

CONFERENCIA SOBRE REFRIGERACIÓN COMERCIAL

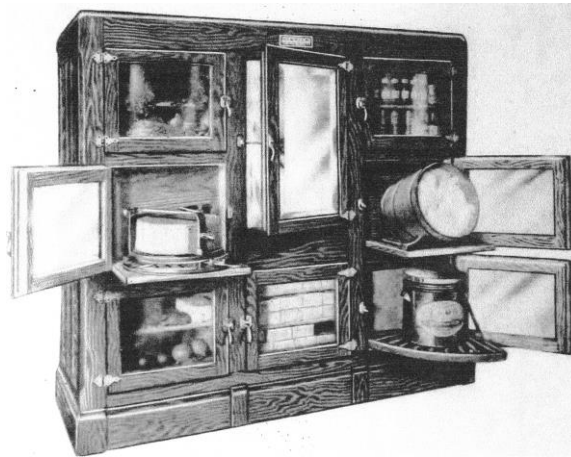
ORGANIZADA POR

ASHRAE-SPAIN CHAPTER

Autor: José Romanillos Velasco

1ª PARTE

- INTRODUCCIÓN DESDE UN PUNTO DE VISTA HISTÓRICO
- INFORMACIÓN TÉCNICA PUBLICADA POR ASHRAE
- CÁLCULOS Y NECESIDADES
- NOVEDADES



UN DATO PARA ENTRAR EN SITUACIÓN

“La REFRIGERACIÓN COMERCIAL consume, más o menos, 1,3 QUADS anuales de Energía Básica. Aproximadamente el 7 % del total contabilizado para usos comerciales. En Supermercados, Tiendas de Alimentación, “Convenience Stores” y Restaurantes, la REFRIGERACIÓN puede representar fácilmente hasta la mitad de la demanda energética total del edificio en cuestión.”

Este párrafo está literalmente extraído y traducido del último informe del Departamento de la Energía de Estados Unidos (D. O. E.) sobre demanda sectorial de la energía, referido a su país.

Dicho así, aunque se intuye la gran magnitud del número, su verdadero significado para la vida cotidiana pasa casi desapercibido al expresarnos en términos Macro-Económicos.

Realmente, la cifra cobra otro significado mucho más impactante, si hacemos el ejercicio de convertirlo a unidades de uso corriente, como el utilizado en la factura “de la Luz” = 381.286,388.888,9 KW/h anuales o lo que es igual: casi 43.526 MW/h, la producción de 145 centrales eléctrica con una capacidad de 300 MW, (la media de las centrales Españolas según datos de UNESA), 24 h al día y 365 días al año.

¿QUÉ ES LA REFRIGERACIÓN COMERCIAL?

La REFRIGERACIÓN tiene múltiples y variadas aplicaciones, pudiendo afirmar sin temor a caer en exageración, que la vida cotidiana, como la conocemos hoy en día, se vería colapsada sin su concurso.

La “REFRIGERACIÓN COMERCIAL” es la rama de esta tecnología que cubre las necesidades que presentan las actividades comerciales de la sociedad, entendiéndose como tales las que aproximan al individuo los bienes y servicios que precisa en su vida diaria: Transporte, almacenaje, exposición y venta de productos.

Su práctica tiene lugar en los lugares cotidianos para estas actividades; Tiendas de Alimentos Especializadas (Carnicerías, Pastelerías, Fruterías, Pescaderías, etc.), Supermercados, Almacenes Comerciales por Secciones, “Convenience Stores” o Secciones de Alimentación adosados a Gasolineras y similares, Restaurantes, Bares y Cafeterías, con su correspondiente cadena de Transporte y Logística desde el centro de producción.

Esta definición considera irrelevante el tamaño de los equipos o sistemas utilizados, pudiendo referirse a equipos de tamaño igual o inferior a un frigorífico doméstico (Figura 1) o por el contrario a sistemas que superan en tamaño a muchas de los utilizados en “Aplicaciones Industriales” (Figura 2)



Fig1



Fig.2

Su importancia es remarcada, una vez más, en el capítulo 35 del ASHRAE HANDBOOK de 1975, que en su comienzo dice: *“Casi la mitad del total de las ventas de los comercios minoristas de alimentos es de productos perecederos o semi-perecederos que requieren Refrigeración, siendo los equipos precisos para ello una herramienta en sí mismos y no una finalidad, estando dictadas las necesidades físicas de los mismos por la logística de ventas de los alimentos”*.

Con el paso del tiempo, muchas de las actividades que se llevaban a cabo en los centros de producción se han trasladado a los centros de distribución, como es el caso del despiece y envasado de la carne en porciones, en respuesta a los cambios de hábitos de consumo.

Esto ha obligado a la creación de soluciones sofisticadas para mantener las condiciones precisas no solo de temperatura, humedad y confort, sino también de higiene y salubridad, como Climatizadores que garantizan estas condiciones, cuyo diseño básico muestra la Figura 3.

Estas unidades incluyen prefiltro, filtro, control de temperatura y de humedad sistema de esterilización del aire U. V. o similar y filtro final de Alta Eficacia con clasificación MERV 13-16 y hasta 17-20 equivalente a HEPA, según norma ASHRAE 52.1 y 52.1, similares a los encontrados en un quirófano o un laboratorio farmacéutico. Estos requisitos han dado una nueva dimensión a la REFRIGERACIÓN COMERCIAL realzando aún más su importancia.

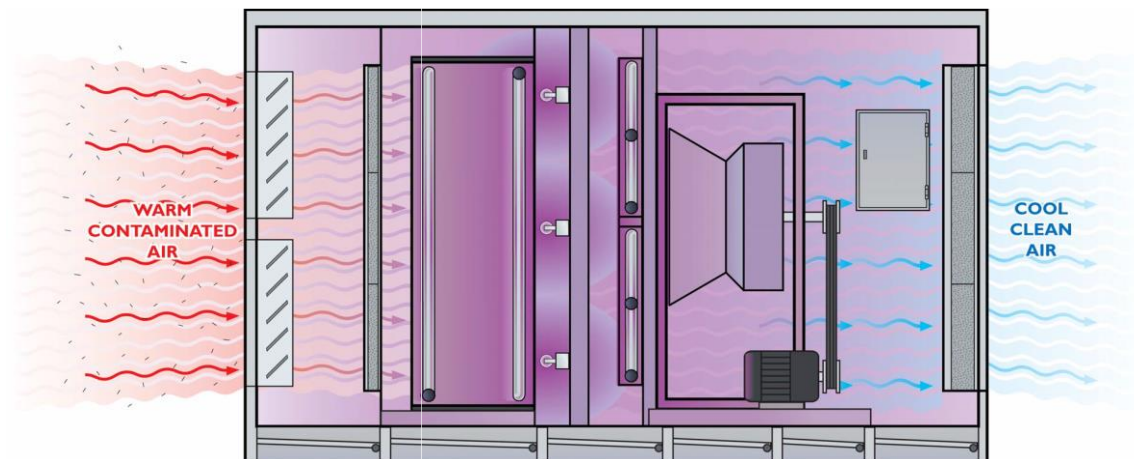


Fig. 3

Pero, esto, lógicamente, no siempre fue así.



UNA PREGUNTA, UNA PROPUESTA

***May a review of the past provide direction for the future?
¿Puede una revisión del pasado darnos la dirección a seguir
hacia el futuro?***

Preparando esta presentación, encontré esta frase, en la introducción al REFRIGERATION RESEARCH HISTORIC MUSEUM auspiciado por ASME, que refleja una de mis creencias más profundamente arraigadas:

Un análisis retrospectivo suele ser un buen ejercicio para poder comprender mejor cualquier tema de nuestro interés.

Mi respuesta a la pregunta, sin duda, es Sí. Por supuesto es una respuesta subjetiva, hecha a un nivel personal, que admite matices según las circunstancias de cada caso. En el mío particular, esta respuesta se basa en una presunción: acometer un trabajo de desarrollo sin mirar hacia atrás, dando por “antiguo” lo anterior, es un error básico que elimina la posibilidad de Adquirir Experiencia y nos impide aprender de los errores, propios o ajenos. También nos cierra la posibilidad de continuar el desarrollo de buenas ideas que no prosperaron en su tiempo, quizás por falta de materiales o del apoyo de otras artes colaterales, también atrasadas. Así, al calor de los avances actuales en todos los ámbitos, podríamos acometer nuevos desarrollos que nos ayuden a crear un mundo mejor y más sostenible, uno de los motivos de esta conferencia y origen de esta Asociación, A. S. H. R. A. E., y de sus predecesoras A. S. R. E. y A. S. H. V. E./A. S. H. A. E.

A continuación les invito a dar un repaso a la evolución de la REFRIGERACIÓN COMERCIAL en el tiempo, atendiendo a lo publicado sobre esta materia por A. S. H. R. A. E. y anteriormente por A. S. R. E.

AL COMIENZO

En un principio la Refrigeración debió su nacimiento a las necesidades planteadas por diversas artes Industriales para “amaestrar” o controlar muy diferentes procesos que, debido a diversas causas, entre ellas la aplicación de algunos avances o ciertos cambios en los hábitos y costumbres, no disipaban el calor producido al ritmo necesario, como había sido posible hasta entonces.

Hasta ese momento, lo normal era llevar a cabo estas operaciones cuando las condiciones eran propicias (Otoño-Invierno) y respetando los tiempos y formas operativas, para que el inevitable calor producido se disipara sin mayores consecuencias.

Y animados por ese mismo sentido, muchas industrias, sencillamente no se establecían en zonas geográficas no propicias.

La más importante de estas industrias fue la Cervecera, de la cual se puede decir que ayudó al advenimiento formal de la Refrigeración, sobre todo a partir de la emigración de muchos cerveceros alemanes al nuevo mundo, estableciéndose en la parte norte de los EE.UU. (Wisconsin, etc.)

Esto dio lugar al nacimiento de lo que llamamos REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL.

Sin embargo, hay que reconocer que en los albores de la Refrigeración, cuando todavía se utilizaba el hielo “cosechado” en ríos, lagos, “neveros”, e inclusive los mares glaciares y se transportaba al punto de utilización, ya se buscaba su ayuda, sobre todo en las épocas mas calurosas, para otros fines más prosaicos y cercanos al común de las personas, buscando la conservación de alimentos y refrescar bebidas, etc., utilizando las denominadas “Ice Box”, Neveras o Armarios aislados enfriados mediante Hielo.

Esta costumbre se extendió más allá del ámbito doméstico, llegando a los comercios, que buscaban la misma finalidad.

Este es el embrión de lo que se llamaría REFRIGERACIÓN COMERCIAL.

A continuación se muestran dos ejemplos de “Frigoríficos Comerciales” que utilizaban Hielo para flores (Figura 4) y productos varios (Figura 5), de principios del siglo XX (1910-1912).

No. 828—Florists' Model

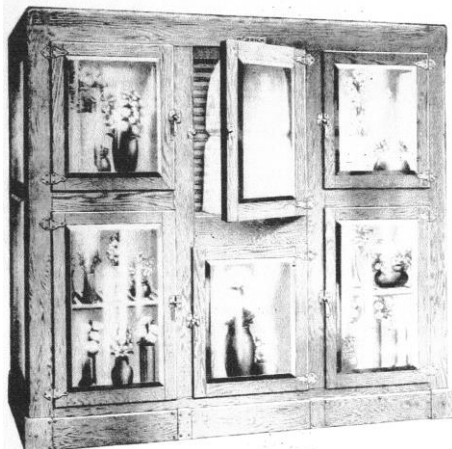


Fig. 4

Nos. 766-466—Ideal for Grocer's Display

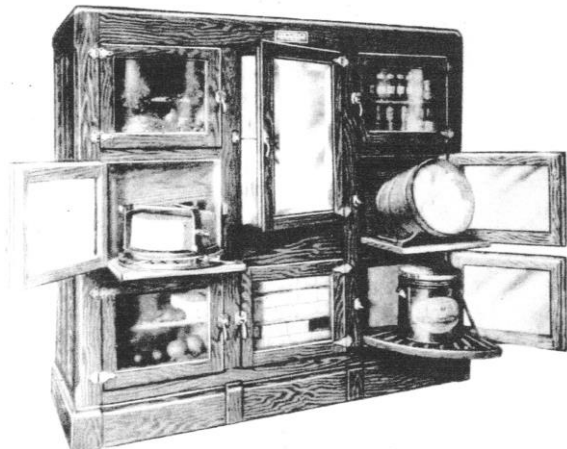


Fig. 5

La Refrigeración Mecánica aplicada al sector comercial tuvo que esperar el desarrollo de las soluciones adecuadas. Las aplicaciones con grandes necesidades frigoríficas, como la industria cervecera, no tuvieron problemas. Los ingenieros de la época aprovecharon sus conocimientos adquiridos y probados en el diseño y construcción de Máquinas a Vapor, locomotoras, etc. para diseñar y construir a su imagen y semejanza los primeros compresores frigoríficos, que además, eran accionados mediante Máquinas a Vapor, muy similares a los mismos según representa un grabado de la época y una foto de tiempos mas recientes, prueba de su probada longevidad útil (Figura 6).

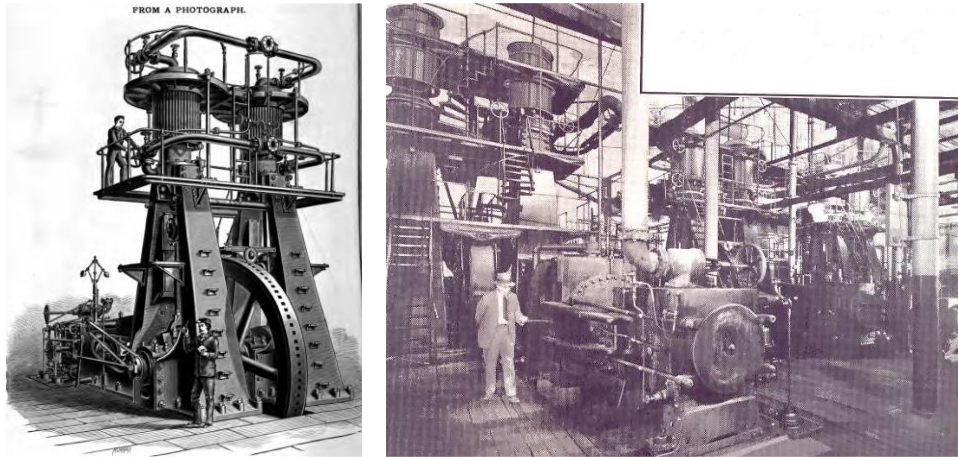


Fig. 6

Una vez dominados ciertos conceptos y reconociendo el gran potencial y la gran demanda existente, los pioneros no dudaron en acometer el diseño y fabricación de máquinas de menor tamaño, adaptables a las necesidades muy inferiores de las aplicaciones “Comerciales”.

La Figura n ° 7 representa un compresor “Automático” de amoniaco de 1898, el cual, según la literatura del fabricante, no precisaba atención continua, debido principalmente a la regulación automática de la expansión

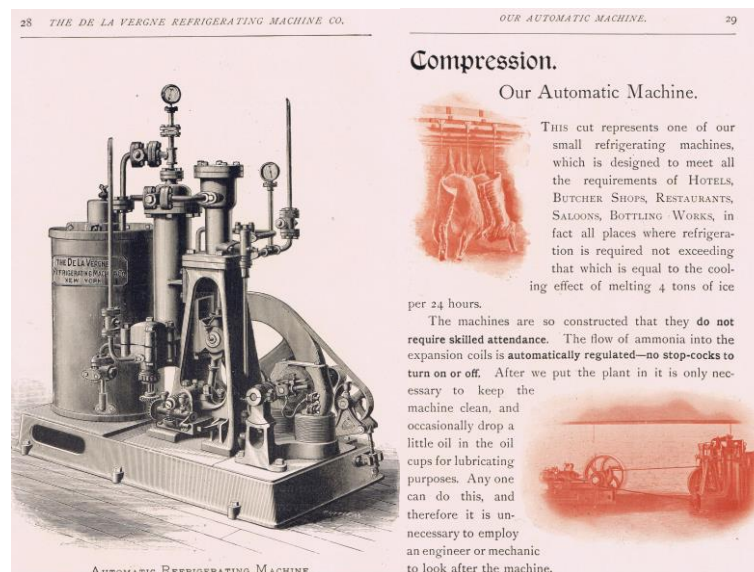


Fig. 7

Su capacidad máxima era el equivalente a la fusión de 4 toneladas de hielo (14 KW) y estaba pensada para Carnicerías, Restaurantes, Bares y similares.

La Figura 8 muestra una aplicación típica de estas máquinas: un “Almacén Mixto” en el que se pueden reconocer desde piezas de carne hasta pescado, barriles con fruta (típico envase para evitar el secado excesivo), y los serpentines evaporadores en la pared.



Fig. 8

El verdadero auge de la REFRIGERACIÓN COMERCIAL se vio impulsado a partir de 1900, por el interés de los pioneros en la industria Eléctrica, como General Electric, Westinghouse, etc., que buscaban incrementar la demanda de energía eléctrica para rentabilizar las incipientes instalaciones generadoras.

Pero si las aplicaciones comerciales presentaban problemas de tamaño, accionamiento, etc. para adaptar los equipos, las dificultades a las que se enfrentaban los pioneros de la REFRIGERACION DOMÉSTICA eran infinitamente superiores en número y grado de dificultad.

Mientras resolvían esos problemas, las empresas involucradas encontraron una forma de “Practicar” y analizar con más detalle las posibles soluciones: Dedicar sus primeras creaciones, todavía “voluminosas” para las aplicaciones “Domésticas”, a las emergentes aplicaciones “Comerciales”.

Así en 1905 ve la luz el primer sistema de Refrigeración accionado por motor eléctrico totalmente automático. Para ello, el director del departamento de pequeños motores de General Electric convenció a un grupo de inversores para

crear una empresa una empresa llamada, “The Automatic Refrigerating Co.”, localizada en Hartford, Conneticut, que aceptó el reto de crear sistemas frigoríficos con las características adecuadas para aplicaciones “Menores”.

Esto ha sido documentado en el artículo publicado en Noviembre de 2004 por el ASHRAE Journal, “Los Frigoríficos Eléctricos, Contribución fundamental al Ámbito Domestico”, escrito por Bernard Nagengast, Historiador y miembro de ASHRAE, dentro del suplemento seriado “100 Años de Refrigeración”

Esta empresa desarrolló diversos modelos, con soluciones para todo tipo de aplicaciones “Comerciales”, como Cafeterías, Restaurantes, Almacenes por Departamentos con sección de Alimentos, etc.

Las Figuras 9 y 10 ilustran dos ejemplos típicos: Una cafetería industrial y un Almacén por departamentos, a partir de información del catálogo original.

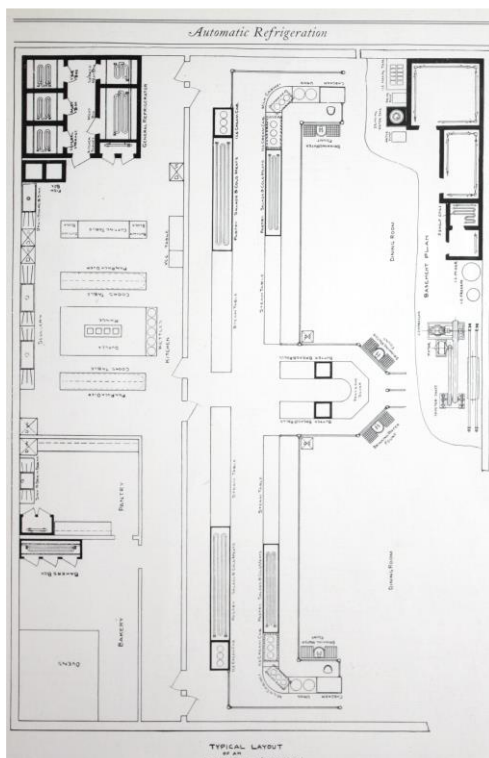
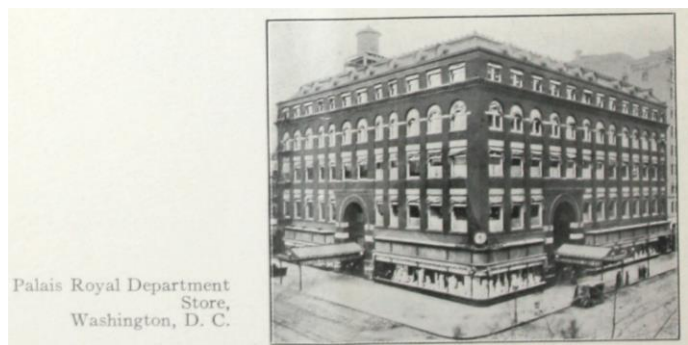


Fig. 9

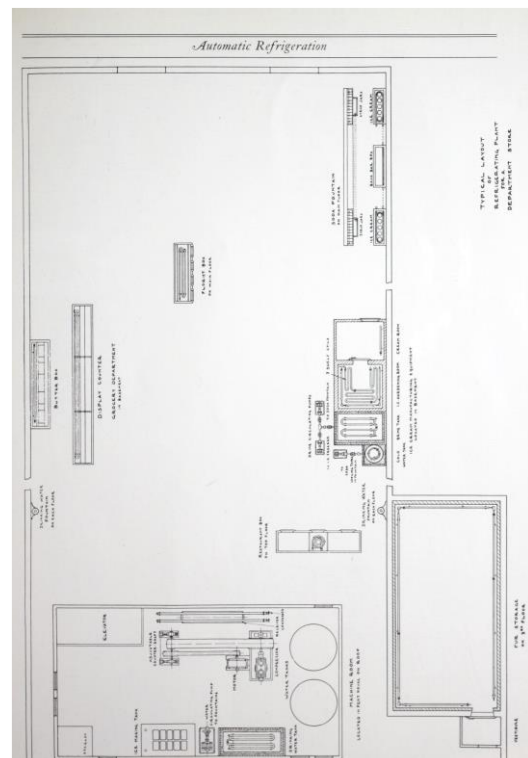


Fig. 10

La Figura 11 muestra una perspectiva de la sala de máquinas centralizada que daba el servicio a los distintos puntos (muy similar en ambos casos), con una vista del panel eléctrico de control, una verdadera primicia en su época.

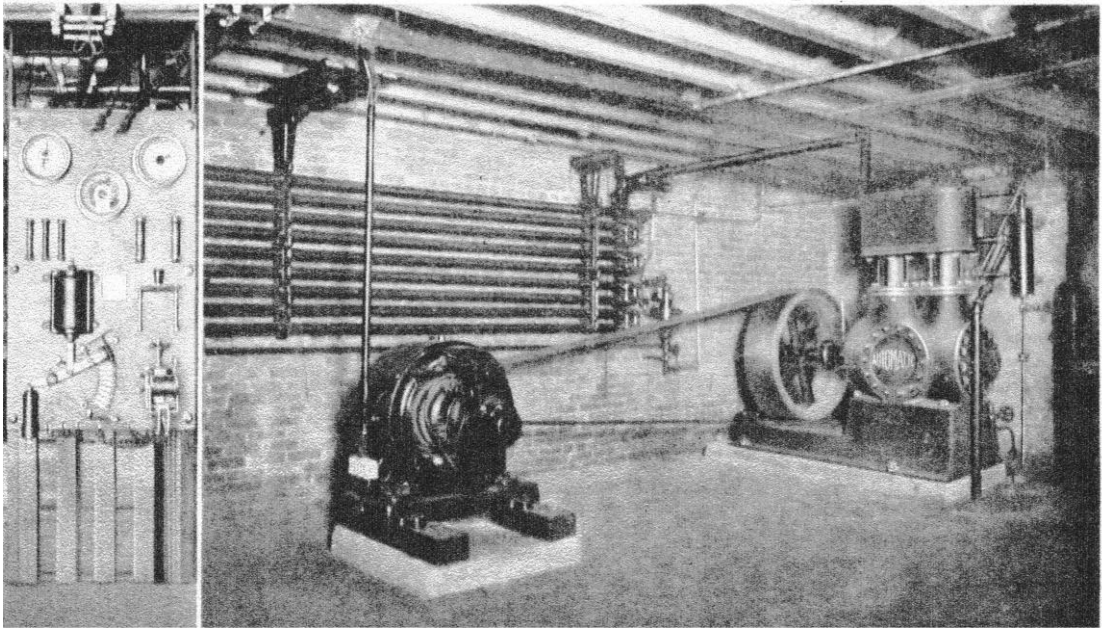


Fig. 11

Este sistema se diseñó y construyó en base a la revisión y adaptación de unas 70 patentes que incluían desde mejoras en el propio compresor para reducir el potencial de fugas de refrigerante y transmisión por correas (Figura 12)

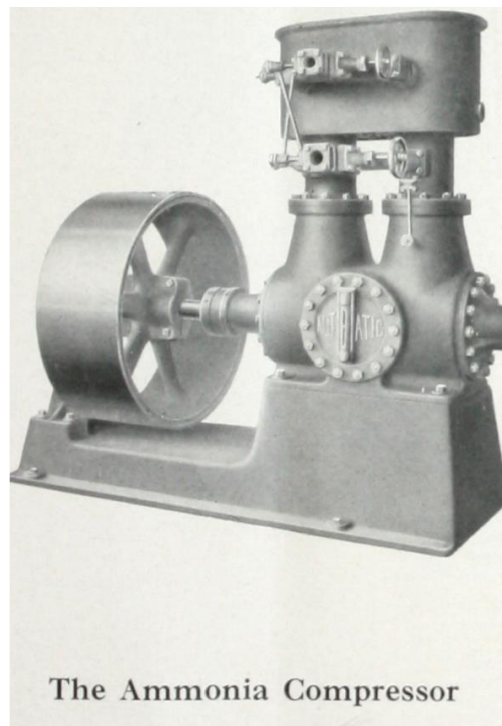


Fig. 12

Control del flujo de refrigerante (Figura 13), de la condensación (Figura 14)

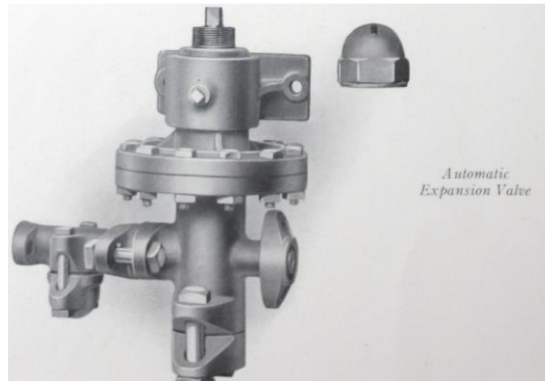


Fig. 13



Fig. 14

y sobre todo, arranque y paro del equipo en función de la temperatura (Figura 15) y en caso de alarma por presión de descarga excesiva (Figura 16).

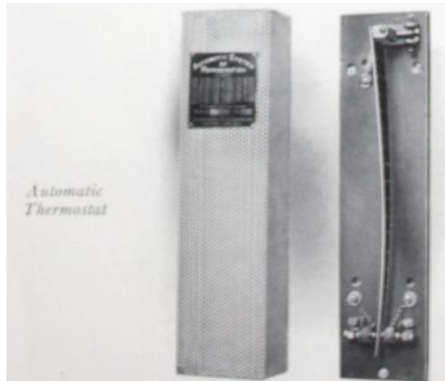


Fig. 15

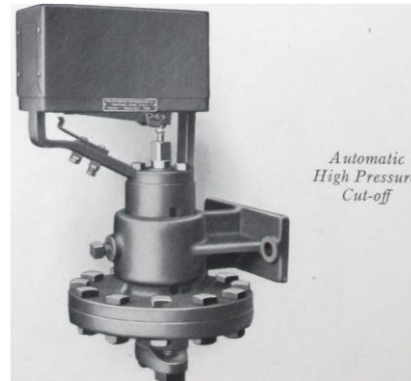


Fig. 16

El panel de control, protección y maniobra electro-automática del conjunto era un verdadero alarde de ingeniería eléctrica. (Figuras 17 y 18)

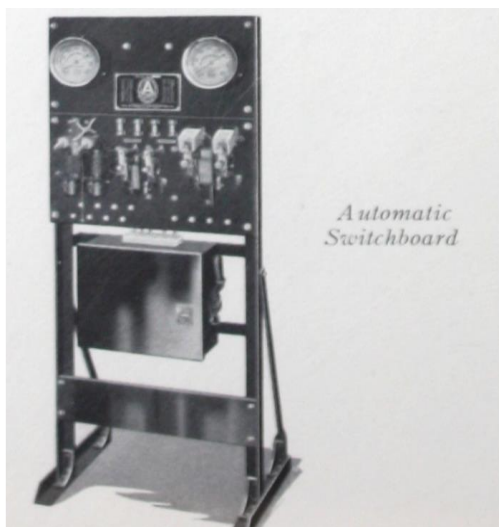


Fig. 17

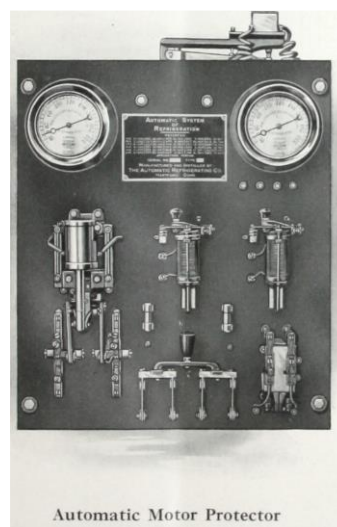


Fig. 18



UN PASO DECISIVO HACIA LA MODERNIDAD

En 1904 tuvo su origen la Asociación Americana de Ingenieros de Refrigeración, conocida como A. S. R. E. por sus siglas en inglés: American Society of Refrigerating Engineers, auspiciada por los principales interesados en el desarrollo de esta rama de la ingeniería: diseñadores y fabricantes de equipos y componentes, científicos, investigadores y usuarios. El principal promotor fue William H. Ross, asociado a la revista técnica “Cold Storage” sirviendo como secretario de la organización desde 1905 hasta 1927.

