Cuando la barrera al vapor se realice en seco, los paneles que constituyan la primera capa del aislamiento se colocarán a matajuntas embadurnando la cara interior del panel; los cantos se rebañarán con un adhesivos aislante a base de una emulsión bituminosa o similar, o bien con brea de petróleo hirviente. Cuando -- los paneles han quedado colocados contra la pared y los calces metálicos apretados, se rellenan las juntas con el mismo producto.

La segunda capa (y, eventualmente, las siguientes) se colocará después, embadurnando de la misma manera y en los mismos sitios los paneles, que se colocarán presionándolos sobre la primera capa; las juntas deberán taparse después de haber clavado cada panel sobre la capa anterior por medio de clavijas de madera dura hendida oblicuamente y a ras. Se prevén de 8 a 10 --

clavijas por metro cuadrado, siendo la longitud de éstas igual al espesor - del aislante. Queda entendido que los paneles que constituyan esta segunda capa se colocarán también a matajuntas entre ellos, y asimismo, con los paneles de la primera capa. El aislamiento de las paredes verticales realizado de esta forma, no puede quedar al aire, y debe protegerse con un revestimiento apropiado. Este revestimiento puede llevarse a cabo con un enlucido de cemento de 20 mm de espesor armado con una tela metálica de grandes mallas, sólidamente fijado con grampillones sobre el poliestireno. A este enlucido, en acabado "fino" o "alisado", puede aplicársele una pintura permeable al vapor de agua. El revestimiento de protección puede ser igualmente un embaldosado de azulejos en las cámaras de temperatura positiva, o bien - de baldosas de gres esmaltado en cámaras con temperatura negativa; estos - embaldosados o enlucidos deben estar unidos a las otras paredes y al suelo por piezas redondeadas (rodapiés), de acuerdo con los reglamentos sanitarios en vigor.

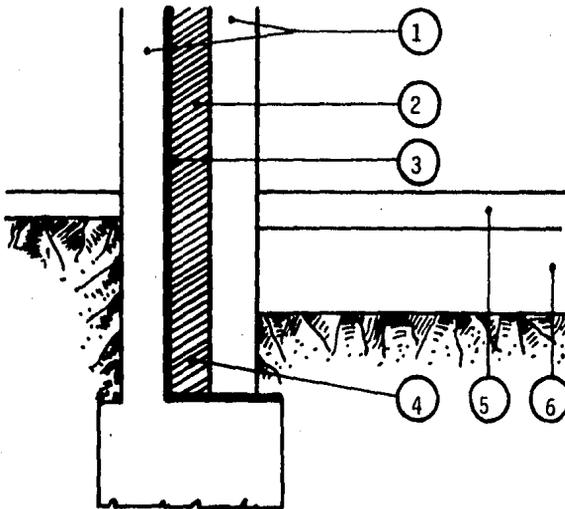
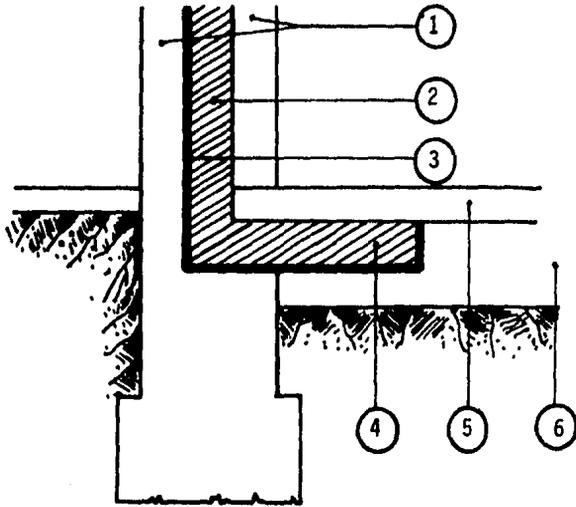
#### (B) Suelo.

Lo mismo que las paredes verticales, el suelo debe prepararse a recibir el aislamiento con la previa ejecución de una capa de hormigón. Esta capa no requiere ninguna particularidad de ejecución, salvo la de darle una pendiente general de 1 cm/m. Esta pendiente puede llegar hasta 2 cm/m en el caso de las cámaras de vísceras, de pescado, etc. Los paneles de poliestireno descansan sobre el suelo sin fijación metálica alguna.

La barrera al vapor se halla muy frecuentemente formada por dos capas de brea colada hirviendo que se coloca fácilmente; puede ser también a base de una emulsión bituminosa o asfálticas colocada de forma similar a la barrera al vapor de las paredes verticales. Los diferentes paneles de cada capa de aislamiento se colocarán a matajuntas, tãpando estas tal como se - ha indicado en el caso de las paredes; como la colocación del aislamiento - del suelo se hace después del de las paredes laterales, los paneles que circundan el suelo se colocan antes de los paneles verticales de forma que los primeros paneles verticales descansen sobre el primer panel del suelo.

Algunos esquemas sobre aislamiento de paredes y de unión pared-suelo, pared-techo, se muestran en las Figuras 25 y 26.

Fig. 25. Faja o cinta aislada horizontal o vertical a lo largo del perímetro de los almacenes frigoríficos. (26).



- |  |                                      |
|--|--------------------------------------|
| 1) Revestimiento interno y externo del aislante. | 4) Cinta aislante hacia el subsuelo. |
| 2) Material aislante.                            | 5) Piso.                             |
| 3) Barrera al vapor.                             | 6) Bajo fondo del piso.              |

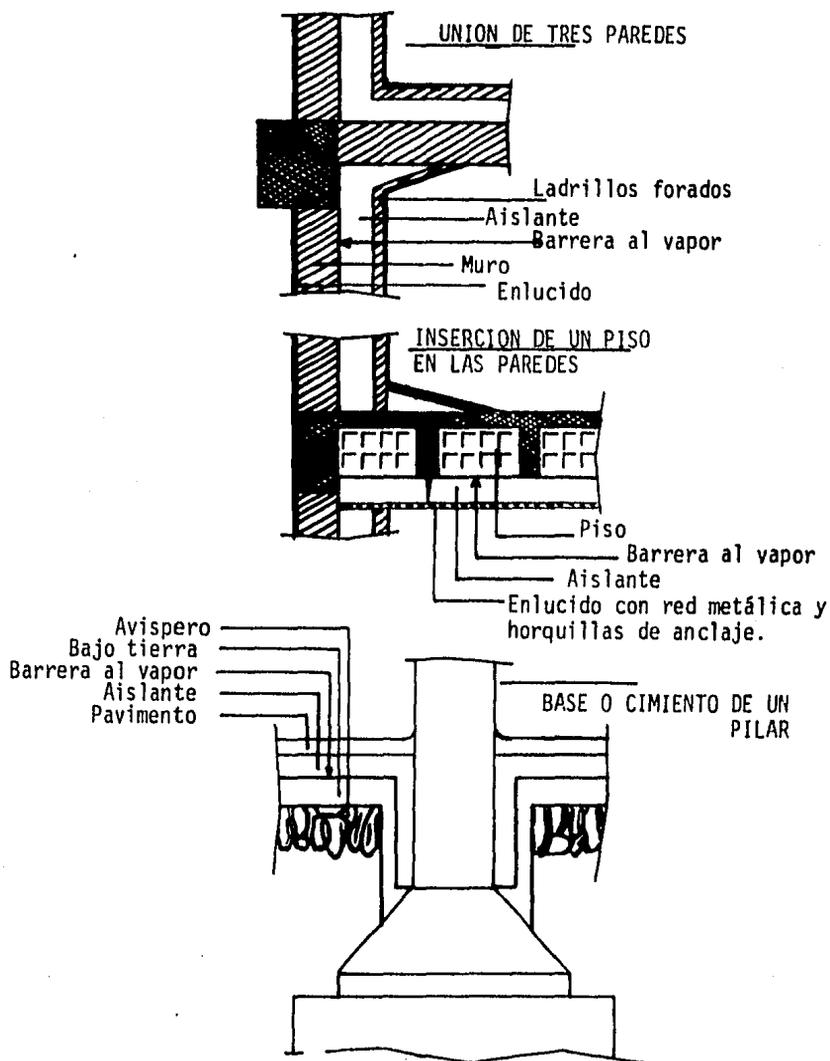


Fig.26.-Disposición de los aislamientos térmicos en la unión de paredes y techo. (26).

Para evitar la infiltración de las aguas de limpieza o del descarche en el aislamiento del suelo, puede efectuarse una segunda barrera de estanquidad sobre la segunda capa de poliestireno. Es necesario que esta barrera - se alce verticalmente a lo largo del aislamiento de las paredes hasta una altura mínima de 0.25 a 0.40 m a fin de anular toda infiltración de agua en la unión de los enlucidos laterales o del embaldosado.

#### (C) Revestimiento de Protección.

Para repartir la carga, se extiende una capa de arena cemento sobre el aislamiento; esta capa, de acuerdo con la sobrecarga que debe soportar el suelo, tendrá un espesor de 60 a 80 mm, siendo 60 mm espesor mínimo en el punto más bajo de la cámara. Para superficies de suelos superiores a 20 m<sup>2</sup>, o en el caso de superficies menores, pero con cargas importantes, dicha capa de cemento debe ser armada con un enrejado metálico; la sección de los hierros y el espesor del enrejado dependen evidentemente de la superficie del suelo, de la carga y de las sobrecargas dinámicas que pueden derivarse de la circulación de carretillas elevadoras (montacargas).

Sobre dicha capa se coloca el pavimento en las cámaras cuya superficie de suelo es importante. En las pequeñas cámaras comerciales, esta capa se reemplaza, a menudo, por un embaldosado de gres cerámico unido a las paredes verticales.

#### (D) Techo.

Pueden presentarse muchos casos:

- El techo ya existe y el aislante debe colocarse contra el mismo;
- El techo ha de construirse junto con la cámara, debiéndose colocarse el aislamiento contra el mismo;
- El techo es más alto que la cámara y el aislamiento se halla suspendido sobre vigas de madera.

La extrema ligereza del poliestireno, así como el estado de su superficie, han incitado a los frigoristas a aislar los techos de forma que los paneles de poliestireno queden a la vista. En algunos casos el aislante recibe en fábrica una preparación particular.

##### D.1.- Techo suspendido bajo vigas.

La distancia entre centros de las vigas corresponde a la dimensión más pequeña de los paneles, y los paneles empleados en este caso son objeto de

un tratamiento especial en fábrica formando encaje en sus aristas, por lo que se colocan borde a borde y clavados sobre las vigas. La barrera al vapor se coloca anteriormente al emplazamiento de los paneles, en la cara externa de los mismos y sobre sus cantos. Después de la fijación para evitar discontinuidad en la barrera al vapor, en el lugar de la junta entre panel y panel se introduce una cinta adhesiva estanca que se encola en el fondo, que sirve de encaje de los mismos. Dicho encaje se cierra después colocando un listón de poliestireno también encolado, pudiendo disminuirse las dos líneas de juntas, que quedan visibles, tapándolas con un perfil metálico o de plástico.

#### D.2.- Techo suspendido.

Estos techos se construyen por suspensión del aislamiento a armazones metálicos que forman la estructura de la obra.

Entre este armazón metálico se colocan los soportes de los hierros en forma de T, cuya distancia entre ejes se halla en relación con las dimensiones de los paneles utilizados. En dichos hierros T se suspende el aislamiento -- por medio de tirantes semimetálicos. A fin de evitar un puente térmico, estos tirantes están formados generalmente por vástagos roscados en cada extremo, unidos entre ellos por un tubo de material plástico; el vástago roscado interior sostiene las tapajuntas metálicas que soportan el aislamiento y enmascaran las juntas. El poliestireno queda visible y la barrera al vapor se desenrolla encima del aislante tomando, para asegurar la continuidad de la barrera, todas las precauciones ya mencionadas para la unión de las diversas tiras de plástico. Otra solución consiste en sustituir los perfiles que soportan el aislamiento por piezas en forma de "clip" en las cuales se introducen unos clavos de cabeza extragrande, que fijarán de esta forma los paneles que sostienen las hojas de la barrera al vapor. La estanca y llenado de la moldura que sirve de encaje se efectúa de la misma forma que se ha indicado anteriormente.

Cuando el aislamiento se realiza de esta forma, resulta que la cara inferior del aislante se halla a la temperatura de la cámara fría y la capa superior a la temperatura de encima del techo. Por consiguiente, a fin de evitar toda posible rotura del aislamiento en el caso de una contracción eventual, deberá realizarse una junta elástica alrededor de la cámara entre el aislamiento del techo y el de las paredes verticales.

### 6.5.2 Origen y Principales Aislantes.

La tabla siguiente permite comparar el origen de los materiales de aislamiento, tanto en lo que se refiere al aislamiento calorífico como al aislamiento frigorífico. (20)(21).

ORIGEN	REINO	AISLANTES
Inorgánico	Mineral	Magnesio, amianto, fibra de vidrio, lana mineral, vidrio celular, etc.
Orgánico Contemporáneo	Vegetal	Corcho, algodón, kapok, fibra de madera, goma-espuma, crin vegetal, etc.
	Animal	Fieltro, lana, seda, crin animal, etc.
Orgánico geológico	Aislantes sintéticos	Poliestireno expandido, poliuretano expandido, cloruro de polivinilo expandido, etc.

Es imposible enumerar todos los materiales aislantes utilizados en la industria frigorífica por ser, de una parte, muy numerosos, y por otra parte, los materiales empleados varían de un país a otro, así como de las consideraciones económicas, por lo que sólo se mencionarán las características de los más usados en México, que son además, en su mayor parte, utilizados universalmente.

#### a) Corcho

El corcho es el más antiguo de los materiales empleados en el aislamiento de frigoríficos. Sucesivamente pasó de su empleo en forma de granos a las placas formadas con el aglomerado de estos granos por medio de aglomerantes orgánicos como la caseína o la gelatina; sin embargo, como sea que la humedad a que están expuestos los paneles disgregaba los aglomerantes y producía olores desagradables, en una nueva etapa productiva, los granos se aglomeraron con resina de hulla o carbón mineral; actualmente sólo se utiliza bajo la forma de corcho expandido.

El corcho se obtiene de la corteza de la encina, prácticamente es impudrescible merced a uno de sus componentes: la suberina.

#### b) Fibra de vidrio

La fibra de vidrio, muchas veces llamada lana de vidrio, es un material fibroso. En este tipo de material el aire no queda encerrado dentro de ---

numerosas células pequeñas, sino que permanece aprisionado entre las fibras entrelazadas del producto. Es un material muy ligero, del cual se puede variar la densidad en el momento de su fabricación, es imputrescible, no es higroscópico, no sirve de alimento a los roedores, es inodoro y neutro frente a otros materiales, pero, desafortunadamente, dentro de las cualidades utilizadas para la industria frigorífica, su resistencia a la rotura es baja para poder ser utilizado en el aislamiento del suelo de las cámaras frías. Es ignífugo e ininflamable.

La fibra de vidrio se obtiene de una mezcla de arena, carbonato de sodio, borato, dolomita y de feldespato, para citar los componentes principales, a los cuales se añaden los residuos de vidrio pulverizado, procedentes de una fusión anterior.

### c) Poliestireno expandido

El poliestireno expandido es un material aislante celular obtenido de un producto base que es el poliestireno expandido que se presenta bajo la forma de perlas blancas obtenidas por la polimerización de las perlas de estireno.

La polimerización de las perlas de estireno se obtiene por medio de un autoclave donde se mezclan las perlas de estireno, con agua y un agente porógeno (pentano).

El agente porógeno, introducido en el momento de la polimerización del poliestireno expansible, provoca en dicha expansión la formación de células minúsculas consistentes llenas de aire (entre 4 y 6 millones de células por decímetro cúbico). El considerable número de estas células confiere a las diferentes calidades de poliestireno expandido un coeficiente de conductibilidad bajo, que de todos modos varía con la densidad del producto final.

Resiste particularmente bien a la difusión del vapor de agua y la absorbe muy poco. Son estables hasta temperaturas de  $-200^{\circ}\text{C}$ , y empiezan a deformarse alrededor de los  $85^{\circ}\text{C}$ , lo que limita su temperatura de utilización.

Insensibles a la acción de los ácidos, salvo el ácido nítrico fumante, y a la de los alcalis, son atacados, por contra, por la mayor parte de los disolventes, los aceites y las esencias minerales; resisten igualmente al agua de mar y a los aceites vegetales; y siendo combustibles, quemam más o menos fácilmente.

#### d) Poliuretano Expandido

La espuma rígida del poliuretano se obtiene de la reacción química de dos componentes líquidos, isocianato y polioli, en presencia de catalizadores. La estructura celular del producto se lleva a cabo por el desprendimiento gaseoso debido a:

- una reacción química secundaria que libera el gas carbónico;
- o bien, por la ebullición, por efecto del calor, de la reacción del líquido que sirve de agente "hinchador"; éste líquido es generalmente tricloromonofluorometano (Freón 12).

La espuma rígida de esta forma obtenida, tiene unas células cerradas y el porcentaje de ésta en relación con el número total de células, depende de la densidad de la espuma obtenida así como de la naturaleza del agente utilizado en su hinchado.

La expansión de la espuma tiene lugar en moldes abiertos que permiten obtener paneles de grandes dimensiones (de 2 a 3 m<sup>3</sup>) que se cortan después en las medidas comerciales estándar, para dar a los paneles una forma análoga, en cuanto a su presentación, a los de corcho o poliestireno.

Además, y ésta es la gran ventaja de la espuma de poliuretano, la expansión puede realizarse "in situ", o sea, dentro de moldes que tienen la forma de la pared que ha de aislarse o de la pieza a producir. Esta expansión puede lograrse, bien por colada o por pulverización.

La espuma de poliuretano tiene un coeficiente de conductibilidad muy bajo y varía con la densidad del material y es el más bajo de todos los aislantes conocidos, así como también es tres veces menor al del aire.

Muy poco permeables al vapor de agua, la permeabilidad disminuye con el aumento de la densidad. Las espumas que no han sido tratadas son inflamables; las espumas tratadas llamadas "autoextinguibles", no propagan las llamas, y se descomponen y carbonizan con éstas a partir de los 200°C.

Endurecibles térmicamente, las espumas pueden utilizarse desde -196 -- hasta +100°C.

Las espumas resisten bien a los ácidos y a las bases diluidas, pero -- mal a los ácidos minerales concentrados, así como al benceno y al tricloroetileno.

### e) Vidrio Celular

El vidrio celular, llamado también "espuma de vidrio expandido", se obtiene del polvo de vidrio, conducido a su temperatura de fusión expandido, alrededor de 15 veces su volumen, bajo la acción del carbono gasificado a la temperatura que se aporta al vidrio.

La naturaleza de las paredes de las células, que lo constituyen, y la perfecta estanquidad de las mismas, explican las características notables de este material como aislante y como elemento de construcción para las paredes isotérmicas.

Posee todas las propiedades del vidrio puro, por lo que es: ininflamable, no higroscópico, estanco al vapor de agua, resistente a todos los ácidos (salvo el ácido fluorhídrico), inodoro, inerte frente a todos los materiales, y en contrapartida es relativamente denso.

Su resistencia a la compresión es notable, lo que permite su empleo como elemento de construcción; totalmente inorgánico, resiste a los roedores e insectos a los que no ofrece tipo alguno de alimento ni de abrigo.

### 6.6 Carpintería Isotérmica y Herrerajes Interiores,

Bajo el vocablo de carpintería isotérmica se engloban todos los elementos que permiten el acceso a las cámaras frigoríficas. Son, pues, las puertas, ventanillas y portillones, que han de presentar la doble propiedad de ser isotérmicas y estancas al aire cuando se hallan en posición de cierre.

La construcción de estos elementos precisa de los materiales tradicionales: madera y metal, aunque también, y cada día más, los materiales plásticos y las lanas de vidrio. La construcción de las ventanillas y portillones es similar a la de las puertas, variando solamente las dimensiones, por lo que se examinarán solamente los procedimientos empleados para la ejecución de puertas.

#### 6.6.1 Puertas Isotérmicas. Materiales Constitutivos.

##### a) Madera.

Material de uso común, bien bajo el estado masivo, o bien en contraplacado, implica la construcción de puertas pesadas, que, a pesar de todas las precauciones tomadas en la ejecución de los bastidores y paramentos, se hallan sujetas a deformaciones por la humedad.

b) Madera y chapa metálica.

A fin de reducir los riesgos de deformaciones debidas a la humedad, se reemplaza a menudo la madera de los paramentos por chapa de acero galvanizada, o, en determinados casos, por chapas de aleaciones ligeras. El bastidor, constituido de madera dura, se recubre con dos chapas, la exterior se dobla sobre la cara lateral del bastidor y la chapa interior cubre solamente su cara posterior.

A fin de evitar el contacto de la plancha caliente exterior con la interior que está fría, se establece una separación entre estas dos chapas, en cuyo espacio se fija el burlete de estanquidad. Este tipo de realización mixta de madera y chapa permite la construcción de puertas menos pesadas y con un menor espesor que en la construcción de madera, y, además, este tipo de puertas son menos sensibles a la humedad.

c) Materias plásticas.

Las puertas con materiales plásticos son ligeras, resistentes, insensibles a la humedad y presentando además una gran gama de colores en su cara exterior; parecen ser el elemento base en la carpintería isotérmica del futuro. Están formadas por dos cuerpos moldeados de poliéster armados con -- dos o tres espesores de lana de vidrio, los cuales son ensamblados bajo -- presión después de colocado el aislante; las placas de metal donde deben -- fijarse los tornillos para el montaje de los herrajes se han insertados -- previamente en los espesores de lana de vidrio.

#### 6.6.2 Tipos de Puertas Isotérmicas.

(1) Empotradas pivotantes:

- 1A. Solapadas con umbral saliente.
- 1B. Con burlete inferior frotando en el umbral.

(2) Superpuestas:

- 2A. Pivotantes.
- 2B. Corredizas: con burlete inferior frotando en el umbral.
- 2C. Levantables.

Las puertas empotradas en su marco exterior, incorporan, de acuerdo a la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y la cámara fría, uno, dos o tres batientes escalonados uno en relación con el otro, con --

una, dos o tres juntas de estanquidad. El inconveniente de estas puertas en el caso de fuertes diferencias de temperatura (especialmente con las temperaturas interiores negativas) consiste en la deformación bajo el efecto de su peso y la humedad; las puertas se bloquean, los batientes no se adaptan en su marco, y ninguna de las juntas es estanca. Para vencer este inconveniente se proyectaron las puertas llamadas "superpuertas", las cuales se aplican en forma superpuesta sobre el marco del muro exterior en la cámara fría.

Las ventajas de este tipo de puertas residen en que facilitan el paso a través de la puerta, simplifican la instalación eventual de resistencias de calentamiento, evitan de forma total el bloqueo de las puertas por deformación de las mismas; y finalmente, presentan la posibilidad de construir puertas corredizas y, algunas veces, que puedan levantarse (corredizas horizontales y corredizas verticales, respectivamente).