Su interés principal era la diseminación e intercambio de las ideas y desarrollos que se producían para facilitar los avances, conscientes a su manera de la importancia global de esta rama de la ingeniería industrial, que iba más allá de unas simples realizaciones, y que, aún precisando de protección intelectual y de incentivos para continuar avanzando, transcendía muy por encima del secretismo y la ocultación típica practicados en la industria en general para obtener ventaja sobre la competencia.

Por el contrario, desde el principio se desarrollaron debates donde se discutían abiertamente las teorías y cada ponente ponía al descubierto sus ideas, avances y pensamientos, dejando claro el interés en la “BUSQUEDA DE LA VERDAD” sin malicia ni prejuicio, como indica el artículo escrito por Bernard Nagengast y Gerald Groff, miembros de ASHRAE, publicado en el ASHRAE Journal, n.º de Marzo de 2007.

De esta forma se pavimentaba el camino hacia el desarrollo sin fin que ha llegado a nuestros días.

De alguna forma, intuían que esta rama tecnológica tendría una evolución continua y sin fin, aprovechando los avances de otras ramas industriales, como la Metalurgia, (procesos de soldadura, nuevos materiales), Química (nuevos refrigerantes, nuevos lubricantes), Eléctrica (motores, controles) así como los avances en las ciencias, como la Física, el Cálculo matemático, etc.

Así llegamos al año 1931, fecha en la que los 1046 miembros con los que contaba la A. S. R. E. aprobaron la publicación de su primer “HANDBOOK” o manual, que, recogiendo “el estado de las artes de la Refrigeración” en ese tiempo, sirviera de “GUIA” a los interesados, para lo cual crearon un comité, “The Data Book Committee”, bajo los auspicios del Presidente Alvin H. Baer. El proyecto se completó en 1932.

Este comité estaba integrado por 46 Miembros, entre los cuales cabe destacar los nombres de Clarence Birdseye, Willis H. Carrier y Crosby Field, tres de los hombres que han ayudado de forma notable al desarrollo de la Refrigeración y sus aplicaciones, por sus importantes y cruciales aportaciones.

En esta guía se dedicó el capítulo 9 a la REFRIGERACIÓN COMERCIAL, titulado “COMMERCIAL MACHINERY AND SYSTEMS”, siendo su autor L. C. Roberts, a la sazón Ingeniero jefe de la mencionada firma “Automatic Refrigerating Co.”, que nos servirá de punto de partida de nuestro recorrido en el tiempo para conocer la evolución de la REFRIGERACIÓN COMERCIAL a través de las distintas épocas llegando hasta la actualidad.



De este capítulo hemos querido extraer su primera parte, "Classification", que reproducimos a continuación, donde se define a qué se refiere el concepto "Maquina Comercial":

THE AMERICAN SOCIETY OF
REFRIGERATING ENGINEERS
**REFRIGERATING
DATA BOOK**

FIRST EDITION, 1932-1933

CHAPTER 9

COMMERCIAL MACHINERY AND SYSTEMS

By L. C. ROBERTS

Classification

1. The "commercial machine" following classification plan of pg. 105 is here regarded as a vertical single-acting enclosed ammonia compressor, mounted on a frame ("combined unit"), with a water cooled condenser and a motor, of a daily capacity of 1 to 8 tons, with two cylinders. In being adaptable to capacities smaller than one ton this class overlaps with the small commercial, and in using a type of compressor built in much larger sizes than above mentioned it overlaps with the industrial class. The relation of bore to stroke is generally unity, making an elementary table of sizes look like this: 3×3 , 3.5×3.5 ; 4×4 , etc. In such a line intermediate capacities are attained by using a different speed than the standard applying to the line. (Fig. 1.)

Recently these machines have borrowed some features from the small commercial in the way of higher speeds and lighter weights. There are a few compressors with four cylinders instead of the usual two, at speeds up to about 800 r.p.m.

The rational steps in design follow those outlined in Chap. 7 and 10 for smaller and larger machines respectively. Fig. 2, 3 are given for convenience of calculation. Practical elements in design and construction are discussed below.

LA EVOLUCIÓN DE LA “REFRIGERACIÓN COMERCIAL”

Las publicaciones de ASHRAE y su predecesora representan una fuente de valor incalculable para poder conocer y comprender la evolución de la Refrigeración en cualquiera de sus vertientes, pues son un fiel reflejo de las inquietudes y logros de sus miembros, que representan a todas las partes implicadas: Científicos, Técnicos de Diseño, Constructores y Fabricantes, Técnicos de Instalación y Mantenimiento, y Usuarios.

Un repaso de las mismas nos facilitará conocer no solo los resultados, si no también algunas de las motivaciones que llevaron a adoptar determinadas soluciones, lo que puede ser de utilidad al extrapolar la información al contexto actual.

A la vista de lo expuesto hasta este momento podemos reconocer dos etapas claramente definidas:

La primera que va desde finales del XIX hasta mediados de los años 30 del siglo XX es en la que tiene lugar el desarrollo de las primeras aplicaciones comerciales de la Refrigeración, al calor de los avances tecnológicos, con dos vertientes: Cubrir las incipientes y cada vez mas numerosas necesidades del comercio y acelerar el proceso de implantación de la Energía Eléctrica en la vida cotidiana.

La segunda consolida los cambios y llega hasta nuestros días.

En la primera edición del DATA BOOK se exponen los avances realizados hasta ese momento, describiendo los diversos tipos de componentes y sistemas utilizados en las distintas aplicaciones, Adicionalmente al texto técnico, dicho manual incluye una sección muy bien valorada a lo largo de muchos años, que aportaba una ayuda al sustento económico de la Asociación por los derechos de publicidad, a la vez que ofrecía valiosa información: El Catálogo, donde aparecían convenientemente indexados por Nombre y por Productos ofrecidos la mayoría de las empresas relacionadas con la Refrigeración. Para dar una idea de su importancia reseñamos que en esta primera edición alcanzó 105 páginas y recogía la información de 69 empresas que ofrecían todo tipo de Componentes y Sistemas, Accesorios, Controles, Aislamiento, etc.,

En dicha guía se tratan las 3 ramas: Doméstica, Comercial e Industrial. Los equipos para aplicaciones comerciales pequeñas se trataban en el capítulo 8, que en su primera parte se ocupaba de analizar los Evaporadores y Controles y en la segunda los Pequeños Compresores y su rendimiento, así como distintas soluciones emergentes, para aplicaciones comerciales de pequeño tamaño, como Vitrinas y Armarios algo mayores que los de aplicación doméstica, llegando a solaparse en los extremos superior - inferior.

A continuación, la Fig.19 reproduce la página 117 perteneciente al capítulo mencionado en la cual, se muestra la circulación del refrigerante en los evaporadores inundados, que era el sistema más común utilizado en esa época, en todos los tamaños y con todos los refrigerantes y se describen gráficamente los diversos tipos de evaporadores utilizados en estas aplicaciones comerciales de pequeño tamaño.

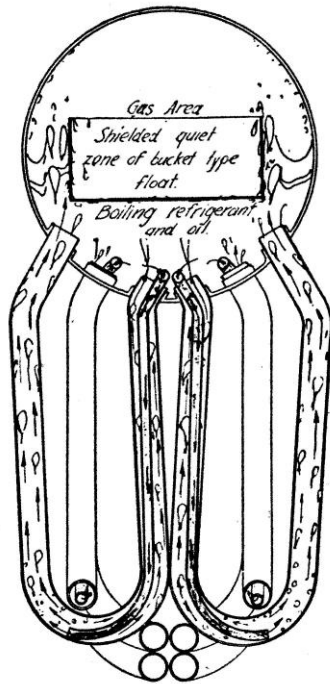


Fig. 1. Commercial Evaporator in Section,
with Down Draft Tubes

a small feed tube is used to take the refrigerant to the lowest points of the coil, as is shown in Fig. 1. The refrigerant vapor formed at the lowest point carries the oil up to the header where it is thrown into the bucket where it enters the suction line to the compressor. A balanced type float is sometimes used with low specific gravity refrigerants.

Expansion Type

3. Domestic units—dry expansion, are of the same design as the flooded but with the header removed and one continuous pipe being used, controlled by pressure or thermostatic expansion valves. Commercial units of the flooded type consist of a header with tubing attached so that circulation of refrigerant is caused by its evaporation. The dry expansion coils when provided with extended heat transfer area on the air side generally carry fins soldered to them individually or coherently, in spiral or rectangular shape, unless cast integrally with the container of the freezing trays.

Commercial units with dry expansion consist of bent tubing with or without fins attached, either silver soldered flat to the tube, as is predominant with commercial flooded systems, or forced on crosswise of it, Fig. 2. Many special tubes with fins

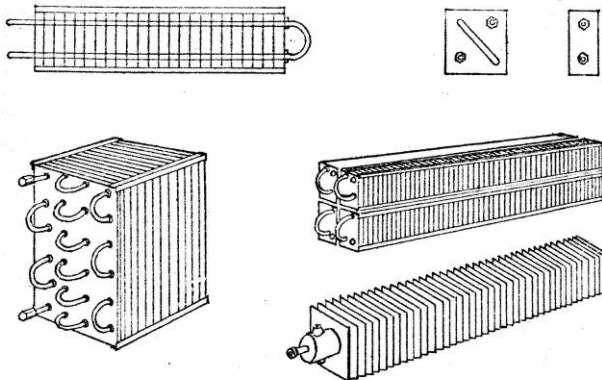


Fig. 2. Typical Small Commercial
Low Sides

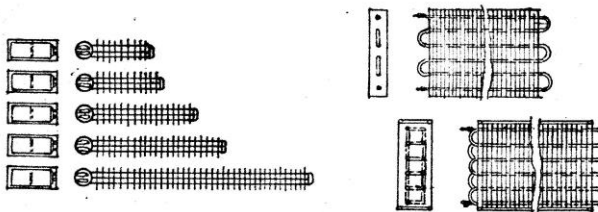


Figura 19

El capítulo 9 es el encargado de describir los equipos y sistemas para aplicaciones de tamaño medio y grande, como las encontradas en Bares, Restaurantes, Comercios de Alimentación especializados, Almacenes Frigoríficos Centrales de Mercados de Alimentos, y similares.

La Figura 20 muestra una ilustración procedente del capítulo 9, mostrando un compresor típico utilizado en aplicaciones comerciales.

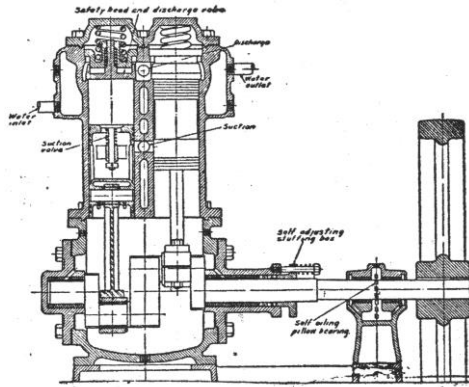


Fig. 1. Typical Commercial Ammonia Compressor Section

Fig. 20

En este mismo texto, estos compresores eran objeto de un análisis detallado de rendimiento reflejado en la Figura 21

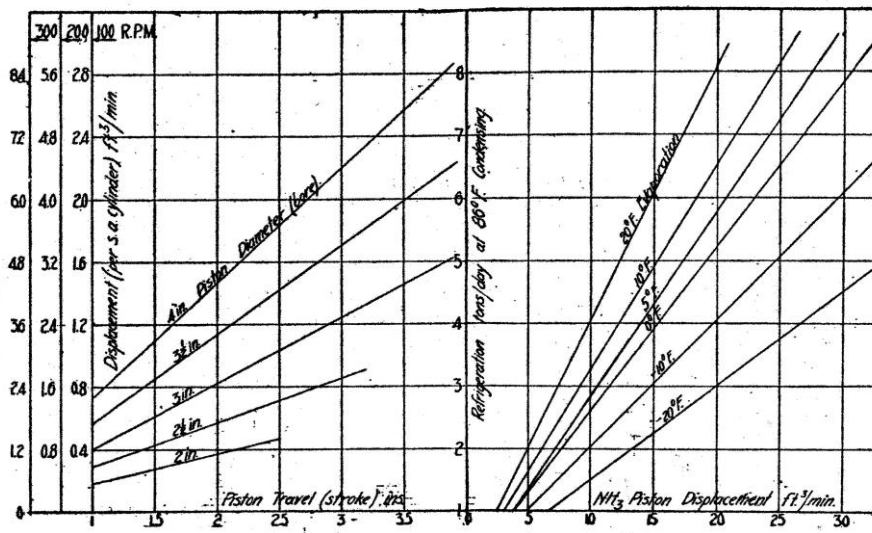


Fig. 2. Piston Bore-Stroke-Displacement, Commercial Load

Fig. 3. Displacement-Capacity, Ammonia Compression (100% vol. eff.)

Fig.21

La figura 22 ilustra una típica Cámara Frigorífica para carnicería, con el recinto de paneles de madera aislados con placas de corcho "Steam Baked" (Cocido al Vapor para conseguir la máxima coherencia entre los gránulos de corcho y su impermeabilización mediante su propia savia) que utiliza uno de estos compresores.

En esta ilustración se puede apreciar el evaporador y los ganchos para la colocación de las piezas de carne

El equipo muestra sus accesorios: Separador de aceite, Condensador, Recipiente de líquido, válvulas, y cuadro de manómetros de Alta y Baja.

Se puede observar la técnica de conexiones utilizando bridas roscadas al tubo ya que la técnica de soldadura no era práctica habitual para los

montajes de tuberías “in situ”, siendo una práctica utilizada incipientemente en procesos fabriles y de reparación mecánica.

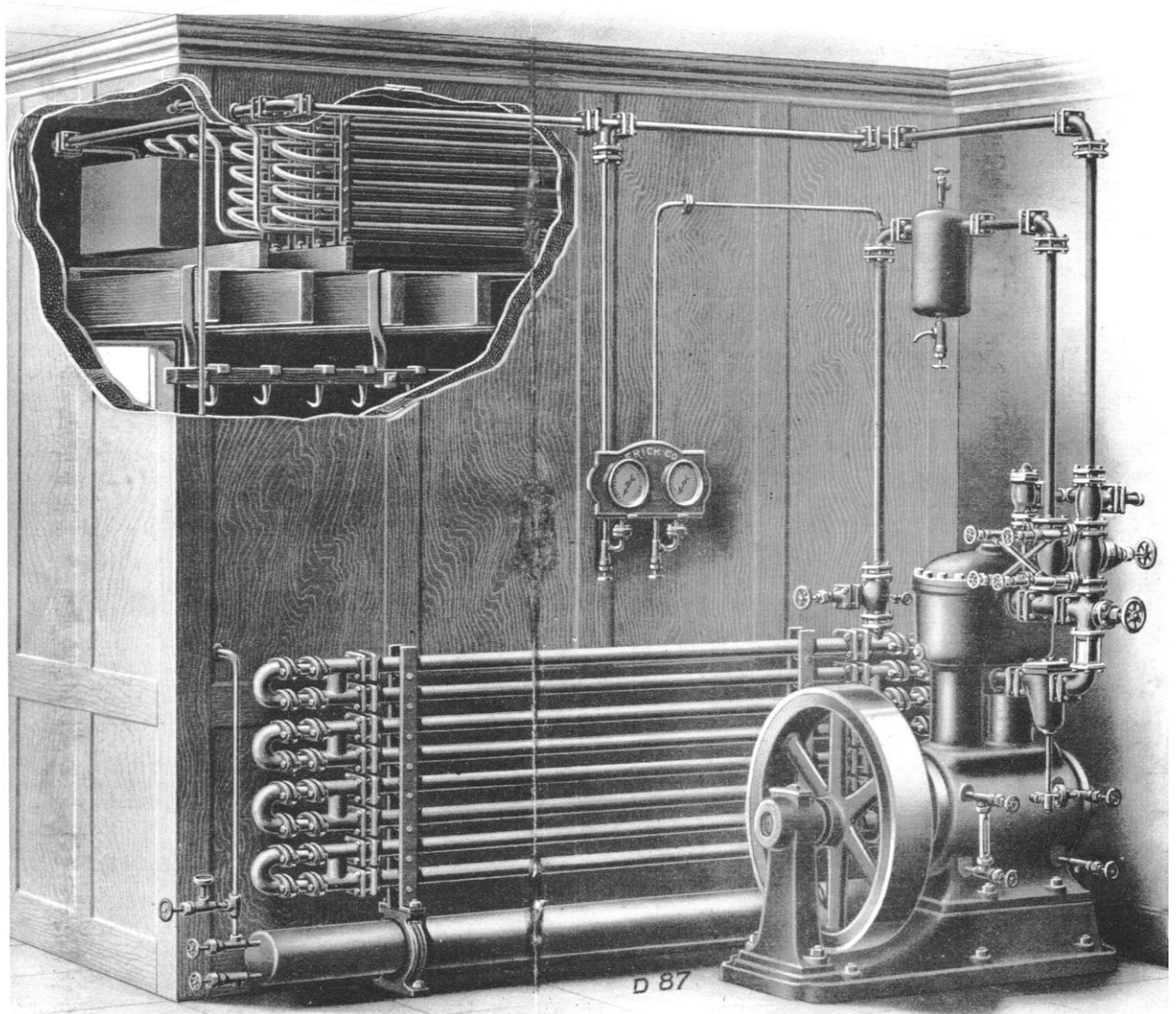


Fig. 22

También se describían los sistemas utilizados en diferentes aplicaciones, reflejando las tendencias y avances consolidados en la práctica, como el caso mostrado en la Figura 23, que describe gráficamente los servicios refrigerados de una cafetería de la época: Frigorífico para ensaladas, barra mostrador con fuente de soda refrigerada, (enfriadores continuos de cerveza, soda y agua), frigorífico para pastelería, sandwiches, etc. y mostrador botellero trasero.

Todos estos servicios estaban atendidos por un equipo de compresión compacto común, que incluía el condensador refrigerado por agua y el recipiente en el mismo cuerpo junto al compresor, accionado por un electromotor.

El funcionamiento era enteramente automático, estando dotado cada evaporador de su propia válvula de expansión automática. Las válvulas

eran de presión constante, reguladas para alimentar adecuadamente a los diversos servicios que disponían de varias secciones de evaporadores en serie, para evitar el retorno de líquido sin evaporar al compresor. Este continuaba marchando hasta que el servicio a más baja temperatura (que incorporaba el termostato) estaba satisfecho alcanzando el valor deseado

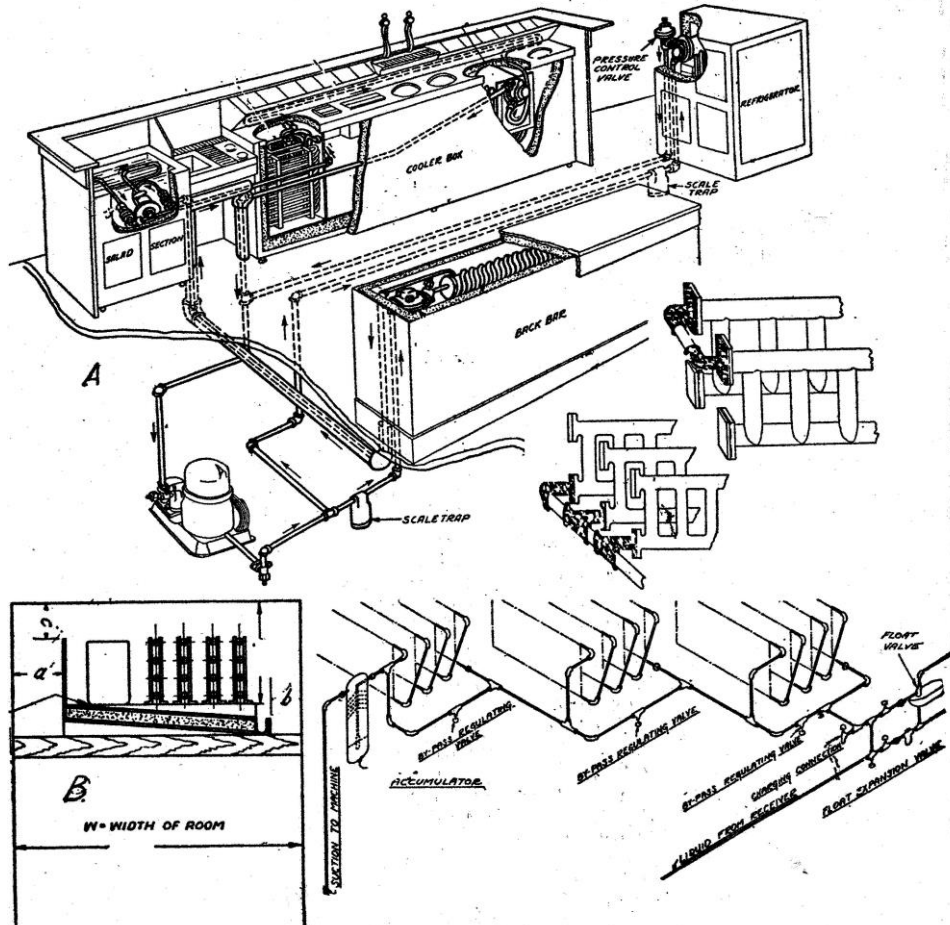


Fig. 9. Details, Commercial Cold Rooms and Low Sides—from Trade Literature

A. Flooded system for soda fountain. B. Bunker dimensions (a) at least 2 in. per ft. width, (b) at least 1.5 in. per ft. width, (c) at least 2 in. per ft. width. Right: Direct expansion, multiple rooms, float controlled. Center: Cast refrigerating sections

Fig. 23

Igualmente, en este capítulo 9 del A. S. R. E. Refrigerating Data Book se incluye una tabla, con las temperaturas recomendadas para aplicaciones comerciales, así como los puntos en los que se ha de medir según el tipo de recinto o mueble frigorífico. En la misma página se discute la aplicación de evaporadores con Circulación Forzada del Aire, que comienzan a popularizarse, sobre todo en aplicaciones a baja temperatura, conservación de pieles, leche, y hasta cierto punto, manzanas y verduras, pero no para carne. Se incluye descripción gráfica de dos tipos de evaporadores y se describe un sistema para manzanas. Así mismo, se informa sobre los trabajos de investigación realizados por un fabricante sobre dicho tipo de evaporadores, pero no se aportan datos, pues no están disponibles en su totalidad (Fig. 24 y 25).

Table 5
Recommended Temperatures, R.M.A., Commercial Uses

Use	Location of Thermometer	Temp., °F.
Small market cooling room	Center of rear wall	38 to 45
Large storage cooling room	Center of rear wall	36 to 42
Grocer's refrigerator	Small lower compartment	42 to 48
Restaurant service refrigerator	Small lower compartment	42 to 48
Restaurant storage cooling room	Center of rear wall	38 to 45
Florist's refrigerator		48 to 54
Top display case	Center of bottom	42 to 48
Floor display counter	Center of bottom	42 to 48
Floor display counter, heavy construction	Center of bottom	36 to 40
	Center of top shelf	44 to 48

pipe is mounted overhead it is recommended to keep about 80 ft. of 2 in. pipe per section on account of the weight in handling. Where coils are placed on the walls or in tanks, as much as 300 to 400 ft. is sometimes found in one piece.

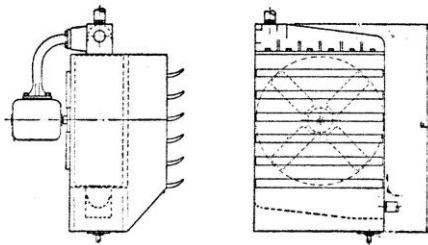


Fig. 11. Typical Unit Fan Cooler

With $1\frac{1}{4}$ in. coils placed in overhead bunkers, trombone coils are used frequently, where height allows about 6 to 8 pipes high; assuming length of 10 ft. gives total length of 120 to 160 ft., per coil. The various coils are connected in series with the usual flanges on the ends.

Cast iron radiator sections are used successfully in cases of somewhat limited space. These sections being approximately 3 ft. long, have a great number of joints, possibility of leakage being increased; erection is somewhat more costly.

Finned tubes are extensively used, especially in small refrigerator boxes, giving greater amount of surface in a given space than plain pipe coils. Finned surface coils have special advantage in refrigerators where meats are stored (See Fig. 2, Chap. 8), dehydration being less on account of the reduced temperature difference of their surface, but care must be taken so that the frost does not close up the space between the fins.

Unit Cooling Elements

11. Low sides of large area and standard dimensions have been coming into use rapidly being applicable to both the direct and the indirect system and being offered in various forms.

Another class of low sides is seen in the unit cooler, as in Fig. 11, used for compactness. It is adapted to brine or refrigerant, using high speeds of air (up to 1200 ft./min.) to increase the heat transfer. Another low side plan, adapted from the air conditioning field, is the conditioning blower as Fig. 12. These are in two classes, those using dry surface and those using a liquid spray over the coils. The claims of both for small cold storage rooms have been well borne out. Compact, finned steel or aluminum pipe in units like Fig. 12, forms the cooling element, blowers being located at the top. If ordinary defrosting is inconvenient, two such sections may be used alternately. The brine spray method is used where frost must be eliminated, and

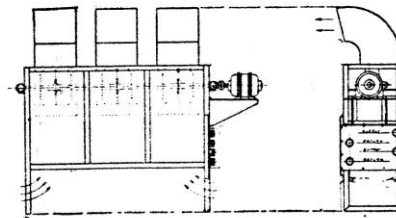


Fig. 12. Vertical Fan Cooler

especially where humidity needs positive control. The dry surface type is however satisfactory in many cases for temperatures as low as 0°F. although condensation and frosting cannot be avoided. This type, like the fan unit cooler, has been used extensively in such cases as fur storage, milk

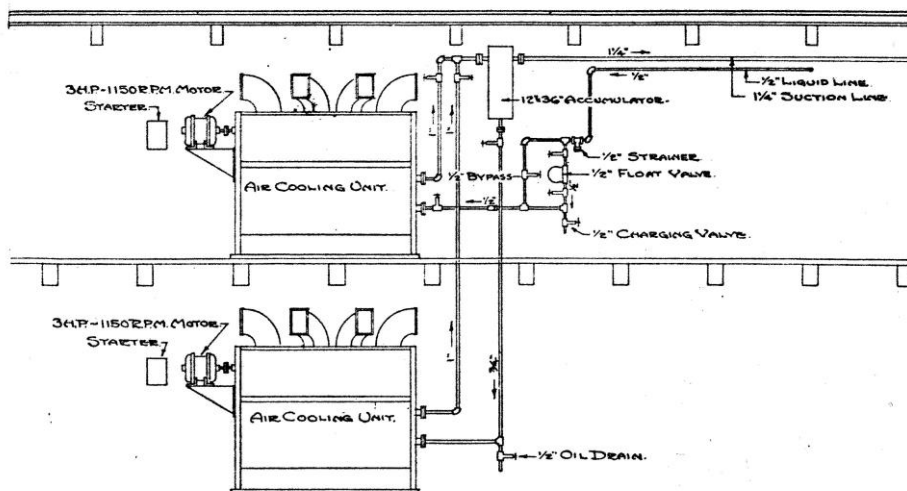


Fig. 13. Typical Apple Storage Installation

storage and to a degree for apples and vegetables, but not for meat.

One manufacturer has worked out the heat characteristics of these devices exhaustively, but no complete data are available which were applicable to all types, inasmuch as the nature of the surface, its shape and arrangement, effects the transmittance to be expected. The transfer rate increases greatly over that applying to natural circulation over coils, but not in all cases in the ratio that might be expected. Practically speaking the rate is about doubled, according to present evidence. In the case of the fan unit having a brine spray over direct expansion coils, where air is forced through the coils and the spray, the heat transfer is increased enormously over that known in any type of conventional air cooling system. Brine spray units have application in meat chill rooms where there is excessive moisture given up by the product, which is given to the air and thence to the brine. Other applications are many.

The claims of any of these devices for compactness are good and may be checked by reference to the trade literature.

Fig. 13 shows a fruit storage installation using an 8-ton unit with two 4-ton blowers, one in each of two floors. The capacity of this apple storage is approximately 20,000 bushel boxes. A high pressure float is used, feeding through the pipe coils in the upper blower. The outlet of these coils is connected to the top of the accumulator. The downstairs blower coils receive their feed by gravity from the bottom of the ac-

cumulator and the return line from the top of the blower coils rises to the top of the accumulator. The suction line is taken from the top of the accumulator to the compressor. This system is automatically controlled, each blower being operated by a thermostat in its corresponding room; starting of either blower also starts the compressor.

Water System

12. Cooling towers are used on large commercial installations where water costs are high. With the average hours per year of operation and normal city rates this rarely pays, but if the water rate is 50% or more above normal the cooling tower may be more economical.

When a cooling tower is used, about 5 to 6 gal./ton capacity should be circulated, with rise in water temperature through the condenser of 5°F. Small cooling towers will usually cool the water to within 5° to 10° of the wet bulb temperature. During extreme weather wet bulb temperatures as high as 78°, with very still air, are encountered (see Chap. 2). This will result in a water temperature leaving the tower at 83° to 88°, under which conditions the water will leave the condenser at 88° to 93°. Under such conditions a condensing pressure of 180 to 200 lb./in.² may be expected. Unless liberal condensing surface is provided the condensing pressures may rise even higher and this again is one of the arguments for ample condensing surface and for pumping large amounts of water. The pumping head on these outfits

Figura 25

A continuación, se muestra un exponente de la producción de equipos para Refrigeración Comercial, extraídos de dicha sección de Catálogo: Vitrinas Refrigeradas, Compresores, Evaporadores, Controles, etc.

En el capítulo de evaporadores veremos que aparecen las primeras ofertas de tubo aleteado, indicando su diseño patentado (Figura 26)

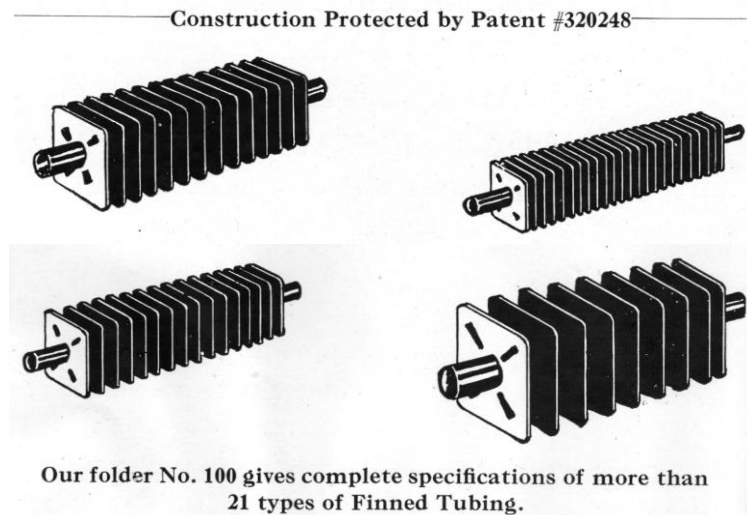


Fig.26

Se puede comprobar la tímida aparición de los primeros evaporadores con circulación forzada del aire, (Figura 27) Este incluye un ingenioso dispositivo para iniciar el desescarche en función de la reducción del caudal de aire, que desactiva la alimentación de líquido permitiendo el desescarche mediante la circulación del aire, hasta que el flujo de aire recupera el caudal original. Por supuesto solo era apto para temperaturas por encima de 0 ° C

Grinnell Unit Cooler
For Direct Expansion Ammonia
With Liquid Level Control and Automatic Defroster

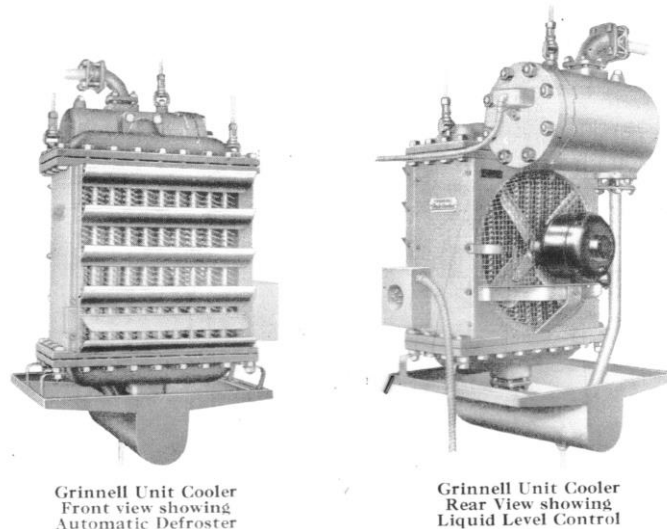


Fig. 27

Algunos fabricantes comienzan a utilizar el concepto de “Conjunto” al ofrecer combinaciones de compresores y evaporadores con capacidades equilibradas, respondiendo a la demanda de las diferentes aplicaciones. La Figura 28 muestra dos ejemplos

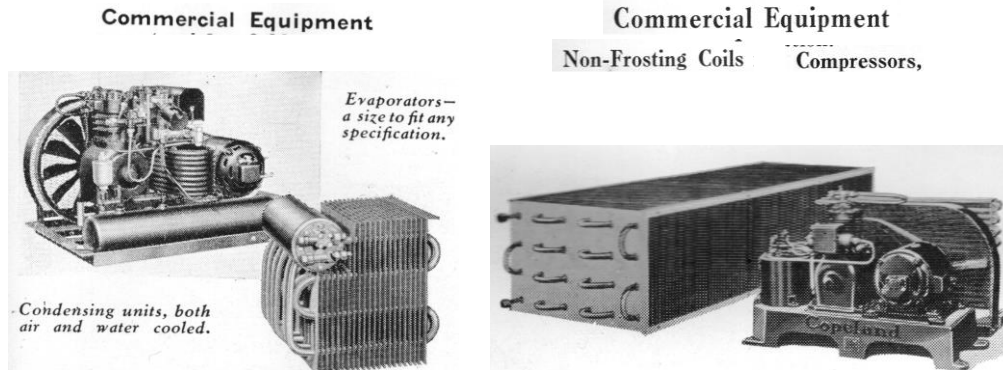


Fig. 28

La Figura 29 ilustra diferentes tipos de Vitrinas Frigoríficas y un conservador de helados



Fig. 29

Los compresores utilizaban en la mayoría de los casos condensadores refrigerados por agua, sobre todo en los de mayor tamaño (Figura 30).



Fig. 30



En la información facilitada se puede comprobar que los grupos con el condensador refrigerado por aire (Figura 31) ofrecen menor capacidad para el mismo modelo. En este caso se reduce de 1160 lbs (0,58 Ton, 2 Kw) a 1030 lbs (0,515 Ton, 1,81 kW) es decir, el grupo enfriado por aire pierde un 11,2 % de capacidad.



Fig. 31

Igualmente veremos que ya aparecen dos equipos con compresor Hermético, que a partir de ese momento, irán siendo una solución más frecuente, aunque tardarán bastante en desplazar al compresor Abierto (Figuras 32 y 33)

Servel Sales, Inc.

Hermetic Simplified Refrigeration

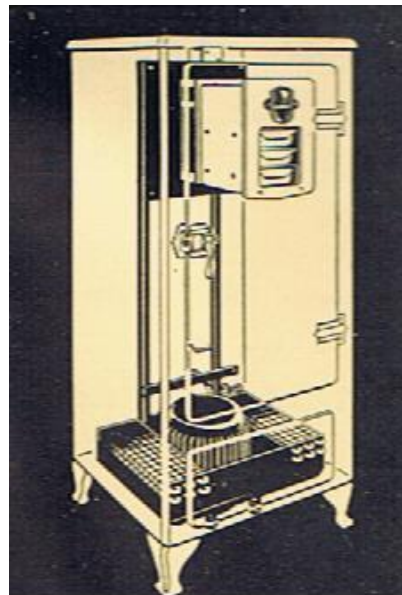
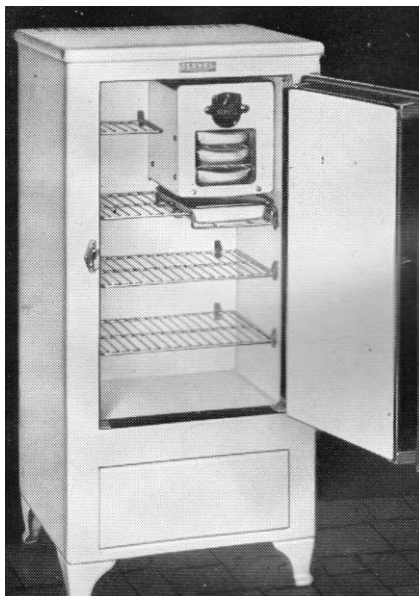


Fig. 32



Shaping Tomorrow's
Built Environment Today

General Electric Company

Electric Refrigeration Department

THE MONITOR TOP

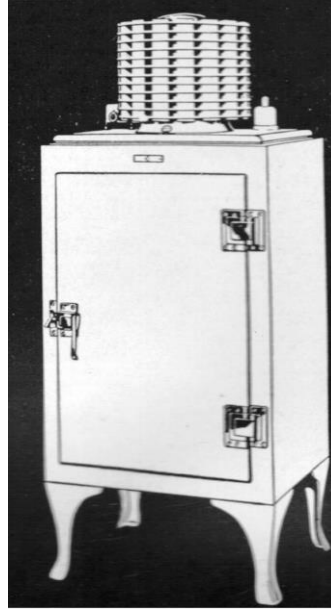


Fig. 33

La figura 34 muestra diversos dispositivos de control automático: Válvula de expansión termostática, válvula eléctrica para líquido, presostato y termostato. Estos con contacto de mercurio en atmosfera inerte.

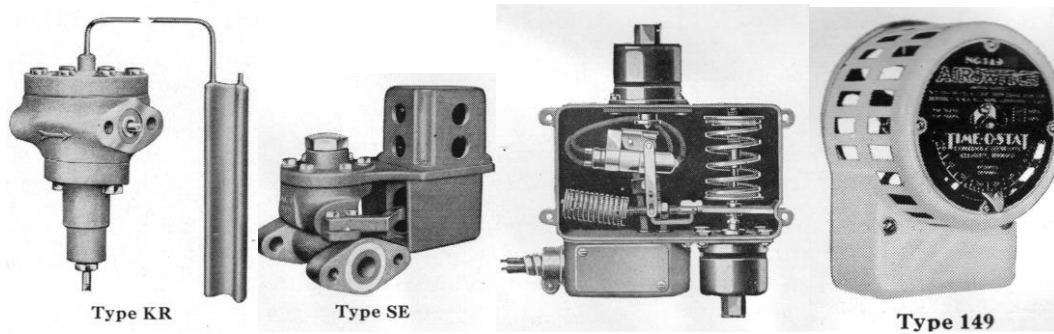


Fig. 34

¿ Y QUÉ HAY DE LA ENSEÑANZA DE LA REFRIGERACIÓN EN ESTA ÉPOCA INICIAL?

Es digno de mencionarse que el interés en esta nueva rama industrial se reflejó a todos los niveles, alcanzando a la Enseñanza.

Se abrieron numerosos Institutos de Enseñanza, que incluían todas las modalidades: Por Correspondencia, Presenciales y Mixtos, con una etapa inicial por Correspondencia y una vez adquiridos los conocimientos básicos se pasaba a otra con prácticas a diferentes niveles, en los talleres y laboratorios de la Institución, tras lo cual, se emitía el correspondiente Diploma.

Incluimos a continuación tres ilustraciones referidas a las Instalaciones de Refrigeración Comercial tal y como se enseñaba en el curso del "UTILITIES ENGINEERING INSTITUTE, de Chicago.

En ellas se puede observar como ilustraban al estudiante sobre lo indicado en la lección, de una forma lo más realista posible.

La primera (Fig.35) muestra una cámara para comercio de Carne con un evaporador de Circulación Forzada del aire. En la segunda (Fig.36) se incluyen recomendaciones sobre la forma correcta de situar el evaporador, para un mejor reparto del aire minimizando la infiltración.

UTILITIES ENGINEERING INSTITUTE
Chicago, Ill.
Training in
MECHANICAL REFRIGERATION

LESSON TWENTY-ONE
INSTALLATION LAYOUT

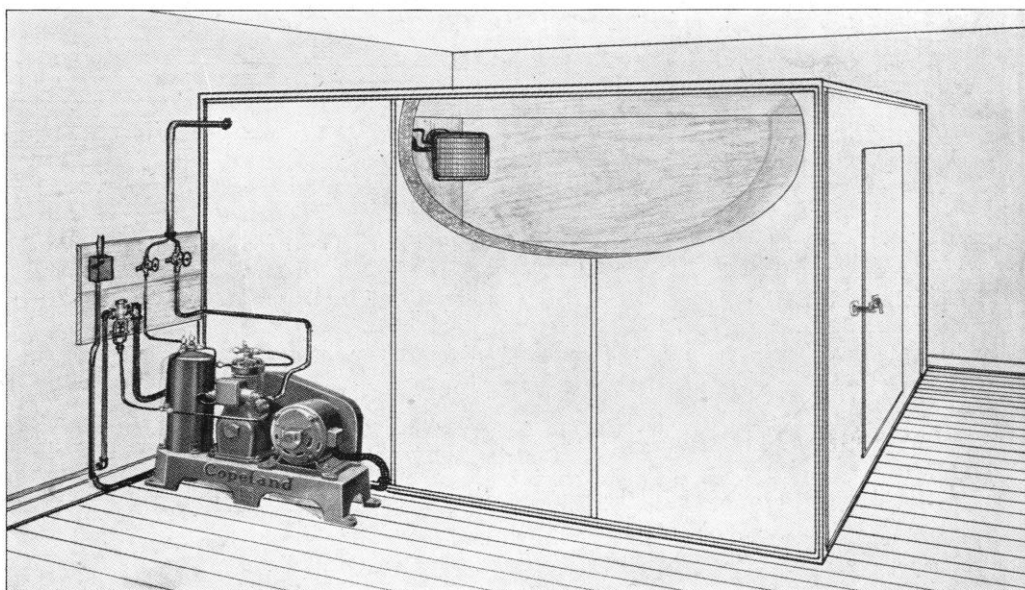


Fig. 1. A Representative Installation Adjacent to A Large Walk-in Cooler Such as used in Meat Markets.

Figura 35

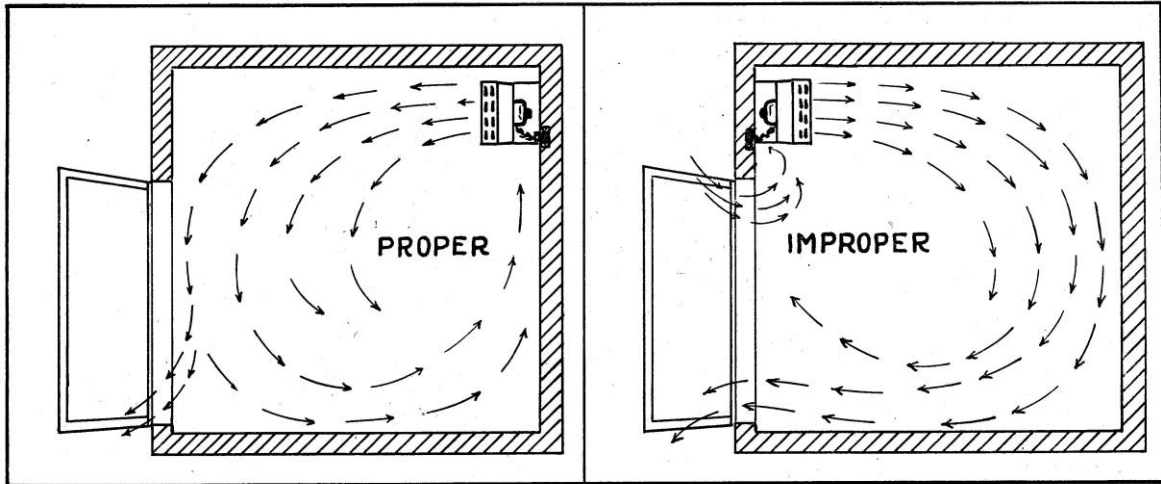


Fig. 2. Diagram of Air Circulation in Refrigerator When Door is Open. Proper and Improper Installation of Forced Draft Coolers. Courtesy of Fedders Mfg. Co.

Figura 36

La tercera ilustración (Fig. 37) muestra la solución propuesta para una instalación típica de un restaurante, similar a la que ilustraba el capítulo antes mencionado de la primera edición del ASRE Data Book, pero utilizando R-12, SO₂ o Cloruro de Metilo, y empleando válvulas automáticas reguladoras de la temperatura en la línea de aspiración de cada servicio de Alta o Media Temperatura. La línea de succión del servicio a Baja Temperatura incorpora una válvula de retención para evitar el retorno y posterior recondensación de los vapores mas calientes procedentes de los otros servicios durante las paradas del equipo. Obsérvese que los evaporadores se alimentan en inundado con flotador de baja

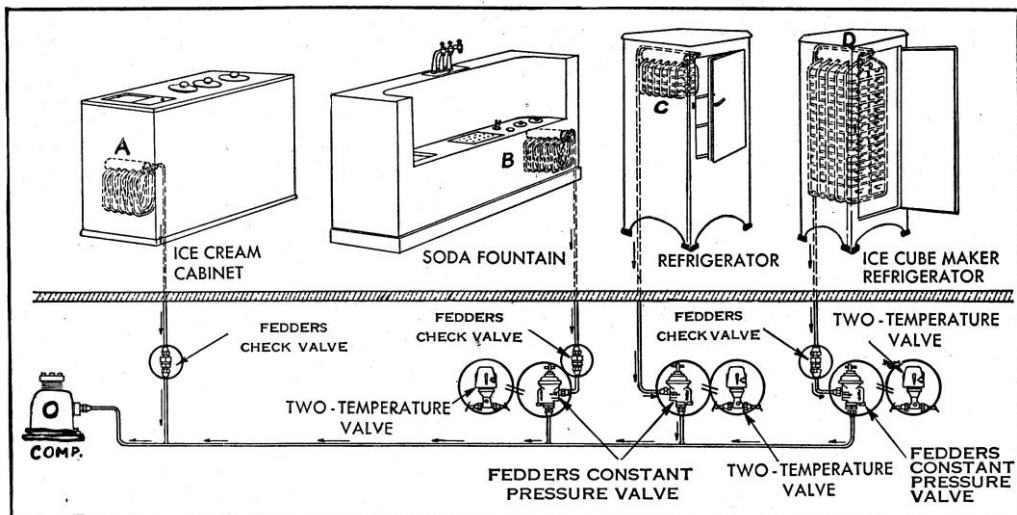


Fig. 2. A Combination Multiple Unit System Showing Four Different Types of Service Being Handled by One Compressor. The Suction Line is Shown With the Necessary Valves to Maintain Different Temperatures in each Unit. Courtesy of Fedders Manufacturing Company. Reprint from "Fedders News".

Figura 37

Estas ilustraciones pertenecen a la re-impresión fechada en 1944 de la edición original de 1938 del curso de REFRIGERACIÓN indicado

EVOLUCIÓN DE LA REFRIGERACIÓN COMERCIAL A PARTIR DE 1940

En la primera parte hemos conocido algunas de las realizaciones llevadas a cabo por los pioneros en el tema de nuestro interés, a través de catálogos de la época y artículos que han llegado hasta nuestros días, así como información recopilada en la primera publicación de A. S. R. E., marcando un “Antes” y un “Después”.

A partir de ese momento, tuvo lugar un vertiginoso desarrollo técnico e industrial, propiciado por el tremendo esfuerzo bélico que exigió la II Guerra Mundial, ante la necesidad de apoyarse en la Refrigeración para poder culminar avances que ayudaron a conseguir la Victoria a los aliados.

Un poco antes, justo después de aparecer dicha publicación, tuvo lugar un suceso histórico que marcaría el futuro de la Refrigeración, sobre todo de las aplicaciones Domésticas y Comerciales: La aparición de los refrigerantes Halógenos, conocidos como “FREON”, que posibilitaron el desarrollo e implantación de numerosísimas soluciones hasta entonces solo realizables en la mente de los ingenieros, pero muy difíciles de implementar en la práctica a causa de múltiples dificultades, que se resolvieron como por “milagro” ante la aparición de estos refrigerantes.

Desde ese instante comenzó una carrera imparable por estos dos mercados que se vislumbraban como de un gran volumen, dando lugar a una verdadera avalancha de nuevos productos.

En los primeros años siguientes tuvo lugar lo que podemos definir como etapa de creación y asimilación de los nuevos hallazgos, cuyos frutos se vieron reflejados en la quinta edición del REFRIGERATING DATA BOOK, publicado por A. S. R. E. en 1943 y reimpresso en 1944 y 1946.

Este volumen dedica su Parte IV los sistemas Domésticos y Comerciales, de la cual, el capítulo 27 trata específicamente de los “Compresores Comerciales y Motores” y sus accesorios, reflejando datos resultantes de la nueva información obtenida en los ensayos llevado a cabo por los fabricantes incluyendo comparaciones con los nuevos refrigerantes, como muestra la Figura 38, en la que se detallan datos específicos par la determinación de la potencia absorbida, según fórmulas incluidas en el texto, por primera vez y otros datos cruciales, como la diferencia de Eficiencia Volumétrica y de Compresión entre el R-12 y el R-40

Table 2. Value of Specific Heat Ratio ($c_p/c_v = n$) for Some Refrigerant Gases

Air	1.40
Ammonia	1.31
Carbon dioxide	1.3
Ethyl chloride	1.19
Freon-12	1.13
Methyl chloride	1.20
N-Butane	1.11
Propane	1.13
Sulfur dioxide	1.29

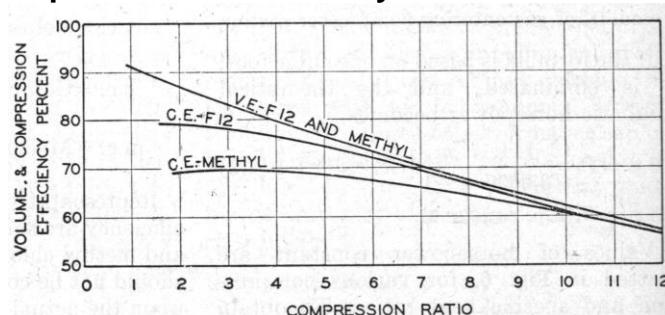


Fig. 7. Volumetric (V.E.) and Compression (C.E.) Efficiencies of Compressors

Fig. 38

Igualmente refleja las mejoras incorporadas en los compresores en busca de una mejor adaptación a las diferentes aplicaciones, como el control de capacidad por actuación sobre los cilindros, que es descrito por primera vez con todo detalle en sus dos formas: Mediante bypass de cilindros (Figura 39)

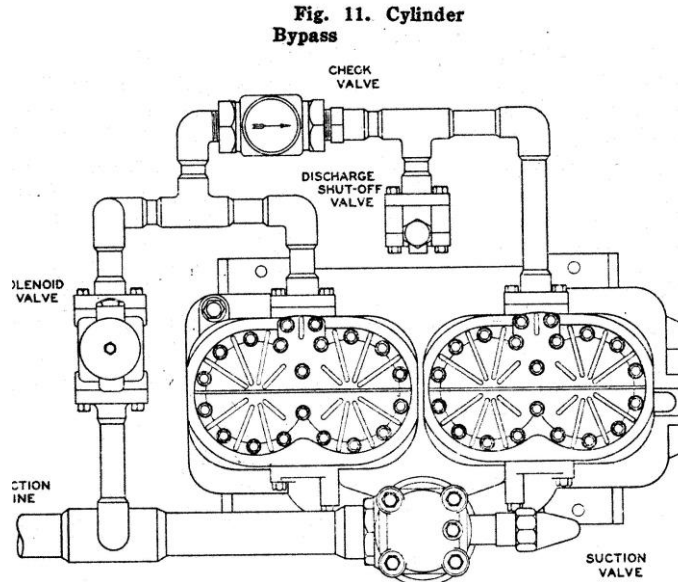


Fig. 39

o manteniendo abierta la válvula de succión de cilindros descargado (Figura 40)

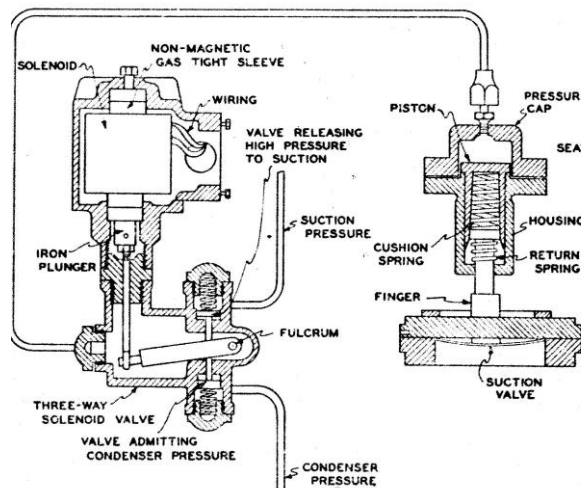


Fig. 12. Use of Solenoid Valve without Bypass Piping

Fig. 40

Otro método recomendado, por su mayor eficiencia energética a carga reducida es el de regular la velocidad. Utilizando un motor eléctrico de 2 velocidades o utilizando un motor de explosión y variación continua modulada de la velocidad.

Se indica que los métodos de control por actuación sobre los cilindros presentan un consumo a carga parcial que varía entre el 65 y el 90 y el de

variación de velocidad entre 55 y el 60 % dependiendo de las condiciones de operación y refiriéndose al consumo a plena carga.

También, fruto de la información obtenida en esos años, durante el desarrollo de sistemas operativos a muy baja temperatura, se da información muy valiosa para el diseñador sobre los efectos del aceite puesto en circulación por los compresores sobre la eficiencia, como reflejan las tablas y el gráfico de la Figura 41

Table 5. Capacity as Affected by Oil

Percentage of oil in Freon-12 by weight	Percentage reduction of capacity in evaporator due to oil mixture
0	0
1	$\frac{1}{2}$
2	$1\frac{1}{2}$
3	$2\frac{1}{2}$
4	3
5	4
6	$4\frac{3}{4}$
7	$5\frac{1}{2}$
8	$6\frac{1}{2}$
9	7
10	8
15	13
20	$18\frac{1}{2}$
30	$32\frac{1}{2}$
40	48
50	63

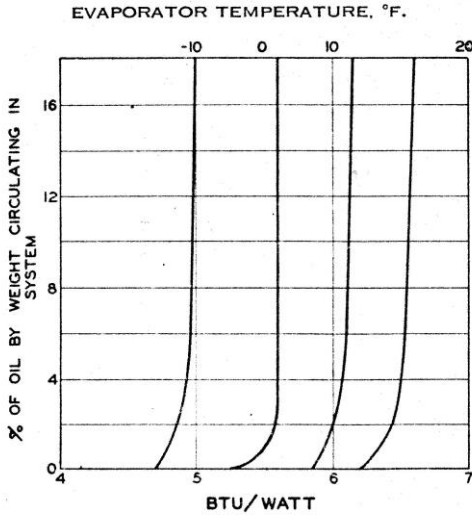


Fig. 14. Effect of Oil Circulation on Compressor Efficiency

Table 6. Increase in Boiling Point Due to Oil in Freon-12, °F.