Si una puerta se ha deformado durante la puesta en obra, es mejor eliminarla; ningún acomodo será jamás capaz de repararla a su estado original. Dejarla, significa perder calorías y dañar siempre más la puerta y también el bastidor o marco.

#### 6.6.3 Bastidor o Marco.

El bastidor o marco fijo tiene una gran importancia para la solidez y estanquidad de la puerta.

El marco ha de ser indeformable, lo que implica la necesidad de poseer una gran resistencia, aunque no hace falta que tenga continuidad con el aislamiento de la pared al cual está fijado. En ocasiones es necesario construir un pórtico de cemento armado en el que se empotra el marco.

Dicho marco o bastidor puede ser de madera recubierto de metal y debe preverse que sea desmontable para poder reemplazarlo en caso necesario.

#### 6.6.4 Juntas.

La evolución de los tipos de juntas o burletes han seguido el desarrollo experimentado en la construcción de las puertas isotérmicas.

Las juntas pueden tener dos partes:

- sobre el marco: junta de espuma de caucho plana;
- sobre la puerta: junta de caucho duro con una sección dentada que se estampa sobre la espuma de caucho.

El número de dientes o estrías depende de la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior de la cámara fría. Este género de juntas - permite la obtención de una estanquidad absoluta.

#### 6.6.5 Resistencias de Calentamiento.

Las juntas de las puertas constituyen siempre el punto débil del aislamiento hace falta que solamente estas puertas se destinen a cámaras de temperatura negativa para que la humedad que se condensa sobre las juntas se transforme en hielo; por consiguiente, es necesario en este caso mantener la temperatura de las juntas a un nivel próximo y, si es posible, superior a la del ambiente exterior a fin de evitar el riesgo de condensación en dichas juntas.

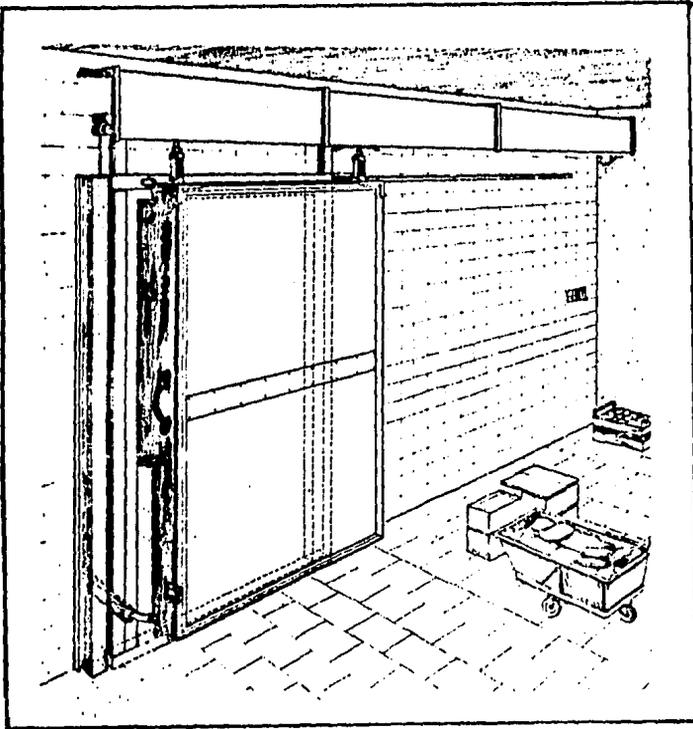
Para conseguirlo, se colocan en las escotaduras practicadas en el marco y en el umbral unas resistencias blindadas de calentamiento alimentadas a baja tensión. Para que el calor se reparta a todo lo largo de la junta es suficiente prever una placa de reparto de latón sobre la cual se encola la junta de espuma de caucho. Ese recalentamiento eléctrico debe llevarse a cabo con dispositivos automáticos y seguros.

La temperatura a que llega la junta (entre 30 y 40°C) anula todo riesgo de condensación y además asegura a la espuma de caucho una flexibilidad constante, lo que no hace más que contribuir a la buena estanquidad de dicha junta.

La casi totalidad de las puertas isotérmicas están formadas de una sola hoja que gira alrededor de un eje vertical colocado a uno de los lados verticales del marco o bastidor, bien a la derecha o bien a la izquierda (con bisagras en la derecha o en la izquierda).

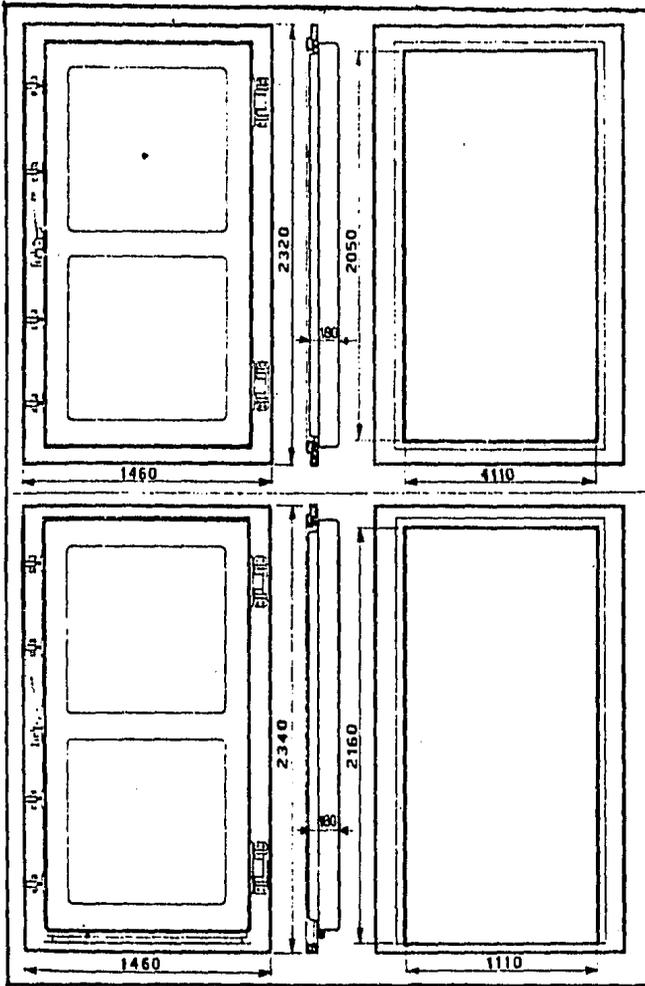
Esta disposición muy corriente tiene por efecto obligar a mantener frente a la puerta un espacio totalmente inútil que corresponde al batir de la puerta, y, por otra parte, el peso de la misma corre la eventualidad de hacerla "picar de nariz" cuando el paso libre es importante, aunque estas aberturas se limiten desde 1.20 a 1.40 m para puertas de una sola hoja.

Las puertas superpuestas corredizas aportan una solución a este doble problema ya que con ellas resulta posible alcanzar 2 m, y aún más, de paso libre sin ocupar una superficie importante del suelo frente a la puerta.



Puerta isotérmica tipo corrediza con control eléctrico de apertura, empleada generalmente para cámaras frigoríficas a temperatura negativa.





Dimensiones recomendables para puertas de abatimiento, mm, (17).

#### 6.6.6 Herrajes.

Los herrajes de las puertas isotérmicas comprenden dos series de piezas diferentes, las primeras aseguran el giro y levantamiento de la puerta, y las segundas, su cierre.

El pivotado o giro se obtiene por medio de bisagras de latón cromado en las puertas de dimensiones pequeñas, puertas de cámaras frías comerciales, de temperatura positiva, o por bisagras de acero forjado metalizadas en las puertas de grandes dimensiones. Estas bisagras incorporan entonces la rampa helicoidal que permite alzar la puerta en el momento de su apertura.

El cierre se obtiene por medio de gatillos interiores de tres puntos en el caso de puertas de pequeñas dimensiones, y exteriores, de dos o tres puntos en el caso de puertas de grandes dimensiones, los cuales se deslizan sobre pestillos con rampas inclinadas que facilitan el despegue eventual de las juntas de estanqueidad.

En las puertas superpuestas pivotantes, las bisagras se incorporan con la rampa helicoidal que permite el giro de la puerta. Estas bisagras normalmente en número de tres, van fijadas sobre el canto de la puerta.

En cuanto al cierre se obtiene por medio de "bloques" con resortes regulables que facilitan el cierre automático con el sólo golpe dado a la puerta, efectuándose la apertura, tanto desde el interior como del exterior, por medio de una maneta o palanca.

#### 6.6.7 Seguridad.

Los reglamentos de seguridad exigen que las puertas isotérmicas puedan abrirse desde el interior y que se instale un dispositivo de alarma sonora en las cámaras a bajas temperaturas. Cuando la apertura de las puertas está controlada desde el exterior por un cerrojo, debe existir la posibilidad de abrir dicho cerrojo desde el interior, o sino, deberá preverse un portillón manejable únicamente desde el interior para permitir la evacuación del personal que, inadvertidamente, pudiese quedar encerrado dentro de la cámara.

### 6.6.8 Cortinas de Aire.

La frecuente apertura de las puertas, para permitir el tráfico de los productos, provoca los intercambios de aire entre el interior y el exterior, que pueden ser considerables.

El aire que entra al frigorífico transporta calor y humedad. Esta se depositará como escarcha en toda superficie fría y acabará en el evaporador.

El movimiento del aire a través de las puertas se efectúa normalmente en dos sentidos:

- 1) Del exterior al interior en la parte alta del umbral de la puerta, por lo que el aire caliente al enfriarse contra las paredes, el techo y los productos, provoca condensaciones de humedad o formaciones de témpanos.
- 2) Del interior al exterior en la parte baja del umbral de la puerta, por lo cual el aire frío saliente, mezclándose con el aire caliente exterior, provoca la formación de niebla, baña los pisos, etc.

En cada sentido las consecuencias son dañosas y molestas.

Para limitar los cambios de aire, se puede adoptar las contrapuertas a dos batientes, rígidas y elásticas, de goma o material plástico, mantenidas cerradas con muelles que se abren al paso de las personas y de los montacargas e inmediatamente cierran entre sí.

En la Figura 27 se esquematiza una cortina interior de cintas flexibles para reducir el intercambio de aire, de uso común en México.

Ayuda también la maniobra automática de las puertas, de lo cual se hablará en el capítulo XI.

Un método ampliamente difundido en el sector, es el empleo de dispositivos consistentes en soplar paralelamente al plano de la puerta un tiro de aire en forma de "velo" o cortina, obteniéndose las así conocidas "puertas a velo de aire o cortinas de aire", (Figura 28).

El principio de la cortina de aire es el siguiente: un ventilador colocado encima de la puerta aspira el aire exterior y lo impulsa, bajo una fuerte presión, a través de una tobera muy plana cuya anchura es igual a la de la puerta.

En función de la temperatura de la cámara y de las dimensiones de la puerta, se determinará el ángulo de choque de la cortina, así como la veloci-

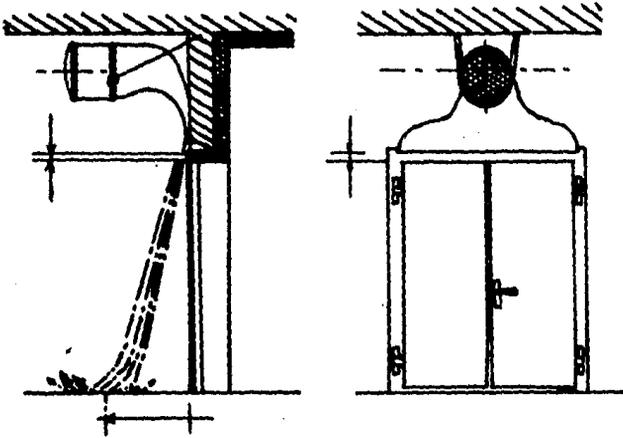


Fig. 28. Esquema del velo de aire en una puerta frigorífica. (17).

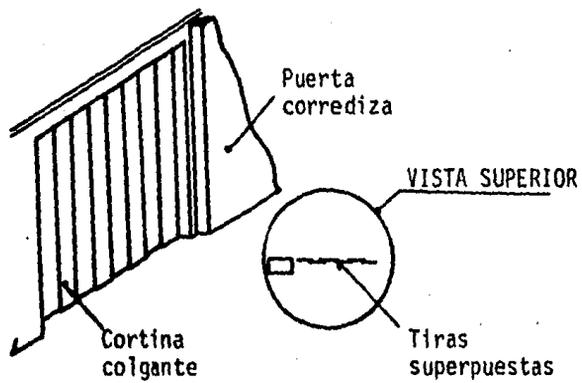


Fig. 27.- Cortina interior de cintas flexibles para reducir el intercambio de aire. (8).

dad y la cantidad de aire a la salida.

Cuanto más alta es la puerta, mayor debe resultar el caudal de aire y la anchura de la tobera reduciéndose la velocidad de la salida.

El ángulo de tiro del aire impulsado que hace con respecto al plano vertical, varfa de 5 a 15°, a según de la diferencia de temperatura varie de 20 a 40°C.

La puesta en marcha del ventilador es accionada por la apertura de la puerta.

Un método más económico es la utilización de las cortinas de tiras de material plástico flexible (Figura 27).

## VII.- LA CARGA TERMICA EN LOS ALMACENES FRIGORIFICOS

La carga térmica en los almacenes frigoríficos es el resultado de la suma de calores que comúnmente provienen de varias fuentes diferentes, como son (4)(5)(9)(11)(16)(26):

1. Calor transferido al espacio refrigerado, desde el exterior, a través de las paredes aisladas ( $Q_{pa}$ ).
2. Calor entregado por el producto al reducir su temperatura al nivel deseado ( $Q_p$ ).
3. Calor que ceden las tarimas, los envases o embalajes que acompañan al producto ( $Q_{te}$ ).
4. Calor desprendido por respiración (únicamente para frutas y hortalizas) ( $Q_r$ ).
5. Calor por cambios o infiltración de aire caliente del exterior ( $Q_a$ ).
6. Calor cedido por el personal que trabaja dentro del espacio refrigerado ( $Q_{pe}$ ).
7. Calor por iluminación del espacio refrigerado ( $Q_i$ ).
8. Calor cedido por motores dentro del espacio refrigerado ( $Q_m$ ).

A la suma de estas fuentes de calor se le conoce como Potencia Frigorífica ( $Q_0$ ), cantidad de calor a extraer de una cámara frigorífica, que será la base de cálculo para la selección de los equipos y accesorios de una instalación frigorífica.

La importancia de cualquiera de estas fuentes de calor en relación a la carga térmica total ( $Q_0$ ), varía con la aplicación individual. No todas son factores importantes en todas las aplicaciones, ni la carga térmica en una aplicación particular. No obstante, en una aplicación dada, es esencial considerar todas las fuentes de calor presentes y que el calor proveniente de ellas se tome en consideración en los casos generales.

### 7.1 Tiempo de Operación del Equipo.

Aunque todas las capacidades normales están dadas en Kilocalorías por hora, en aplicaciones de refrigeración, la carga térmica total se calcula usualmente para un período de 24 horas, esto es en Kcal/dfa. Así pues, para determinar las calorías requeridas por capacidad horaria del equipo, se divide la carga térmica total entre el tiempo de operación del equipo, es

decir:

$$Q_0 = \frac{\text{Carga térmica total, Kcal/dfa}}{\text{Tiempo de operación del equipo, h/dfa}} ; (\text{Kcal/h}).$$

Debido a la necesidad de descongelar el evaporador a intervalos frecuentes, no es práctico el diseñar el sistema de refrigeración, de tal manera que el equipo deba operar en forma continua para manejar la carga. En la mayoría de los casos, el aire que pasa sobre la superficie del serpentín del evaporador, se enfría a una temperatura inferior al punto de condensación, condensándose humedad del aire sobre la superficie del serpentín.

Cuando esa superficie se encuentra a una temperatura superior a la de congelación del agua, la humedad condensada del aire es purgada del serpentín a la charola de condensación, dejando el espacio a través de la tubería del drenaje. Sin embargo, cuando la temperatura de la superficie del serpentín es inferior a la temperatura de congelación del agua, la humedad condensada del aire se congela, formando hielo y adhiriéndose a la superficie del serpentín, causando la acumulación de "escarcha" sobre la superficie del mismo.

Puesto, que la acumulación de escarcha en el serpentín tiende a aislar a éste, reduciendo su capacidad, la escarcha debe fundirse periódicamente, elevando la temperatura de la superficie del serpentín sobre el punto de congelación del agua y manteniéndola a este nivel hasta que se ha fundido toda la escarcha y abandonado el espacio a través de la tubería del drenaje.

No importa cómo se efectúe la descongelación, ésta requiere de un cierto lapso de tiempo, durante el cual el efecto refrigerante debe cesar.

En el capítulo IX se hablará de algunos métodos de descongelamientos automáticos de los evaporadores. Los tiempos de descongelación se pueden obtener de catálogos, según la marca y modelo de evaporador, es decir, son proporcionados por el fabricante.

## 7.2 Cálculos de la Carga Térmica.

### 7.2.1 Determinación de las Temperaturas de Cálculo.

Para las aplicaciones de refrigeración o acondicionamiento de aire, la carga máxima se produce durante las temporadas más cálidas. Sin embargo, no resulta económico, ni práctico el diseñar un equipo para la temperatura

más cálida que pudiera producirse en determinada ocasión por unas cuantas horas, puesto que se ha determinado que la máxima temperatura podría producirse durante tan sólo unas pocas horas en el transcurso de varios años. Por consiguiente, la temperatura de cálculo se elige, normalmente, como una temperatura que sólo será excedida por un cierto porcentaje de horas durante los meses de verano.

a) Temperatura de Cálculo (4)(26):

$$T_c = 0.4 T_{mm} + 0.6 T_{m\acute{a}x} \quad (1)$$

donde:  $T_{mm}$  : temperatura media del mes más caliente, °C.

$T_{m\acute{a}x}$  : temperatura máxima diaria del mes más caliente, °C.

b) Temperatura del pasillo:

$$T_p = 0.55 T_c \quad (2)$$

c) Temperatura de la sala de máquinas:

$$T_{sm} = 0.70 T_c \quad (3)$$

d) Temperatura del suelo:

$$T_s = 1/2 (15 + T_c) \quad (4)$$

e) Las paredes y techos expuestos a las radiaciones solares, tienen corrección de temperatura por radiación solar. En este caso, la corrección depende del tipo de superficie (material y color) y de la orientación<sup>(1)</sup>.

### 7.2.2 Cálculos de Espesores de Aislamiento.

Se emplea:  $Q = U A \Delta T \quad (5)$

donde:  $Q$  : calor transmitido por el aislamiento, Kcal/h.

$U$  : coeficiente global de transmisión de calor,  
Kcal/ h m<sup>2</sup> °C.

$\Delta T$  : diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cámara, °C.

Experimentalmente (4)(26), se ha comprobado que la máxima cantidad de

(1): Las propiedades termofísicas o los factores correctivos que se citan, en éste capítulo, pueden ser encontradas fácilmente en cualquier bibliografía básica, catálogos o manuales referentes a la Ingeniería y Aplicaciones del Frío.

calor permisible económicamente, que se deba transferir a través del aislante es:

$$Q/A = \text{de } 8 \text{ a } 10 \text{ Kcal/ m}^2 \quad (6)$$

Si para un material homogéneo (14):

$$U = \frac{1}{x/k} = k/x \quad (7)$$

donde:

$k$  : conductividad térmica del material aislante,  
Kcal/ h m °C.

$x$  : espesor del material aislante, m.

y si se toma de (6):

$$Q/A = 10 \text{ Kcal/m}^2$$

se tiene que:

$$(k/x) \Delta T = 10$$

por tanto:

$$x = k/10 \Delta T$$

se obtiene la ecuación que se utiliza para el cálculo de espesores de aislamiento para las diferentes paredes y techo de una cámara fría.

### 7.2.3 Cálculo de Transmisión de Calor por Paredes.

- a) se encuentra el área de exposición de las paredes (exteriores),  $m^2$ .
- b) se calculan las Kcal/hora transmitidas por cada pared, recordar la ecuación (6).
- c) se calculan las Kcal/dfa multiplicando por 24 h.
- b) se obtiene el valor de ( $Q_{pa}$ ).

### 7.2.4 Cálculo de Entradas de Calor por Producto ( $Q_p$ ).

La carga del producto está formada por el calor que debe retirarse del producto con objeto de reducir la temperatura de éste al nivel deseado. La importancia de la carga del producto en relación con la carga térmica total, igual que las demás, varía con la aplicación.

La carga térmica que resulta del enfriamiento de productos, puede ser intermitente o continua. La carga del producto es una parte de la carga térmica total solamente si la temperatura del producto se reduce a la de almacenamiento, cuando se ha conseguido ésta temperatura, no es ya una fuente de calor y la carga del producto cesa de ser una parte de la carga del

equipo. Excepción de lo anterior, es el almacenamiento de frutas y hortalizas, que entregan calor de respiración durante todo el tiempo de almacenamiento, aunque no hay disminución ulterior en la temperatura.

El enfriamiento de líquidos es otra forma de aplicaciones en la cual - el producto constituye una carga continua sobre el equipo frigorífico.

- a) Calor sensible arriba del punto de congelación.- La mayoría de los productos que se depositan en un almacén frigorífico se encuentran a una temperatura superior a la temperatura de almacenamiento. Debido a que muchos alimentos contienen un alto porcentaje de agua, - su reacción, con respecto a la pérdida de calor, es completamente - diferente arriba y abajo del punto de congelación.

El calor que debe extraerse a un producto para reducir su temperatura por encima del punto de congelación, puede calcularse del siguiente modo:

$$Q_1 = W C_{p1} (T_1 - T_2) \quad (8)$$

donde:

W : cantidad de productos introducidos en un día,  
Kg/día ó Ton/día.

C<sub>p1</sub> : calor específico del producto arriba del punto de congelación, Kcal/Kg °C.

T<sub>1</sub> : temperatura inicial del producto, °C.

T<sub>2</sub> : temperatura de almacenamiento, °C.

\* Cuando el producto será congelado, (T<sub>2</sub>), tomará el valor correspondiente al punto de congelación del producto en estudio.

- b) Calor latente de congelación.- En este caso, únicamente debe tenerse en consideración el porcentaje de agua contenida en el alimento. Esta calor latente se calcula:

$$Q_2 = W \cdot h_f \quad (9)$$

donde:

h<sub>f</sub> : calor latente de fusión, Kcal/Kg.

- c) Calor sensible por debajo del punto de congelación.- Una vez que se ha congelado el contenido de agua del producto, puede seguirse enfriando sensiblemente, de igual modo que sucede por encima del punto de congelación, con la excepción de que el hielo en el producto, produce un cambio en el calor específico.

$$Q_3 = W C_{p2} (T_c - T_3) \quad (10)$$

donde:

$C_{p2}$  : calor específico del producto abajo del punto de congelación, Kcal/Kg °C.

$T_c$  : temperatura que corresponde al punto de congelación del producto, °C.

$T_3$  : temperatura de congelación (temperatura del medio de enfriamiento), °C.