Boiling point of pure Freon-12, °F.	Part of oil in circulation by weight, %				
	10	20	30	40	50
0	1.50	3.50	5.50	8.0	11.50
5	1.36	3.3	5.3	7.8	11.2
10	1.2	3.12	5.15	7.6	10.87
15	1.05	3.0	5.0	7.36	10.53
20	.9	2.8	4.7	7.15	10.25
25	.75	2.6	4.65	6.9	9.9
30	.6	2.46	4.5	6.7	9.6
40	.3	2.12	4.15	6.25	9.0

Fig. 41

El capítulo 28 se ocupa de los evaporadores o "Low Sides" para aplicaciones Comerciales, reflejando los avances en diseño y construcción de los intercambiadores con superficie aleteada, y la entrada en escena de la "Circulación Forzada" del aire, (Figura 42)

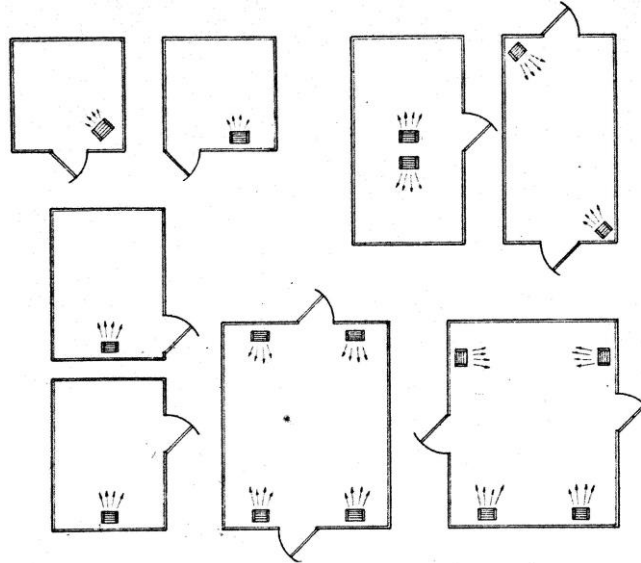


Fig. 10. Suggestions for Location of Unit Coolers in Walk-in Refrigerators

Fig. 42

en contraposición con los evaporadores con "Circulación del Aire por Gravedad" utilizados casi exclusivamente hasta ese momento (Figura 43).

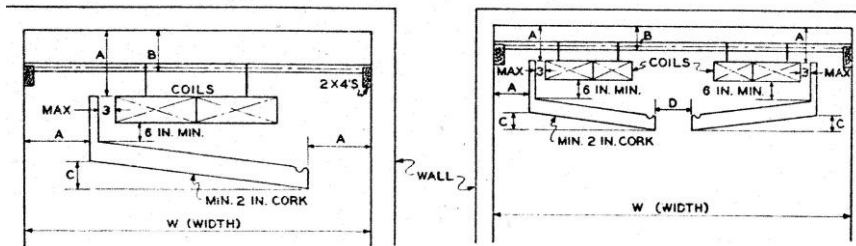


Fig. 4. Coil Arrangement for Single L Bunker (left); Coil Arrangement for Double L Bunker (right)

Fig. 43

La Figura 44 representa datos de rendimiento de estos evaporadores

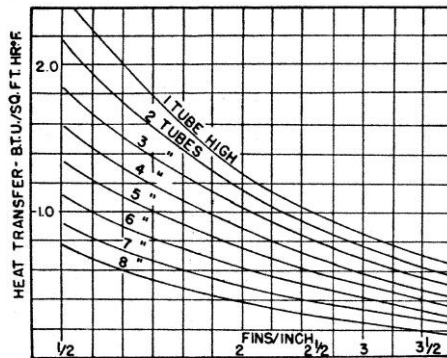


Fig. 9. Performance of Finned Coils under Natural Circulation (fins 24 in. wide \times 2 1/2 in./tube high)

Fig. 44

Estos no solamente eran utilizados en las cámaras y muebles frigoríficos de tamaño medio, típicos de estas aplicaciones, (Figura 45)

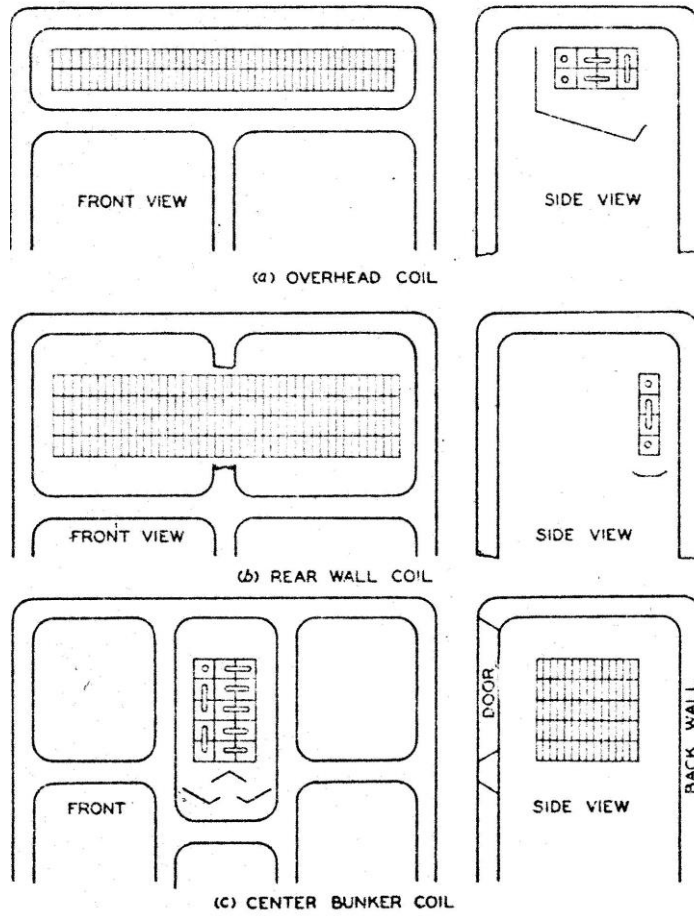


Fig. 7. Grocery or Reach-in Refrigerators

Fig. 45

También eran el equipamiento utilizado mayoritariamente en vitrinas y expositores refrigerados (Figura 46)

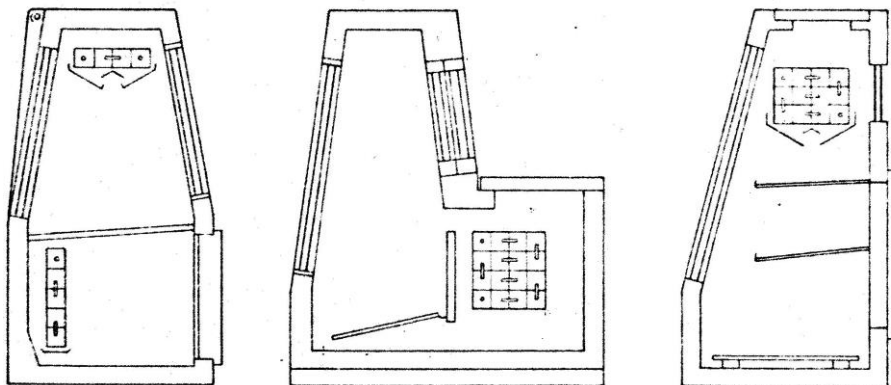


Fig. 8. Coil Arrangement for Display Cases

Fig. 46

El capítulo 29 titulado “COMMERCIAL REFRIGERATORS” está dedicado por entero a describir las nuevas soluciones en el diseño y construcción de Vitrinas como el uso de triple vidrio al vacío y el incipiente cambio de tendencia en la utilización de evaporadores con Circulación Forzada del Aire en vitrinas, como se puede ver en la Figura 47

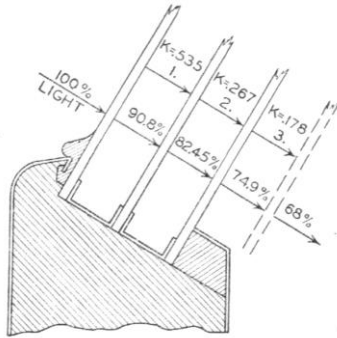


Fig. 1

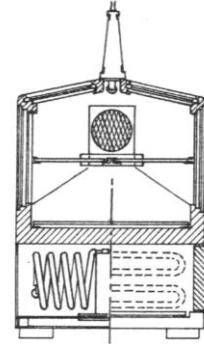
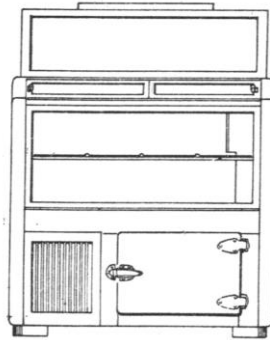


Fig. 2. Two Views of Improved Dairy Display Case

Fig. 47

También en un tímido intento de armonizar conceptos y denominaciones, precursor de la futura tarea de Estandarizar, procedía a definir los distintos tipos de Frigoríficos Comerciales utilizados en todo tipo de Comercio relacionado con la Alimentación, Bares y Restaurantes, Tiendas especializadas, inclusive Floristerías, según ilustra la Figura 48

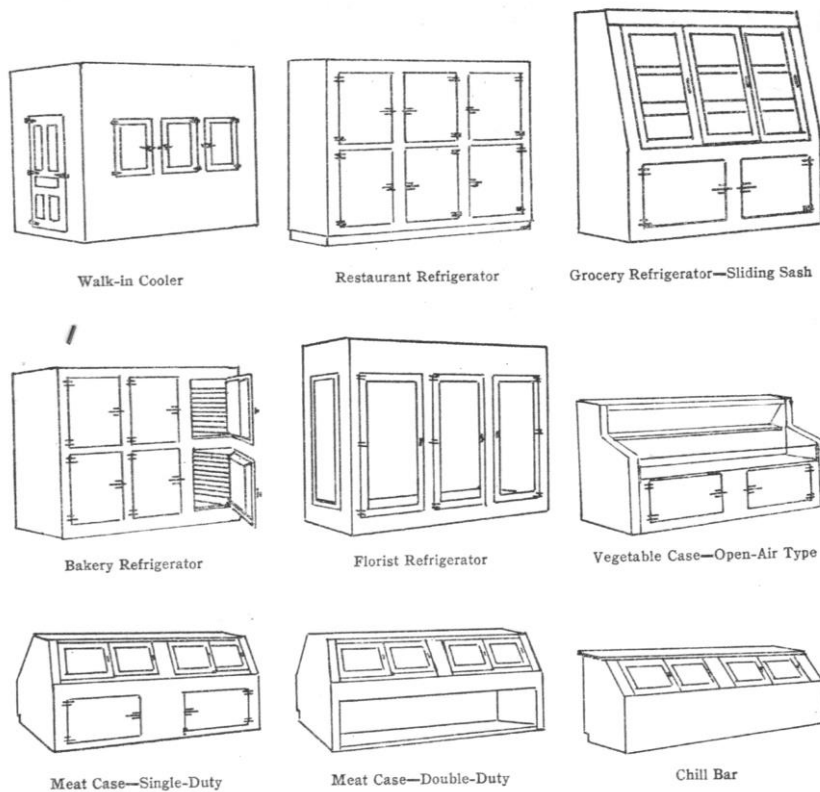


Fig. 3. Various Types of Commercial Refrigerators

Fig. 48

A partir de los años 50 se consolida la importancia concedida a la REFRIGERACIÓN COMERCIAL, lo que se aprecia por la información detallada en el Refrigerating Data Book de 1952, "Applications", que incorpora dos capítulos al tema: el 35, "Commercial Refrigerators" y el 36, "Refrigeration in Restaurants".

En estos se facilita amplia información sobre el comportamiento durante el funcionamiento automático de determinados tipos de vitrinas (Figura 49)

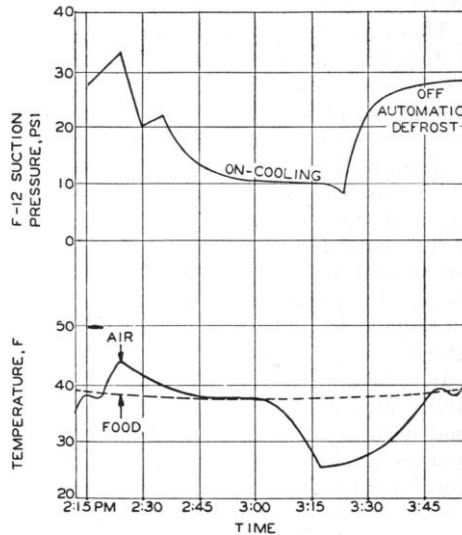


Fig. 1. Air and Average Food Temperatures vs. Time.

This data was obtained in a refrigerated single duty top display case with low pressure switch controlling temperature and automatic defrost. Food temperatures are an average of three readings taken on two pieces of meat. Air temperatures were taken just above the meat. Ambient temperature was 90 F.

Fig. 49

Comparaciones de consumo entre dos equipos para el mismo servicio de distinto diseño y construcción (Figura 50)

Table 2. Comparative Operating Data—90 F Ambient

Fixture	Conventional 10 hole ice cream cabinet	Glass front display case, eight foot
Capacity	17.1 cu ft (65 gal bulk)	14.4 cu ft (650 pt or equivalent)
Fixture Temperature	5 F average sleeve	Zero F average product
Condensing Unit	$\frac{1}{3}$ hp air cooled, self contained	1 hp water cooled or $1\frac{1}{2}$ hp air cooled, remote
Current Consumption	$3\frac{1}{2}$ kwh/day	25 kwh/day*

* Including Defrost Heaters.

Fig. 50

También Se dan recomendaciones sobre las temperaturas adecuadas según el tipo de servicio (Figura 51)

Table 1. Recommended Retail Storage Temperatures, F

Type of Fixture	Average Temperature Range†	
	Mini- mum	Maxi- mum
Walk-in cooler (unfrozen food)	35	42
Walk-in cooler (frozen food)	-10	0*
Reach-in refrigerator	35	45
Single duty meat display case (closed)	35	42
Single duty meat display case (open)	28	45
Double duty meat display case (closed)	35	42
Double duty meat display case (open)	28	45
Vegetable refrigerator or case (closed)	35	48
Vegetable refrigerator or case (open)	35	55
Grocery dairy refrigerator (closed)	35	42
Grocery dairy refrigerator (open)	35	45
Baker's dough retarder	35	40
Florist's display refrigerator	40	50
Florist's storage cooler	38	45
Frozen food cabinet (closed)	-5	0*
Frozen food cabinet (open)	-10	5*
Candy case (open or closed)	55	70
Candy case (frozen)	0	10*
Ice cream cabinet or case (closed)	-5	0*
Ice cream cabinet or case (open)	-20	5*
Household refrigerators:		
Freezer or ice cube compartment	0	15*
Unfrozen food storage compartment	35	45
Bottled beverage cooler	35	42

† Range of readings in several parts of fixture. Usually fixture air temperature with thermometer not in contact with stored product. In some fixtures product temperature should be used.

* Minimum temperature for frozen foods when below zero is not critical. Maximum temperature is more important. Temperature variation should be held to a minimum.

Fig. 51

Esta dedicación a la Refrigeración Comercial se mantendrá en los siguientes Refrigerating Data Book, tanto en el de 1953/54, "Design", que en su capítulo 23, parte III, "Evaporadores Comerciales" recoge datos importantes para la aplicación de los Evaporadores con Circulación Forzada del Aire, en base a su imparable aceptación en todas las aplicaciones, como la velocidad del aire recomendada para evitar el secado excesivo de los productos, así como datos experimentales que permiten estimar con bastante exactitud el caudal total puesto en movimiento en función de la velocidad del aire a la salida del evaporador. Este dato es crucial para calcular la velocidad en función de la orientación del flujo y las dimensiones del recinto refrigerado. Esto se completaría con mayor exactitud en la siguiente edición de 1957/58, en su capítulo 22, "Enfriadores Aire con Circulación Forzada"

La figura 52 muestra estos valores, recomendados para los diferentes casos y diferentes productos.

Esto es un ejemplo de la actitud de los socios de A. S. H. R. A. E. ante los cambios tecnológicos, que precisan de una asimilación de los mismos y si es guiada, mejor. Hay que considerar que hasta ese momento la mayoría de las aplicaciones utilizaban evaporadores con circulación natural del aire y a pesar de intuirse y reconocerse las ventajas del nuevo sistema, una aplicación indebida, no solamente podía dar al traste con el éxito de un trabajo puntual, si no poner en peligro el desarrollo de una tecnología que resultaría clave para el avance con éxito de la Refrigeración Comercial, como se ha demostrado con el paso del tiempo.

Table 12. Recommended Maximum Room Air Velocities for Commercial Applications

Commodity	Maximum Air Velocity (FPM)		
	Chill Start	Chill Finish	Storage
FRUITS			
Apples, Peaches, Pears, Berries	150	60	60
Dates (cured), Dried Fruits	—	—	150
Dates (fresh), Figs	—	—	90
Citrus Fruits, Grapes, Plums	250	90	90
VEGETABLES, General			
Onions	150	60	60
Potatoes	250	150	150
MEATS			
Beef (fresh), Hogs	250	150	60
Cut Meat, Sausage	—	—	60
Fish (iced)	—	—	90
Hams, Loins, Lamb, Offal	150	90	60
Oysters (shell)	—	—	90
Oysters (tub)	—	—	150
Poultry (fresh)	150	90	60
Veal	90	60	60
MISC.			
Beer (Wooden Kegs)	—	—	150
Butter, Cavier (tubs), Lard, Oleo	—	—	150
Cheese	—	—	90
Candy, Chocolate	—	—	60
Eggs (crated)	90	60	60
Furs, Woolens	—	—	150
Flowers (cut)	—	—	60
Hides	—	—	150
Maple Sugar, Maple Syrup	—	—	250
Nuts	—	—	150

Courtesy Carrier Corporation Copyright 1951.

Outlet Velocity (fpm)	Ratio Factor
500	3.0
1000	4.5
1500	8.4

Fig. 52

Esa misma edición recoge los recientes avances en este tipo de evaporadores reflejado en la Figura 53, que muestra distintos tipos y configuraciones adecuados a las nuevas necesidades surgidas a raíz de los nuevos diseños de Cámaras y Vitrinas Refrigeradas, sentando las bases técnico-científicas para el cálculo y diseño de los mismos. Estos conceptos solo habían sido manejados hasta entonces en manuales internos de algún fabricante, siendo conceptos más cercanos a temas de Acondicionamiento del Aire. Habían aparecido por primera vez en la

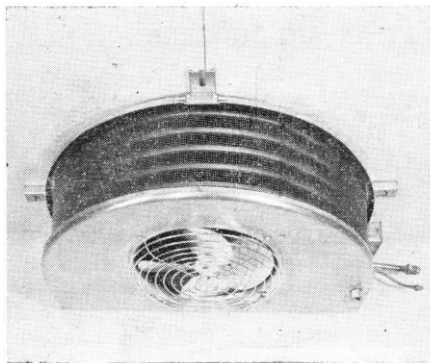
edición anterior del DATA BOOK de 1953/54, en una versión reducida. Esta versión, completa, es un clásico.

Describe el factor de By-pass, el ADP, y el efecto de la relación de calor sensible al total de la carga térmica de cualquier cámara, teniendo en cuenta la parte sicrométrica del problema, crucial y básica para obtener la solución adecuada a las necesidades que plantea la Refrigeración y Conservación de productos frescos, sin dejar a un lado los Congelados, así como el efecto de la velocidad del aire, conceptos como la inducción del aire de la cámara por el aire impulsado, etc.

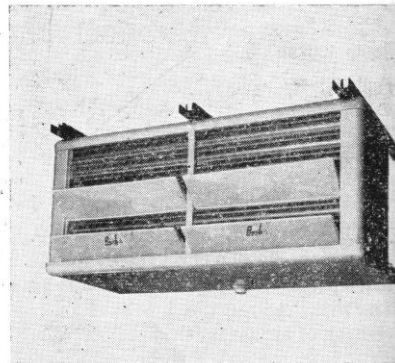
Esto debería formar parte obligatoria de cualquier curso sobre Refrigeración Aplicada que se precie.

22-14

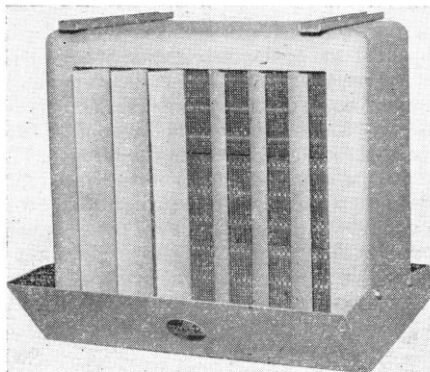
SEC. IV. BASIC EQUIPMENT



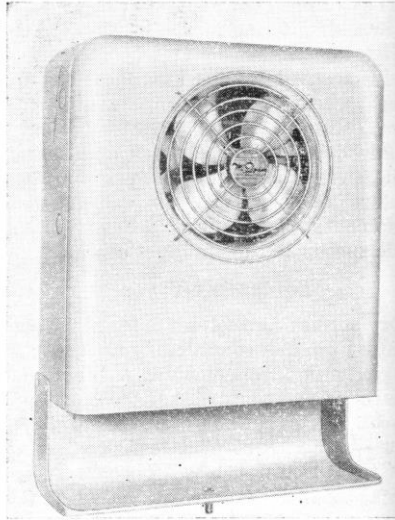
Half-Round Style



Two Fan Horizontal Open Face



Single Fan Open Face



Panel Type

Fig. 14. Typical Suspended Forced Circulation Air Coolers Used for Product and Industrial Refrigeration

Fig. 53

En cuanto a las Aplicaciones, las ediciones alternas con los anteriores DATA BOOK reflejaban las novedades, como hace el de 1956/57, que ilustra en las páginas del capítulo 33, "Refrigeradores Comerciales", las innovaciones surgidas al aplicar las nuevas tecnologías y materiales, componentes, etc., que dieron lugar a nuevos tipos de vitrinas y

frigoríficos adecuados a las nuevas formas de comerciar con los alimentos: Los Autoservicios y Supermercados. Esto queda reflejado en las siguientes ilustraciones de la Figura 54, que muestran los nuevos estilos para toda clase de productos frescos: Carne, Frutas y Verduras, Lácteos, etc. y Congelados, incluyendo Helados

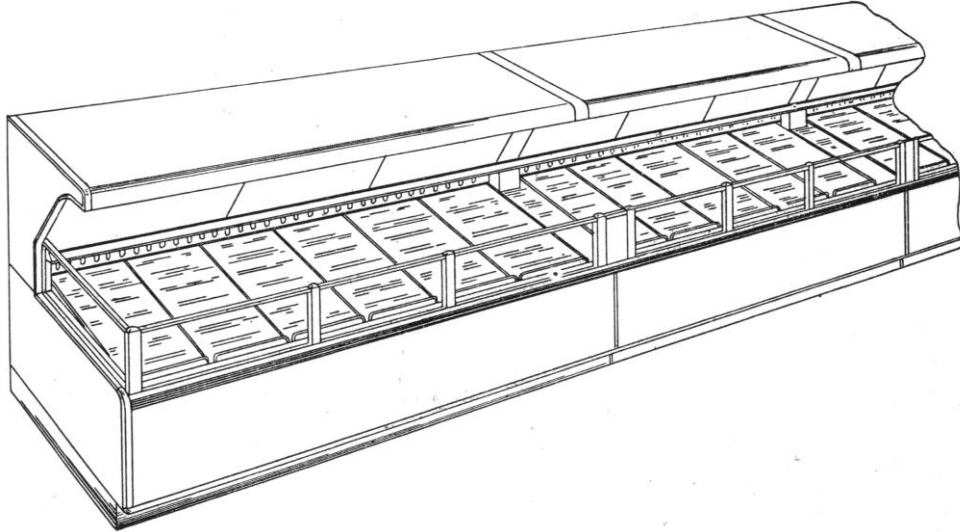


Fig. 6. Continuous Open-Type Single Duty Self-Service Case.

- ① FLUORESCENT LIGHT
- ② CABINET DRIERS
- ③ PRICE TAG RAIL
- ④ SHELF
- ⑤ DEFROST HEATERS
- ⑥ FAN
- ⑦ COIL
- ⑧ DRAIN
- ⑨ HEAT TRAP
- ⑩ THERMOFANE GLASS

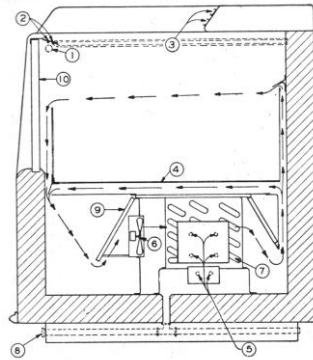


Fig. 9. Open Self-Service Low Temperature Case with Forced Air Circulation.

- ① FLUORESCENT LIGHTS
- ② MIRROR
- ③ UPPER SHELF
- ④ LOWER SHELF
- ⑤ REFRIGERANT OUTLET SLEEVE
- ⑥ FAN
- ⑦ COIL
- ⑧ DRAIN

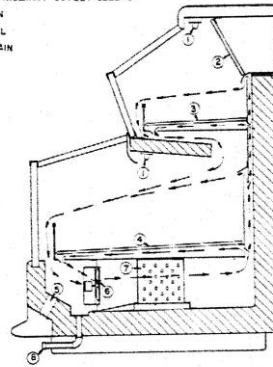
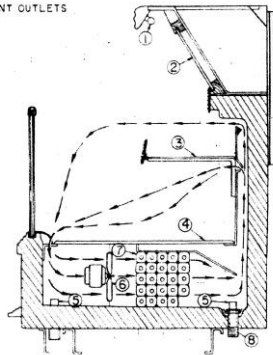


Fig. 10. Typical Multiple Deck Open Self Service Case with Forced Air Circulation.

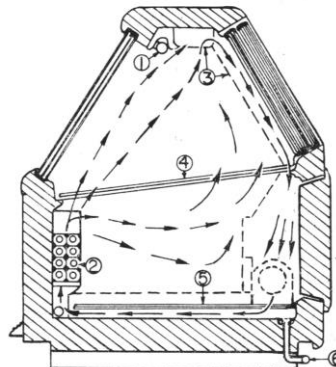
- ① FLUORESCENT LIGHTS
- ② MIRROR
- ③ UPPER SHELF
- ④ LOWER SHELF
- ⑤ REFRIGERANT OUTLETS
- ⑥ FAN
- ⑦ COIL
- ⑧ DRAIN



Courtesy Friedrich Refrigerators, Inc.

Fig. 11. Typical Multiple Deck Open Self Service Case with Forced Air Circulation.

- ① FLUORESCENT LIGHT
- ② COIL
- ③ AIR DUCT
- ④ SHELF
- ⑤ STORAGE SHELF
- ⑥ DRAIN



Courtesy Friedrich Refrigerators, Inc.

Fig. 12. Double Duty Case with Forced Air Cooling.

Fig. 54

Igualmente se muestran las nuevas Cámaras Frigoríficas Prefabricadas desmontables, que representan la posibilidad de poder trasladar o modificar el tamaño del recinto, además de la limpieza y rapidez de montaje (Figura 55)

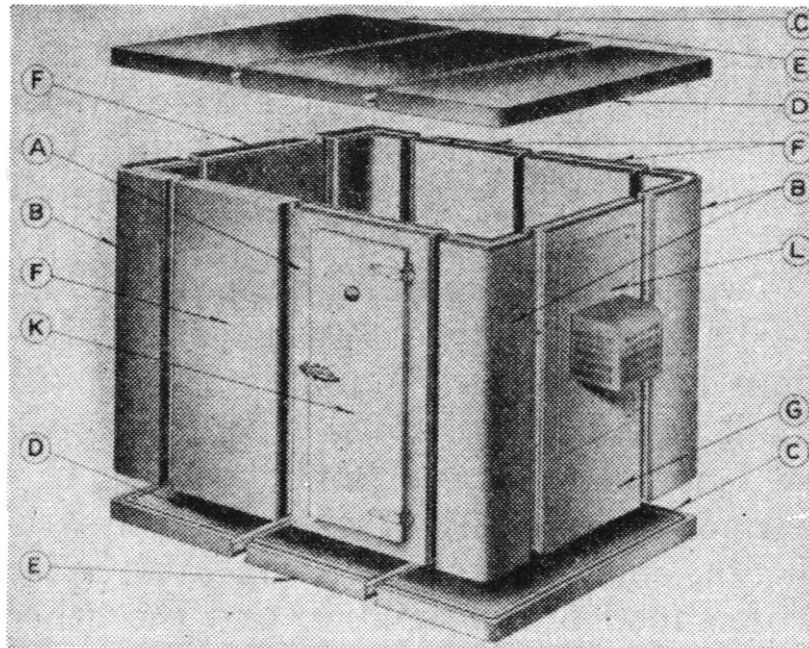


Fig. 55

Así como los nuevos conservadores-expositores para autoservicio, con puertas acristaladas aptos inclusive para Congelados (Figura 56).

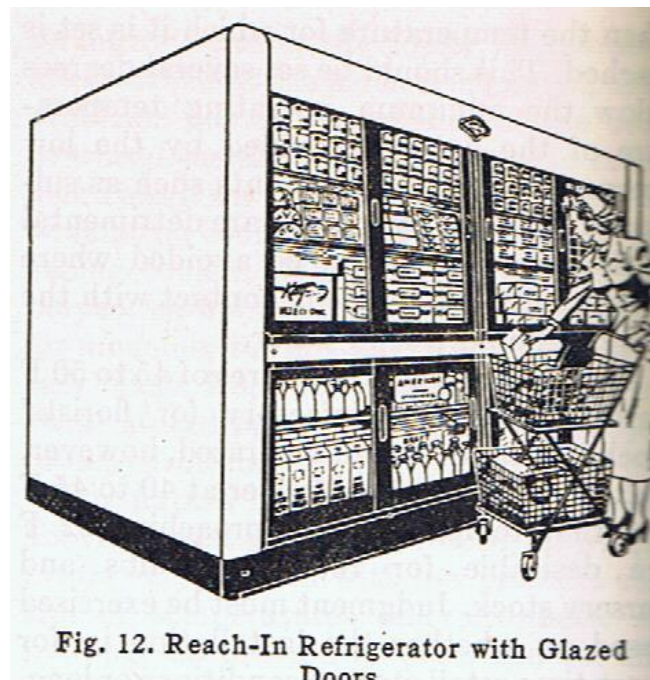


Fig. 12. Reach-In Refrigerator with Glazed Doors.

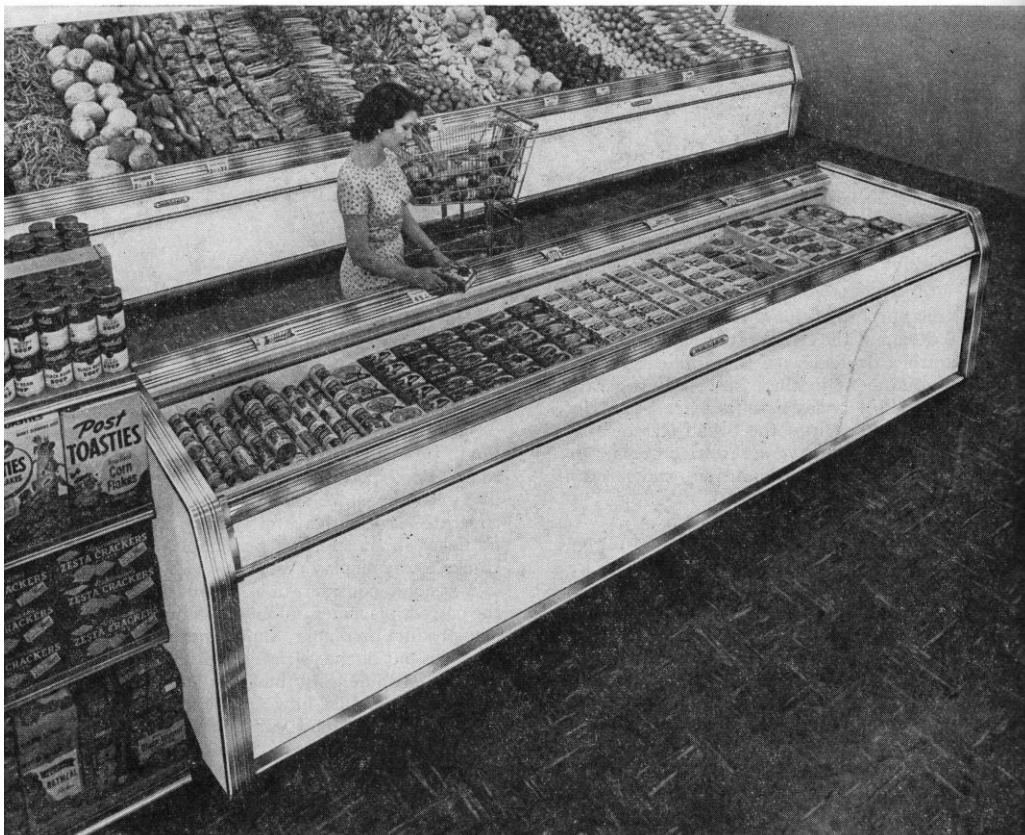
Fig. 56

Esta información sobre componentes, equipos, sistemas y aplicaciones de REFRIGERACION COMERCIAL tuvo su culminación en la publicación del DATA BOOK de 1959, "Refrigeration Applications", que como ya se ha mencionado, fue el último publicado por A. S. R. E.

En dicha "Guía" se trató con todo lujo de detalles no solo el tema de los avances en mobiliario frigorífico, si no la divulgación de datos técnicos adquiridos en las recientes experiencias, como temperaturas recomendadas para mantener los productos en las condiciones adecuadas a fin de combatir las cargas térmicas atípicas originadas por el diseño, construcción y utilización de dichos equipos, que son muy específicas de cada diseño, requiriendo nuevas formas de actuación y numerosos ensayos a fin de determinar la influencia de las condiciones ambientales, costumbres de uso, etc., sobre la carga térmica real a combatir por el equipo frigorífico. Igualmente se detallan las soluciones adoptadas para el equipamiento frigorífico necesarios, salas de máquinas, sistemas de condensación, etc.

Las siguientes ilustraciones muestran los nuevos tipos de vitrinas y expositores refrigerados para Supermercados y Autoservicios con fotos reales que muestran la respuesta las nuevas tendencias en el Comercio de Alimentos (Figuras 57, 58, 59)

39-02 SECTION IV. REFRIGERATED AND FROZEN FOOD DISTRIBUTION



Courtesy The Warren Co

FIG. 1. ISLAND-TYPE SELF SERVICE CASES ACCESSIBLE FROM EITHER SIDE

Fig. 57



Courtesy Tyler Refrigeration Corp.

FIG. 2. ENDLESS CONSTRUCTION PERMITS COMBINING TWO OR MORE FIXTURES TO FORM UNITIZED INSTALLATION OF ANY SIZE

Fig. 58



Courtesy McCray Refrigerator Co.

FIG. 6. CONTINUOUS SELF-SERVICE FROZEN FOOD CASE LINEUP

Fig.59

Con la consolidación del nuevo tipo de Comercio Alimentario de gran tamaño, el SUPERMERCADO, surgió un nuevo reto: El tamaño de las Vitrinas Refrigeradas y demás tipos de Frigoríficos Comerciales creció hasta el punto de hacer inviable la solución "Autocontenida" o "Compacta" en la cual el equipo frigorífico forma parte del conjunto, requiriendo solo una conexión eléctrica y disipando el calor del condensador en el local.

Incluso, en algunos casos, la potencia frigorífica necesaria para un solo servicio llegaba a superar la capacidad unitaria del mayor equipo comercial disponible en el mercado.

Esto dio lugar a la aparición de "Unidades Compresoras Remotas" (Figura 60) que incluían todo lo necesario para su utilización, requiriendo solo la conexión de las líneas de refrigerante al punto de uso, así como la línea de control automático. Así el panel de control incluye el arrancador y protector del motor del compresor, y todos los accesorios: filtro-deshidratador de líquido, válvula solenoide para líquido, visor de líquido, recipiente de líquido, presostato de Alta y Baja, válvulas de servicio, etc., están incluidas y conectadas.

"Extra-Duty" Meter-Miser
Sealed Reciprocating, Water-Cooled Compressors
½ TO 7½ HORSEPOWER

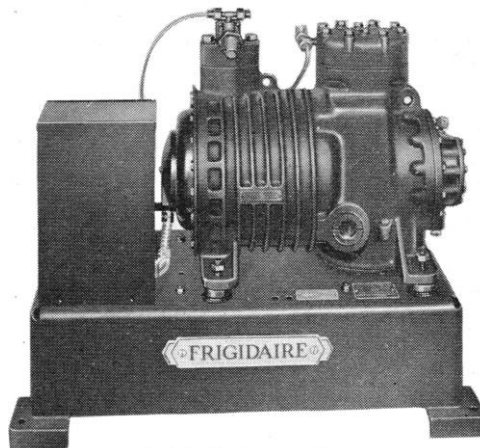


Fig.60

La capacidad de los equipos se equilibra con las necesidades de cada servicio y en el caso de grandes vitrinas modulares que superan la capacidad de la Unidad Condensadora de mayor tamaño disponible, se ponen dos de la potencia equivalente. La diferencia con las soluciones similares adoptadas en REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL es que en este caso las unidades son totalmente independientes y se llevan las correspondientes líneas de líquido y aspiración hasta cada servicio, así como la línea de control automático.

Así se llega al concepto de Sala de Máquinas con “Estanterías” o “Compressor Racks”. (Figura 61)

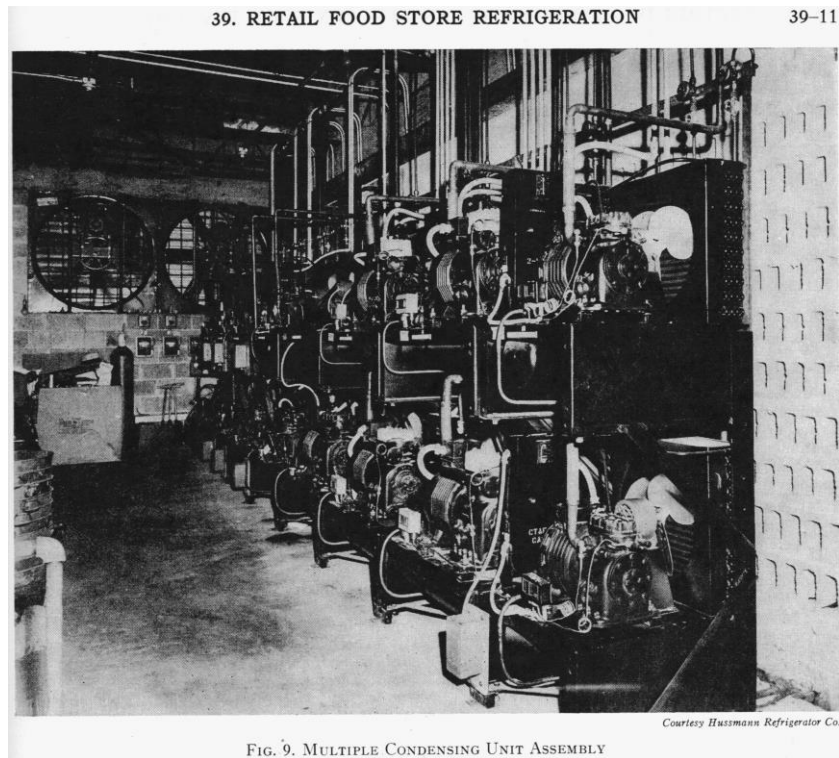


Fig. 61

Para aprovechar el espacio al máximo y permitir el mantenimiento los equipos compactos se montan sobre unos “Racks” o estanterías prefabricadas (Figura 62)

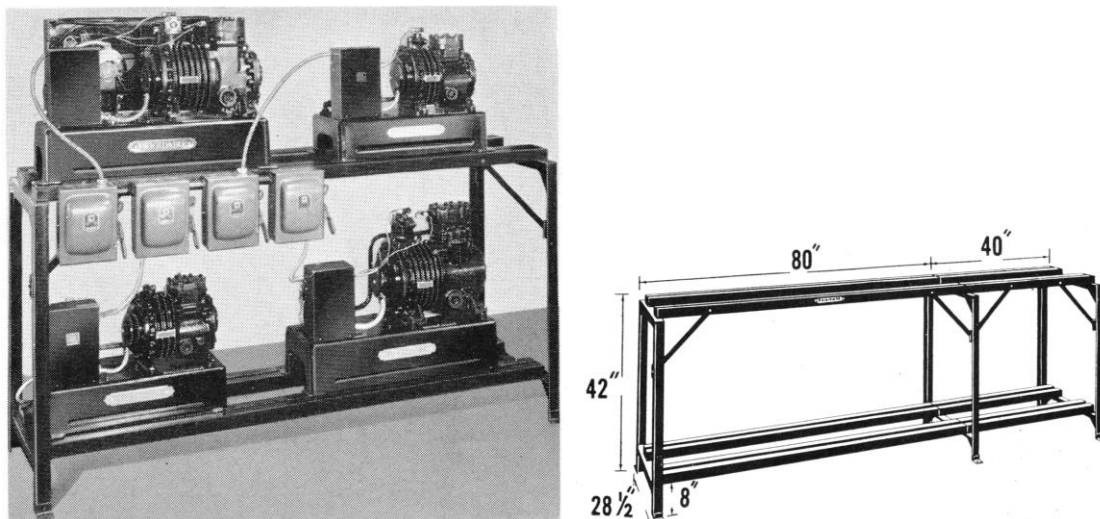


Fig. 62

Esta solución permite una completa planificación y presenta múltiples ventajas sobre los montajes “In situ” llevando todas las piezas sueltas.

Esto plantea otras necesidades, como qué hacer con la condensación. En los primeros tiempos la condensación refrigerada por aire solo se contemplaba en los equipos de pequeño tamaño para refrigeración doméstica y comercial, con tamaño de menos de 3 HP.

La primera idea fue utilizar condensadores refrigerados por agua, reutilizando el agua por medio de Torres de Enfriamiento. Precisamente en esta aplicación, para evitar los problemas de mantenimiento de los condensadores y los de posible congelación del agua en climas fríos, vió la luz la solución de utilizar torres de enfriamiento con circuito cerrado (Figuras 63 y 64) Este sistema facilita, de forma sencilla, la recuperación de calor para climatización en invierno, recalentamiento en un sistema de des-humidificación, etc.

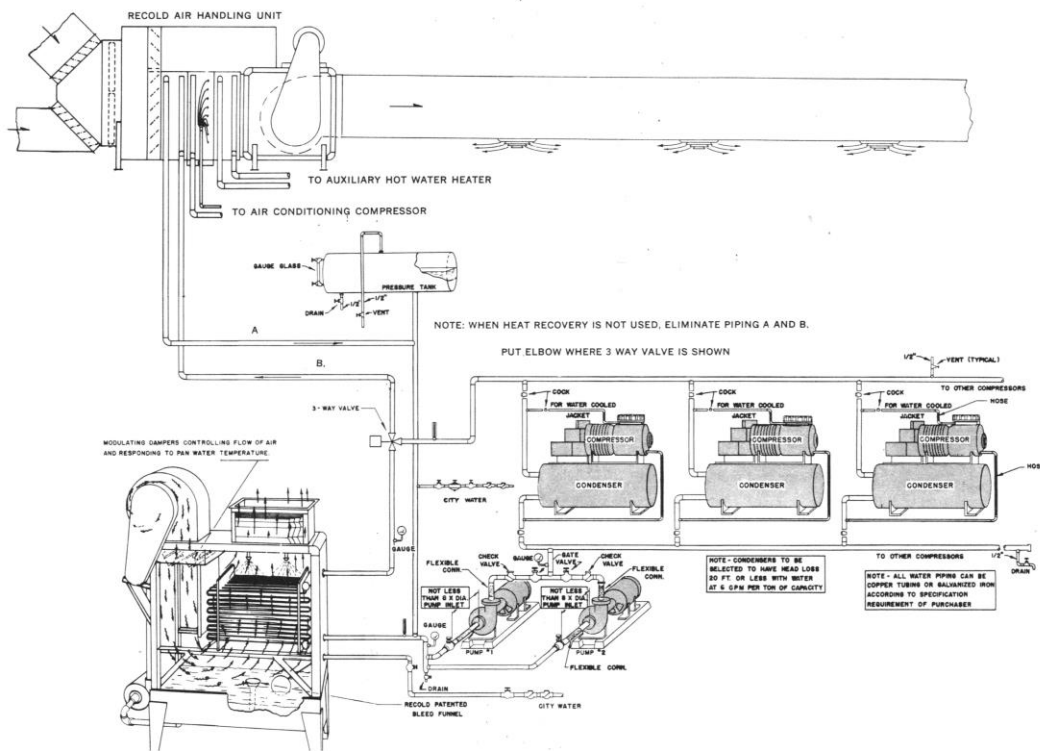


Figura 63

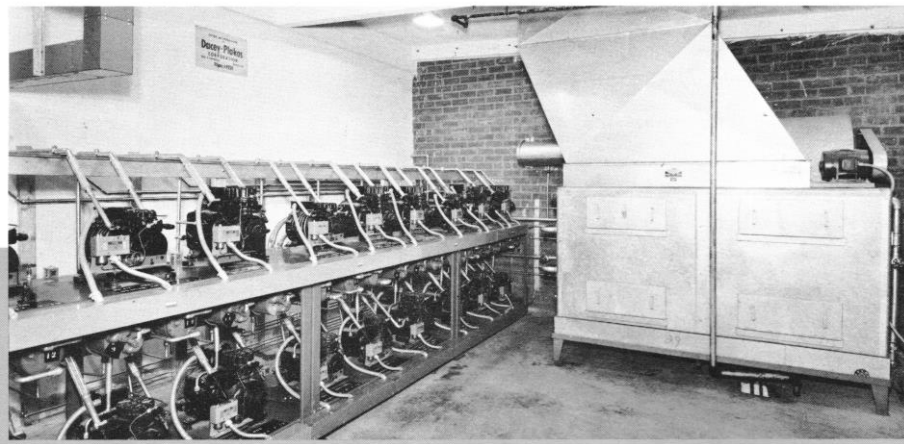


Fig.64

No obstante, los fabricantes de equipos nunca desistieron y por esas fechas surgen los primeros grandes condensadores refrigerados por aire, comenzando una controversia que todavía no ha terminado, (aunque hay que reconocer que en la actualidad la mayoría de los sistemas de Refrigeración Comercial se han decantado por la condensación enfriada por Aire). Los primeros grandes condensadores refrigerados por aire para Refrigeración Comercial tenían dividido el intercambiador de calor en tantos circuitos como servicios independientes se precisaban (Figura 65)

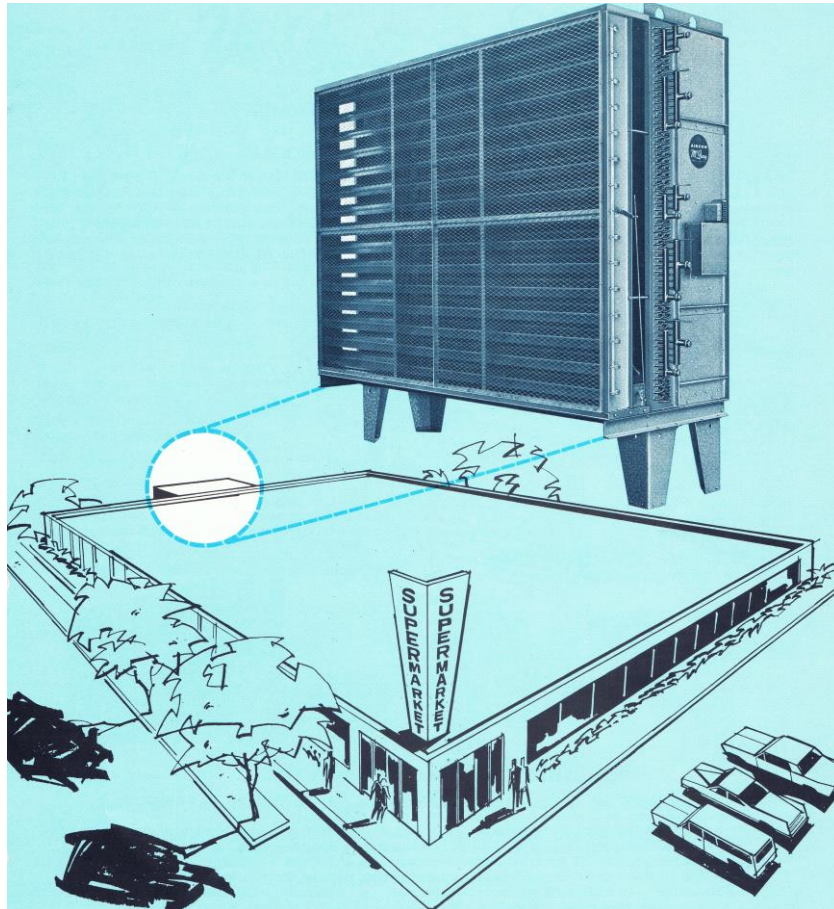


Fig.65

La presión de condensación se mantenía aceptablemente constante regulando la temperatura del aire mediante compuertas de mezcla que controlaban los caudales de aire exterior y recirculado proporcionalmente.

Alternativamente, las unidades condensadoras compactas incluidas en el "Rack" incorporaban su condensador refrigerado por aire con sus propios ventiladores y la sala de máquinas se ventilaba de forma controlada para garantizar una temperatura del aire estable (Figura 66)

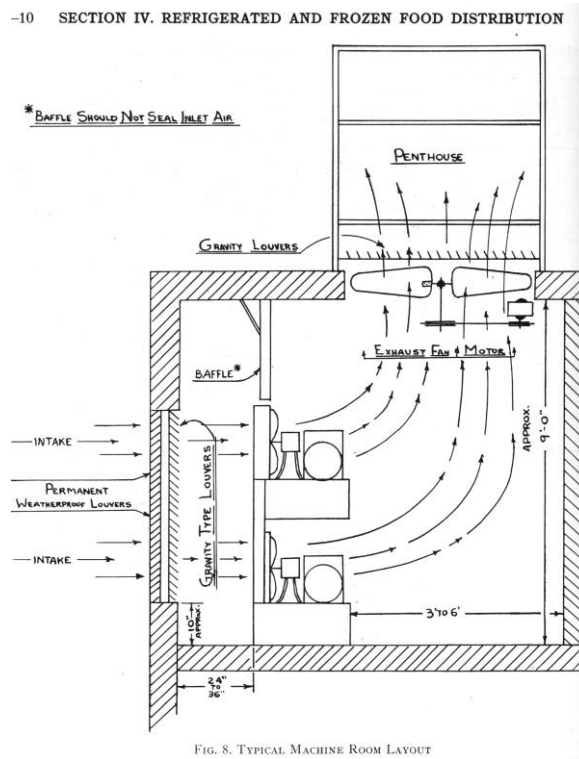


Fig. 66

Algunos fabricantes de equipos, ante el potencial del nuevo mercado emergente, tomaron algunas ideas de la Refrigeración Industrial y produjeron equipos de gran capacidad adaptados. (Figura 66)

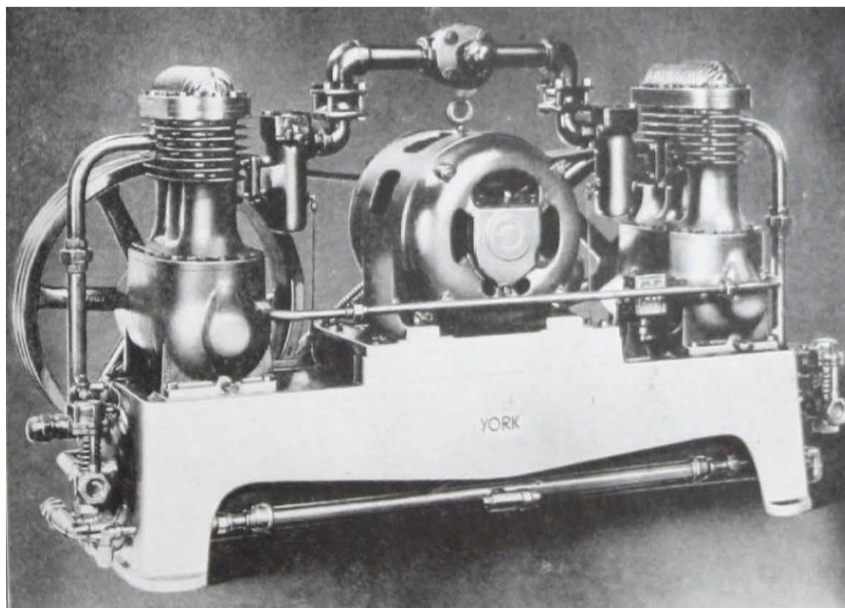


Fig. 67

Esa misma idea fue desarrollada por los propios fabricantes especializados en Refrigeración Comercial para equipar sus propias instalaciones centralizadas (Figura 68).

Estas unidades estaban diseñadas y construidas en base a la necesidad específica de una línea o grupo de vitrinas operando en condiciones similares, y estaban dotadas de medios de regulación de capacidad como los descritos con anterioridad.

Podían incorporar dos compresores idénticos o no, y estaban accionados por un motor común utilizando igualmente un condensador común para mayor economía en la inversión.

Water-Cooled Compressors
Open Type Reciprocating—10, 15 and 20 Horsepower

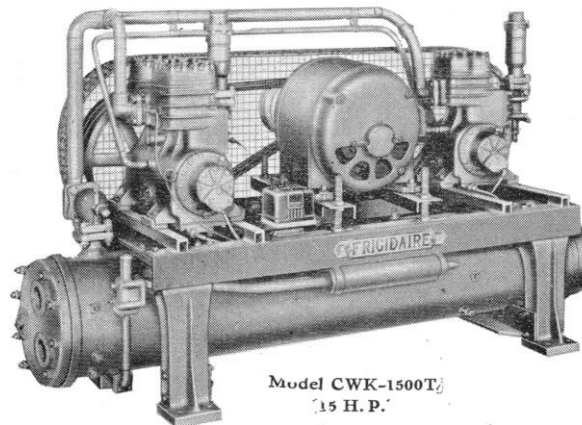


Fig.68

Simultáneamente, otros fabricantes independientes, pusieron en el mercado soluciones similares, con compresores comerciales (Figura 69). Todos ellos eran de accionamiento por electromotor Abierto, ofreciendo como ventaja la posibilidad de reparación sin intervenir en el circuito frigorífico como es exigencia de los compresores semi-herméticos o herméticos. Estos fueron los primeros intentos de instalaciones "Multiplex" precursoras de las centrales de hoy en día

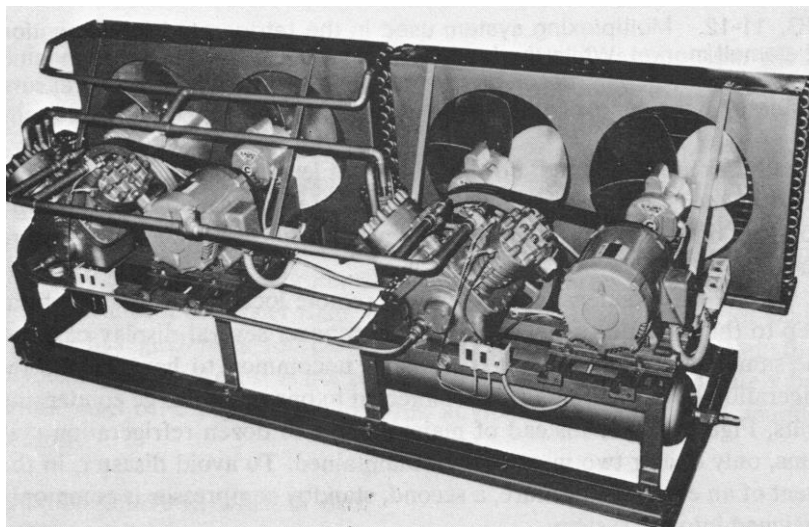


Fig. 69



DE LA FORMACIÓN DE ASHRAE HASTA HOY

Justo en la época inmediatamente anterior a la fusión que dio lugar al nacimiento de ASHRAE, se alcanza el cénit de la creatividad acumulada desde la II Guerra Mundial hasta finales de los años 50, reflejada en el contenido cada vez más amplio y detallado de la información técnica recogida por los diversos DATA BOOK ya mencionados.

A partir de la fusión, A. S. H. R. A. E. decidió editar dos DATA BOOK de aparición alterna cada dos años, uno se denominará FUNDAMENTALS AND EQUIPMENT y el otro APPLICATIONS.

Es en el volumen "APPLICATION" en el que se tratarán en adelante los temas relacionados con la REFRIGERACIÓN COMERCIAL.

La edición de 1964 incluye 3 capítulos:

El n^o 62, titulado FOOD SERVICE REFRIGERATION,

El n^o 63, titulado RETAIL FOOD STORE REFRIGERATION y

El n^o 64, titulado GENERAL COMMERCIAL REFRIGERATION

Este formato se mantendrá hasta los años 70, momento en el que se decide la reestructuración de los ASHRAE Guide and Data Book en 4 volúmenes, formato que llega hasta nuestros días, tras una última modificación a mediados de los 80, cuando por fin, en 1986, hace su aparición la primera edición del tomo específicamente dedicado a REFRIGERACIÓN, aunque hasta la edición de 1990, persiste la división de la información en dos conceptos: "Aplicación" que se incluye en el volumen REFRIGERATION, y "Equipos", que se incluye hasta ese momento en el volumen EQUIPMENT

A partir de entonces los 4 tomos se hacen más específicos, separando los temas de Climatización (HVAC APLICACIONES Y HVAC SYSTEMS and EQUIPMENT), los de Refrigeración (REFRIGERATION) y los comunes a ambas ramas, que forman la base científica, FUNDAMENTALS.