La carga total del producto es la suma de las cargas individuales:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_p.$$

#### 7.2.5 Cálculo de Entradas de Calor por en Enfriamiento de Tarimas, Envases y/o Embalajes, ( $Q_{te}$ ).

Se utiliza la ecuación (8).

En este caso, el  $C_p$ , dependerá de la naturaleza de los materiales empleados en el estibamiento.

#### 7.2.6 Cálculos de Entradas de Calor por Respiración ( $Q_r$ ).

Las frutas y hortalizas continúan viviendo después de la cosecha o recolección y, siguen sufriendo cambios cuando están almacenamiento. El más importante de estos cambios lo produce la respiración, que debe considerarse como parte de la carga del producto cuando se mantienen cantidades considerables de frutas y/o hortalizas en almacenamiento. La cantidad de calor producida en el proceso de respiración, depende del tipo y temperatura de los productos.

$$Q_r = (W_1 \times Cr_1) + (W_2 \times Cr_2) \quad (11)$$

donde:

$W_1$  : cantidad de productos introducidos al día, Kg.

$W_2$  : cantidad de productos considerando que a la cámara le falta un día para llenarse, Kg.

$Cr_1$  : calor de respiración a la temperatura de entrada del producto, Kcal/h/Kg.

$Cr_2$  : calor de respiración a la temperatura de almacenamiento del producto, Kcal/h/Kg.

### 7.2.7 Cálculo de Entradas de Calor por Cambios o Infiltración de Aire.

Cualquier cantidad de aire que penetre en el espacio refrigerado, debe llevarse a la temperatura de almacenamiento, aumentando de este modo la carga térmica. Además, en caso de que el contenido de humedad del aire que ha penetrado, sea superior que el existente en el espacio refrigerado, el exceso de humedad se condensará y el calor latente de la condensación se sumará a la carga térmica.

Debido a los muchos factores variables, resulta difícil calcular con exactitud ésta fuente de calor. Sin embargo, se han desarrollado métodos basados en la experiencia para determinar ésta carga. Estos métodos de estimación están sujetos a posible error y las aplicaciones específicas pueden variar grandemente con relación a la ganancia real de calor encontrada.

a) Método de estimación por cambio de aire:

$$Q_a = \text{No. CA}/\text{día} \times V \times f_a \quad (12)$$

donde:

No. CA : número de cambios de aire durante el día, en función del volumen de la cámara.

V : volumen interior de la cámara,  $m^3$ .

$f_a$  : factor que indica el calor a retirar por  $m^3$ , es función de la temperatura y humedad relativa del aire exterior y de la temperatura de almacenamiento de la cámara.

b) Método de estimación utilizando la carta psicrométrica:

$$Q_a = W (h_e - h_i)$$

donde:

W : peso del aire que se introduce al espacio en 24 h.

$$W = V/v \times \text{No. CA}$$

siendo (v) el volumen específico del aire,  $m^3/\text{Kg}$ .

$h_e$  : entalpía del aire exterior, Kcal/Kg.

$h_i$  : entalpía del aire interior, Kcal/Kg.

### 7.2.8 Cálculo de Entradas de Calor por el Personal.

El cuerpo humano disipa constantemente calor y humedad. La cantidad de calor depende del tipo de actividad, temperatura, tiempo dentro de la cámara, etc.

$$Q_{pe} = H \times t \times f_p \quad (13)$$

donde:

H : número de personas que trabajan dentro del espacio refrigerado.

t : tiempo de trabajo durante el día.

$f_p$  : factor que indica el calor disipado por persona - por hora, en función de la temperatura del espacio refrigerado.

### 7.2.9 Cálculo de Entradas de Calor por Iluminación.

$$Q_i = \text{Watts} \times t \times 860 \quad (14)$$

donde:

Watts : son los watts totales de los focos encontrados dentro del espacio refrigerado.

t : horas de iluminación al día.

860 ; factor de conversión a Kcal/h.

### 7.2.10 Cálculo de Entradas de Calor por Motores.

$$Q_m = H_p \times \text{No. motores} \times f_m \quad (14)$$

donde:

$H_p$  : potencia de los motores, en Hp.

$f_m$  : factor de conversión, en Kcal/Hp-h.

Hasta éste punto, sólo se considera la carga térmica dispada por motores de montacargas, transportadores, etc., excepto la disipada por los ventiladores de los evaporadores, pues aún, no se conocen cuántos, marca y modelo de esos, se tienen en la cámara. Posteriormente cuando se hace la selección del evaporador, como primer equipo que se selecciona en una instalación frigorífica, ya que se conocen cuántos de ellos, modelo, números de ventiladores y por ende el número de motores y potencia de los mismos, se hace un recálculo de la carga térmica para obtener la carga térmica real -- que debe retirarse del espacio refrigerado.

### 7.2.11 Empleo del Factor de Seguridad.

La carga térmica total para un período de 24 horas es la suma de las - cargas de calores calculados en las secciones anteriores. Es práctica común (4)(9), el agregar de 5 a 10% de éste valor, como factor de seguridad. El porcentaje empleado depende de la confianza que se tenga en la información utilizada para calcular la carga térmica. Por regla general se emplea 10%.

### 7.2.12 Carga Térmica Total, (Qo).

Una vez añadido el factor de seguridad, la carga térmica de 24 horas - se divide entre el tiempo de operación del equipo\*. La carga horaria promedio o Potencia Frigorífica se usa como base para la selección del equipo y accesorios frigoríficos.

Existen procedimientos rápidos para la determinación de la carga térmica horaria, propuestos por los fabricantes de equipo. Ejemplo de un procedimiento rápido se muestra en la siguiente página.

\* Recordar la sección 7.1 de éste capítulo.

### CALCULO DE LA CARGA DE REFRIGERACION

Cálculo para Nombre del Cliente Juan Pérez Calculado por  
Dirección Fecha 28 - Enero - 71

Aplicación Cámara de Refrigeración Cámara: Alto 8' Ancho 10'  
 Temp. del cuarto 40 OF 50% H. R. Largo 40' Volumen 3000 pie<sup>3</sup>  
 Temp. ambiente 100 OF \_\_\_\_\_ H. R.  
 Dif. de Temp. (DT) 60 OF. Aislamiento: Grosor 4"  
 Tipo Fibra de vidrio

Carga del Producto 15,000 lb. de Cerveza @ 80°F ; 1000 lb. de ejotes  
500 lb. de Tocino @ 50°F y 500 lb. de lechuga.  
 Luces, motores 200 watts @ 12 horas , 1/2 HP continuamente.  
 Personas, varios 2 hombres @ 2 horas al día.

**CARGA DE TRANSMISION DE CALOR (Vea tabla al reverso) BTU/24 Hrs.**  
 Paredes laterales 40' L x 8' A x 2 = 640 area x 60° DT x 1.5 factor = 57,600.  
 Paredes frontales 10' L x 8' A x 2 = 160 area x 60° DT x 1.5 factor = 14,400.  
 Techo 40' L x 10' Ancho = 400 area x 60° DT x 1.5 factor = 36,000.  
 Piso 40' L x 10' Ancho = 400 area x 15° DT x 1.5 factor = 9,000.  
 Vidrio \_\_\_\_\_ area x \_\_\_\_\_ DT x \_\_\_\_\_ factor = \_\_\_\_\_

**GANANCIA DE CALOR POR USO (Utilícese la tabla 1B a la vuelta, o calcule la infiltración, la carga del producto y la carga suplementaria, como se indica a continuación. Si la carga del producto es snormal no utilice la tabla 1B.)**

Volumen: \_\_\_\_\_ pies<sup>3</sup> x factor \_\_\_\_\_ BTU/24 hrs. = \_\_\_\_\_

**No use los incisos A, B y C cuando haya empleado el cálculo de ganancia de calor por uso.**

**A. INFILTRACION DE AIRE.** cambios de aire factor BTU/  
 Volumen: 3000 pies<sup>3</sup> x 9.5 cada 24 horas x 2 de uso x 2.67 pie<sup>3</sup> = 152,190.

**B. CARGA DEL PRODUCTO.**

Reducción de la temperatura del producto:

500 lb. x 0.5 calor específico x (50-40) DT = 2,500.  
15,000 lb. x 1.0 calor específico x (80-40) DT = 600,000.  
 \_\_\_\_\_ lb. x \_\_\_\_\_ calor específico x \_\_\_\_\_ DT = \_\_\_\_\_

Calor latente de congelación:

\_\_\_\_\_ lb. x \_\_\_\_\_ BTU/lb. calor latente de fusión = \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ lb. x \_\_\_\_\_ BTU/lb. calor latente de fusión = \_\_\_\_\_

Calor de Evolución:

0.25 tons. x 2,700 BTU/24 hr. calor de evolución = 675.  
0.50 tons. x 9,700 BTU/24 hr. calor de evolución = 4,850.

**C. CARGA SUPLEMENTARIA.**

200 watts x 12 horas x 3.42 BTU/hr. = 8,208.  
1/2 HP x 24 horas x 4,250 BTU/hr. = 51,000.  
2 personas x 2 horas x 840 BTU/hr. = 3,360.

Sub-Total 822,783.

Factor de seguridad: \_\_\_\_\_ %

Carga total de refrigeración en 24 horas: 822,783.

Capacidad del compresor basada en 16 horas de operación: 51,424.

## VIII.- EQUIPO E INSTRUMENTACION EMPLEADOS EN EL ENFRIAMIENTO DE LOS ALMACENES FRIGORIFICOS

### 8.1 Enfriadores de Aire.

Las cámaras frigoríficas son mantenidas a una temperatura determinada mediante enfriadores de aire (conocidos también como evaporadores o difusores) por convección natural o forzada.

Según sean las dimensiones de las cámaras frigoríficas, el enfriador o enfriadores de aire se colocarán a lo largo de una pared grande, si la anchura no excede los 15 metros; y de las dos paredes grandes, si la anchura esta comprendida entre 15 y 30 metros. Si las cámaras frigoríficas tienen una anchura superior a los 30 metros, será necesario adoptar dispositivos especiales, como el techo insuflante o evaporadores de techo (como ocurre en los locales de conservación de producto congelado).

Las cámaras frigoríficas podrán ser dotadas de equipo o máquinas frigoríficas de tipo autónomo o centralizado.

En el primer caso, cada cámara es dotada de una o de varias instalaciones autónomas, cada una de las cuales comprenderá un compresor, un condensador, uno o dos evaporadores (uno o dos enfriadores de aire). Este tipo autónomo es recomendable para cámaras de una potencia frigorífica ( $Q_0$ ), relativamente pequeña. El equipo autónomo se colocarán sobre el techo y encima del pasillo central de servicio de las cámaras, Figura 29.

En el segundo caso, instalaciones centralizadas, los compresores, condensador(es) y demás equipo y accesorios frigoríficos, se localizarán en un local apropiado: sala de máquinas, que alimentarán en paralelo a todos los enfriadores de aire localizados en la(s) cámara(s) frigorífica(s), asimismo la salida del fluido frigorígeno (refrigerante en forma de vapor o mezcla líquido-vapor) desembocarán en una misma tubería común de aspiración.

Los enfriadores de aire son alimentados de tres formas:

- 1) Por expansión directa.
- 2) Por rebosamiento o gravedad (inundados).
- 3) Por recirculación de líquido (por medio de bombas u otro sistema termodinámico).

La adopción de los equipos autónomos estará especialmente justificada cuando el almacén frigorífico se construye en una zona nueva de producción.

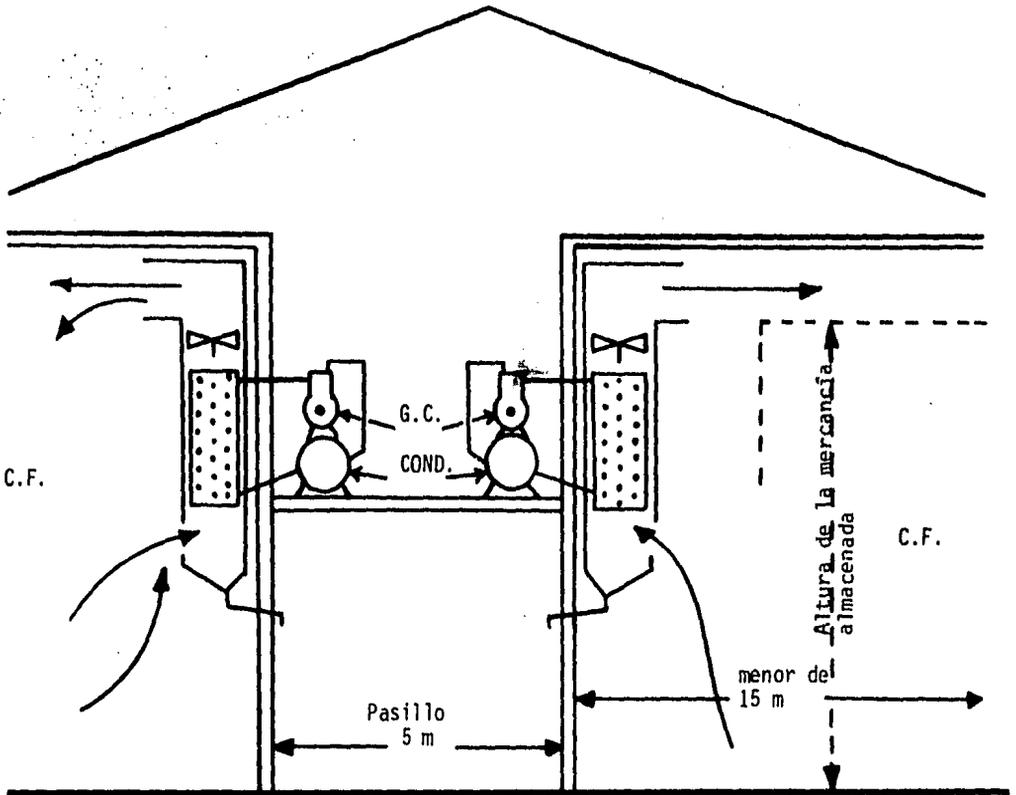


Fig. 29. Sección esquemática de una cámara para frutas equipada con grupos autónomos. (18).

C.F. : Cámara frigorífica  
COND. : Condensador

G.C. : Grupo compresor.

La ampliación del almacén se realizará a medida que aumente la producción, de modo que la inversión inicial será limitada. Los grupos autónomos cuestan en general, más que las instalaciones centralizadas, fundamentalmente debido a que la potencia instalada es mayor. Y es que en las instalaciones centralizadas, los compresores y los condensadores, que son comunes a todas las cámaras, se eligen de forma que satisfagan el balance máximo y aseguren en buenas condiciones, los distintos regímenes previsibles de funcionamiento del almacén frigorífico. En el caso de los grupos autónomos, el equipo de cada cámara deberá ser el apropiado para cubrir las necesidades más importantes, sin que halla posibilidad de traspasar un exceso de potencia disponible de una cámara a otra.

En cuanto a los enfriadores de aire, la razón de su preferencia esta en el hecho de que pueden instalarse en cualquier local, sin requerir preparativos de construcción.

Esto simplifica el trabajo de los proyectistas, que pueden hasta terminada la construcción, ignorar el modo con el cual el enfriamiento vendrá operado, y ser regularmente competente en la técnica del frío.

La solución de instalar los enfriadores de aire dentro de las cámaras, se tiene generalmente, cuando los locales han sido proyectados o construidos y, es entonces, cuando se llama a los fabricantes o proveedores de estos equipos frigoríficos.

Proyectistas expertos pueden ventajosamente recurrir a razonables y económicas soluciones, es decir, a aquellas con los equipos frigoríficos fuera de los almacenes.

Estas consisten en enfriadores de aire formados de una cámara o caja de albañilería o metal, en la cual son instalados los serpentines (de tubos aletados) para el enfriamiento, y uno o más ventiladores que ponen en circulación, en circuito cerrado, la adecuada cantidad de aire, entre el enfriador y el almacén. Para la uniforme distribución y aspiración del aire, se puede dotar o adicionar a la caja conductos o canales con bocas reguladas por mamparas o deflectores.

Para aumentar el espacio útil, los enfriadores de aire pueden estar -- instalados en posiciones tales de ocupar espacios que serían en otro modo,

escasamente utilizables, como la parte superior de los pasillos, corredores, bajo el techo, etc.

## 8.2 Ventilación.

Los conductos utilizados para la distribución del aire dentro de una cámara fría, pueden ser diversamente contruidos e instalados.

La forma clásica es aquella de los conductos a sección rectangular, montados contra el techo, Figura 31, generalmente a las esquinas con las paredes, con o sin distribución, según las dimensiones de los locales; y dotados de bocas impulsantes y aspirantes, inferiores o laterales, con contraportas a regulación y clausura.

La disposición de los conductos en el techo presenta la desventaja de obstruir espacio, sino es la parte más alta de los locales, en la cual debe ser dejada libre de estibamiento, una altura parecida al menos a aquella de los conductos. Es útil que las bocas impulsantes o soplantes resulten en correspondencia de los pasillos de paso entre las estibas de los productos, en modo de que el tiro de aire llegue hasta el piso. Las bocas de aspiración es útil que se encuentren en los muros perimetrales, contra los cuales el aire se calienta y tiene la tendencia a subir.

Para economizar espacios dentro del almacén se pueden construir los conductos arriba del techo, utilizando los llamados "falso-plafones". En tal caso, los conductos deben ser revestidos con material aislante, el que equivale dar a los "falso-plafones" una forma como la indicada en la Figura 32.

De otro modo, todo el bajo techo, aislado en su parte superior, dividido con tabiques verticales y limitado inferiormente con un falso-plafón no aislado, forma los conductos de descarga y aspiración, Figuras 33 y 34.

Una solución que todavía no se ha adoptado, pero que puede ser considerada, es aquella de los conductos de aire enterrados abajo del piso, como se muestran en las figuras 35 y 36.

Esa solución presenta la ventaja de no requerir, como para el piso, de un aislamiento térmico de los conductos, y puede de ahí resultar, en algunas circunstancias económicas.

Para facilitar una uniforme circulación del aire, se podría adoptar que las bocas de impulsión en el piso, estén en correspondencia con los pasillos y espacios libres entre estibas y estibas de producto, y de colocar la aspiración a lo alto, con troncos de conductos verticales (Figura 37).

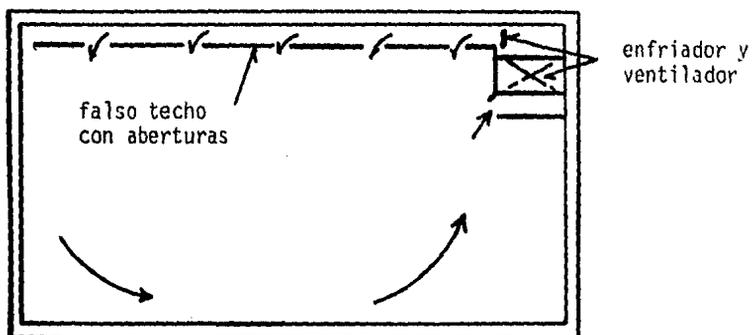


Fig. 30. Cámara con falso techo y aberturas para la distribución uniforme del aire. (26).

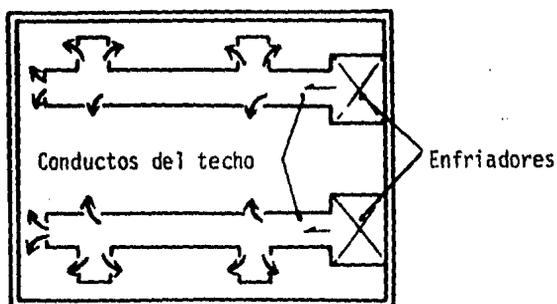


Fig.31.-Vista superior de una cámara con conductos en el techo.(26).

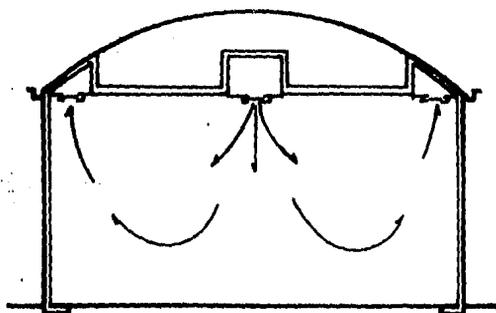


Fig. 32. Ventilación con conductos arriba del techo. (26).

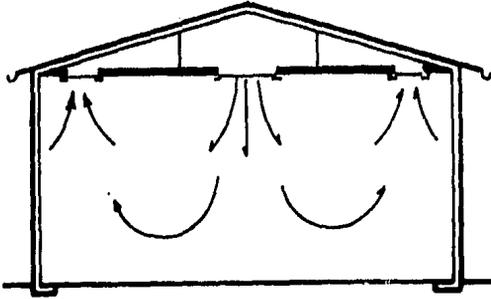


Fig.33.-Ventilación con conductos creados en el bajo techo.(26).

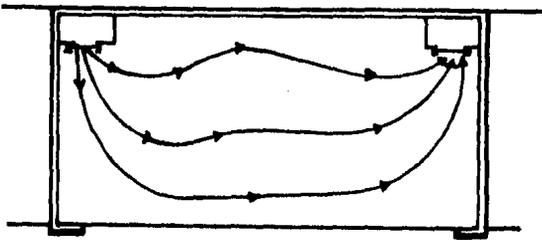


Fig.34.-Ventilación con conductos bajo el techo. (26).

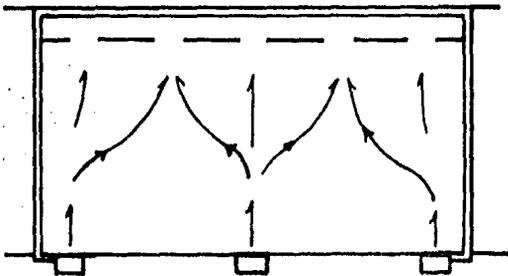


Fig. 35. Ventilación del piso hacia el techo. (26).

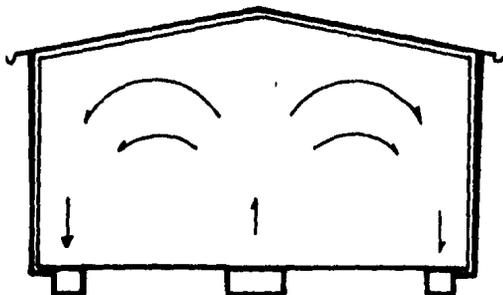


Fig. 36.-Ventilación con conductos enterrados.  
(26).

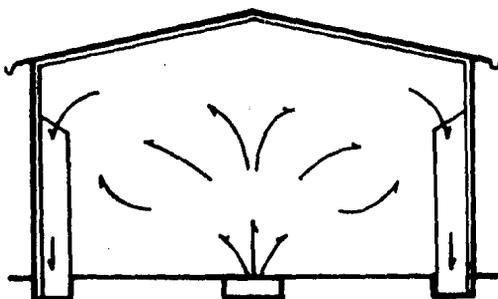


Fig. 37. Ventilación con conductos enterrados  
y columnas ascendentes. (26).