Los temas sobre REFRIGERACION COMERCIAL que se trataban en 3 capítulos repartidos en dos volúmenes pasan a fundirse en 2 capítulos incluidos en el tomo REFRIGERATION.

Considero muy interesante resaltar que el tomo HVAC APPLICATIONS incluye un capítulo muy rico en información práctica sobre la climatización de Comercios de Alimentación, Supermercados, Centros Comerciales, etc., en el que se pone de manifiesto la interacción con los muebles expositores refrigerados, sensibles a las corrientes de aire, así como al nivel de Humedad Relativa ambiental.

Este capítulo propone un Análisis de la Carga Térmica teniendo en cuenta la aportación de dichos Expositores y Vitrinas, que llegan a formar verdaderas zonas "Frías" a tener muy en cuenta tanto en la carga frigorífica como en la de calefacción.

Dada la tendencia a integrar los sistemas de Climatización con los de Refrigeración, Recuperación de Calor, etc. es conveniente tener en cuenta este capítulo en el apartado de "Refrigeración Comercial" aunque su nombre no lo indique con precisión.

En esta nueva andadura de los DATA BOOK se analizan y exponen los avances y nuevos desarrollos tanto en los propios muebles frigoríficos,

cámaras modulares, etc., como en los sistemas y componentes utilizados (evaporadores, equipos frigoríficos).
Las figuras 70 a 73 muestran varios ejemplos de las formas actuales de diferentes tipos de Expositores Refrigerados que equipan los Comercios actuales en régimen de Autoservicio

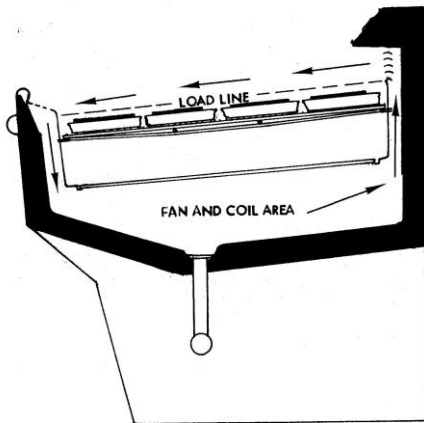


Fig. 2 Single-Shelf Meat Display Refrigerator
Figura 70

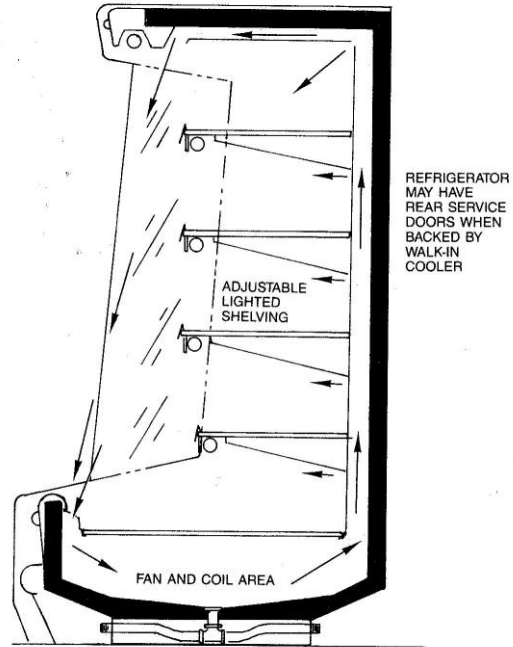


Fig. 6 Vertical-Type Dairy Refrigerator
Figura 71

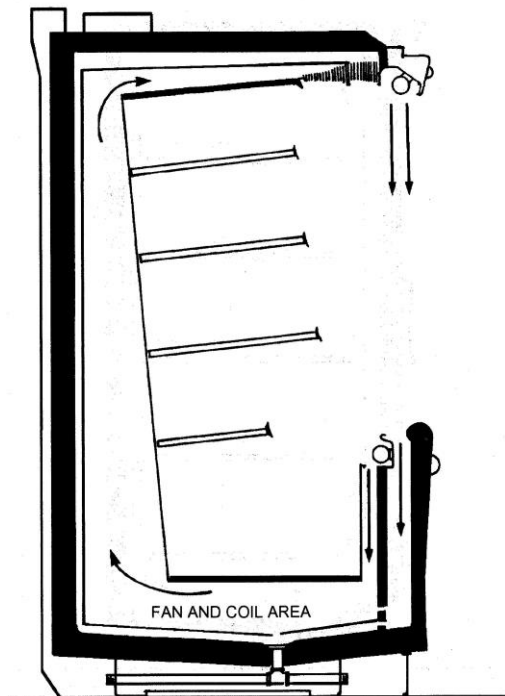


Fig. 20 Multideck Frozen Food Refrigerator
Figura 72

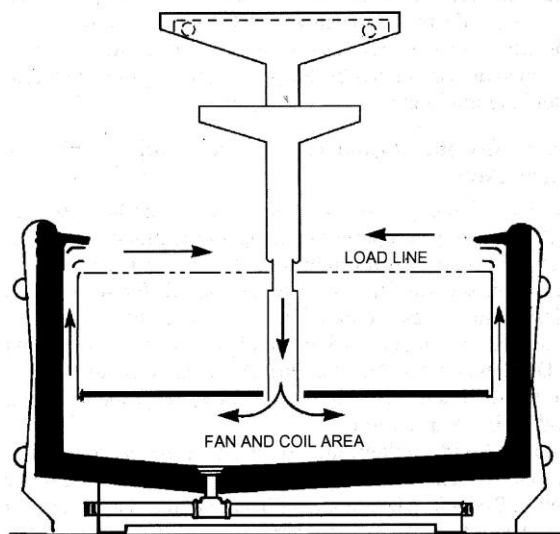


Fig. 19 Single-Deck Island Frozen Food Refrigerator
Figura 73

Se puede comprobar la utilización de evaporadores con Aire Forzado

Considerando que las soluciones constructivas adoptadas con el fin de llevar al máximo nivel la exhibición y accesibilidad a los productos presentan serios retos para evitar las entradas de calor y mantener las condiciones adecuadas con la máxima eficiencia energética se llevan a cabo por los fabricantes ensayos exhaustivos, utilizando las nuevas herramientas disponibles como la termografía y la adquisición de datos informatizada. ASHRAE incorpora los resultados de dichos ensayos poniéndolos al alcance de la comunidad frigorista, como refleja la figura 74

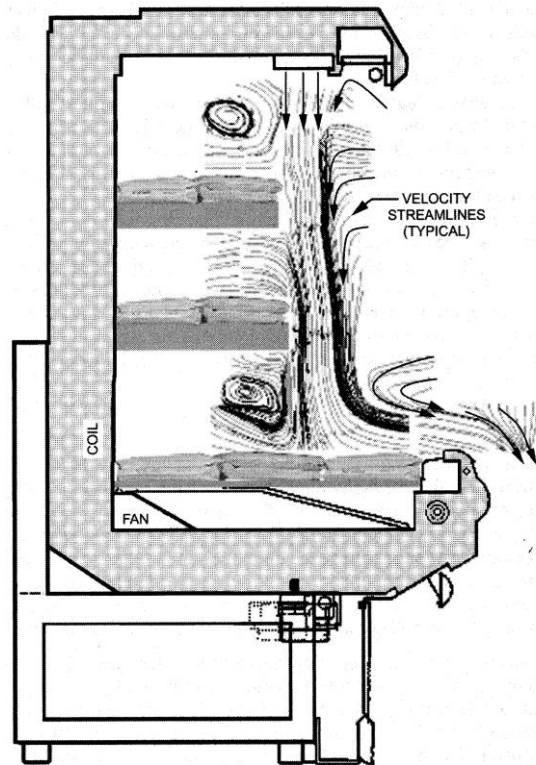


Fig. 10 Velocity Streamlines of Single-Band Air Curtain in Open Vertical Meat Display Refrigerator, Captured Using Digital Particle Image Velocimetry Technique

Figura 74

Estos ensayos ayudan igualmente a determinar la carga térmica que han de disipar los equipos frigoríficos, reflejando el origen de la misma a fin de poder acometer mejoras, con el fin de reducir el consumo (Fig. 75)

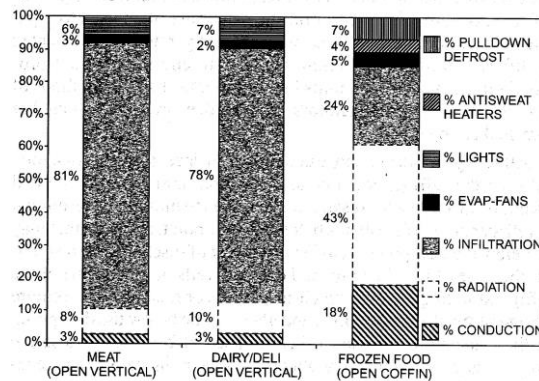


Fig. 9 Components of Refrigeration Load for Several Display Refrigerator Designs at 24°C db and 55% rh

Figura 75

De la misma manera se llega a determinar el componente latente y sensible de dicha carga, (Fig. 76 y 77) lo que permite cuantificar el fenómeno de la acumulación de escarcha y su eliminación (desescarche), y así poder optimizar el funcionamiento y adoptar medidas conducentes a reducir la acumulación de escarcha

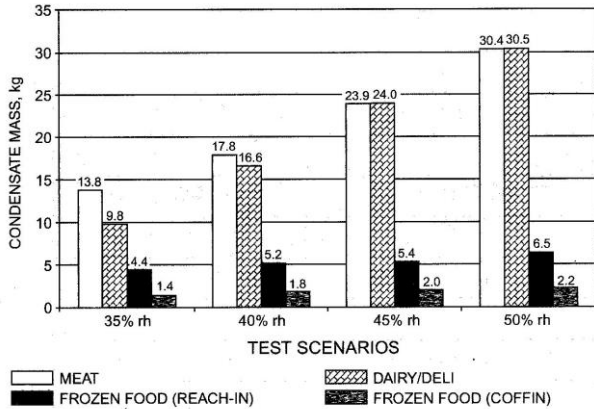


Fig. 76 Comparison of Collected Condensate vs. Relative Humidity for Open Vertical Meat, Open Vertical Dairy/Deli, Narrow Island Coffin, and Glass Door Reach-In Display Refrigerators
(Gas Research Institute 2000)

Figura 76

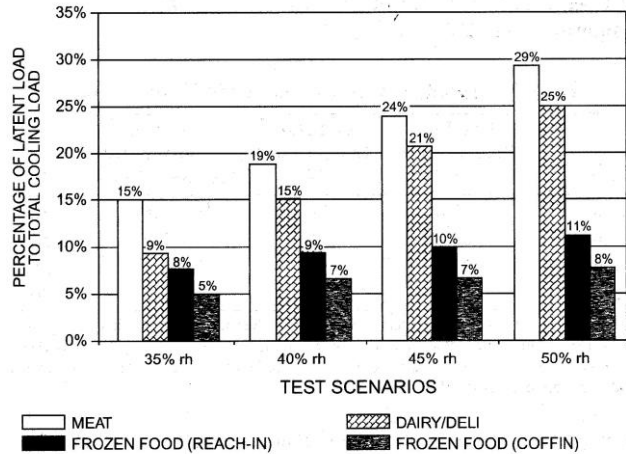


Fig. 77 Percentage of Latent Load to Total Cooling Load at Different Indoor Relative Humidities
(Gas Research Institute 2000)

Figura 77

También se muestra el efecto de la Temperatura y Humedad Relativa ambientales reinantes en la zona de ventas de los comercios sobre la Potencia Frigorífica necesaria (Fig. 78)

Table 3 Relative Refrigeration Requirements with Varying Store Ambient Conditions

Refrigerator Model	21°C db					26°C db		
	Relative Humidity, %					Relative Humidity, %		
	30	40	55	60	70	50	55	65
Multideck dairy	0.90	0.95	1.00	1.08 ^a	1.18 ^b	0.99	1.08 ^a	1.18 ^b
Multideck low-temperature	0.90	0.95	1.00	1.08 ^a	1.18 ^b	0.99	1.08 ^a	1.18 ^b
Single-deck low-temperature	0.90	0.95	1.00	1.08 ^a	1.15	0.99	1.05	1.15
Single-deck red meat	0.90	0.95	1.00	1.08 ^a	1.15	0.99	1.05	1.15
Multideck red meat	0.90	0.95	1.00	1.08 ^a	1.18 ^b	0.99	1.08 ^a	1.18 ^b
Low-temperature reach-in	0.90	0.95	1.00	1.05 ^a	1.10	0.99	1.05 ^a	1.10

Note: Package warm-up may be more than indicated. Standard flood lamps are clear PAR 38 and R-40 types.

^aMore frequent defrosts required!

^bMore frequent defrosts required plus internal condensation (not recommended).

Figura 78

Los datos recopilados facilitan la determinación del consumo energético de los Comercios Alimentarios permitiendo determinar el origen del mismo adjudicando a cada concepto su parte. De esta forma se facilita la implementación de planes de ahorro energético para cada uno de los sectores implicados. (Fig. 79)

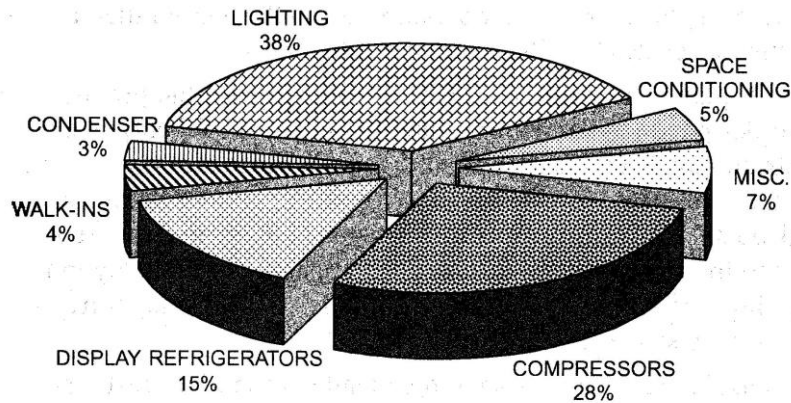


Fig. 2 Percentage of Electric Energy Consumption, by Use Category, of Typical Large Supermarket

Figura 79

También se reflejan los diferentes sistemas adoptados para este tipo de instalaciones frigoríficas.

En los comercios de menor tamaño se continúan utilizando equipos unitarios independientes, con condensador refrigerado por aire (Fig. 80), por agua (Fig. 81) o bien conectados a un condensador enfriado por aire o evaporativo remoto con circuitos múltiples (Fig. 82).

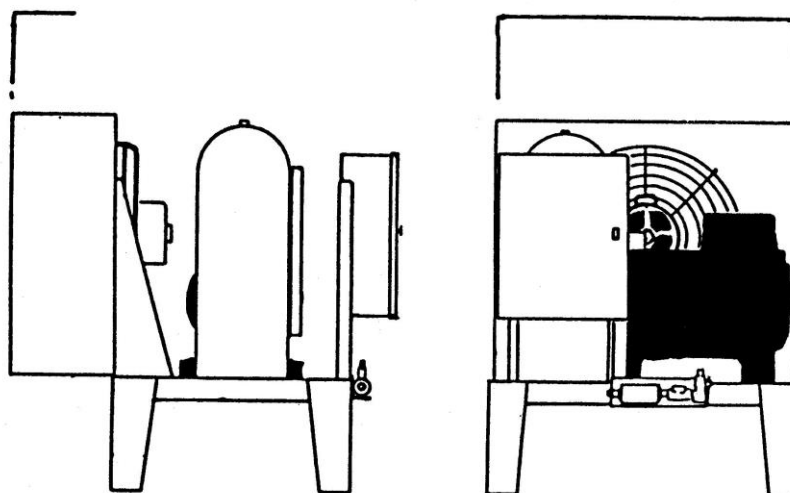


Fig. 15 Single-Compressor Air-Cooled Condensing Unit
(Reprinted by Permission of Tyler Refrigeration)

Figura 80

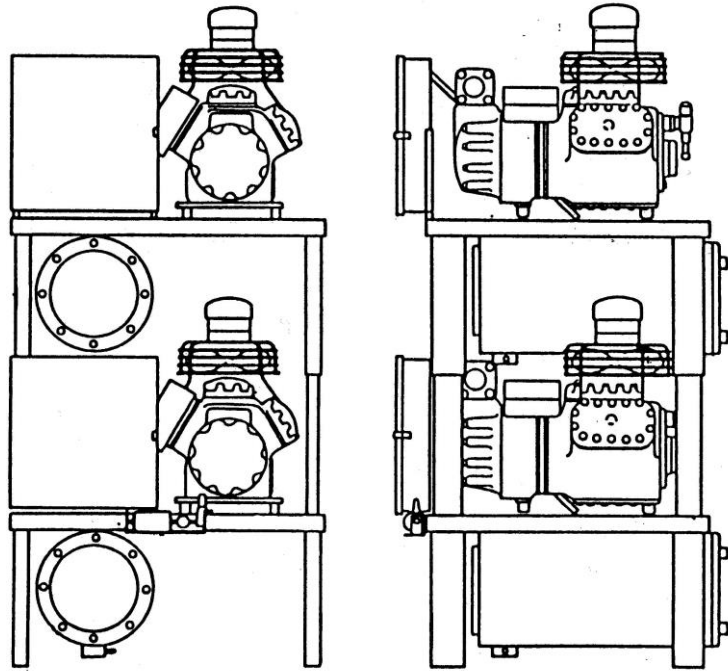


Fig. 16 Water-Cooled Condensing Units
(Reprinted by Permission of Tyler Refrigeration)

Figura 81

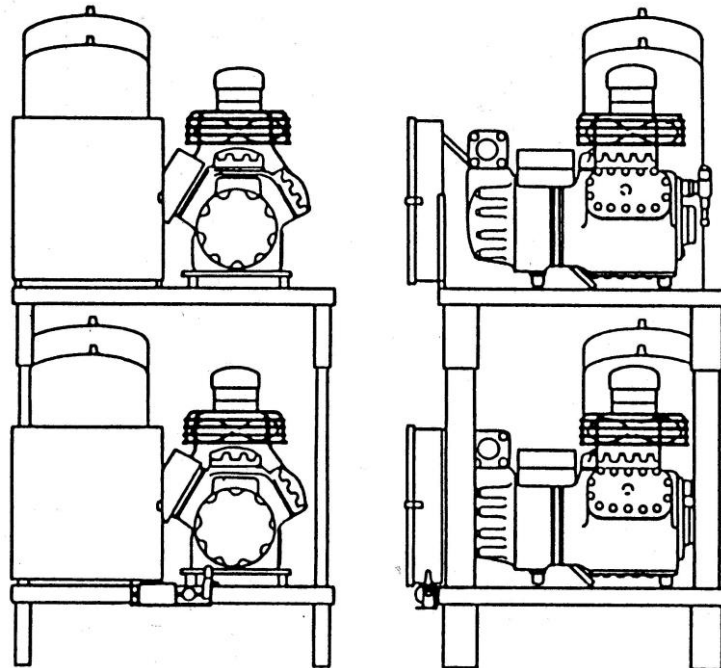


Fig. 17 Remote Compressor Units
(Reprinted by Permission of Tyler Refrigeration)

Figura 82

Los Comercios Alimentarios de mayor dimensión (Supermercados, Centros Comerciales, etc.) utilizan equipos Centralizados que agrupan varios compresores conectados en paralelo, (Fig. 83 y 84).

Los distintos Servicios se agrupan de acuerdo con la temperatura de evaporación precisa, de forma que en un Supermercado hay 2 o 3 Centrales: BAJA Temperatura para el servicio de Cámaras y Vitrinas de Congelados, MEDIA Temperatura para el servicio de Cámaras y Vitrinas de Frescos y ALTA Temperatura par el servicio de salas climatizadas de Despiece, Preparación y Envasado. Para las vitrinas de Helado se suele disponer de un compresor separado ya que suelen trabajar a mas baja temperatura (-30°C) que los demás servicios de congelados ($-18 / -20^{\circ}\text{C}$)

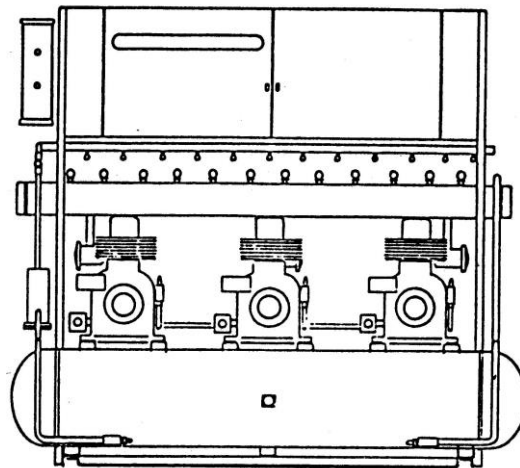


Fig. 18 Parallel Compressor Rack
(Reprinted by Permission of Tyler Refrigeration)

Figura 83

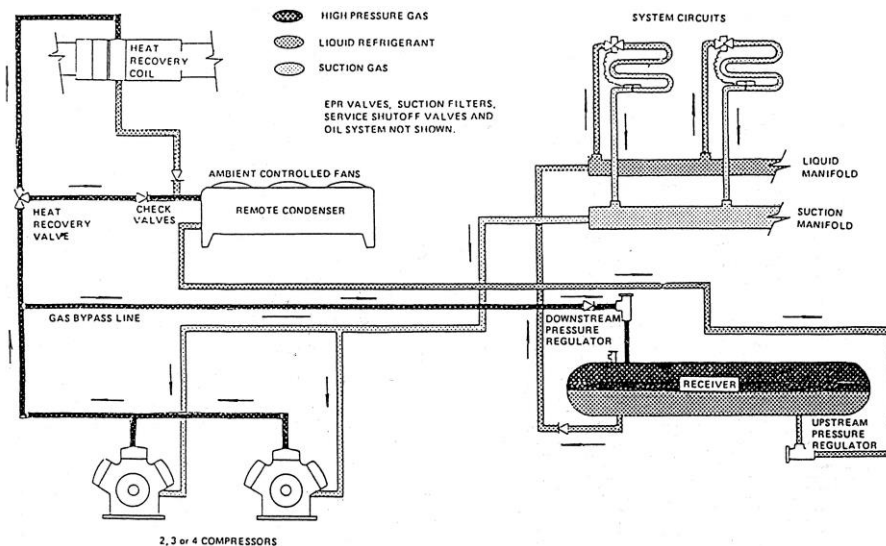


Fig. 19 Basic Parallel System with Remote Air-Cooled
Condenser and Heat Recovery
(Reprinted by Permission of Tyler Refrigeration)

Figura 84

A raíz de la desaparición del R-502 y su sustitución por el R-22, se ha hecho popular la utilización de compresores Compound de 2 etapas en los servicios de Congelados y Helados, con el fin de soslayar los efectos de la elevada temperatura de descarga que se produce al trabajar en 1 etapa (Fig.85).

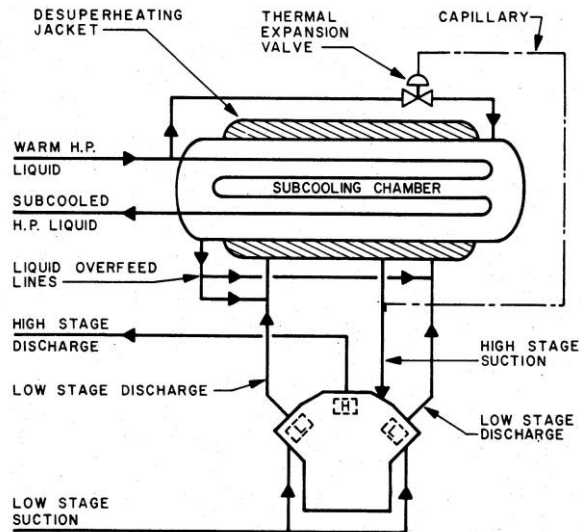


Fig. 3. . . . Internally-Compounded Two-Stage Compressor with Intercooler

Figura 85

Como alternativa se utiliza el sistema Booster o de doble etapa, (Fig. 86) con compresores que aspiran de los servicios a BAJA Temperatura y descargan sobre la Aspiración de los compresores de ALTA o MEDIA Temperatura que a su vez aspiran de sus correspondientes servicios. En este caso tiene lugar el subenfriamiento del líquido dirigido a los servicios de BAJA. Esta práctica se está manteniendo ante la llegada de los nuevos refrigerantes (R404a-R-507) por el menor consumo específico obtenido, lo que permite paliar al menos parcialmente, el peor COP de estos en comparación con el R-502 y el R-22.

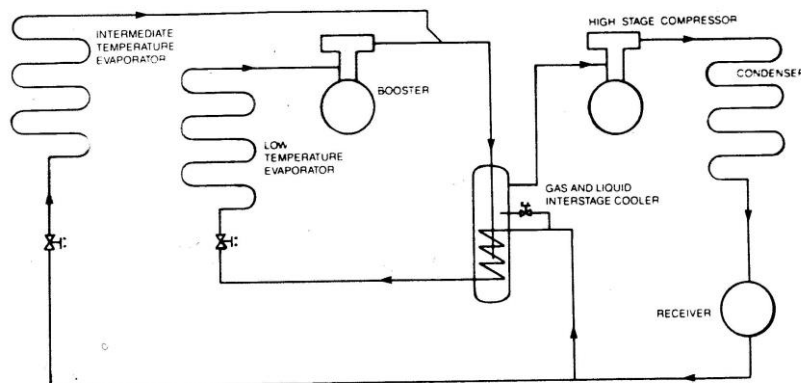


Fig. 2 Two-Stage Compound System with Side Load Evaporator at Intermediate Pressure

Figura 86

ESTIMACIÓN DE LA CARGA TÉRMICA EN REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Las aplicaciones típicas de Refrigeración Comercial, al contrario que las de Procesos Industriales, presentan un perfil de carga marcado por el Servicio en sí mismo. Al analizar la Carga se observa la baja incidencia del enfriamiento de los productos.

Estos servicios representan prácticamente el último eslabón de la “Cadena del FRIO”, antes de pasar al verdadero eslabón final: Los frigoríficos domésticos.

Todos los productos han sido Refrigerados o Congelados hasta su temperatura óptima en los centros productivos y así son mantenidos durante su transporte y en los centros Logísticos de Almacenaje y Distribución desde los cuales se abastecen los Centros de Venta al Público (Comercios Alimentarios Especializados, Supermercados, Autoservicios, Comercios de Conveniencia, etc.

Solamente algunos productos cárnicos sufren un procesado final en el punto de venta, consistente en el despiezado para su envasado en porciones, que puede acarrear un ligero calentamiento.

Este efecto se minimiza al estar convenientemente refrigeradas las salas en las que se llevan a cabo estos procesos.

Por el contrario, adquiere una gran importancia la carga denominada “de SERVICIO”, que incluye:

- 1-Calor aportado por el personal
 - 2-Calor aportado por la iluminación
 - 3-Calor aportado por maquinaria auxiliar (de envasado, etc.)
 - 4-Calor aportado por lavadores y esterilizadores de utensilios
 - 5-Calor aportado por maquinaria de transporte y elevación (Carretillas, Transpaletas eléctricas, etc.)
 - 6-Calor aportado por el aire infiltrado en la carga y descarga de productos
- A pesar de lo dicho anteriormente, se debe de tener en cuenta una capacidad mínima de enfriamiento del género, tanto en fresco como en congelado, equivalente a unos 5 ° C, como seguridad ante posibles retrasos en la carga permaneciendo en ambientes más cálidos.
- Finalmente se han de tener en cuenta la ganancia de calor por transmisión a través de los paramentos

Algunos de los puntos detallados anteriormente son difíciles de determinar con exactitud, pero también es cierto que existe una gran cantidad de experiencia acumulada, que utilizada con criterio permite obtener resultados satisfactorios.

1-Para determinar el calor aportado por el personal es recomendable considerar entre el 30 y el 40 % del tiempo que permanece abierto el comercio como tiempo de ocupación por al menos una persona, en concepto de carga, colocación y extracción de los productos. La Fig.86 indica la cantidad de Calor despreñida por el personal, según las condiciones del recinto frigorífico.

Todas las figuras de la 87 a la 94 están tomadas del ASHRAE Handbook-REFRIGERATION, edición de 2006, Capítulo 13

2006 ASHRAE Handbook—Refrigeration (SI)

Table 7 Heat Equivalent of Occupancy

Refrigerated Space Temperature, °C	Heat Equivalent/Person, W
10	210
5	240
0	270
-5	300
-10	330
-15	360
-20	390

Note: Heat equivalent may be estimated by Equation (10).