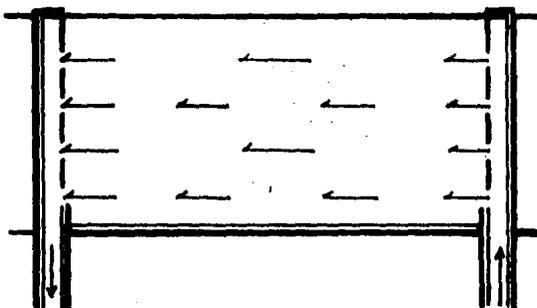


Fig. 38. Ventilación horizontal con espacios inter-  
puestos a las paredes (planta).

En fin, para locales muy amplios, se pueden construir paredes verticales perforadas, en donde la circulación del aire es horizontal y muy uniforme (Figura 38), o con paredes perforadas que sirven como conductos de descarga y aspiración central, como se muestra en la Figura 39.

Análogo resultaría una disposición con descarga del aire mediante boquillas en el piso y aspiración en el falso techo, y viceversa (Figura 35).

Estas técnicas pueden estimular a los proyectistas hacia la busca de soluciones nuevas y ventajosas para la uniformidad de la ventilación en los varios puntos de las cámaras frigoríficas, para la economía en los gastos de instalación y en el consumo de energía por parte de los ventiladores.

### 8.3 Equipo Secundario.

#### 8.3.1 Medición del Grado Higrométrico.

Existen aparatos llamados higrómetros, en los que se lee directamente el grado higrométrico o humedad realtiva del aire, fundados en en la propiedad higroscópica de los pelos animales.

Los higrómetros combinados con un tambor movido por un aparato de relojería y una pluma inscriptora en un papel adosado a la superficie del tambor se llama higrógrafo.

El grado higrométrico de una cámara puede medirse también con el aparato denominado Psicrómetro, que no es otra cosa que la combinación de dos termómetros, uno seco y otro húmedo. El termómetro seco es un termómetro corriente que nos dará la temperatura ambiente; el termómetro húmedo es también un termómetro corriente cuyo depósito de mercurio está rodeado de una mecha de algodón sumergida por su extremo en un pequeño recipiente de agua.

El termómetro húmedo marcará siempre una temperatura ligeramente inferior al termómetro seco. Esta diferencia de temperatura será proporcional al estado higrométrico del aire, ya que la temperatura indicada por el termómetro húmedo depende de la cantidad de agua evaporada a través de la mecha de algodón, que lo es a su vez de la tensión del vapor de agua contenido en el ambiente.

Cuanto menor es el grado higrométrico del ambiente, mayor cantidad de agua se evaporará por la mecha y menor temperatura marcará el termómetro húmedo.

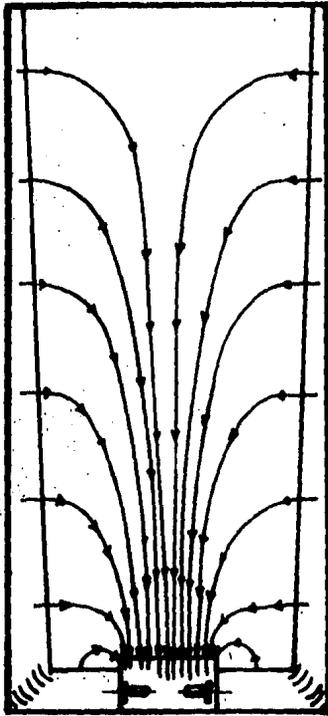


Fig.39.-Esquema de la circulación del aire con canales para la descarga.  
Se nota la más intensa ventilación próximo al vano de aspiración.

Existen ábacos (12), donde se puede encontrar el grado higrométrico correspondiente a las temperaturas leídas en los termómetros seco y húmedo.

### 8.3.2 Reguladores del Grado Higrométrico.

#### a) Regulación directa.

Se utilizan los llamados Humificadores, de los cuales ya se -- mencionaron algunos tipos y características de ellos en el capítulo III.

#### b) Regulación Indirecta.

El principal método de regulación indirecta se realiza ajustando la diferencia de temperatura entre la superficie del serpentín del evaporador y la temperatura de la cámara fría.

A una menor diferencia de temperatura le corresponde una mayor humedad relativa, como también ya se ha mencionado en varias o caciones en el presente trabajo.

La regulación de esa diferencia de temperatura se puede realizar con el auxilio de las adecuadas válvulas de expansión y de reguladoras de presión.

## IX.- REGULACION AUTOMATICA

Con la regulación automática de las instalaciones frigoríficas se tiene a seguir las operaciones y maniobras necesarias para su rutina, eficiente y seguro funcionamiento, sin intervención de operadores manuales.

Los objetivos de la regulación automática son principalmente dos:

- (1) Tener una más eficiente regulación.
- (2) Reducir los gastos de operación por reducción del personal empleado en la instalación.

El primero, se obtiene siempre con dispositivos apropiados; y en efecto los equipos automáticos son más rápidos, más constantes y más precisos en seguir las maniobras asignadas. La intervención de operadores especializados podría sólo ser útil para prever con anticipo circunstancias que no se han verificado todavía, pero que están por verificarse, y actuar en relación (ejemplo: intensificación del enfriamiento cuando están por introducirse productos calientes).

Los dispositivos para el automatismo pueden ser complejos y delicados, -de requerir para su mantenimiento personal especializado y por este motivo -costoso.

El automatismo de las instalaciones es hoy generalmente limitado a detener y poner en marcha a los compresores, según las necesidades de frío, o a parcializar la potencia frigorífica; y con el tiempo a interrumpir o restablecer el enfriamiento de los almacenes cuando la temperatura disminuye o se eleve en base a los valores prestablecidos. Este proceso, con equipo --bastante simple, da resultados que son satisfactorios, salvo los inconvenientes a la falta en paralelo, de la regulación de la humedad dentro de los almacenes, y de las frecuentes interrupciones del enfriamiento.

Para estudiar en su forma más completa, los métodos y los equipos usados para la regulación automática, conviene hacer la siguiente clasificación (9)(11)(16)(17)(20)(25)(26)(27)(29)(31):

- 9.1 Equipo de Seguridad. Destinados a prevenir los accidentes, los deterioros y los daños derivados de la irregularidad de funcionamiento.
- 9.2 Equipo para la Expansión del Fluido Frigorígeno. Destinados a regu

lar el paso del fluido frigorígeno del lado de alta presión hacia el de baja presión, a través de los adecuados dispositivos de laminación o expansión, en la misma medida exacta del fluido que pasa de la baja a alta presión a través de los compresores.

9.3 Equipo para la Separación y Regulación del Fluido Frigorígeno Líquido. Destinados a separar la fase líquida del vapor que debe ser aspirado por los compresores, y a reenviarla en circulación.

9.4 Equipo para la Regulación de la Temperatura. Destinados a equilibrar la potencia frigorífica desarrollada de las máquinas, a la potencia requerida, después que son alcanzadas las condiciones de régimen deseado.

9.5 Instrumentación para la Regulación del Grado Higrométrico.

9.6 Dispositivos para detener o poner en marcha las máquinas (compresores, bombas, etc.), según las necesidades del momento.

9.7 Dispositivos de Descongelamiento. Destinados a remover los depósitos de escarcha sobre los evaporadores, cuando su espesor llegue a restarles eficiencia de transferencia térmica.

## 9.1 Dispositivos de Seguridad.

9.1.1 Equipo limitador de la presión en la instalación, es decir:

a) Válvulas de seguridad.

b) Presostatos, destinados a detener el funcionamiento de los compresores cuando es alcanzada la presión límite. Pueden ser dispuestos en modo de restablecer en funcionamiento de los compresores cuando la presión regresa a los valores normales preestablecidos, o de requerir la intervención de un operador, después de que él ha detectado y solucionado el problema que dió origen al incidente.

Las válvulas de seguridad son por ley obligatorias en todas las instalaciones de cualquier potencia, aunque el automatismo sea aún incompleto.

9.1.2 Hidrostatos.- Destinados a no permitir el funcionamiento de los compresores cuando no circula agua de enfriamiento en los condensadores.

Son dispositivos simples y económicos de común uso.

- 9.1.3 Deprimostatos.- Destinados a detener el funcionamiento de los -- compresores, cuando la presión de aspiración desciende de un cierto valor límite, que no puede ser alcanzada, sino por una irregularidad, generalmente usados como presostatos.
- 9.1.4 Válvulas de no retorno,- Destinadas a impedir la circulación del fluido en sentido contrario al normal. A veces se emplean para evitar el ingreso en el compresor del fluido que condensa en las tuberías de aspiración, durante las pausas; para limitar el devramamiento del fluido en caso de ruptura de los compresores; para evitar el equilibramiento de las presiones durante la pausa de los compresores, etc.
- 9.1.5 Interruptores del funcionamiento de los compresores cuando el nivel del líquido en los separadores sube arriba de su altura máxima límite.  
El empleo es recomendable cuando la capacidad de los sepadores no sea suficiente a contener a todo el fluifo frigorígeno de la instalación, o por lo menos de los evaporadores.
- 9.1.6 Inyectores de líquido en las tuberías de aspiración de los com-- presores, tendiente a limitar el recalentamiento de los vapores después de la compresión; accionados por termostatos. Salvo ca-- sos excepcionales, su uso no es aconsejable por la disminución -- que traen en los varios rendimientos, particularmente en el volu métrico.
- 9.1.7 Interruptores accionados por las excesivas temperaturas o defi-- ciente presión del aceite de lubricación. Su empleo es justifi-- cado en las máquinas de gran potencia.
- 9.1.8 Salvomotores eléctricos.- Destinados a detener los motores por - exceso de corriente, por la disminución de la tensión, por falta de una fase; etc. Son de uso general y constituyen también tele interruptores para los varios comandos automáticos.

## 9.2 Equipo para la Expansión Automática.

Pueden ser accionados en base:

9.2.1 Al grado de recalentamiento del fluido a la salida de los evaporadores (regulación termostática). Se emplean en el caso de la llamada expansión seca, con grados de recalentamiento de 7-10°C.

Pueden ser:

a) Con o sin tubería de equilibrio de presión.

En el caso de varios evaporadores con presión de expansión única, varias válvulas termostáticas se pueden emplear para regular la repartición del fluido en los diversos circuitos. La regulación termostática es muy difundida por su simplicidad. Aunque puede dar lugar a los inconvenientes de notables caídas y pulsaciones de presiones, y a una limitada transmisión de calor de los evaporadores, por insuficiencia de fluido frigorígeno líquido en las últimas de sus secciones.

La alimentación inundada puede resultar ventajosa en este caso.

b) Sólo en el caso de único circuito de vaporización, es aconsejable operar la regulación termostática en base a la temperatura del fluido después de la compresión.

9.2.2 Al nivel del fluido frigorígeno líquido en los evaporadores o separadores (regulación a nivel constante: baja presión).

a) El nivel del líquido puede proceder mediante flotador, mecánicamente.

b) Mediante un flotador que moviéndose varía el flujo magnético en una solenoide o la capacidad en un condensador eléctrico.

c) Mediante la penetración de las radiaciones de isótopos radiactivos, diferentes en el líquido y en el vapor, etc.

9.2.3 Al nivel del fluido frigorígeno en los condensadores o en los acumuladores de líquido (regulación a nivel constante: alta presión).

El buen funcionamiento de este sistema requiere que la instalación tenga un sólo evaporador y que sea en cada momento justa la carga de fluido; a fin que el nivel constante en el ramo a alta temperatura corresponda al deseado nivel en aquel a baja presión.

Por esta razón es preferida la regulación a nivel constante en la baja presión.

### 9.3 Separación de la Fase Líquida.

Cuando los evaporadores están formados por una gran longitud de tubo, - en los que la velocidad de circulación del fluido expandido es débil, como es, en general, el caso de los evaporadores alimentados en régimen inundado, se comprueba un fenómeno de arrastre de pequeñas gotas de líquido.

A fin de evitar la conducción de este líquido al compresor, se dispone sobre la tubería de aspiración un recipiente, en el cual, por pérdida de presión y por cambio de dirección, las gotas que han sido arrastradas se separan de forma tal que únicamente llegan al compresor los vapores secos.

A este recipiente se le conoce como separador de líquido.

El separador de líquido tiene, como finalidad, dos funciones en la instalación frigorífica:

- separar las gotas de líquido no evaporado de los vapores que arrastran dichas partículas;
- lograr la alimentación por gravedad, o por medio de bomba(s), en régimen inundado, del (o, de los) evaporador(es) de la instalación.

El líquido que se recoge en el fondo de los separadores debe ser puesto en recirculación, y esto puede hacerse como se muestra en la Figura 40.

9.3.1 En el ramo a baja presión, es decir, en los evaporadores. Dada la menor diferencia de presiones a superar en este caso.

9.3.2 En el ramo a alta presión, por ejemplo entre el compresor y el condensador, con la ventaja de disminuir el calor de recalentamiento de los vapores comprimidos.

La separación del líquido en la sección de alta presión puede hacerse con:

- a) Bomba a toda presión. La diferencia de presiones a vencer es aquella existente entre las dos secciones del ciclo, siendo el funcionamiento de la bomba muy delicado, Fig. 41.
- b) Vapor a alta presión y disponiendo de un desnivel entre el separador y el acumulador de líquido o de un segundo recipiente.

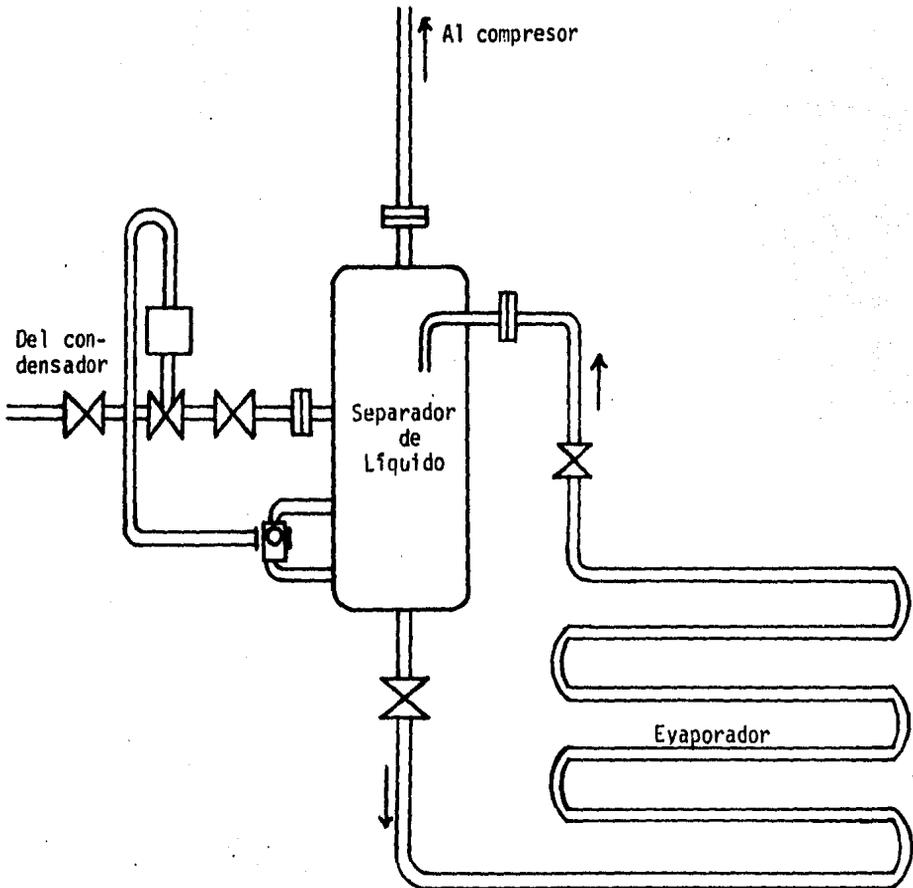


Fig. 40.

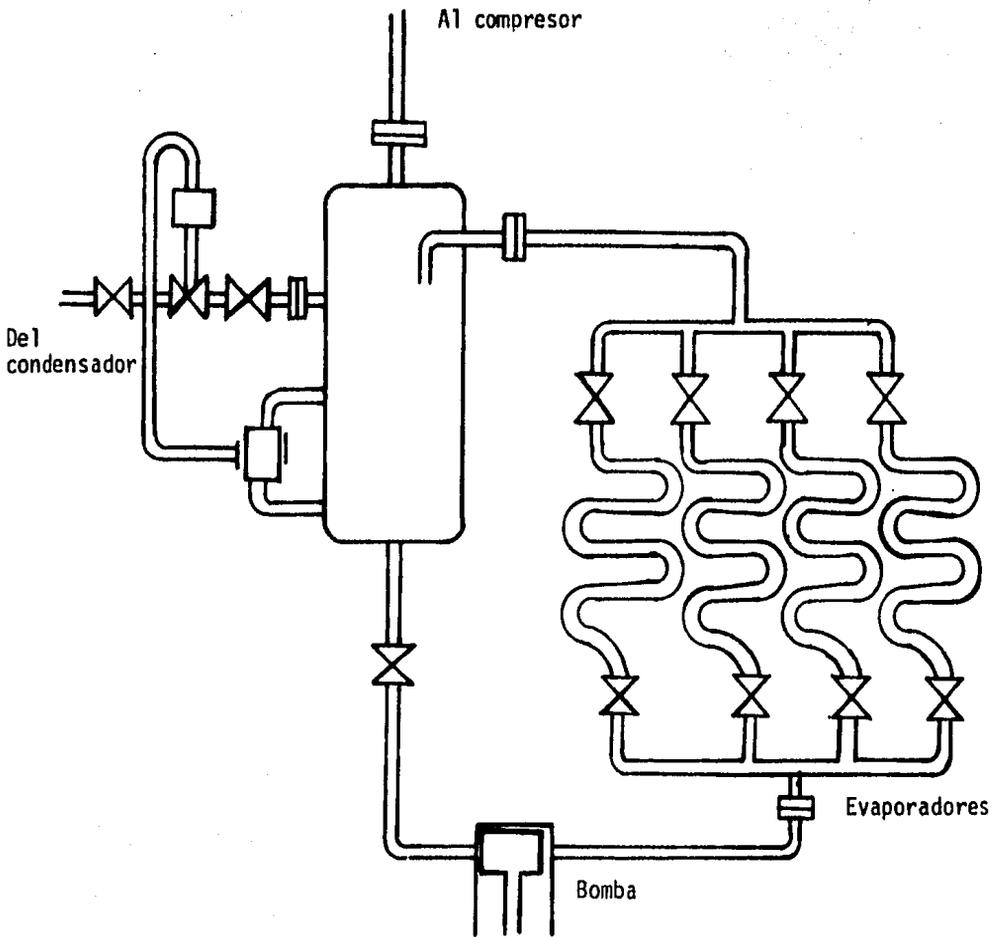


Fig. 41.-

- c) Un sistema mixto, mediante vapor a alta presión que equilibra las presiones, y una bomba que efectúa el traspaso.

La circulación en la sección de baja presión puede efectuarse:

- a) Por inundación, uniendo separador y evaporador como se muestra en la Figura 42. La diferencia de densidades en las dos secciones del circuito, debe resultar suficiente para vencer la resistencia de -- fricción, y por esto deben ser suficientemente grandes el desnivel entre los dos equipos, y el diámetro de los tubos.

Un desnivel excesivo, sin embargo, puede causar diferencia de temperatura a los varios niveles, especialmente dañosa, esa diferencia, a las más bajas presiones.

Este sistema, por su simplicidad, es preferido cuando se tienen uno o pocos circuitos de evaporadores; si los circuitos son numerosos, y sobre todo si son entre ellos distantes, será necesario más separadores, y tal complejidad, puede dar lugar a preferir otros sistemas.

- b) Con una bomba (recirculación forzada) a pistón, o de engranes, o -- centrífuga, etc. (Figura 41). Tratándose de bombear un líquido al punto de ebullición, deben evitarse caídas de presión en los conductos aspirantes, que provocarían vaporizaciones. Por esto se debe -- realizar un desnivel entre el fondo del evaporador y la bomba. Esta disposición se usa actualmente, porque ayuda en cada caso a superar cualquier situación de los evaporadores.

Sobre todo, esto tiene la ventaja de permitir una intensa recirculación cuando se quiera; en la práctica de 3 a 6 veces la cantidad -- que vaporiza. Con bombas volumétricas es recomendable la adopción de válvulas de seguridad.

Para automatismo, se coloca un interruptor a flotador para detener la bomba cuando el nivel del líquido en el separador desciende abajo del nivel fijado.

- c) Con un inyector accionado por el líquido proveniente del condensador y que se expande en el separador.

Este sistema es análogo al anterior (b), pero es poco usado, porque no se puede hacer recircular una cantidad ilimitada de líquido. Además la recirculación cuando llega líquido del condensador.

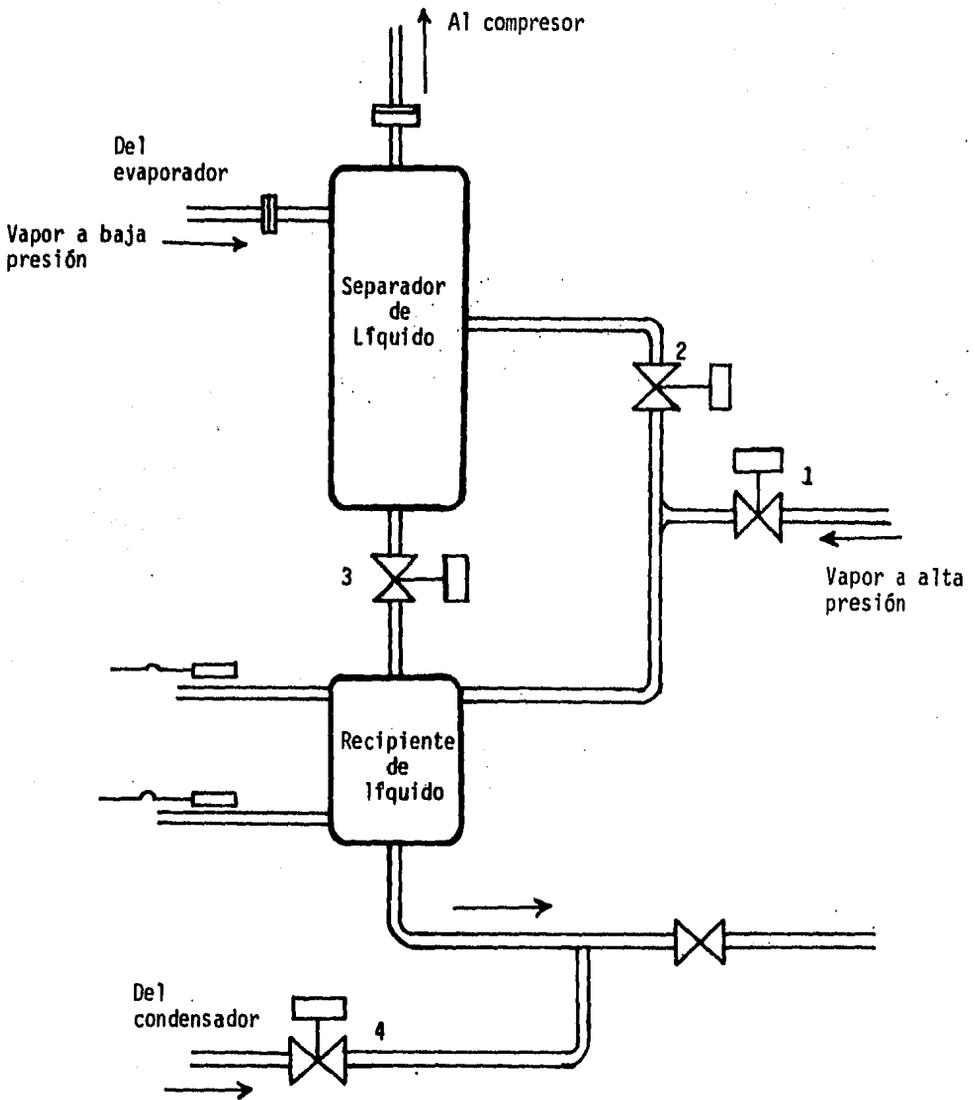


Fig. 42.-

Válvula	Función normal	Purga
1	cerrada	abierta
2	abierta	cerrada
3	abierta	cerrada
4	abierta	cerrada

d) Con la inyección de gas a alta presión en un recipiente de líquido. Este sistema puede ser realizado con disposición diversa (Fig.42). Durante la fase de funcionamiento normal, el líquido del separador desciende a un recipiente; cuando el nivel en el recipiente ha alcanzado un cierto valor, se cierran las comunicaciones entre los dos recipientes, al mismo tiempo se activa la comunicación entre el recipiente y la tubería del vapor a alta presión por un lado y la tubería del evaporador, del otro (se cierra la válvula 2, y se abre la válvula 1). Sigue así una fase de descarga, durante la cual el evaporador es alimentado del líquido del recipiente, mientras que es detenida la circulación o alimentación del condensador (válvula 4). En tal modo, el dispositivo sirve también como regularador de la expansión. La duración de las dos fases, es determinada de la capacidad de los recipientes y puede ser de algunos minutos. La descarga debe ser suficientemente lenta para permitir la vaporización del líquido descargado, pero no demasiado lenta que provoque una expansión seca.

La falta de funcionamiento de alguna de estas válvulas puede traer serios inconvenientes.

#### 9.4 Regulación de la Temperatura y del Grado Higrométrico.

Representa el campo más delicado e importante en el automatismo de las instalaciones frigoríficas.

Si el equilibrio entre la potencia frigorífica de los equipos y la carga necesaria para enfriar una cierta cantidad de productos, es alcanzado, se mantienen constantes las temperaturas de los cuerpos enfriados.

Si ni existiera regulación, al disminuir la carga, la temperatura de los cuerpos también desciende, porque se absorbe más calor del necesario. Desciende también la temperatura de expansión del fluido frigorígeno, y la potencia frigorífica disminuye en relación.

Si el cuerpo enfriado es aire, como en el caso de los almacenes frigoríficos, la humedad relativa disminuye también, en relación a la proporción entre los ingresos de calor y de humedad.

Si se alcanza una temperatura suficientemente baja en el almacén, se detiene el funcionamiento de los compresores, la temperatura comienza a aumentar, primero rápidamente, después más lentamente. La humedad relativa varía consecuentemente en relación con la cantidad de agua que evapora de los productos almacenados, etc.

En las estaciones frías, para mantener las oscilaciones entre los límites fijados, se hacen necesario frecuentes interrupciones y restablecimiento de la marcha de los compresores. La regulación automática tiende a mantener constante la temperatura, y eventualmente la humedad relativa, reduciendo la potencia frigorífica de los compresores y la cantidad de calor intercambiado.

Las tres magnitudes que se deben regular para obtener las condiciones deseadas dentro de los almacenes, son:

- (1) La cantidad de aire a introducir,  $W_a$ .
- (2) Su temperatura,  $T_2$ .
- (3) Su humedad relativa, HR.

En la práctica, en un evaporador funcionando para enfriar el almacén, las características que se pueden modificar independientemente para influir sobre las condiciones del enfriamiento, son también tres:

- (1) La cantidad de aire circulante,  $W_c$ .
- (2) La temperatura de la superficie del serpentín,  $T_1$ .
- (3) El área de transferencia térmica del serpentín, A.

Por tanto:

- (1) La cantidad de aire ( $W_a=W_c$ ) puede ser regulada :
  - a) variando el número de los ventiladores en funcionamiento para la circulación del aire.
  - b) variando su velocidad.
  - c) variando la inclinación de las aspas de los ventiladores helicoidales.
  - d) haciendo pasar en corto circuito (by pass) una parte de la corriente de aire, de modo que ésta no sufra los tratamientos de que es sujeta la otra parte; ésta cantidad de aire, no influye en los balances térmicos e higrométricos, por lo que no se toma en cuenta en los cálculos.

- e) Introduciendo en el circuito del aire un registro de regulación.
  - f) En fin, se puede hacer una reducción del caudal medio del aire - con la interrupción periódica de su circulación.
- (2) Para variar la temperatura ( $T_1$ ), de la superficie del serpentín, independientemente de su área y de la cantidad de aire, se puede:
- a) Modificar la temperatura del fluido que circula en el evaporador. En el caso de la expansión directa o seca, se trata de variar la presión de expansión.
  - b) Variando el número de compresores en funcionamiento.
  - c) Variando su potencia frigorífica, que a su vez puede hacerse:
    - i) variando la velocidad de marcha.
    - ii) parcializando la eficiencia (poner fuera de servicio uno o -- más cilindros, mateniendo abiertas las válvulas de aspiración o aumentando los espacios nócivos, etc.).
  - d) Instalando en la tubería de aspiración una válvula a presión constante (válvula reguladora de presión), que actúa sobre la presión de evaporación independientemente de la de aspiración.

En el caso de enfriamiento con un fluido intermediario (fluido frigorífero), la  $-T_1-$  podrá variar:

- a) Reduciendo el caudal del fluido.
  - b) Reduciendo la eficiencia de los dispositivos que enfrían al fluido intermediario.
  - c) Operando una mezcla de dos fluidos frigoríferos a diversa temperatura.
- (3) Para modificar el área (A) de transferencia térmica del serpentín, - puede efectuarse:
- a) Reduciendo la cantidad de fluido frigorígeno circulante en el evaporador; no es aconsejable, ya que esto podría recalentar el fluido aspirado por los compresores y a tener excesivas y perjudiciales temperaturas de descarga de los compresores.

Para la regulación automática del acondicionamiento del aire, los instrumentos sensibles a la temperatura y a la humedad en el interior del almacén (termostatos e higrostatos), podrán actuar, manipulando dos o tres magnitudes, entre  $W$ ,  $T_1$ , ó  $A$ .

Una de estas magnitudes podrá ser mantenida en un valor constante, pres

En la tabla V, se enumeran las posibilidades y combinaciones posibles de las manipulaciones seguidas sobre las tres magnitudes: W, T<sub>1</sub> y A., en base a dos elementos sensibles, el termostato y el higróstato.

Sobre la elección de los numerosos esquemas tabulados, no es posible expresar reglas generales, porque estas pueden estar subordinadas a otras características de las instalaciones y también de los instrumentos usados, -- que son de examinarse caso por caso.

Actualmente, los métodos comúnmente empleados son el No. 2 y el 5.

TABLA V.- METODOS DE REGULACION TERMOHIGROMETRICA (26).			
Método No.	Magnitud cte.	Magnitud controlada por el termostato	Magnitud controlada por el higróstato
1	W	T	A
2	W	A	T
3	T	W	A
4	T	A	W
5	A	W	T
6	A	T	W
7	-	W	T,A
8	-	T,A	W
9	-	T	W,A
10	-	W,A	T
11	-	A	W,T
12	-	W,T	A

En ambos métodos, un higróstato pilotea la válvula a presión constante sobre la tubería de aspiración que hace variar -T<sub>1</sub>-, mientras un termostato, ó reduce la cantidad de aire (poniendo fuera de uso alguno de los ventiladores), ó intercepta la circulación del fluido en cualquiera de los elementos del evaporador.

En algunos casos, puede suceder que la regulación automática deba actuar sobre la temperatura del almacén, porque la humedad tiene poca importancia. Esto se verifica, por ejemplo, cuando los productos almacenados son mantenidos en embalajes impermeables al vapor de agua, o cuando, manteniendo constante la temperatura, las variaciones de la humedad resultan pequeñísimas. - En este caso, el termostato del almacén podrá actuar por sí sólo sobre: W,  $T_1$ , A.

### 9.5 Paro y Arranque Automático.

Para parar o restablecer la marcha automática de las máquinas deben disponerse de los accesorios convenientes.

Así, los compresores no podrán funcionar si no están en movimiento las bombas para el agua de condensación; las bombas para el fluido frigorígeno no funcionarán, si no están en movimiento los compresores y los ventiladores de los evaporadores, y si no es abierta la circulación del fluido en alguno de los evaporadores.

Alcanzados ciertos valores a preestablecidos límites de la presión (superior o inferior), los presostatos deberán respectivamente detener o restablecer algún compresor, o actuar sobre su parcialización.

Se ha visto en algunos frigoríficos operar la marcha y el paro de los compresores en base a la temperatura de los locales refrigerados, es precisamente en base a la suma de las diferencias de temperatura que se presentan en cada momento respecto a los puntos de regulación. Este método representa una inútil y gravosa operación, también si se admite que la carga del momento sea ligada a la suma de dichas diferencias de temperatura.

La presión de aspiración es más directamente ligada a la carga, y representa la única magnitud que puede fácilmente operar el paro y las parcializaciones del compresor.

### 9.6 Dispositivos de Descongelamiento.

Enfriando el aire húmedo a temperatura tal que dé lugar a la formación de escarcha sobre la superficie del serpentín del evaporador, se hace necesario eliminar periódicamente la capa de escarcha que se forma.

El descongelamiento (descarchamiento) puede hacerse accionando los dispositivos que lo provocan mediante mecanismos de relojería a intervalos de tiempo, fijados en base a la rapidez con la cual la escarcha se forma.

De la acuerdo a la forma en que se proceda para obtener la fusión de la escarcha, se clasifican en dos grandes grupos los sistemas de descarche, -- (20)(26):

Los procedimientos de tipo exterior en los cuales la fusión obtenida, a partir de la capa periférica, debe ser total.

Los procedimientos internos, más modernos y más rápidos, en los cuales la fusión de la escarcha se obtiene a partir de la capa que se halla en -- contacto con los tubos del evaporador sin necesidad de tener una fusión total, ya que la escarcha se rompe al faltarle soporte sobre los tubos.

#### 9.6.1 Procedimientos Exteriores:

- a) Descarche por paro de la máquina y calentamiento natural de -- los evaporadores.- Es un procedimiento bastante largo y sólo - emplea si la cámara tiene una temperatura arriba de 0°C.
- b) Descarche por paro de máquina y circulación forzada del aire - sobre el evaporador.- Procedimiento similar al anterior, aun- que la fusión de la escarcha se acelera con la circulación for- zada del aire, se puede automatizar fácilmente.
- c) Descarche por aspersión o pulverización de agua.- Los asperso- res de agua se colocan siempre encima de los tubos del evapora- dor; este procedimiento puede aplicarse tanto a las instalacio- nes de refrigeración como a las de congelación. Puede conver- tirse en sistema automático fácilmente, pero, es necesario que se regule la operación del descarchado de forma que la máquina no pueda de nuevo ponerse en marcha hasta que haya goteado com- pletamente el evaporador y, además, en el caso de las cámaras de congelación, deberá preverse un dispositivo que asegure el vaciado del agua que quede retenida en las tuberías de los as- persores, a fin de evitar su congelación durante el período de marcha de la máquina.

#### 9.6.2 Procedimiento Internos.

Fácilmente convertibles automáticos, estos procedimientos se em- plean cada día más para el descarche de los evaporadores en las cámaras a temperatura negativa y, asimismo, en los evaporadores de las vitrinas de exposición y venta de productos congelados.

- a) Descarche por calentamiento eléctrico del evaporador.- La fusión de la escarcha se obtiene por el calentamiento directo de las aletas del evaporador, por medio de resistencias bajo tubo de fácil recambio, que se adaptan a las aletas. Puede automatizarse fácilmente por medio de un interruptor horario.
- b) Descarche por gas caliente.- Este método se aplica a todos -- los evaporadores alimentados por expansión directa, sea cual -- sea el número de evaporadores accionados por el compresor. La cantidad de gas caliente a alta presión, desviada de la descarga de los compresores, que se envía al evaporador, debe ser la suficiente para pasar de la baja a la alta presión (cfr. circuito de descarchamiento cerrado). Evidentemente, será necesario -- será necesario, que el evaporador sea previamente descargado -- del líquido que contiene y que la escarcha a fundir no sea abundante, de otro modo, se puede provocar un flujo continuo de vapores que condensan y que van a alimentar a otros evaporadores (cfr. circuito de descarchamiento abierto).

## X.- TIPOS PARTICULARES DE ALMACENES FRIGORIFICOS

Han sido ideados, experimentados o puestos en operación almacenes frigoríficos que se apartan de la simplicidad de los tipos ordinarios.

Esto representa a veces y en determinadas circunstancias, de los reales perfeccionamientos, que permiten conservaciones más largas, o con menores pérdidas, o de productos particularmente delicados. En cada caso, se tienen que adicionar una serie de equipo auxiliares y por tanto se tendrá mayores gastos en la instalación y en su operación.

Tales almacenes frigoríficos particulares deberán por esto, ser caso -- por caso examinados con amplio criterio, exento de injustificada simpatía -- para los nuevos perfeccionamientos y de intereses extraños.

### 10.1 Almacenes a Doble Pared (Sistema Jacket).

Con una segunda pared no aislada e impermeable los gases, se construye, todo al entorno del almacén (en las paredes, el techo y el piso) un espacio vacío, en el cual circula aire a ciclo cerrado, y en donde un apropiado enfriador de aire, lo enfría casi a la misma temperatura que se quiere mantener dentro del almacén, Fig. 43.

Este almacén, en tal modo, no resiente las influencias externas, y los productos allí almacenados pueden estar a condiciones de equilibrio estático termohigrométrico con el aire interno.

Sin discutir en cuales casos las condiciones que se deriven de este método que pueden resultar ventajosas para la buena conservación de los productos almacenados, se limitará en esta parte a sólo exponer algunas consideraciones técnicas a propósito.

a) Los productos pueden ser introducidos en el almacén ya a la temperatura de conservación, o deben ser enfriados en las primeras horas de permanencia en el almacén. En el primer caso, el equilibrio termohigrométrico se obtiene rápidamente; en el segundo caso, por el tiempo empleado en alcanzarlo, el calor debe ser eliminado del interior del almacén, es decir intercambiando aire con el espacio vacío a través de las paredes divisorias.

Por esta razón las paredes deben ser excelentes conductoras de calor, mientras que la diferencia de temperatura en el interior debe ser en cada momento tan pequeña, que no provoque condensación de humedad sobre la cara interna de la pared.

b) Si los productos a conservar son alimentos que a baja temperatura - mantienen un propio metabolismo, también después de alcanzadas las condiciones de equilibrio existirá una cierta cantidad de calor a eliminar a través de la pared divisoria, cuya cara interna debe por esto resultar -- más fría que el ambiente interno, dando lugar a movimientos convectivos naturales del aire.

c) Siempre en el caso de los productos que con la respiración, aunque sea reducida, desprendan sustancias extrañas, se debe estudiar las condiciones para que estén deban estar limitadas.

d) En cada caso las condiciones del aire ambiente en equilibrio con -- los productos comprenden una humedad relativa elevada, próxima a la saturación. Es de considerar hasta que límite esto es ventajoso, o que no se facilite el desarrollo de mohos u otros microorganismos.

e) Algunos autores (12)(26), han sugerido acoplar al método de doble - pared una parcial circulación en el interior del almacén, con el objetivo de obviar lo observado en (a) segundo caso, en (b) y en (c).

Se regresa con esto a las condiciones de los almacenes refrigerados -- con circulación de aire durante las estaciones invernales o intermedias, -- cuando los intercambios de calor con el exterior son prácticamente nulos o muy reducidos.

f) Varios investigadores (12), han buscado analizar y justificar los -- méritos del método, poniendo en los almacenes a doble pared produc- tos y examinar los resultados de la conservación.

Siempre desde un punto de vista ingenieril, se sabe que el éxito de -- una conservación, depende exclusivamente del conjunto de las condiciones -- realizadas en el interior del almacén, y no del modo en el cual las condi-- ciones mismas han sido alcanzadas y mantenidas.

Cuando sea seguramente conocido cuales son las condiciones termohigro- métricas y todos los otros factores influenciantes que dan lugar a óptimas conservaciones, concierne al ingeniero proyectista del almacén, decidir --- cuál es el método de acondicionamiento más apropiado de seleccionar.

NO se puede excluir a priori que el método de la doble pared pueda re- sultar ventajoso. Cuando se teme que las altas velocidades de aire en el -

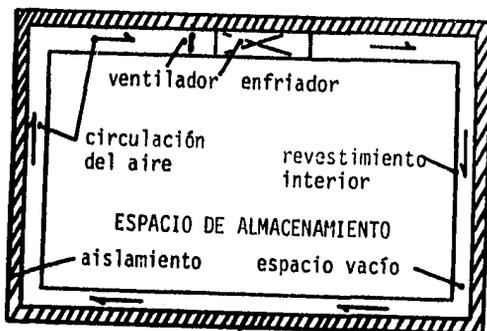
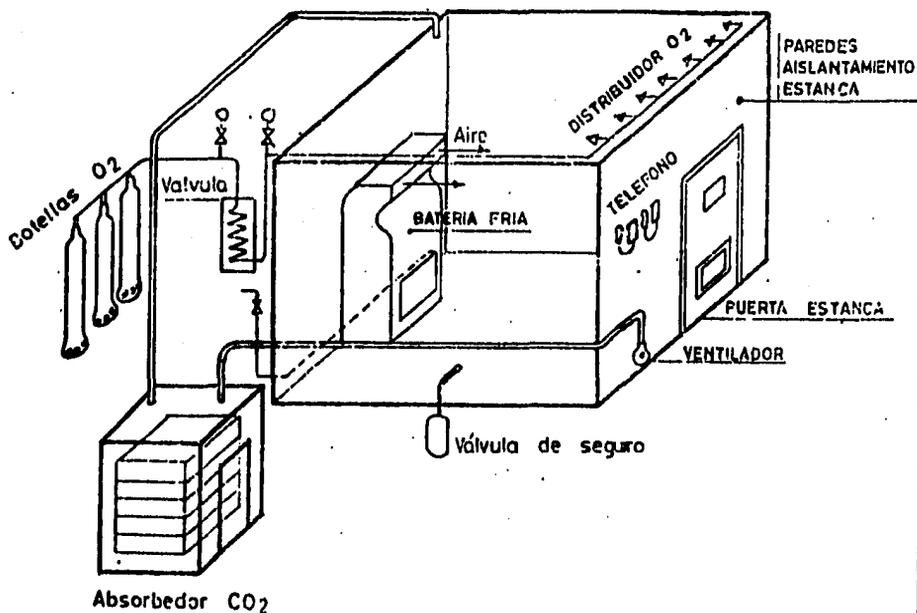


Fig. 43. Cámara de paredes dobles: "Sistema Jacket". (8).

CAMARA FRIA DE CONSERVACION  
CON ATMOSFERA CONTROLADA



almacén frigorífico ordinario, resulten perjudiciales y molestas para cualquier particular exigencia de los productos conservados o para otra, la doble pared vendrá a resolver el problema. La circulación del aire en el espacio vacío, podrá ser hecha con aire a cualquier estado higrométrico, es decir, enfriado contra superficies más frías o menos extensas de la requerida por la refrigeración con los métodos clásicos.

Por esta razón, cuando se acopla a la doble pared una intensa circulación del aire, conviene que este sea tratado diversamente con respecto al que circula en el espacio vacío entre las dos paredes.

### 10.2 Atmósferas Controladas.

Desde hace mucho tiempo ha sido adoptado y sugerido (6)(12)(18)(19) -- y (26), un método para la conservación de los productos alimenticios, consistente en acoplar a la refrigeración una composición del aire ambiente diversa de la normal, y generalmente consistente en la reducción del oxígeno y en la presencia de anhídrido carbónico y otros gases.

Desde 1905, este método fué usado bajo el nombre de "Proceso Lescarde" (26), para la conservación del huevo.

La ventaja práctica, más que un prolongamiento de la duración de la conservación, ya suficiente a los objetivos comerciales con la sola refrigeración, consiste en reducir las pérdidas de peso por evaporación del agua y la infectación de parte de algunos mohos.

Para las carnes frescas las atmósferas controladas han sido empleadas con ventaja, especialmente para los largos transportes marítimos.

En fin, las atmósferas controladas son desde hace tiempo estudiadas y usadas para mejorar la conservación de los productos hortofrutícolas, y en los últimos años se han difundido ampliamente en muchos países del mundo.

Los productos hortofrutícolas difieren sustancialmente del resto, porque con su metabolismo tienen la facultad de absorber oxígeno y desprenderlo a la atmósfera en forma de anhídrido carbónico, u otros gases.

Este fenómeno viene utilizado para realizar después de algún tiempo de almacenamiento, la composición de la atmósfera deseada, mientras después de que esa ha sido obtenida requiere una sucesiva continua corrección y regulación.

### 10.2.1 Características Constructivas.

Condición esencial para realizar la atmósfera controlada es la necesidad de disponer una perfecta estanquidad a los gases de las cámaras. Siendo necesario impermeabilizar las paredes de las cámaras, obra que va a añadirse al tradicional revestimiento aislante y a la barrera al vapor, realizada en los ordinarios locales refrigerados, así como dotar a la cámara de puertas especiales y de válvulas batiente hidráulico, para equilibrar las variaciones barométricas entre el interior y el exterior.

a) Impermeabilización.- Los materiales propuestos y utilizados para impermeabilizar las paredes de las cámaras han sido muchos en la historia de las atmósferas controladas: de las hojas de aluminio o de PVC pegadas sobre el material aislante, a la mezcla de betunes y de materiales plásticos, a las resinas poliésteres armadas con tejido de vidrio, a la lámina negra, a los paneles prefabricados en metal o resina poliéster.

Cada uno de los materiales adoptados presenta particulares méritos y defectos; las propuestas de nuevas soluciones tienden, además, que a satisfacer mayores exigencias técnicas, a limitar los costos de instalación. Los materiales que actualmente ofrecen mayor garantía de duración y de estanquidad, son representados por los paneles prefabricados con aislamiento en poliuretano expandido y revestidos hacia el exterior con lámina metálica y hacia el interior con resina poliéster armada con fibras de vidrio. Las uniones hacia el interior son selladas con resina poliéster armada.