Figura 87

2-Para la iluminación se procede de la misma forma. La intensidad suele estar en unos 10 W/m².

3-Para la maquinaria auxiliar se ha de recabar la información adecuada al usuario, que ha de conocer qué equipos va a utilizar y qué potencia tienen. La Fig. 87 muestra la equivalencia térmica de los motores según su potencia.

Table 6 Heat Gain from Typical Electric Motors

Motor Rated, kW	Motor Type	Nominal rpm	Full Load Motor Efficiency, %	Location of Motor and Driven Equipment with Respect to Conditioned Space or Airstream		
				A	B	C
				Motor Driven Equipment in, W	Motor out, Driven Equipment in, W	Motor in, Driven Equipment out, W
0.04	Shaded pole	1500	35	105	35	70
0.06			35	170	59	110
0.09			35	264	94	173
0.12			35	340	117	223
0.19	Split phase	1750	54	346	188	158
0.25			56	439	246	194
0.37			60	621	372	249
0.56	3-Phase	1750	72	776	557	217
0.75			75	993	747	249
1.1			77	1453	1119	334
1.5			79	1887	1491	396
2.2			81	2763	2238	525
3.7			82	4541	3721	817
5.6			84	6651	5596	1066
7.5			85	8760	7178	1315
11.2			86	13 009	11 192	1820
14.9			87	17 140	14 913	2230
18.6			88	21 184	18 635	2545
22.4			89	25 110	22 370	2765
30			89	33 401	29 885	3690
37			89	41 900	37 210	4600
45	89	50 395	44 829	5538		
56	90	62 115	55 962	6210		
75	90	82 918	74 719	8290		
93	90	103 430	93 172	10 342		
110	91	123 060	111 925	11 075		
150	91	163 785	149 135	14 738		
190	91	204 805	186 346	18 430		

Figura 88

4-Se procederá Igualmente que en el punto 3 para estos utensilios, precisando la proporción de calor latente que desprenden (O consumo de agua vaporizada)

5-Para la maquinaria de transporte se considera el mismo tiempo que para el personal. La potencia depende de los tamaños, pero ante la duda es razonable considerar 5 Kw. por unidad

6-Para estimar el calor aportado por el aire de infiltración se ha de tener en consideración en primer lugar la cantidad de aire infiltrado

Este valor depende de lo siguiente.

-Tamaño y n^o de puertas

-Diferencia de Temperatura entre el recinto refrigerado y el exterior de la puerta.

-Tiempo de apertura de la puerta

-Elementos protectores auxiliares instalados (Cortinas de aire, Batientes, etc.)

A continuación, la Fig.88 sienta las bases para el cálculo de la Infiltración.

Infiltration by Air Exchange

Infiltration most commonly occurs because of air density differences between rooms (Figures 3 and 4). For a typical case where the air mass flowing in equals the air mass flowing out minus any condensed moisture, the room must be sealed except at the opening in question. If the cold room is not sealed, air may flow directly through the door (discussed in the following section).

Heat gain through doorways from air exchange is as follows:

$$q_t = qD_tD_f(1 - E) \quad (11)$$

where

q_t = average heat gain for the 24 h or other period, kW

q = sensible and latent refrigeration load for fully established flow, kW

D_t = doorway open-time factor

D_f = doorway flow factor

E = effectiveness of doorway protective device

Figura 89

La Fig. 90, muestra la fórmula a utilizar para calcula la velocidad.

Gosney and Olama (1975) developed the following air exchange equation for fully established flow:

$$q = 0.221A(h_i - h_r)\rho_r(1 - \rho_i/\rho_r)^{0.5}(gH)^{0.5}F_m \quad (12)$$

where

- q = sensible and latent refrigeration load, kW
- A = doorway area, m²
- h_i = enthalpy of infiltration air, kJ/kg
- h_r = enthalpy of refrigerated air, kJ/kg
- ρ_i = density of infiltration air, kg/m³
- ρ_r = density of refrigerated air, kg/m³
- g = gravitational constant = 9.81 m/s²
- H = doorway height, m
- F_m = density factor

Figura 90

Para que tengamos una idea más concreta y clara de lo que ocurre al abrir la puerta de paso de un recinto refrigerado a otro con temperatura más elevada se incluye la Fig. 91

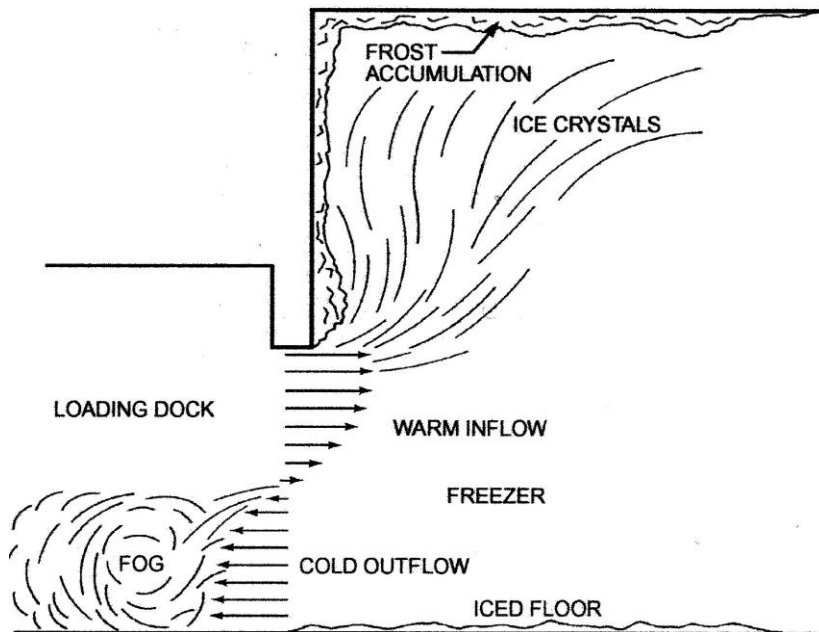


Fig. 3 Flowing Cold and Warm Air Masses for Typical Open Freezer Doors

Figura 91

La Fig. 92 muestra gráficamente la evolución en el diagrama sicrométrico del Aire de Infiltrado a través de la puerta de un congelador típico.

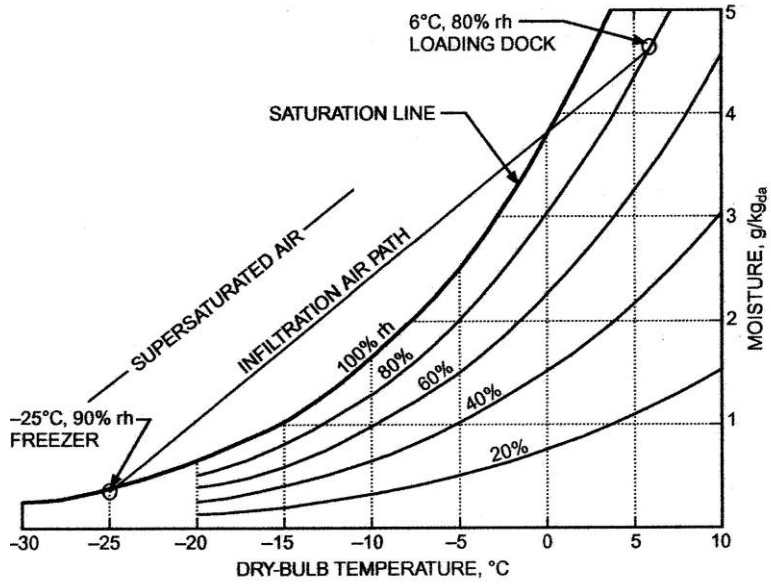


Fig. 4 Psychrometric Depiction of Air Exchange for Typical Freezer Doorway

Figura 92

La Fig. 93 indica la parte de Calor Sensible del aire infiltrado en función de la temperatura del aire y la del recinto frigorífico

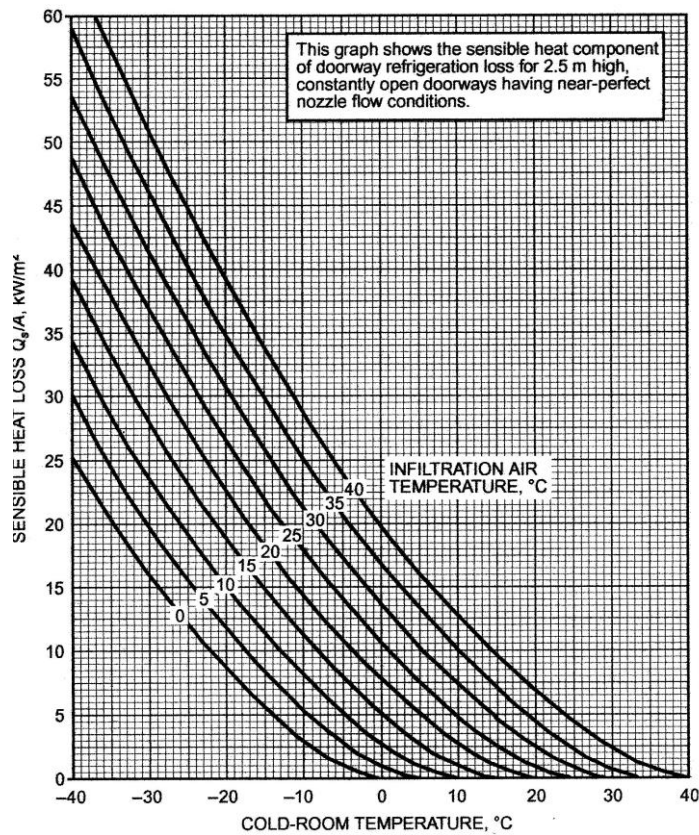


Fig. 5 Sensible Heat Gain by Air Exchange for Continuously Open Door with Fully Established Flow
Figura 93

A continuación, en la Fig. 94 se da la relación de Calor Sensible para el aire exterior infiltrado a los recintos frigoríficos.

Table 8 Sensible Heat Ratio R_s for Infiltration from Outdoors to Refrigerated Spaces

Outdoor Cond.		Cold Space at 90% rh Dry-Bulb Temperature, °C										
DB °C	WB rh, °C %	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	
30	19.7 30	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.77	0.87	—	
	21.8 40	0.71	0.69	0.68	0.66	0.65	0.63	0.63	0.64	0.68	0.83	
	23.9 50	0.66	0.64	0.62	0.60	0.59	0.57	0.56	0.55	0.56	0.62	
	25.8 60	0.62	0.60	0.58	0.56	0.54	0.52	0.50	0.48	0.48	0.49	
35	19.0 20	0.80	0.79	0.78	0.77	0.77	0.77	0.79	0.84	0.96	—	
	21.6 30	0.72	0.71	0.69	0.68	0.67	0.66	0.67	0.68	0.72	0.86	
	24.0 40	0.66	0.64	0.63	0.61	0.59	0.58	0.57	0.57	0.58	0.63	
	26.3 50	0.61	0.59	0.57	0.55	0.53	0.52	0.50	0.49	0.48	0.50	
40	20.7 20	0.76	0.75	0.74	0.73	0.72	0.72	0.73	0.75	0.82	0.98	
	23.6 30	0.68	0.66	0.65	0.63	0.62	0.61	0.60	0.61	0.62	0.68	
	26.2 40	0.61	0.59	0.58	0.56	0.54	0.53	0.52	0.51	0.50	0.52	
	28.6 50	0.55	0.54	0.52	0.50	0.48	0.47	0.45	0.43	0.42	0.42	

Figura 94

Es una buena práctica avalada por la experiencia tomar 25 segundos por cada “entrada-salida” en puertas mecanizadas y 1 minuto en las manuales.

Para evitar las dudas del usuario, se recomienda estimar las entradas y salidas en función del compromiso que se suele adquirir como movimiento de género para la cámara en cuestión y del método de carga y descarga utilizado, procurando llegar a un acuerdo mínimo proponiendo la siguiente pregunta: ¿Van a recibir la carga diaria o semanalmente? ¿En vehículos específicos: Trailer de 20 Tm., por ejemplo. ¿Es posible recibir más de uno en un mismo día y de uno o más proveedores?

¿Qué horario operativo tendrá el frigorífico?. ¿Cuántas carretillas eléctricas tendrán y de qué capacidad? ¿Utilizarán transpaletas manuales o eléctricas para sacar pequeñas cantidades de género y de qué capacidad en kg? ¿Cuánto esperan mover en salida a base de carretillas o transpaletas para pedidos grandes o pequeños?

Con esto se puede establecer la capacidad de enfriamiento que tendrán los equipos por cámara. Si son varias, el cliente no distribuirá la carga de un trailer en más de una cámara si no se trata de productos distintos, lo cual sabrá de antemano y si recibe más de un camión conocerá cuantos productos distintos vienen y cómo los distribuirá en las distintas cámaras.

Una vez conocido estos datos, es fácil deducir que si tiene que almacenar 20 Tm. de un producto y dispone de 1 carretilla para 1000 Kgs, no hará menos de 20



entradas y otras tantas salidas para este menester, que se pueden considerar como 120 minutos de apertura de puerta. (2 horas)

Y para computar el tiempo de permanencia, se pueden tomar 10 minutos x 20= 200 minutos (3-4 horas).

Si se prevé que esto sucederá dos veces por semana, y que se trabajan los sábados, podemos dar este capítulo por analizado y se ha de pasar a determinar como se sacan las 40 Tm. en 6 días operativos.

Par ello y suponiendo que es un almacén mayorista para suministro a una cadena de minoristas, se puede pensar que se despachen 200 transpaletas de 200 kgs. Ello llevará a una media de 30-40 entradas y otras tantas salidas que dan otros 200 minutos de apertura de puerta. (3 horas/día de media)

Por lo tanto, de lo anterior hemos deducido=

A: Que los días punta la puerta sufrirá una apertura de $2+3= 5$ horas.

B: Que los días punta la carretilla eléctrica permanecerá $3 \frac{1}{2}$ horas en el interior

C: Que el personal permanecerá en el interior no menos de $(1 \times 3 \frac{1}{2} \text{ horas}) + (2 \times 5 \text{ horas})$ es decir 2 personas durante 7 horas cada una, redondeando.

D: La iluminación estará conectada las mismas 7 horas)

En las Cámaras de Conservación de producto frío o congelado se considerará, (no obstante que el transporte es refrigerado), una reducción de temperatura de la carga del orden de 5 a 10 ° C para compensar posibles calentamientos en procesos no perfectos de carga y descarga, que dan lugar a desagradables sorpresas si no se tiene esa consideración. En las cámaras de conservación de hielo en cubitos dentro de la fábrica hay que tener en cuenta que aunque es cierto que el hielo va congelado al 100 %, su temperatura es de 0 ° C y ha de enfriarse hasta la temperatura de conservación, de -15 a -20 ° C.

Para determinar el calor de los ventiladores se puede hacer un cálculo preliminar con todos los parámetros conocidos y una vez sumados, elevarlos un 15 % y hacer un tanteo de selección del evaporador, comprobándose la potencia de ventiladores así como la potencia de los elementos calefactores que propone el fabricante para el desescarche eléctrico del modelo elegido, pasando a continuación a utilizar esos valores en los apartados correspondientes.

Por regla general los ventiladores se consideraran con un funcionamiento igual a los compresores: 16 / 18 horas en casos de conservación en fresco o congelado.

Para el calor residual del desescarche se tomará el 50 % del calor total en cada ciclo, considerando un mínimo de 4 ciclos al día de $\frac{1}{2}$ hora total. Es decir: $4 \times 0,5 \times 0,5 = 1\text{h}$ al día para la potencia total en kW de los calefactores de desescarche.

Si el desescarche es por gas caliente se puede reducir al 40 % en lugar del 50 % el calor perdido al recinto.

Para los muebles frigoríficos de todo tipo es imprescindible referirse a las recomendaciones o exigencias del fabricante, que previamente ha determinado una potencia frigorífica mínima a conectar para cada módulo en un conjunto de condiciones ambientales específicas y con una temperatura de evaporación determinada.

La figura 95, tomada del ASHRAE Handbook EQUIPMENT, edición de 1983 muestra los cambios de carga térmica en las Vitrinas Expositoras en función de las condiciones ambientales mantenidas en el local, señalando los límites que impedirían un buen funcionamiento si se sobrepasan.

Esto es debido a que los muebles normalizados están diseñados para trabajar dentro de esos límites para no sobrepasar la capacidad de los evaporadores, limitados por razones de espacio y de pura lógica: Es mucho más rentable climatizar el local que absorber su calor, pues la s condiciones operativas de los respectivos equipos así lo indican

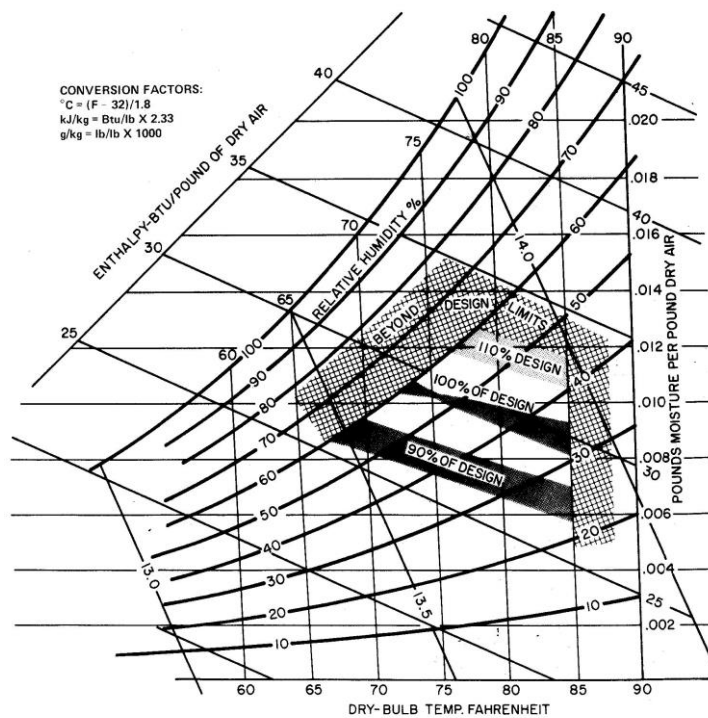


Fig. 1 Open Display Refrigerator Load Factors Superimposed on Psychrometric Chart^a

Figura 95

La figura 96 muestra las temperaturas mantenidas, típicamente en este tipo de Comercios Alimentarios según una encuesta realizada en 2.000 puntos en EE.UU. entre 1965 y 1967.

Table 1 Average Store Conditions^a

Season	Dry Bulb F (°C)	Wet Bulb F (°C)	Lb (g)	
			Moisture per Lb (kg) Dry Air	rh, %
Winter	69 (20.55)	54 (12.22)	0.0054 (5.4)	36
Spring	70 (21.11)	58 (14.44)	0.0079 (7.9)	50
Summer	71 (21.66)	61 (16.11)	0.0091 (9.1)	56
Fall	70 (21.11)	58 (14.44)	0.0079 (7.9)	50

^aStore Conditions Survey conducted by Commercial Refrigerator Manufacturers' Association from December 1965 through March 1967. Approximately 2000 store readings in all parts of the country, in all types of stores, during all months of the year reflected the above ambient store conditions.

Figura 96

¿QUÉ NOVEDADES NOS DEPARA LA REFRIGERACIÓN COMERCIAL?

En los últimos tiempos, a raíz de confirmarse el perjuicio causado a la atmósfera por las emisiones de CFC's y similares, estamos asistiendo a una verdadera revolución tecnológica, potenciada por los retos que imponen los nuevos fluidos Refrigerantes sustitutos de los CFC's y HCFC's.

Entre otras desventajas está el tema de un peor rendimiento energético que trae consigo un aumento del consumo.

Esto ha propiciado un desarrollo muy importante de nuevas filosofías de control que adapten el consumo a la capacidad real y reduzcan las pérdidas, así como la implantación de nuevos tipos de compresores que hace algún tiempo ya le están disputando el escenario a los Alternativos

Así, la Fig. 97 muestra una forma de realizar centrales frigoríficas para Supermercados y similares, basada en la utilización de compresores alternativos de capacidad escalonada, al estilo de lo que ya proponían en los años 50 algunos fabricantes (Fig.50)

De esta forma se regula la capacidad en mayor armonía con las necesidades variables a lo largo de la jornada, reduciéndose los consumos parasitarios

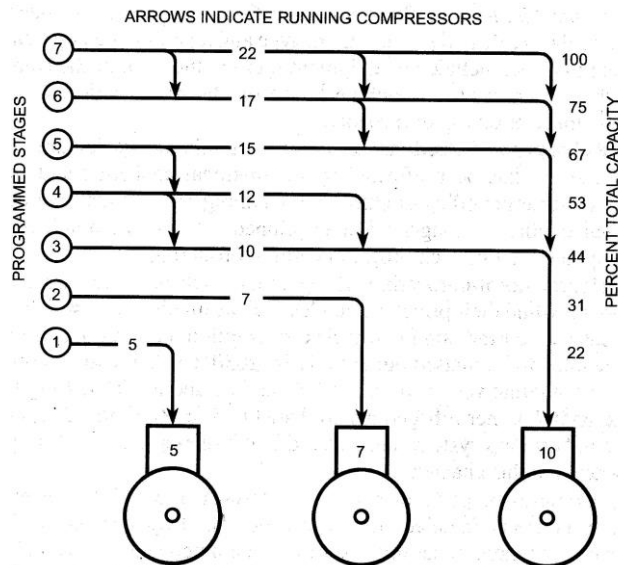


Fig. 23 Stages with Mixed Compressors

Figura 97

No obstante, los compresores alternativos, como ya se ha mencionado anteriormente no son muy eficaces al operar a Baja Temperatura en los circuitos de Conservación de Congelados, donde trabajan con temperaturas de evaporación inferiores a -25°C , empeorando la situación al utilizarse condensadores refrigerados por Aire, lo que supone condensar por encima de 45°C buena parte del año.

Esto queda reflejado en la tabla de la Fig.98

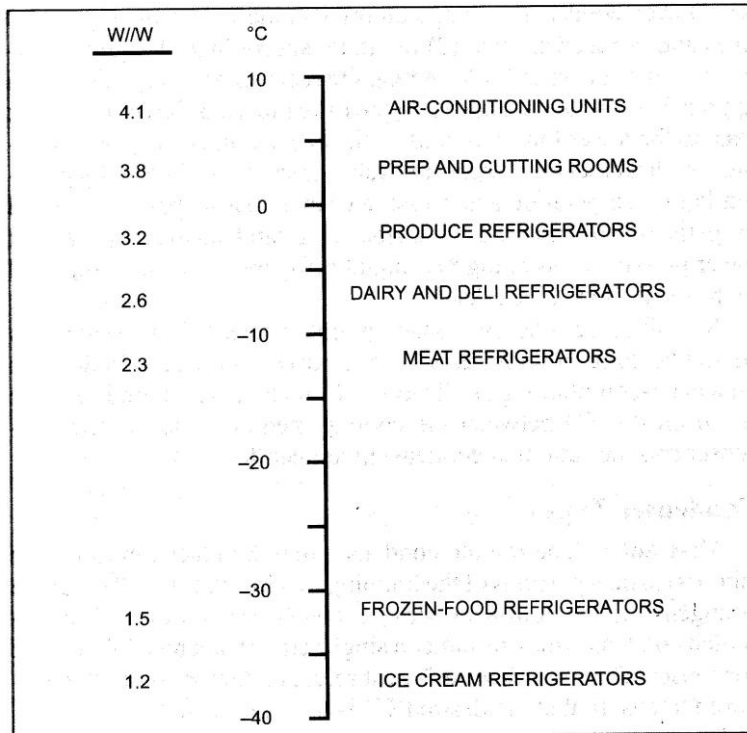


Fig. 24 Typical Single-Stage Compressor Efficiency

Figura 98

La primera opción para reducir el consumo específico, como ya se ha comentado anteriormente es utilizar el sistema de 2 etapas en 1 solo compresor (Compresor Compound) o en Booster (2 grupos de compresores separados para Baja y Alta)

Otras opciones adoptadas al calor de la disponibilidad de nuevos tipos de compresores son las de utilizar Compresores de Tornillo Sencillo (Fig.99), de Tornillos Gemelos (Fig.100), los cuales han visto ampliada su oferta, poniendo en el mercado tamaños medianos y pequeños adecuados para cubrir las necesidades de la Refrigeración Comercial, así como los SCROLL, de mas reciente aparición (Fig.101).

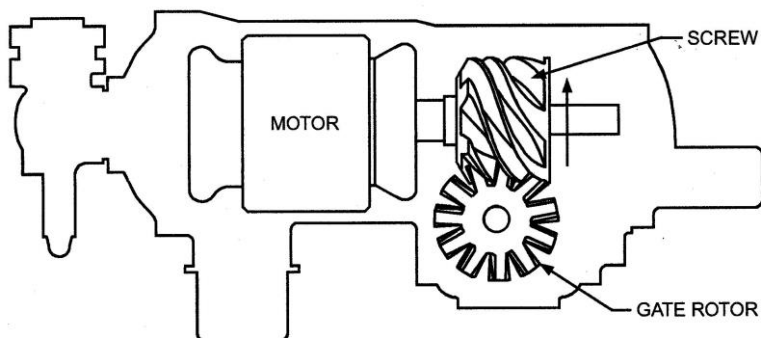
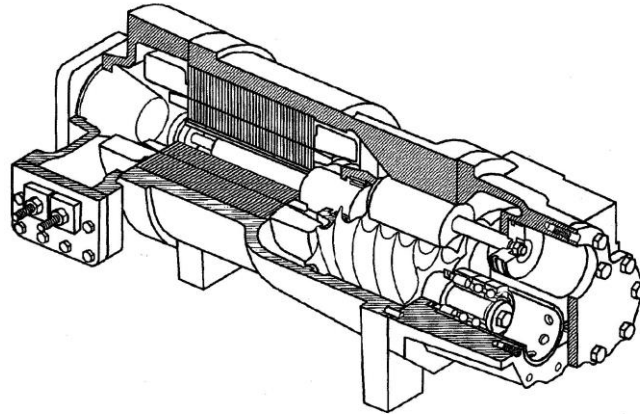


Fig. 28 Single-Gate-Rotor Semihermetic Single-Screw Compressor

Figura 99



**ig. 35 Semihermetic Twin-Screw Compressor with
Suction-Gas-Cooled Motor**
Figura 100

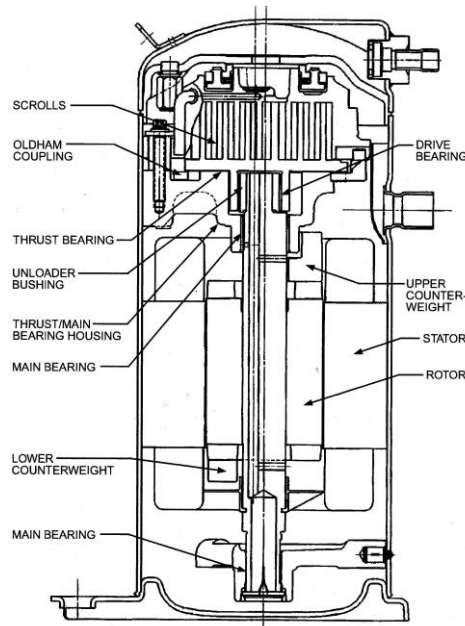


Fig. 40 Bearings and Other Components of Scroll Compressor
(Elsou et al. 1990)

Figura 101

Estos 3 tipos tienen la ventaja de poder trabajar con dos presiones de aspiración, mediante la inyección en un punto intermedio de su ciclo de Aspiración-Compresión del gas evaporado a más Alta presión, dando lugar al ciclo denominado “Economizador” (Fig.102) en el que el líquido a Alta Presión es subenfriado a la presión-temperatura intermedia sin elevación acusada de la demanda energética.

De esta forma el consumo específico se reduce, elevándose el C. O. P. sobre todo trabajando por debajo de -10°C .

En los compresores SCROLL este ciclo se denomina “VAPOR INJECTION” y sirve a la vez para controlar la temperatura de descarga.