Las paredes con resina poliéster armadas de fibra de vidrio, son todavía bastante usadas, pero presentan el inconveniente de la fragilidad existiendo de hecho la posibilidad de accidentarias rupturas debido a los golpes provocados por los montacargas durante la carga; es no obstante fácil recurrir al sellado mediante la misma resina y fibra de vidrio.

Un caso del todo particular es representado por las cámaras a atmósferas controladas construidas según el principio del Sistema Jacket a refrigeración indirecta. Es un sistema apto a utilizarse para construir cámaras a atmósferas controladas en los frigoríferos construidos según las normas tradicionales, ya expuestas en el presente trabajo, en cuanto se trata de sistematizar en el interior de la cámara, separado de 15 a 20 cm de las paredes y suspendida del techo, una envoltura o forro de fibra poliéster plásti

ficado con PVC. Las uniones al piso y el anclaje son realizados sumergiendo la parte inferior de la pared en plástica, en un canal lleno de agua; -- una puerta con bisagra a perfecta estanquidad, completa la cámara que es unida a los equipos normales necesarios para la obtención de la atmósfera -- controlada (depuradores, generadores, analizadores}. Se obtiene así una cámara en la cámara; al interior son sistematizados los ventiladores de apropiada capacidad, para mantener un continuo movimiento del aire, para uniformar la temperatura y estratificar los gases.

Esta sistematización, conocida también como "Bomini System", presenta algunas prerrogativas. Ante todo el grado higrométrico es elevadísimo (95% aprox.); por tanto, es particularmente idóneo para conservar hortalizas, -- manzanas, uvas, fácilmente deshidratables. Además no se verifican variaciones barométricas, en cuanto las paredes no son rígidas y el hecho puede tener reflejos positivos sobre la respiración del producto conservado. En -- fin, la temperatura son en el interior de la envoltura de 2-3°C superior a la del aire que está en contacto directo con el evaporador.

La humedad elevada que se encuentra, especialmente en el caso en el -- cual se ha introducido producto no previamente refrigerado, provoca una notable condensación sobre el techo que causa goteo y, por consiguiente el -- bañado del producto colocado en la parte superior. La falta de refrigeración en el producto implica también un lentísimo enfriamiento en el tiempo y por tanto es posible que se presenten todos aquellos fenómenos negativos ligados a la falta del rápido enfriamiento.

Para restar este inconveniente, se pueden disponer dos puertas ( una sobre la pared anterior y otra sobre la pared posterior en el sentido de -- la ventilación del enfriador ), que permanecen abiertas durante la refrigeración inicial, del modo que la masa del producto sea investida de la corriente de aire frío proveniente del evaporador.

b) Retención.- Se disponen de diversos métodos de estimación de la estanquidad a los gases de las cámaras a A. C. Se trata de medir la retención en función de la caída de presión, o de medir las modificaciones de -- la depresión realizada artificialmente con la introducción o la aspiración del aire, o de valorar las variaciones de la tensión de los gases.

El método de la presión, es el más utilizado por la simplicidad y la rapidez de actuación; permite individualizar los puntos en los cuales no se ha realizado la retención, es decir, donde hay fuga posible de los gases cuando el aire sale bajo presión, causa un fuerte silbido.

El control de la estanquidad debe realizarse cada año antes de la utilización de las cámaras, en cuanto, por motivos diversos, las cámaras denuncian situaciones que no permiten mantener la tensión del oxígeno a los mínimos niveles habitualmente empleados.

c) Instrumentación (Válvulas hidráulicas, etc.).- En las cámaras a A. C. son frecuentes las variaciones de presiones, sean negativas o positivas, que se verifican como consecuencia de la impermeabilización a los gases.

Bastante frecuente es el caso de depresiones intensas y violentas, -- provocadas por el repentino enfriamiento del aire, que causa serios daños inclusive en las obras de albañilería y a menudo se verifican desprendimientos del manto impermeable o del aislamiento térmico (desprendimiento del techo en modo particular). Es por tanto necesario disponer de válvulas -- que unan las cámaras con el ambiente exterior, capaces de neutralizar las variaciones de presión. Generalmente se tratan de válvulas de tipo hidráulico.

Las cámaras deben después ser equipadas con válvulas de servicio que se abren cada vez que se efectúa la depuración, para asegurar la introducción del aire, o sea de oxígeno, de otra manera se verificaría la formación de un ambiente anaeróbico con todos los inconvenientes que trae consigo.

d) Puertas.- Las puertas representan el punto débil de la construcción de las cámaras a A. C., en relación a la retención a los gases, en cuanto es difícil realizar una perfecta adherencia de la puerta a los battientes, no obstante dotándola de juntas de goma, de volantes de bloqueo y de otros dispositivos. En muchos casos se realiza una doble puerta, -- una exterior que normalmente es automática, y otra interior, que es aplicada estrechándola sobre la enteladura del vano cuando se tiene la conservación en régimen de atmósfera controlada.

Las puertas deben ser dotadas de una puertecilla, de preferencia si es de material transparente, suficientemente amplia para el paso de un -- hombre, para tener la posibilidad de entrar en la cámara con autorespira-

dores y poder realizar todos los controles necesarios de las instalaciones y del producto.

#### 10.2.2 Equipo.

a) Descarbonizadores o Absorbedores.- Son aparatos capaces de absorber el anhídrido carbónico desprendido de los frutos para mantenerlo dentro de los valores convenientes.

b) Analizadores.- Aparatos que analizan las concentraciones de los gases presentes en la atmósfera de la cámara. Pueden ser manuales o automáticos, estos últimos están unidos a un registrador de los datos analíticos individuales.

c) Autorespiradores.- Utilizados cuando es necesario introducirse en las cámaras a A. C. para efectuar controles, inspecciones o reparaciones.

d) Generadores de Gases Inertes.- Son aparatos capaces de quemar oxígeno del aire y lo transforman en anhídrido carbónico que es absorbido por los descarbonizadores, permaneciendo sólo el nitrógeno que constituye el gas utilizado para realizar la atmósfera deseada.

### 10.3 Particularidades de las Cámaras Frigoríficas para Productos Hortofrutícolas.

#### 10.3.1 La Construcción.

La construcción de las cámaras frigoríficas para productos hortofrutícolas es en general muy ligera y frecuentemente realizada con estructuras portantes metálicas y aislamiento en poliuretano expandido y en poliestireno. Por razones de economía el suelo no es aislado a pesar de que, desde un punto de vista estrictamente técnico, dado el elevado grado higrométrico a mantener en la cámara, pueda aparecer despreciable un cuidadoso aislamiento del suelo.

Según Lelièvre (12), las entradas de calor através del piso en una cámara de 200 m<sup>2</sup> son:

- de 1000 Kcal/m<sup>2</sup> día, después de 10 días de funcionamiento de la instalación;
- de 500 Kcal/m<sup>2</sup> día, después de 20 días;
- de 200 Kcal/m<sup>2</sup> día, solo después de 200 días.

Se hace notar que en el caso de una larga conservación, en un periodo de 5 a 6 meses y si se desarrolla sobre todo en periodos invernales; las entradas de calor através del piso tienen en éstas condiciones una limitada incidencia.

#### 10.3.2 Estibamiento ( Paletización ).

Independientemente de las dimensiones de las tarimas, el tipo de éstas debe ser de 4 entradas para poder ser montadas por la horquilla del montacargas por cualquier lado y permitir la libre circulación del aire - sin particular orientación.

La sistematización en altura de las tarimas es limitada por la resistencia de los embalajes. Sin estructuras metálicas a protección de la carga de las tarimas más bajas, el estibamiento es de aproximadamente 3 tarimas, con una altura total de alrededor de 5 m.; con la protección metálica el estibamiento alcanza las cuatro o cinco tarimas de altura.

Actualmente también se hace uso de las llamadas " cajas pallets " -- (palex), con las que el estibamiento puede alcanzar hasta los 10 m.

### 10.3.3 Dimensiones de la Cámara.

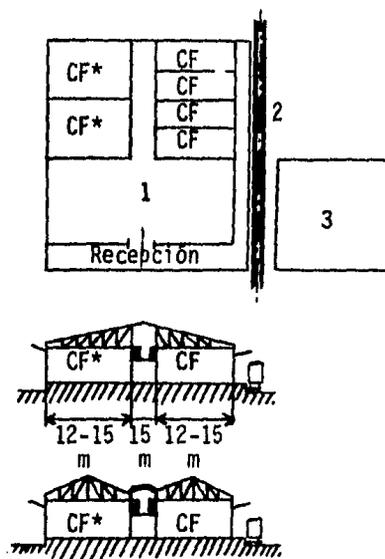
La altura de las cámaras de conservación depende del sistema o patrón de estibamiento adoptado. Para las dimensiones del piso en general se respeta las exigencias del estibamiento, es decir, tener presente los espacios libres o vacíos necesarios para la libre circulación o ventilación del aire frío.

También la disposición de las filas de tarimas o de cajas pallets durante las operaciones de carga tiene su importancia. Siempre se debe buscar de constituir con las filas un frente continuo normal al sentido de la impulsión del aire, para que éste se pueda distribuir uniformemente sobre todo el frente.

### 10.3.4 Algunos tipos de Almacenes Frigoríficos para la Refrigeración y conservación de la Fruta.

- 1) Almacenes de 4000 a 8000 Toneladas anuales (Figura 44).  
Las cámaras se presentan sobre un pasillo que comunica con el vestíbulo. La altura del pasillo es limitada a 3.5 m del cielo raso, destinado a las instalaciones frigoríficas autónomas. No existe sala de máquinas.
- 2) Almacenes de 4000 a 8000 toneladas anuales con elevado porcentaje de fruta estacional (durazno, pera, etc.)(Figura 45).  
Las cámaras se presentan directamente sobre el portál o vestíbulo y no existe pasillo. Las instalaciones frigoríficas autónomas son montadas sobre un cielo raso a lo largo de las cámaras de 3 a 3.5 m del piso.
- 3) Almacenes de 10,000 a 20,000 toneladas anuales. Esquema de la Figura 46 que es una variante de la Figura 47.  
La Figura 46 (de tipo americano): es caracterizada por pocas cámaras de gran capacidad (hasta de 16,000 m<sup>3</sup> y 3000 toneladas de fruta), se presentan una con otra. El aire es distribuido por los evaporadores montados sobre un pasillo longitudinal. La gran inercia térmica de las cámaras, facilita el mantenimiento de temperatura constante.

Fig.44.- Almacén de media importancia, de 4000 a 8000 toneladas de frutas al año.(6).



- 1) Sala de tratamientos.
- 2) Andén para ferrocarril.
- 3) Depósito de embalajes.

CF) Cámaras frigoríficas de 1200 m<sup>3</sup>.

CF\*) Cámaras frigoríficas de 3000 m<sup>3</sup>.

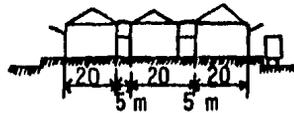
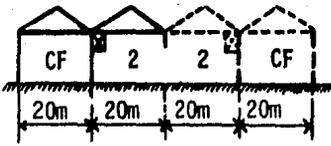
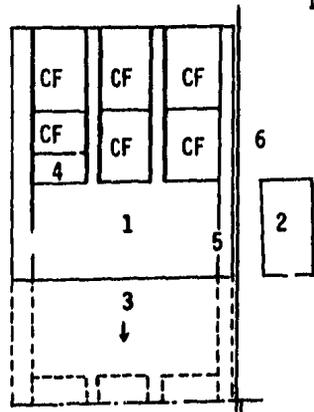
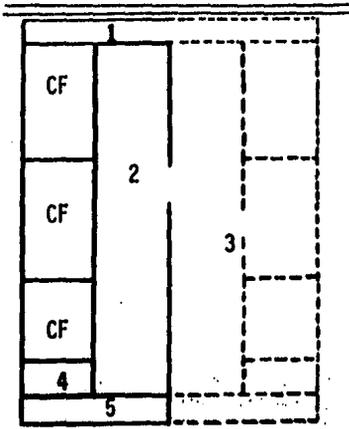


Fig. 45. Almacén de 4000 a 8000 ton. de frutas al año.

Fig. 46. Almacén de 10,000 a 20,000 ton. de frutas al año (tipo americano).

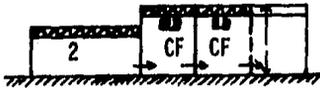
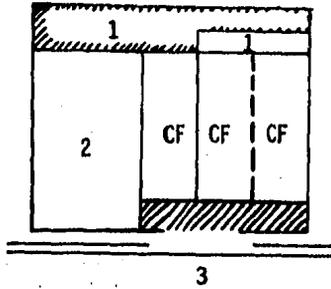


Fig. 47.- Almacén de 10,000 a 20,000 to. de frutas al año.

Fig. 45. Almacén de 4000 a 8000 toneladas de fruta al año.

- 1) Andén para el ferrocarril.
- 2) Sala de tratamiento de 1000 a 1500 m<sup>2</sup>.
- 3) Futuras ampliaciones.
- 4) Sala de máquinas.
- 5) Estacionamiento.
- CF) Cámaras frigoríficas de 1200 a 3000 m<sup>3</sup>.

Fig. 46. Almacén de 10,000 a 20,000 toneladas de fruta al año.

- 1) Sala de tratamiento de 2000 a 4000 m<sup>2</sup>.
  - 2) Depósito de embalajes.
  - 3) Futuras ampliaciones.
  - 4) Sala de máquinas.
  - 5) Andén para ferrocarril.
  - 6) Vías férreas.
- CF) Cámaras frigoríficas  
de 2000 a 5000 m<sup>3</sup>.

Fig. 47. Almacén de 10,000 a 20,000 toneladas de fruta al año.

- 1) Cobertizo.
- 2) Sala de tratamiento de 3000 a 4000 m<sup>2</sup>.
- 3) Vías férreas.
- CF) Cámaras frigoríficas de 10,000 a 16,000 m<sup>3</sup>.

#### 10.4 Centro de Recepción de las Carnes Frescas.

¿ Es mejor construir un matadero en el sitio de producción o en el sitio de consumo ?

Parece razonable elegir la primera solución que evita el transporte costoso del ganado vivo, que representa un peso doble del de la carne neta, que reduce las pérdidas del peso del ganado vivo y la mortalidad en el curso del transporte.

El matadero en el lugar de consumo presenta, por su parte ventajas. El consumo de una ciudad es bastante regular a lo largo del año (el periodo de vacaciones se considera aparte), mientras que la producción experimenta fuertes variaciones en el curso del año. El personal del matadero permanece ocioso durante el periodo de baja actividad y los gastos de explotación son por ello mayores.

Por otra parte, para las grandes ciudades, principalmente, la importancia del matadero es tal que algunas secciones (fundido de grasas, vísceras, tratamiento de las pieles, etc.) pueden desarrollarse en ellos, estando asegurado un aprovisionamiento regular y un tonelaje suficientemente importante para ser rentables.

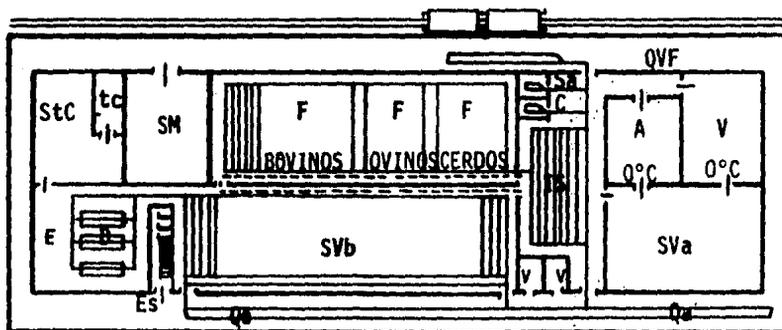
Quedan ciertos números de ciudades de importancia menor, situadas en zonas no productoras, para las que sería más ventajoso prever, en lugar de un matadero, un centro de recepción de carnes sacrificadas prerrefrigerada.

El aprovisionamiento de este centro de recepción puede ser fácilmente realizado por mataderos situados en un perímetro de 250 a 300 Km, ya sea por camiones refrigerados, ya sea por vagones frigoríficos.

Este centro, accesible fácilmente por la carretera y eventualmente conectado a la vía férrea, se compone esencialmente de (Figura 48):

- Una sala de recepción de carnes frescas para el control y la inspección sanitaria. Esta sala debe mantenerse entre los 8 y 10°C.
- Una o varias cámaras frías de 0 a 2°C, para el almacenamiento de las reses en canal, para los despojos y las aves.

Fig.48.-Centro Receptor para Carnes frescas sacrificadas. (7),(15).



- |  |  |
|--|--|
| A) Cámara frigorífica para vísceras.                             | Es) Escalera de acceso a las oficinas.             |
| C) Carne sospechosa.   | F) Cámaras frigoríficas.                           |
| D) Corte.  | IS) Control sanitario.                             |
| E) Embalaje.   | Qa) Andén de recepción.                            |
| QVF) Andén para ferrocarril.                                     | Qe) Andén de expedición.                           |
| Sa) Carne en observación.  | SM) Sala de máquinas.                              |
| StC) Almacenamiento de carne congelada a $-20^{\circ}\text{C}$ . | SVa) Sala de venta de vísceras y aves.             |
| SVb) Sala de venta de carnes sacrificadas                        | tc) Túnel de congelación a $-35^{\circ}\text{C}$ . |
|  | V) Cámara frigorífica para aves.                   |
|  | v) Oficinas de los veterinarios.                   |

- Una sala de venta para la presentación de las carnes y para la expedición. Esta sala es climatizada con un punto de rocío --- constante de 5 a 7°C.
- Una sala de venta para los despojos y las aves, climatizada en las mismas condiciones.
- Oficinas para facilitar a los compradores y a los vendedores -- sus transacciones.

Se pueden añadir igualmente y de manera eventual:

- Una sala de cortes de 8 a 10°C, para los carniceros que desean comercializar la carne en piezas preembaladas.
- Una sala de acondicionamiento y empaquetado a 5°C,
- Una o varias células de congelación rápida de -30 a -35°C.
- Una cámara de almacenamiento de carne congelada de -18 a -20°C.

#### 10.5 Instalación de un Matadero de Aves.

Como para todo matadero, es preciso tener en cuenta diferentes factores: la elección del terreno, su orientación, la facilidad de acceso por carretera, los recursos de agua potable, la depuración de las aguas residuales, conforme a los requisitos legales en la materia. Además la disposición de los locales y su equipamiento debe responder a una organización razonable del trabajo.

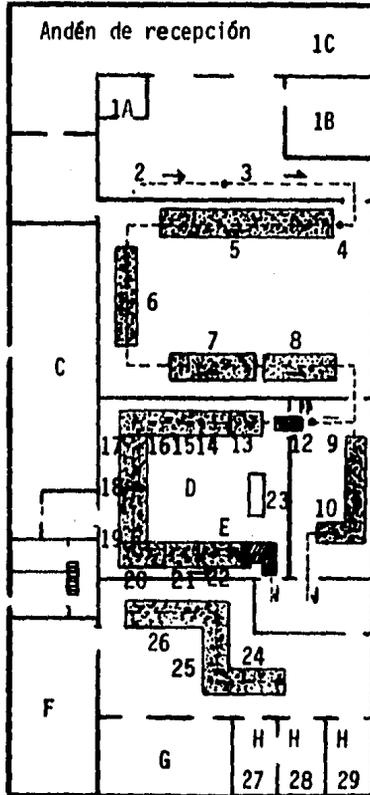
La cadena del matadero, constituida por un elemento portador (carril) con un transportador mecanizado y cuadro de suspensión de aves colgadas de los eslabones de las cadenas, forma la parte principal del equipo. La velocidad de avance es regulable, pero permanece constante desde un extremo a otro de las operaciones.

El transportador asegura el encaminamiento de las aves hacia adelante, sin choques ni cruces con los circuitos reservados respectivamente a las aves vivas, a los productos sanos y a los productos sucios.

El plan esquemático de un matadero de aves es el siguiente:

- Un muelle de descarga, suficientemente largo para el estacionamiento unos al lado de otros, de varios camiones y en las cercanías de un local de espera, cuya superficie debe ser suficiente para almacenar las aves necesarias al abastecimiento del transportador durante 2 horas. Conviene evitar el apilamiento de las jaulas, perjudicial para

Fig.49.-Plano esquemático de un matadero para aves.  
(7)(15).



- 27) Conservación de pollos refrigerados.  
28) Congelador.  
29) Conservación de pollos congelados.

- C) Recepción y tratamiento de subproductos.  
D) Evisceración.  
E) Embalaje.  
F) Oficinas.  
G) Andén de expedición.  
H) Refrigeríficos.

- |                                     |   |
|-------------------------------------|---|
| 1A) Pollos de dudosa calidad.       | 13) Eviscerado.                             |
| 1B) Lavado de las jaulas.           | 14) Descarga.                               |
| 1C) Lavado de los vehículos.        | 15) Control sanitario.                      |
| 2) Transportador.                   | 16) Canal de evacuación de vísceras.        |
| 3) Electronárcosis.                 | 17) Lavado de hígados y corazones.          |
| 4) Desangrado.                      | 18) acondicionamiento final de las cáscaras |
| 5) Túnel de desangrado.             | 19) Descarga de pulmones y riñones.         |
| 6) Escaldado.                       | 20) Lavado externo de las cáscaras.         |
| 7) Desplumadora.                    | 21) Lavado interno.                         |
| 8) Acabado final.                   | 22) Mesa de embalaje de entrañas.           |
| 9) Canal de descarga de intestinos. | 23) Mesa para deshuese y corte.             |
| 10) Desviación de intestinos.       | 24) Empaquetamiento.                        |
| 11) Cortes de las patas.            | 25) Calibrado automático.                   |
| 12) Transportador.                  | 26) Encartonado.                            |

el reposo de los animales antes del sacrificio y para la eficacia de la visita sanitaria en el local,

La cadena y su transportador parten de éste local, donde tiene lugar la electronarcosis. Se encuentra sucesivamente a continuación:

- Un local de sacrificio y de desplumado, en el cual se realizan: sangría, escaldado, desplumado y eviscerado. Terminado el desplumado, la cadena puede tomar dos direcciones: ya sea hacia el local de destripado, o hacia el local de evisceración.
- Un local de destripado:  
Las aves en canal son destripadas, es decir, que se les retira el -- intestino dejando la molleja. Estas vísceras son llevadas por una - corriente de agua fresca hacia el local de subproductos.  
Después del desplumado, las aves son colocadas sobre carretillas de estantes e introducidas en la cámara fría de secado (eliminación de los residuos de agua de lavado).
- Un local de evisceración:  
Las aves en canal destinadas a la evisceración provienen de las desplumadoras, sin pasar por el local de destripado. Se comienza por - seccionar las patas en máquinas especiales. La operación se efectúa bajo vigilancia de sanidad, las aves en canal o los despojos, juzgados sospechosos, son retirados de la cadena y dirigidos a la sala de desperdicios.  
Los despojos no comestibles son arrastrados hacia el local de sub-- productos.
- Un local de refrigeración previa, o de secado, tal como se ha descri<sup>to</sup> anteriormente.
- Un local de acondicionamiento y de embalaje, mantenido entre 8 y --- 10°C, en el cual se realiza el embalaje individual, la clasificación y el embalaje de paquetes.
- Los locales frigoríficos para el almacenamiento de las aves refrigeradas.
- Uno o varios túneles o células de congelación rápida a -35°C.
- Un local a -18 ó -20°C para el almacenamiento de las aves congeladas.
- Una nave de expedición.

A estos locales están añadidos:

- Una sala de máquinas frigoríficas.
- Los locales de desperdicios refrigerados de 0 a 1°C.
- El local de recolección y de tratamiento de los subproductos, casi siempre situado en el sótano.
- Eventualmente una estufa.
- Un puesto de lavado de jaulas.
- Un puesto de lavado de vehículos.
- Un conjunto de locales sanitarios: vestidores, duchas y W.C.
- Oficinas.

10.6 Disposiciones similares de locales de acondicionamiento, de locales frigoríficos y demás servicios, como los ejemplificados en las anteriores secciones, se muestran en las Figuras 50, 51 y 52 para productos lácteos, para acondicionamiento del huevo y para la preparación del pescado, respectivamente.

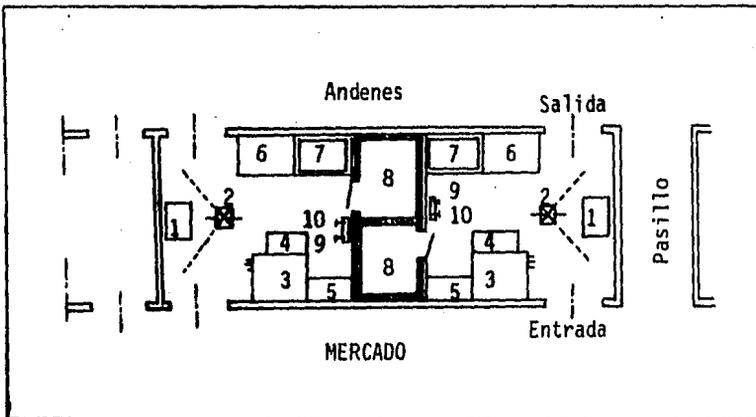
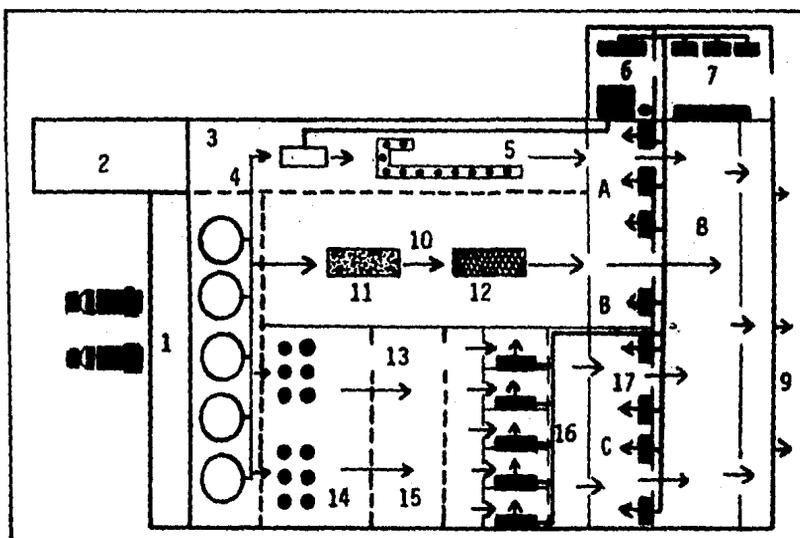


Fig.52.- Locales para la preparación del pescado destinado a la expedición. (6).

- |             |                        |                                    |
|-------------|------------------------|------------------------------------|
| 1) Balanza  | 4) Mesa                | 7) Depósito de agua de mar a -1°C. |
| 2) Descarga | 5) Montacargas         | 8) Cámaras de 0+1°C.               |
| 3) Oficinas | 6) Silos para el hielo | 9) Agua dulce                      |
|             |                        | 10) Agua de mar                    |

Fig. 50. Plano de una Central de Productos Lácteos. (6).

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1) Andén de descarga.     | 5) Embotellamiento.       |
| 2) Oficinas.              | 6) Tamque de agua helada. |
| 3) Departamento de leche. | 7) Sala de máquinas.      |
| 4) Pasteurización.        | 8) Sala de expedición.    |



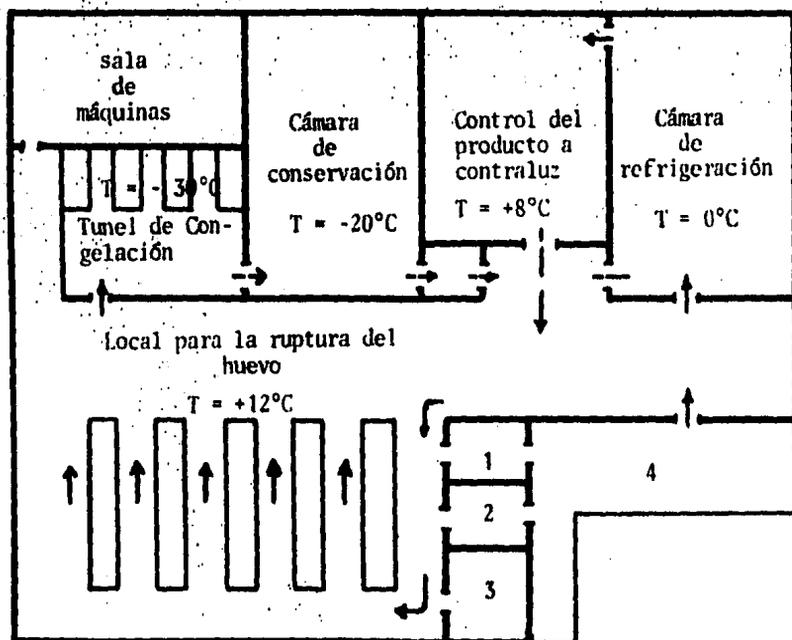
- |                                  |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| 9) Andén de carga.               | 14) Fabricación.           |
| 10) Departamento de mantequilla. | 15) Escurrimiento.         |
| 11) Fabricación                  | 16) Desecadores.           |
| 12) Confección.                  | 17) Cámaras de maduración. |
| 13) Departamento de quesos.      |                            |

A) Cámara de Maduración a 4°C.

B) Cámara de maduración de 0° a -2°C.

C) Cámara de maduración de 10° a 14°C.

Fig. 51. Establecimiento para el descáscarado de huevo.  
(6).



- 1) Oficinas.
- 2) Esterilización.
- 3) Sanitarios.
- 4) Andén para carga y descarga.

## XI.- TRANSPORTE INTERNO

El transporte interno de los productos que afluyen a los frigoríficos y que deben ser almacenados, previos eventuales tratamientos, resulta particularmente laborioso a consecuencia de las pequeñas dimensiones de los embalajes en los cuales son contenidos los productos y de las alturas que las estibas deben alcanzar en los almacenes.

Si no son previstos los instrumentos o equipos apropiados, al transporte mismo le puede corresponder la más fuerte alcuota de los gastos de gestión u operación.

El medio de transporte en el interior de los almacenes, más conveniente y difundido, es aquel que hace recurso a las tarimas y a las carretilla elevadoras con horquillas (montacargas),

### 11.1 Tarimas.

Sobre cada tarima se estiban o apilan una cierta cantidad de embalajes (por ejemplo: 4,5,6,7 cajas) y las tarimas se estiban una sobre la otra (2,3,4, sobrepuestas).

Las tarimas han sido definidas como (26): "Plataformas portátiles sobre las cuales pueden ser colocados los materiales en cargas unitarias, en modo de facilitar el estibamiento vertical y la mutación de puesto de la unidad estibada (o paletizada), por medio de dispositivos mecánicos de levantamiento, por ejemplo, carretillas elevadoras".

Las tarimas pueden ser construidas con diversos materiales (hierro, madera, etc.), pueden ser de dos o a cuatro vías o entradas, a según que la horquilla del montacarga pueda enfilarse sobre dos lados opuestos o sobre los cuatro lados de la tarima; pueden ser a un piso, con o sin listones superiores, o a dos pisos (Figuras 53 y 54).

En los almacenes hortofrutícolas, el tipo de tarima actualmente en uso, es el de las tarimas de madera a cuatro vías, y a dos pisos.

El peso de las tarimas superiores es soportado por los embalajes inferiores, cuya resistencia mecánica pone un límite a la altura de la estiba.

Se pueden construir también tarimas con estantes verticales de madera o hierro, aptos de soportar a las superiores, sin gravar sobre los embalajes de los productos.

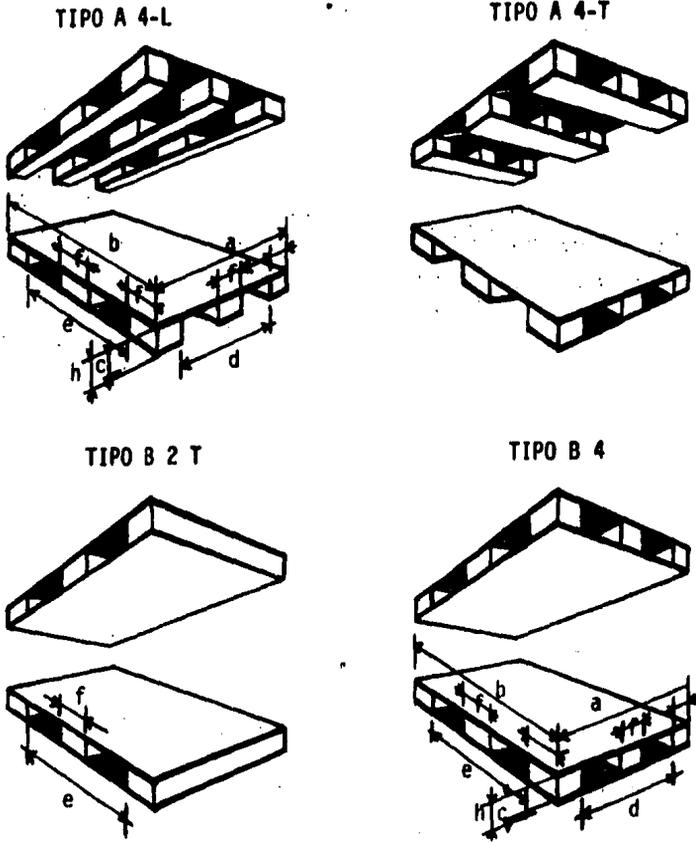
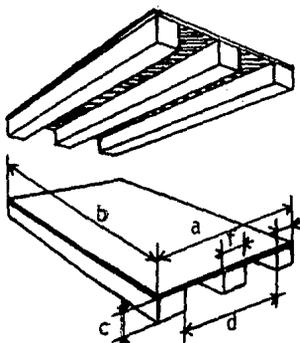
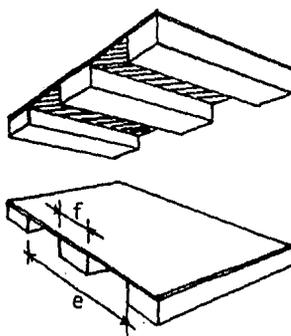


Fig. 53. Tipos Unificados de tarimas. (26).

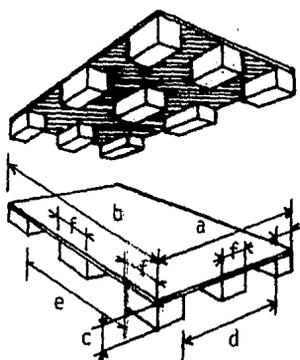
TIPO A 2 L



TIPO A 2 T



TIPO A 4



TIPO B 2 L

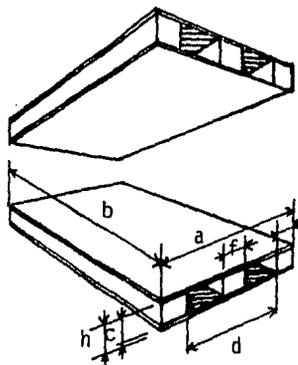


Fig. 54.-Tipos unificados de tarimas. (26).

Características de las tarimas unificadas (Fig. 53, 54).

Tipo A 4 L : A un plano a 4 vías, con listones longitudinales de base.

Tipo A 4 T : A un plano y a cuatro vías con listones -- transversales de base.

Tipo B 2 T : A dos planos y a dos vías transversales.

Tipo B 4 : A dos planos y a cuatro vías.

Tipo A 2 L : A un plano y a dos vías longitudinales.

Tipo A 2 T : A un plano y a dos vías transversales.

Tipo A 4 : A un plano y a cuatro vías, sin listones de base.

Tipo B 2 L : A dos planos y a dos vías longitudinales.

Figuras 53,54.- DIMENSIONES DE LAS TARIMAS UNIFICADAS

Indicaciones de la tarima	a	b	c	h máx	d mín	e mín	f máx
800 x 1000	800	1000	100	126	590	710	150
800 x 1200	800	1200	100	126	590	800	150
1000 x 1000	1000	1000	100	126	710	800	150
1000 x 1200	1000	1200	100	126	710	800	150

TABLA VII.- DIMENSIONES DE LAS PUERTAS PARA EL USO DE LOS MONTACARGAS.

Anchura del pasillo de acceso. . . . .	m	3.50	3.00	2.50	2.00
Anchura de las puertas .	m	1.40	1.50	1.65	1.90
Altura de levantamiento de los montacargas. .	m	1.60	2.20	3.00	3.60 4.00
Altura de las puertas. .	m	2.00	2.30	2.40	2.60 2.40

Nota.- Estas dimensiones son de controlar en base a las características de los montacargas adoptados, para los cuales no ha sido definida todavía una unificación.

Los estantes o soportes metálicos o de madera que se utilizan en los almacenes frigoríficos, no obstante que facilitan una mejor disposición y transporte de las estibas, y además permiten alturas de estibas mucho más altas, presentan el inconveniente de ocupar espacio cuando no son utilizados.

Las dimensiones de los almacenes serán establecidas según múltiplos que van de producto a envase y/o embalaje; de embalaje al apilado en una tarima; de la tarima a la sobreposición (estibado vertical); del estibado al lote de estibas; etc.; más el largo y ancho de los pasillos o corredores para el transporte interno y demás espacios libres necesarios para la uniformidad de la temperatura, adecuada distribución y circulación del aire y mantenimiento del óptimo grado higrométrico, de los cuales se hizo referencia en el capítulo IV.

El uso de las tarimas en los almacenes frigoríficos presentan también otra ventaja, y es precisamente la de facilitar la circulación del aire frío en el producto estibado.

En el caso de los productos hortofrutícolas, la adopción de tarimas unificadas encuentra en la práctica, una grave dificultad dada por la diversidad de dimensiones en los embalajes empleados.

En la tabla VI, a título de ejemplo, están indicadas para algunos, - entre los más empleados embalajes, el número que puede ser depositado en las tarimas unificadas.

Resulta que la utilización del espacio al 100%, es obtenido sólo con cajas de 60 x 40 cm, que son entre las menos empleadas.

Esto explica porque esta bastante difundido en uso de las tarimas no unificadas, y por demás diferentes de almacén en almacén, a según de las dimensiones de los embalajes que en ellos se reciben.

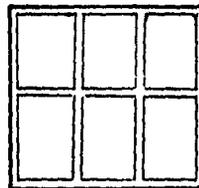
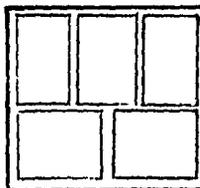
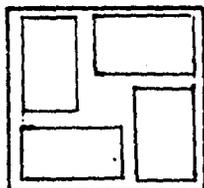
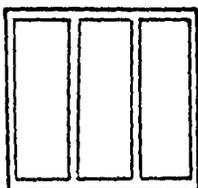
El uso de las tarimas también da lugar a una facilidad y economía en los transportes internos, ya que esas son manipuladas mediante los ordinarios montacargas elevadores a horquilla, con los cuales un sólo operador transporta y levanta cargas pesadas a la vez.

Para permitir una rapidez o fluidez en las maniobras del transporte interno, se adoptan puertas con apertura accionada por un motor que el operador acciona sin descender del montacarga, mediante un tirante, o que es accionado por un dispositivo fotoeléctrico.

TABLA VI.- DISPOSICIONES DE ALGUNOS EMBALAJES SOBRE TARIMAS UNIFICADAS Y PORCENTAJE DE UTILIZACION DEL ESPACIO (26).

Dimensiones de los embalajes cm	Número de embalajes por capa y porcentaje de la superficie utilizada					
	Tarima de 0.80 x 1.00 m		Tarima de 1.00 x 1.00 m		Tarima de 1.00 x 1.20 m	
	No.	%	No.	%	No.	%
42 x 31	5	81	6	78	8	87
52 x 31	3	60	5	81	6	81
58 x 35	3	76	3	61	4	68
60 x 40	3	90	4	96	5	100
67 x 30	3	75	4	80	5	74

Ejemplo de Disposición de embalajes en capas sobre una tarima:



El cierre es también automático, a tiempo.

### 11.2 Carretilla Elevadora a Horquilla (Montacarga).

La carretilla elevadora es el dispositivo de transporte que ha traído como consecuencia dos hechos:

- 1) Aumento de la altura en los almacenes frigoríficos.
- 2) La construcción de almacenes a un sólo nivel.

Algunas características de los montacargas son: (1)

- a) Mayor capacidad de manejo de carga, mediante sistema hidráulico de alta eficiencia.
- b) Velocidades constantes de levante.
- c) Compartimiento del operador accesible por ambos lados.
- d) Motor de baja emisión de monóxido de carbono.
- e) Estabilidad calculada por computadora.
- f) Gran facilidad para la intercambiabilidad de partes.
- g) Facilidad de servicio a toda la unidad en menor tiempo.
- h) Controles accesibles para el operador.

Los montacarga deberán tener una altura de levantamiento en relación a la del estibamiento.

En la Figura 55, se dan las dimensiones medias de los montacargas habituales. De las partes más importantes para la proyección de los almacenes - son el ancho de los pasillos para el tránsito en uno o dos sentidos, para el cruce a 90°, para el estibamiento lateral, para la rotación a 360°, Figuras 56 y 57.

Para tarimas de 1.0 x 1.2 m, y con los montacargas habituales, el ancho de los pasillos también son indicados en las Figuras 56 y 57. El ancho de las puertas está ligado al de los montacargas y al de los pasillos, cuando estos no sean suficientemente anchos para permitir la maniobra a 90°.

Cuando se desea llegar hasta el fondo de los almacenes llenos de productos, es indispensable dejar un pasillo para el estibamiento lateral, como se muestra en la Figura 58.

---

(1) Allis-Chalmers. A-C Mexicana, S. A.-  
Catálogos de montacargas, 1984.

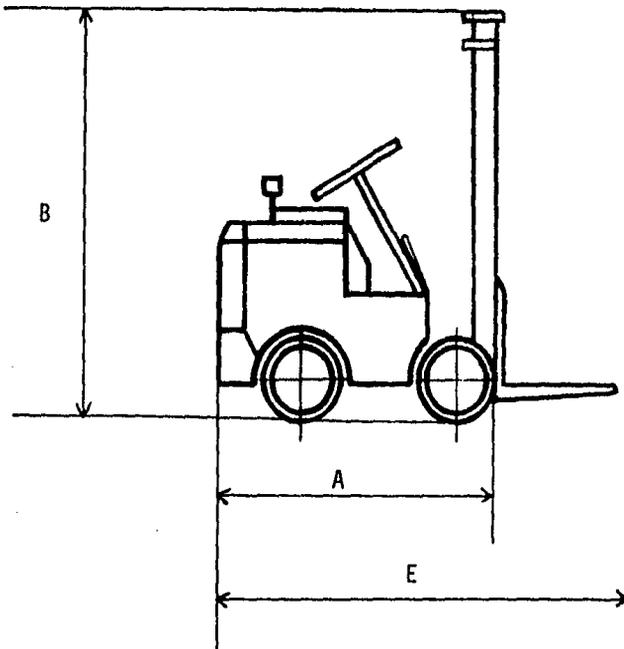
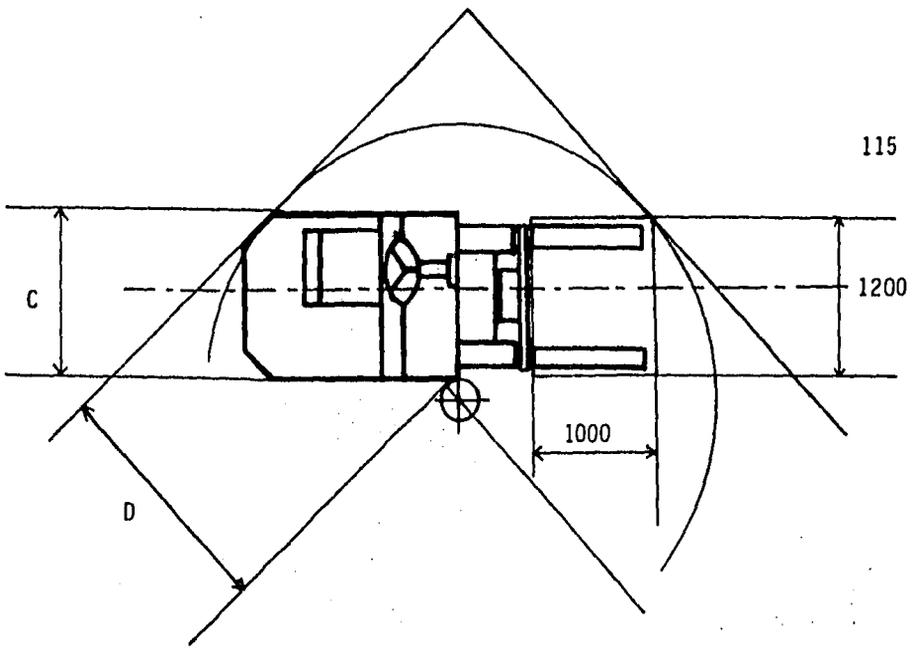


Fig. 55.-Dimensiones características de los carros elevadores (montacargas). (26).

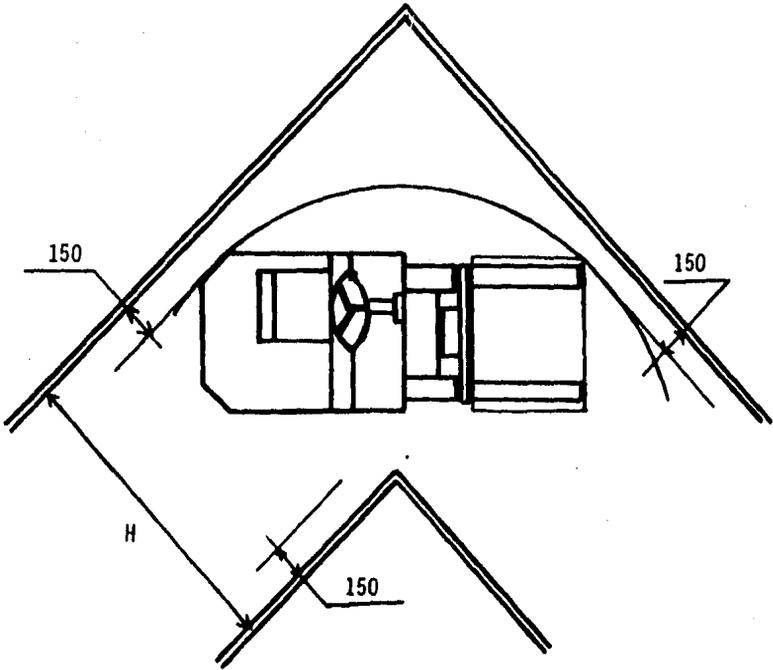
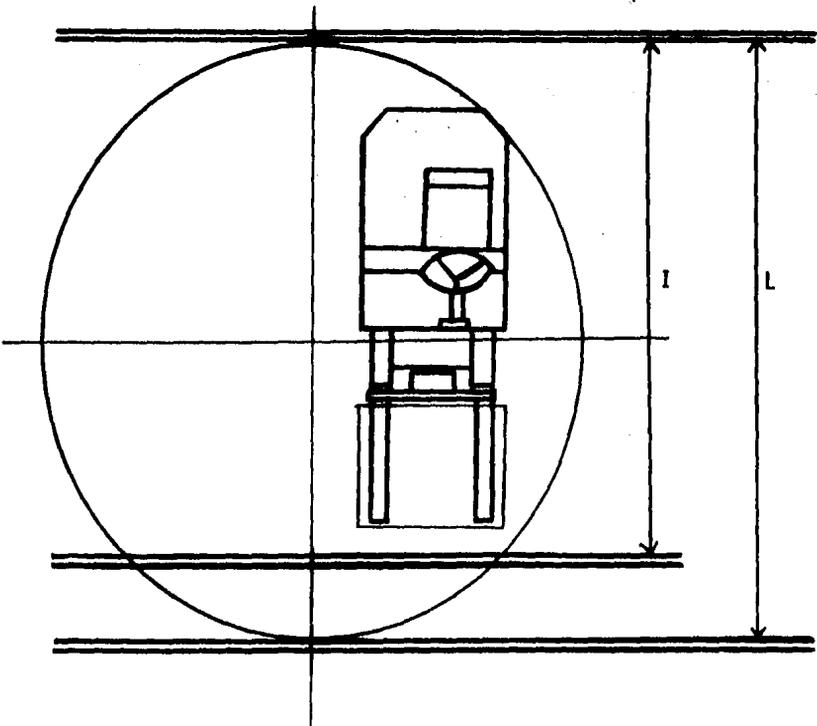


Fig. 56. Anchura de los pasillos para el tránsito de los montacargas.



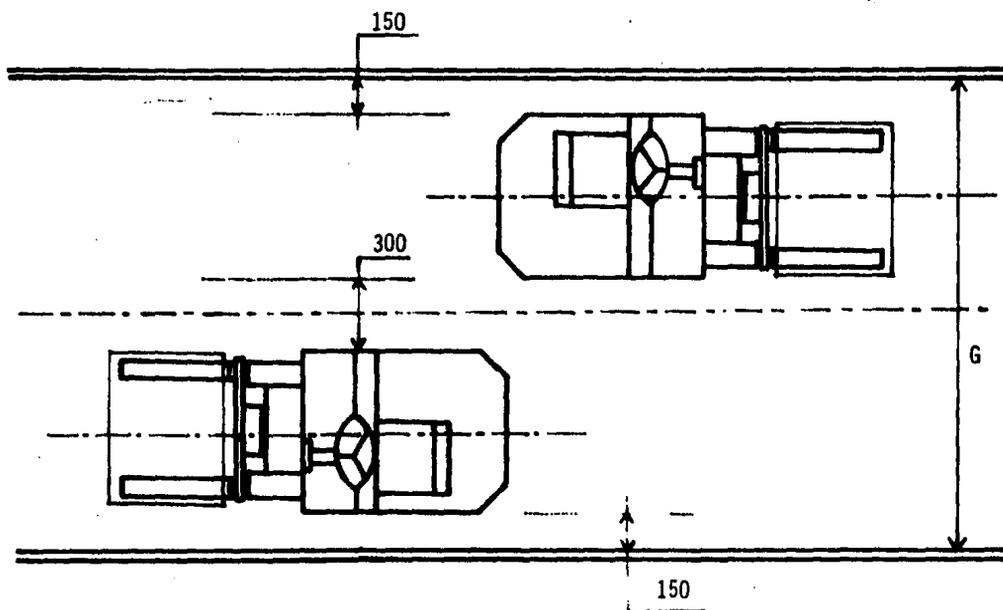
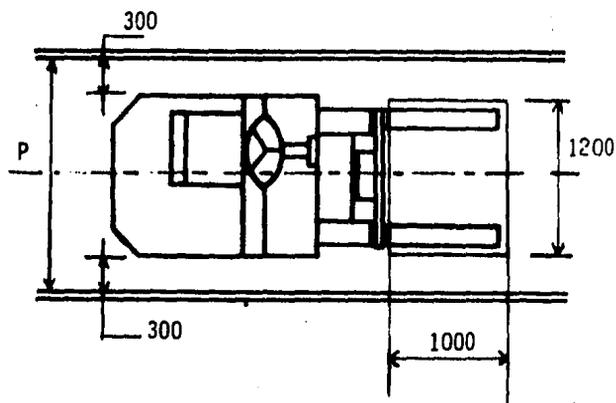


Fig. 57. Anchura de los pasillos para el tránsito de los montacargas. (26).

Fig.55,56. Anchura de los pasillos para el tránsito de los montacargas, en mm.

Montacargas con una carga hasta	Pasillos a sentido único = F	Pasillos a dos sentidos = G	Pasillos con giro a 90° = H
1000 Kg.	1800	3000	2100
2000 "	2000	3400	2700
3000 "	2100	3600	2800

Montacargas con una carga hasta	Pasillos para rotación a 90° = I	Pasillos para rotación a 360° = L
1000 Kg.	3200	3500
2000 "	3800	4200
3000 "	4000	4500

Fig. 57. Dimensiones características de los montacargas, en mm.

Carga hasta de	A	B	C	D	Longitud total con naleta = E
1000 Kg.	1800	2500	1000	1800	2800
2000 "	2400	2500	1400	2400	3400
3000 "	2500	2500	1500	2500	3500

Para reducir la inutilización del espacio, se encuentran en el mercado montacargas de formas y dimensiones particulares a las condiciones de manipulación del almacén frigorífico.

Un tipo de montacarga que ocupa poco espacio es el conocido como "retráctil", en el cual la carga durante el recorrido es mantenida en posición retrocedida y pesa sobre las ruedas anteriores del mismo.

También existen los montacargas a "rotación" en los cuales los órganos que sostienen la tarima pueden rotar 90° y llevarla a la posición lateral deseada (Figura 58), el ancho del pasillo se reduce medianamente a 2.0 o 2.1 m y el espacio perdido para el estibamiento es del 13%.

En los frigoríficos a dos o más plantas el problema de los transportes verticales puede ser resuelto de cuatro formas:

- 1) Con transportadores continuos, por ejemplo del tipo "pater noster",
- 2) Con transportadores continuos para cajas individuales, sea del tipo anterior, sea del tipo de cinta inclinada. Este método resulta laborioso para quitar y poner las cajas de las tarimas y de la cinta; por esto puede ser conveniente sólo en el caso que el transporte parta del punto de preparación de las cajas y llegue directamente al piso superior en el punto de carga de las tarimas.

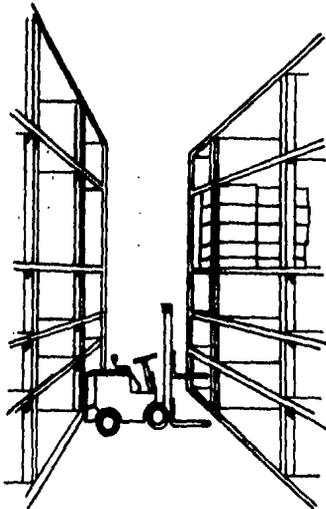


Fig. 58.- Maniobra lateral del montacarga a rotación, (26).

3) Con las tarimas llevadas por los montacargas a lo largo de rampas inclinadas. Este método, evita los inconvenientes por el continuo cambio de transporte, pero trae como consecuencia el de sacrificar un espacio no despreciable para la construcción de las rampas. Requiere también el uso de montacargas con motores a combustión porque con acumulador eléctrico, - cuando están en parte descargados, difícilmente superan las pendientes.

4) Con tarimas llevadas por los montacargas a horquilla hacia los montacargas verticales. Este método parece ser el más conveniente, porque resulta bastante rápido cuando se simplifican y automatizan las aperturas y los cierres de los cancelos del montacarga, de modo de no obligar al operador a descender.

También se tienen casos particulares de productos con dimensiones considerables, o deban ser almacenados y transportados en manera característica.

Así las carnes frescas son conservadas en medias canales o en cuarto de canal suspendidas, y sólo cuando sean reducidas a pequeñas piezas y desuesadas son puestas dentro de cajas u otros empaques.

En el caso de las carnes, el medio de transporte más apropiado es el de una red de vfas aéreas.

### 11.3 Manipulación y Transporte de las Carnes.

La carne fresca se manipula suspendida, por razones de higiene, a fin de sustraerla lo más posible a las contaminaciones por ropa sucia o por manos más o menos limpias e igualmente para facilitar las maniobras y evitar fátigas inútiles a los manipuladores.

El equipo de manipulación en los mataderos no tiene objeto en esta tesis, en la que solamente los equipos que se refieren a los frigoríficos serán expuestos, pues tienen una influencia sobre la construcción, el aislamiento, la forma y dimensiones de los evaporadores. En efecto, la única diferencia entre una cámara fría de carne y una cámara ordinaria de almacenamiento, reside en la presencia de una red de vfas aéreas con su sistema de enganche y su superestructura que plantea problemas particulares.

Así, por ejemplo, la altura de las cámaras depende de la distancia entre el punto de enganche de las carnes y el suelo, altura que varía con --

los diferentes tipos de carriles (guaríeles). Es evidente que la altura de las cámaras frías repercute sobre el precio de construcción del edificio.

Igualmente, la presencia de vfas aéreas en las cámaras obliga a elegir enfriadores de aire adaptados a los trazados de las vfas, a la altura de las cámaras y, naturalmente, a la distancia libre entre el punto de enganche y la armadura del techo.

En una cámara fría provista de carriles no es posible colocar enfriadores de aire en cualquier sitio. Un estudio indispensable para elegir el enfriador conveniente, teniendo en cuenta la disposición de las vfas. Una colaboración se impone, en el momento de la concepción del proyecto, entre el manipulador y el frigorísta,

### 11.3.1 Tipos de Carriles. (Figura 59).

#### a) Monocarril,

Esta constituido por un perfil de I de gran sección (altura de 20 cm aprox.). La carretilla circula sobre las alas inferiores del perfil. Es un sistema pesado y muy costoso, abandonado actualmente debido a la modernización de los mataderos.

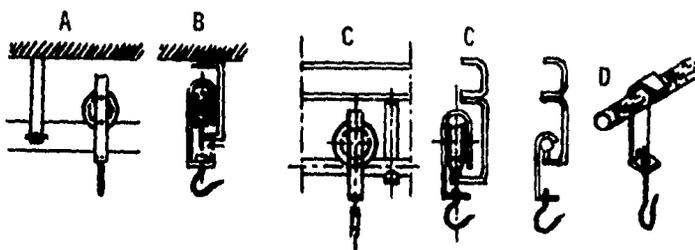
Cuando susiste todavía en las naves del matadero, las reses en canal son enviadas por una red de tipo carril doble o del tipo carril tubular, mucho más ligero y más económico para el frigorífico.

#### b) Carril Plano (Tipo Americano).

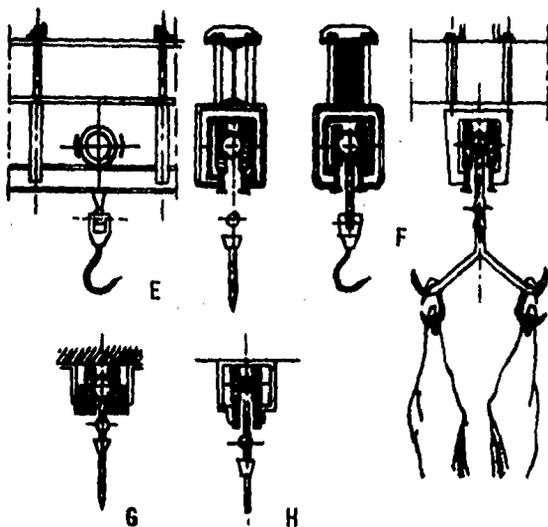
Es también un monocarril, pero constituido por un hierro plano, sobre el cual circula un gancho giratorio. Es muy económico, pero necesita dispositivo de agujas móviles, de mando manual. El trazado de la red (y la posición de los soportes) debe ser muy estudiado para dejar pasar a las carretillas en lugar de la suspensión. En fin, puede ocurrir que haya carretillas que se desprendan de la vfa y caigan con su carga, ocasionando accidentes graves, a veces mortales. Por esta razón, y por seguridad es muy poco utilizado.

Fig.59.-Vías aéreas. Diferentes tipos de carriles.(7)(15).

## MONOCARRILES



## CARRILES DOBLES



- A) Carril plano americano.  
 B) Carril hierro plano.  
 C) Carril tubular de carretilla rodante.  
 D) Carril tubular de gancho deslizante.  
 E) Carril doble.  
 F) Carril doble con carretilla que permita sostener un buey entero sobre una sólo carretilla.  
 G) Carril doble rebajado constftuido por dos angulares.  
 H) Carril doble constftuido por dos planos.

c) Carril Doble.

La vía se compone de dos perfiles, espaciados algunos centímetros. Estos perfiles pueden ser: hierros I ó angulares ó hierros planos, colocados uno al lado del otro, La carretilla rueda ya sea por la parte superior del carril, ya sea por sobre las alas inferiores.

La gran ventaja de la vía doble resulta de la supresión del sistema de agujas móviles mandadas. La dirección se toma inclinado la carga del lado hacia el que se quiere conducirla.

El precio es un poco más elevado a causa de las carretillas más perfeccionadas, que con el carril plano, pero ofrece toda seguridad, - pues es imposible que una carretilla se desprenda del carril. Si se considera, sin embargo, el frigorífico sólo, en el que el número de sistemas de aguja es muy importante y teniendo en cuenta la facilidad de manipulación, el carril doble se hace competitivo con los otros tipos.

El carril destinado a los bovinos está generalmente calculado para soportar una carga de 400 a 600 Kg. por metro lineal, carga función, por otra parte, del espacio entre los soportes de apoyo.

Existe un carril doble aligerado, destinado a los supermercados o - en las grandes carnicerías, que soporta 250 Kg por metro lineal, -- carga suficiente para la manipulación de cuartos y de pequeños animales.

d) Carril Tubular.

Este carril está constituido por un tubo de acero, sobre el que rueda una carretilla o se desliza un gancho. Inicialmente, utilizado para los cerdos, que representan una pequeña carga, ha sido poco a poco utilizado también para los bovinos con carretilla rodante, en lugar de ganchos deslizables.

Aunque económico, este carril tiene los mismos inconvenientes que el monocarril. Necesita sistema de agujas móviles de mando manual o -- eléctrico, así como el estudio minucioso del trazado para la orientación de los soportes de asiento. En el caso de ganchos deslizables, el carril debe ser abundantemente engrasado para facilitar el desplazamiento de la carga y esta grasa no deja de causar perjuicios a la carne cuando, demasiado abundante, cae sobre las reses en canal.

## COMENTARIOS

Los conceptos teóricos-prácticos que se han estudiado y analizados en el presente trabajo, se enmarcan dentro del extenso y vasto campo del frío, enfocado principalmente, hacia la conservación de los productos perecederos sin menospreciar, otras aplicaciones como son, las de acondicionamiento de aire para el bienestar humano.

Se intenta proponer una herramienta útil, aplicable al diseño y construcción de los almacenes frigoríficos, así como para la determinación de las necesidades de frío para el enfriamiento de aquellos alimentos que en ellos se depositen.

El presente trabajo no es una biblia del frío, pues considera sólo los aspectos fundamentales, pero que, debidamente canalizados, darán la capacidad de sugerir, criticar y proponer las normas o consideraciones para la mejor proyección del objetivo perseguido; el diseño y construcción del almacén frigorífico más apropiado para el producto, el lugar y el momento.

Para visualizar mejor este campo de acción del profesional en la Ciencia y Tecnología de los Alimentos, se hace necesario que, paralelamente, -- profundice en el estudio de los diferentes sistemas y métodos de aplicaciones del frío, sus efectos y sus condiciones y del equipo requerido para producirlo; de ésta manera, éste trabajo podrá ser un complemento valioso y -- práctico en dicha área.

La multi e interdisciplinariedad que debe existir para realizar éste objetivo, es evidente; pues en la realización de un anteproyecto, no todo es aislamiento térmico, ni condiciones termohigrométricas óptimas del aire, -- también hay obra civil, existen instalaciones eléctricas, administración, -- etc., pero ante todo, y esto es muy importante, el punto de vista práctico basado en los conocimientos especializados del área, del Ingeniero o Técnico Frigorista, debe ser el factor primordial y decisivo en la(s) solución -- (es) encontrada(s) .

Es pues, ahí, donde radica la importancia de conocer estas fundamentales, pero decisivas, consideraciones generales en la construcción de los almacenes frigoríficos.

Tenemos el arma en la mano, usémosla con el máximo sentido práctico y -- los resultados serán: una larga vida de anáquel de los alimentos almacenados y una satisfacción propia de la obra proyectada.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- ANONIMO. "Empleo de las Espumas Rígidas de Poliestireno Expandido en la Técnica Frigorífica". Revista Frío-Calor-Aire Acondicionado. España, - Junio de 1978.
- 2.- ANONIMO. "Reportaje sobre la construcción de Almacenes Frigoríficos utilizando sistemas y técnicas avanzadas". Revista Frío-Calor-Aire Acondicionado. España, Noviembre 1977.
- 3.- BLASQUEZ, Escandón Alberto. Refrigeración Industrial. México. Catálogos, 1984.
- 4.- CIARROCHI, Alessandro e PIGNATTI, Cesare. La Tecnica del Freddo. Italia, Istituto Culturale Italiano, 1983.
- 5.- CIARROCHI, Alessandro. Tecnologie Moderne del Freddo al servizio dell' alimentazione. Conferencia y Reportaje. Italia, Istituto Culturale Italiano, 1983.
- 6.- COLLIN, Daniel. Applicazione Frigorifere. 2a.Ed. Italia, Ed. Tecniche Nuove, 1977.
- 7.- COLLIN, Daniel. La Carne y el Frío. 1a. Ed. España, Ed. Paraninfo, - S. A., 1977.
- 8.- DPTO. DE PESCA. "La Congelación del Pescado". Dpto. de Pesca, S.I.C. México, 1975.
- 9.- DOSSAT, Roy J. Principios de la Refrigeración. México, Ed. CECSA, - - 1982.
- 10.- EDIZIONE CARLO EISNER. Il Freddo. Ed. Única. Cinco revistas por diversos autores. Italia, Ed. Carlo Eisner, S.P.A., 1978.
- 11.- COPELAND, Gilvert. Manual de Refrigeración. Refrigeración Comercial. México, catálogos, 1983.
- 12.- GORINI, Fausto. La Frigoconservazione dei Prodotti Ortofrutticoli. 1a. Ed. Italia, Ed. Manuale Reda, 1979.
- 13.- HOHNE, Erich. "Aislantes y Aislamiento: el Factor de Forma". Revista Frío-Calor-Aire Acondicionado. España, Mayo 1976.
- 14.- HOLMAN, J. P. Transferencia de Calor. 3a. Ed. México, Ed. CECSA, - - 1979.
- 15.- JASPER & PLACZER. Conservación de la Carne por el Frío. España, Ed. Acribia, 1980.

- 16.- LINCOLN de Camargo, N.F. Refrigeración Aplicada a la Tecnología de Alimentos. Brasil, Ed. pela F.C.T.P.T.A., 1974.
- 17.- MARINO, Antonio. El Montatore Riparatore, Conduttore Frogorista. 4a.- Ed. Italia, Ed. Hoepli, S.P.A., 1979.
- 18.- MUÑOZ, Delgado J.A., COUPIAC, A., GAC, A. "Aspectos Biológicos y Técnicos de la Conservación por el Frío de Frutas y Hortalizas". Simposio del Instituto Internacional del Frío. Cd. de México, D.F., Agosto 26 de 1981.
- 19.- PIGNATTI, Cesare. Introduzione alla Surgelazione. Italia, Istituto Culturale Italiano, 1983.
- 20.- RAPIN, P. J. Instalaciones Frigoríficas. 2 tomos. 3a. Ed. España, Ed. Marcombo, 1979.
- 21.- ROMANILLAS, José. "Consideraciones sobre el Diseño de Sistemas Frigoríficos". Revista Frío-Calor-Aire Acondicionado. España, Marzo de 1977.
- 22.- SAUCEDO, V. C. Preenfriamiento de Frutas y Hortalizas (Principios, Métodos y Recomendaciones). México, Universidad Autónoma de Chapingo, 1983.
- 23.- SOCIETA FRIGO-COSTRUZIONI. Frigocontainers Multimodeli. Italia, catálogos, 1983.
- 24.- SOCIETA FRIGO-COSTRUZIONI. Pannelli Isolante "Sof-Pan". Italia, catálogos, 1983.
- 25.- STOECKER, W.F. Refrigeración y Acondicionamiento de Aire. 1a. ed. México, Ed. Mc Graw-Hill, 1981.
- 26.- STRADELLI, Alberto. I Magazzini Frigorifici. Italia, Ed. Agricole Bologna, 1970.
- 27.- STRAFFI, Angelo. Apunti di Fisica Tecnica. Italia, Istituto Culturale Italiano, 1983.
- 28.- TRESSLER, VAN ARSDEL, COPLEY. The Freezing Preservation of Foods. Cuatro volúmenes. U.S.A., Avi Publishing Co. Inc., 1968.
- 29.- VIVES, E.J. Instalaciones Frigoríficas. 3a. ed. España, Ed. Reverté, S.A., 1956.
- 30.- WARREN, M.R. & OLIVO, C.T. Principios de la Refrigeración. 1a. ed. México, Ed. Diana, 1977.
- 31.- YORK. Aire Acondicionado, Refrigeración, Ventilación y Calefacción. México, Record de México, S.A. de C.V., catálogos, 1982.