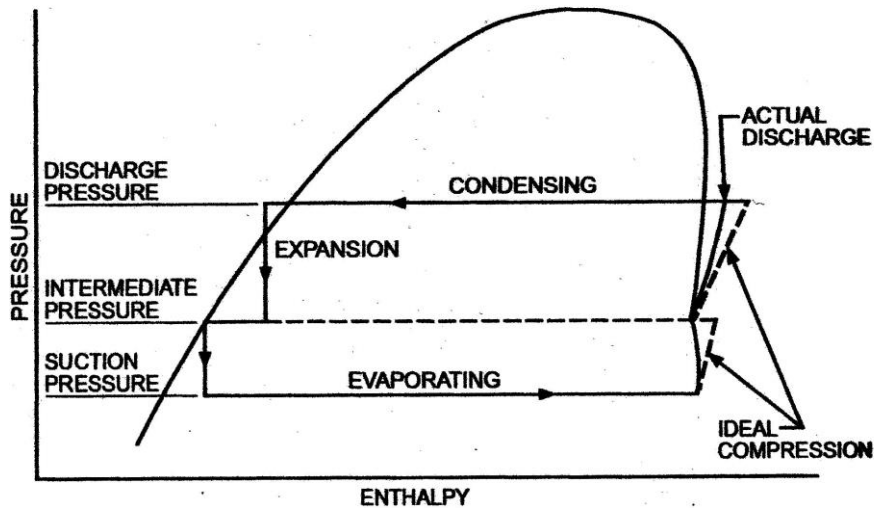


Fig. 19 Theoretical Economizer Cycle

Figura 102

Otra novedad es la adopción de controles electrónicos digitales programables para todas las funciones, como son alimentación de líquido al evaporador, control de la temperatura del servicio, optimización de los desescarches, regulación de la capacidad de los compresores, control del condensador, etc.

En estos dos apartados (Control de los compresores y del condensador) están cobrando importancia los Reguladores de Velocidad por Variación de Frecuencia (VFD's) que sirven como arrancadores progresivos y a la vez modulan la velocidad par adaptarse a la carga térmica real para lo cual pueden utilizar distintos principios y algoritmos, manteniendo una presión de aspiración fija o variable, los cuales tienen sus propias ventajas y limitaciones, haciendo necesario tener en consideración todas las variables del sistema a controlar antes de elegir la filosofía de control más apropiada y que optimice mejor el funcionamiento.



LOS REFRIGERANTES EN REFRIGERACIÓN COMERCIAL

Hemos conocido que en los años 30, el mayor fabricante de Equipos y Sistemas para REFRIGERACIÓN COMERCIAL y DOMÉSTICA, desarrolló un nuevo REFRIGERANTE, el R-12, en la búsqueda de un fluido Manejable, Estable, Seguro y rápidamente este fluido fue aceptado universalmente, llegando a reemplazar a todos los que se utilizaban hasta ese momento en Refrigeración Comercial: Amoniaco, Anhídrido Sulfuroso y Cloruro de Metilo

El amoniaco se resistió a desaparecer quedando relegado a las Aplicaciones Industriales.

Por motivos de PROTECCIÓN MEDIO-AMBIENTAL, estamos asistiendo a un resurgir del CO₂ (R-744) como fluido refrigerante, un vez que fue abandonado en los años 50 por sus elevadas presiones de trabajo, bajo punto crítico (+31 ° C) y mal C. O. P., como indican las tablas comparativas publicadas por A S R E en su Data Book DESIGN de 1953-54. (Fig. 103) tras aparecer los CFC's.

Table 1. Comparative Refrigerant Characteristics
Performance based on 5 F evaporation and 86 F condensation

Refrigerant	Chemical symbol	Molecular weight	Boiling temperature at 0 psig	Freezing temperature at 0 psig	Critical temperature	Critical pressure	Evaporator pressure at 5 F	Condensing pressure at 86 F	Ratio of compression at 86 F, 5 F	Net refrigerating effect of liquid 86 F, 5 F	Refrigerant circulated per ton	Liquid circulated per ton 86 F, 5 F	Specific volume of vapor 5 F	Compressor displacement per ton 86 F, 5 F	Horsepower per ton 86 F, 5 F	Coefficient of performance 86 F, 5 F	Temperature of compressor discharge F
			F	F					F								
Air		28.95	-318.0	-221.0	547.0	0	58.8	5.00	28.5	7.02							
Methane	CH ₄	16.03	-258.9	-297.0	115.8	673.0	†										
Freon-14	CF ₄	88.00	-198.2	-312.0	49.9	542.4	†										
Ethylene	C ₂ H ₄	28.03	-155.0	-272.0	48.8	731.8	399.8	†									
Ethane	C ₂ H ₆	30.04	-127.5	-278.0	90.1	708.3	221.3	2.86	58.6	3.41	342.9	0.53	1.82	1.953	2.41	122	
Nitrous Oxide	N ₂ O	46.01	-127.0	-128.0	96.5	1050.0	294.3	3.03	85.2	2.35	71.2	0.28	0.66	1.310	3.60		
Freon-13	CCl ₃ F	104.40	-114.5	-296.0	83.9	561.3	177.1	†									
Carbon Dioxide	CO ₂	44.00	-109.3	-69.9	87.8	1071.1	317.5	3.15	55.5	3.60	167.1	0.27	0.96	1.840	2.56	151	
Kulene-131	CF ₃ Br	148.93	-73.6	-226.0	153.5	587.0	63.2	3.36	29.3	6.82	123.8	0.38	2.63	1.030	4.25	124	
Propylene	C ₃ H ₆	42.08	-53.7	-301.0	196.5	667.2	37.0	3.51	173.0	1.16	61.5	2.61	3.03	1.046	4.51	108	
Propane	C ₃ H ₈	44.06	-44.2	-309.8	202.0	661.5	27.2	3.70	121.0	1.65	94.0	2.48	4.09	1.030	4.58	97	
Freon-22	CHClF ₂	86.48	-41.4	-256.0	204.8	716.0	28.3	4.06	69.3	2.89	68.0	1.25	3.60	1.011	4.66	131	
Ammonia	NH ₃	17.03	-28.0	-107.9	271.4	1657.0	19.6	4.94	474.4	0.422	19.6	8.15	3.44	0.989	4.76	210	
Carrene-7	†	99.29	-28.0	-254.0	221.1	631.0	16.4	4.12	61.1	3.27	79.3	1.52	4.97	1.022	4.61	105	
Freon-12	CCl ₂ F ₂	120.9	-21.6	-252.0	232.7	582.0	11.8	4.07	51.1	3.92	83.9	1.49	5.81	1.002	4.70	100	
Methyl Chloride	CH ₃ Cl	50.48	-10.8	-144.0	289.4	968.7	6.5	80.0	150.2	1.33	40.9	4.47	5.95	0.962	4.90	172	
Isobutane	C ₄ H ₁₀	58.12	10.3	-229.0	272.7	537.0	3.3*	44.8	4.54	111.5	1.79	91.0	6.41	11.50	1.083	4.36	80
Sulfur Dioxide	SO ₂	64.06	14.0	-103.9	314.8	1141.5	5.9*	51.8	5.63	141.4	1.41	26.6	6.42	9.09	0.968	4.87	191
Methylamine	CH ₃ N	31.05	20.3	-134.5	314.0	1082.0	9.9*	46.8	6.13	304.0	0.66	28.2	15.54	10.23	0.978	4.81	
Butane	C ₄ H ₁₀	58.12	31.3	-211.0	306.0	550.1	13.2*	26.9	5.07	128.6	1.56	75.9	9.98	15.52	0.953	4.95	88
Freon-114	C ₂ ClF ₄	170.93	38.4	-137.0	294.3	474.0	16.1*	22.0	5.42	43.1	4.64	89.2	4.22	19.59	1.015	4.64	86
Freon-21	CHClF	102.93	48.0	-211.0	353.3	750.0	19.2*	16.5	5.96	89.4	2.24	45.7	9.13	20.43	0.943	5.05	142
Ethyl Chloride	C ₂ H ₅ Cl	64.52	54.0	-217.7	369.0	764.0	20.5*	12.4	5.83	142.3	1.45	45.8	17.06	24.82	0.906	5.21	106
Ethylamine	C ₂ H ₅ N	45.06	61.8	-115.0	362.0	815.0	23.1*	10.0	7.40	225.5	0.89	349.0	32.32	28.67	0.855	5.52	
Freon-11	CCl ₃ F	137.38	74.7	-168.0	388.4	635.0	24.0*	3.6	6.24	67.5	2.96	56.0	12.27	36.32	0.927	5.09	112
Methyl Formate	C ₂ H ₄ O ₂	60.04	89.2	-147.5	418.0	607.0	26.3*	1.6*	7.74	189.2	1.06	29.9	48.25	51.00			
Ethyl Ether	C ₂ H ₅ O	74.08	94.3	-177.3	522.1	380.8	26.9*	4.9*	8.20	126.3	1.58	62.9	35.00	55.40	0.822	5.74	
Methylene Chloride	CH ₂ Cl ₂	84.93	105.2	-142.0	480.0	670.0	27.6*	9.5*	8.60	134.6	1.49	30.9	49.90	74.30	0.963	4.90	205
Freon-113	C ₂ Cl ₃ F	187.39	117.6	-31.0	417.4	495.0	27.9*	13.9*	8.02	53.7	3.73	66.5	27.04	100.76	0.960	4.92	86
Dichloroethylene	C ₂ H ₂ Cl ₂	96.93	118.0	-70.0	470.0	795.0	28.3*	15.8*	8.42	114.3	1.75	38.3	63.60	111.20	0.973	4.83	
Trichloroethylene	C ₂ HCl ₃	131.37	187.0	-124.3	520.0	728.0	29.6*	26.2*	11.65	91.7	2.18	41.6	229.40	502.00	0.980	4.82	
Water (40 F and 86 F)	H ₂ O	18.02	212.0	32.0	706.1	3226.0	29.7*	28.6*	5.06	1025.3	0.195	5.51	2444.40	476.70	1.125	4.10	282

* Inches of Mercury Vacuum.
† Azeotropic Mixture of Genetron-100 (CH₂CHF₂) and Freon-12 (CCl₂F₂).
‡ Above Critical.

Figura 103

La Fig. 104 representa el diagrama de trabajo para el CO₂, señalando los puntos clave: Punto Crítico, (+31 ° C), Punto Triple (-56,6 ° C) y Punto de Ebullición a Presión Atmosférica (-78,4 ° C)

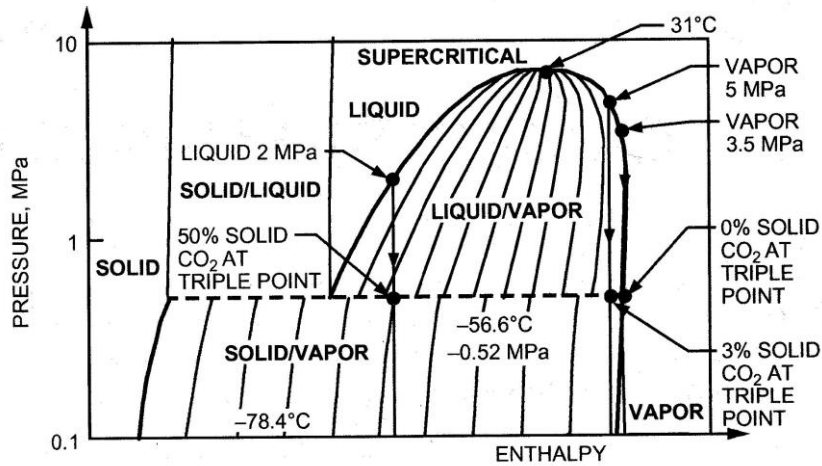


Fig. 1 CO₂ Expansion-Phase Changes
(Adapted from Vestergaard and Robinson 2003)

Figura 104

Tiene ventajas innegables desde el punto de vista ecológico y de seguridad toxicológica y ser no solamente in-inflamable, si no extintor de incendios, todo lo cual le hace un candidato de primera categoría para ser utilizado como fluido secundario volátil, y disipando el calor absorbido en los puntos de utilización en un ciclo cerrado en CASCADA utilizando cualquiera de los otros refrigerantes disponibles, (R-404^a/507, R-134^a) en el circuito primario (Fig. 105), reduciendo su carga al mínimo imprescindible, lo cual ya supone una reducción del impacto medioambiental en caso de fuga.

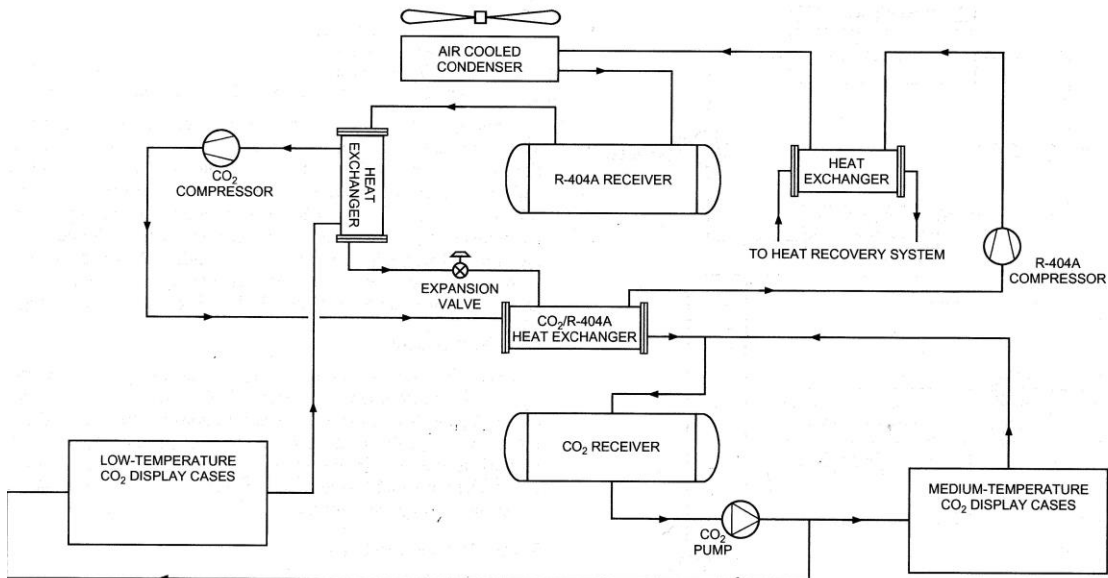


Fig. 7 Dual-Temperature Supermarket System: R-404A and CO₂ with Cascade Condenser

Figura 105

Otra posibilidad es la de utilizar Amoniaco como Refrigerante primario (Fig.106). Esta configuración ofrece serias ventajas sobre otras alternativas: Un buen C. O. P. en el circuito primario, y el hecho de que todo el sistema utiliza Refrigerantes Naturales, siendo esta la combinación con el GWP más bajo (0 para el R-717 y 1 para el R-744

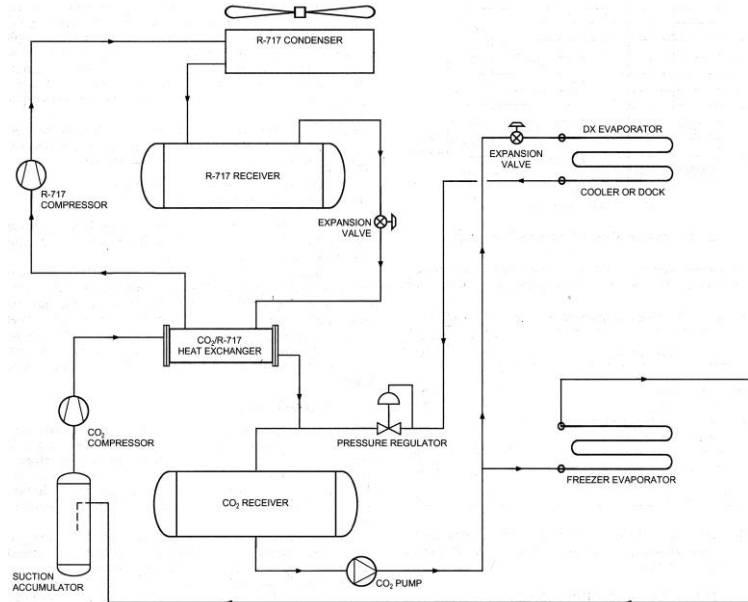


Fig. 8 Dual-Temperature Ammonia (R-717) Cascade System

Figura 106

En estos dos casos el funcionamiento es denominado sub-crítico, pues el CO2 se licua a presión inferior a la crítica al utilizar un circuito primario que absorbe el calor del CO2, mediante evaporación a Baja temperatura, $< -5^{\circ} \text{C}$.

Por el contrario, en las aplicaciones de menor tamaño (Maquinas Expendedoras de bebidas frías, helados, y similares) se ha optado por utilizar CO2 como refrigerante único. Estas aplicaciones funcionan en ciclo Trans-Crítico, al estar refrigerado por aire el condensador, y superar la temperatura de $+31^{\circ} \text{C}$.

En este caso el gas comprimido no se condensa, pues se sobrepasa el Punto Crítico y el condensador se convierte en un "Enfriador de Gas"

Si la temperatura de Evaporación es Baja (Como en el caso de Conservación de Congelados) es preciso operar en 2 etapas, como propone la Fig. 107. En este caso el gas aspirado procedente del Evaporador es comprimido pasando por un enfriador intermedio para ser aspirado por la 2ª Etapa del compresor. La descarga final pasa al Condensador. Este ciclo incluye un Intercambiador de calor Líquido de Alta / Aspiración de Baja que ayuda a mejorar el rendimiento y garantiza que no llegue líquido sin evaporar al compresor.

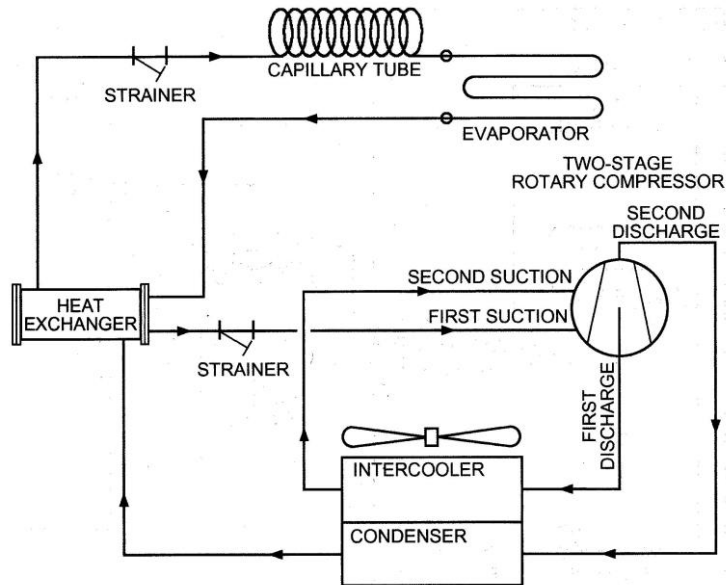


Fig. 3 Transcritical CO₂ Refrigeration Cycle in Appliances and Vending Machines

Figura 107

Un incentivo para la utilización del CO₂ reside en la posibilidad de aprovechar su elevada temperatura de descarga para recuperar el calor y producir Agua Caliente Sanitaria, Calefacción, o cualquier otra aplicación similar.

Esto, obviamente, es de aplicación real en los países Escandinavos, Alemania, y en general las localizaciones geográficas con temperaturas medias o bajas a lo largo del año, que permitan optimizar los consumos mediante el aprovechamiento del calor.

En países cálidos, localizados en zonas cálidas (España Italia, Sur de Francia, Magreb, y similares) se hace preciso el analizar exhaustivamente todas las alternativas, pues las posibilidades de recuperación energética en forma de CALOR son muy inferiores y eso impide la obtención de un C. O. P. aceptable que justifique el trabajar en régimen Trans-Crítico

En la actualidad podemos decir que se está viviendo un periodo de transición, acelerada en lo que cabe por la imperiosa necesidad de cumplir con la severa normativa para Protección Medioambiental que han desarrollado los países industrializados (C. E., EE. UU., Japón), llegando a aplicar elevados impuestos a los refrigerantes con un elevado GWP >300, con el fin de potenciar la obtención de soluciones a medio y largo plazo que ayuden a la sostenibilidad del planeta sin retrocesos en la calidad de vida obtenida hasta ahora.

En este momento todavía se están utilizando masivamente el R-404^a/R-507, el R-410 y el R-134^a. Al mismo tiempo, el R-744 está incrementando su cuota de mercado.



Otros candidatos, por razones principalmente ecológicas, son los hidrocarburos, (R-290, R-1270, R-600^a) los cuales, pese a su peligrosidad como fluidos altamente inflamables y explosivos, han encontrado una buena aceptación, sobre todo en los equipos auto-contenidos como Vitrinas, Conservadores de Helados, Armarios Frigoríficos, y similares, cuyos sistemas frigoríficos se han diseñado y construido específicamente para utilizar estos refrigerantes, reduciendo su carga a un punto que no represente grave peligro en caso de fuga o incendio, etc. Para aplicaciones de tamaño medio y grande (Supermercados y similares) se propone utilizar equipos compactos refrigerados por agua fría procedente de un Enfriador, que es el encargado de disipar al exterior el calor total de condensación.

También estamos asistiendo a la aparición de nuevos refrigerantes sintéticos con un bajo GWP (= 6), como el R-1234ze(E), que puede sustituir al R-134^a con ventaja.

RETORNO AL.....¿FUTURO?

Como en la famosa película de Ciencia ficción, al volver al Pasado, en un análisis retrospectivo nos sorprenderíamos al comprobar que prácticamente, todas estas “NOVEDADES” ya estaban en uso. Entonces, ¿Qué ha pasado? ¿Una “Paradoja Temporal”. No, ni mucho menos. Simplemente sucede que se ha cumplido algo que ya se comentó al comienzo: Un buen Análisis Crítico Retrospectivo ha permitido enlazar los “Avances” del pasado para tratar de actualizar algunas muy buenas ideas, utilizando los medios y materiales actualmente a nuestro alcance

En la 1ª Edición del A. S. R. E. Refrigerating Data Book de 1932 ya se da fé de la utilización de prácticamente todos y cada uno de los sistemas que acabamos de comentar:

La Fig. 108 describe gráficamente la construcción del Compresor de Aspiración Dual, con dos Aspiraciones, en versión Vertical y Horizontal, precursor del Sistema “Economizador”, que introduce gas a una Presión Intermedia.

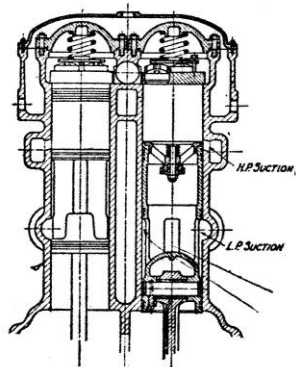


Fig. 10. Section, Vertical Dual-Effect Compressor

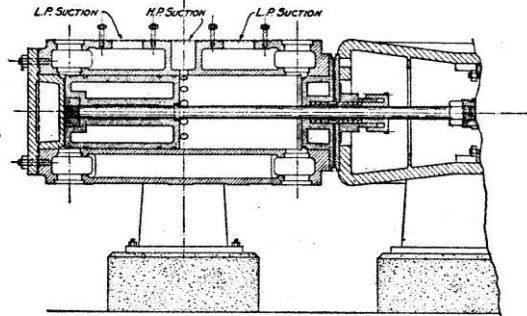


Fig. 11. Section, Horizontal Dual-Effect Compressor

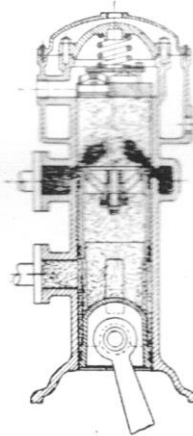
Figura 108

La Fig. 109 muestra una de las aplicaciones más populares para estos compresores en esa época: Fábricas de hielo. En esta aplicación la Aspiración principal se conecta al Evaporador y la Aspiración a Presión Intermedia da servicio a un pre-enfriador de agua, de forma que el agua cede prácticamente todo el calor sensible a un circuito que evapora a una presión más elevada que la principal, con el consiguiente ahorro energético.

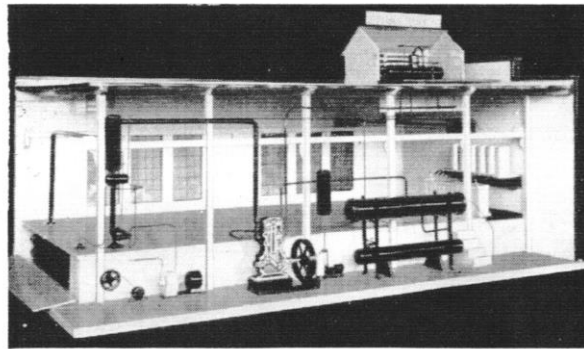
Este sistema (Al igual que en los compresores de tornillo) permite elevar la masa de refrigerante circulada por el compresor al entrar gas con presión mayor que la reinante en el punto de entrada, y como el trabajo de compresión es menor para esta porción del recorrido, el rendimiento aumenta.

Dual Pressure Ice Plants

Equipped to precool water and liquid ammonia at high suction pressure. High-suction gas enters cylinders of dual effect compressor at bottom of stroke, compressing low-suction gas from ice tank evaporator and saving horsepower. See cross-section view opposite. Or, a separate machine may handle the high suction gas.



Bulletin No. 167



Model Dual Pressure Ice Plant Showing Water and Liquid Precoolers in Penthouse

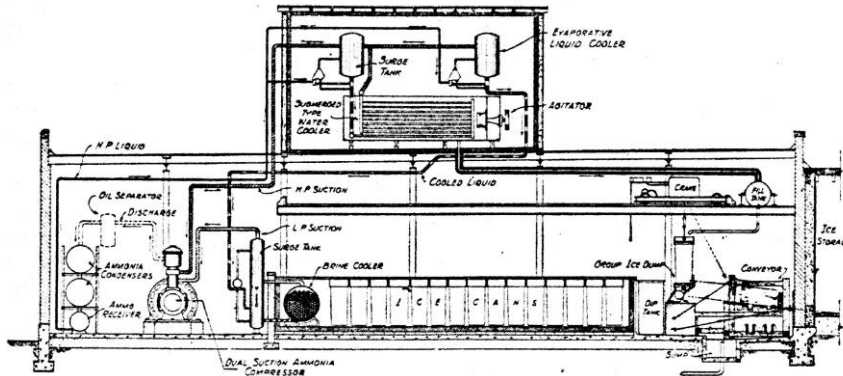


Fig. 35. Section of
Dual-Pressure Ice Plant
(Multiple Effect Com-
pressors)

Figura 109

Igualmente, describe los ciclos utilizando CO₂ a los que nos acabamos de referir, como se muestra en la Fig. 110.

El R-744 fue utilizado en los incipientes sistemas de Congelación Rápida recién desarrollados basados en los desarrollos de Clarence Birdseye, en competencia con los sistemas Booster de dos etapas con Amoniaco que comenzaron a utilizarse poco mas o menos en la misma época

Fig. 23. CO₂ Low Temperature System with Ammonia or Brine Cooled CO₂ Condenser

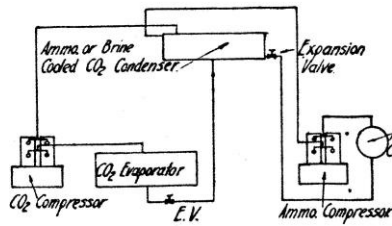


Fig. 24. Ammonia Two-Stage Compression Cycle

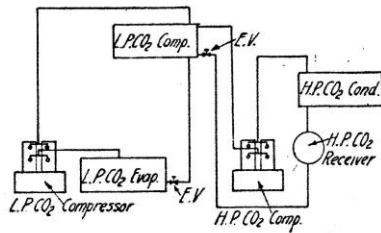
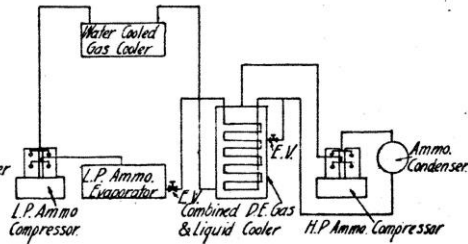


Fig. 25 (Below). CO₂ Two-Stage Compression Cycle

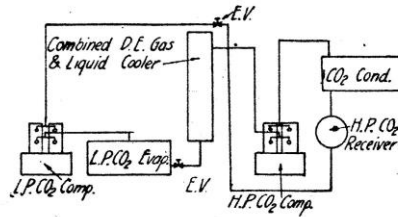


Fig. 26 (Below). CO₂ Two-Stage Compression Cycle

Figura 110

La Fig. 111 detalla una instalación típica de CO₂ refrigerado y condensado en cascada por Amoniaco. Las Fig. 112 y 113 muestran dos compresores diseñados específicamente para utilizar CO₂, tanto en 1 etapa, (trabajando en ciclo trans-crítico cuando el agua refrigerante del condensador no permita bajar a los 31 ° C) como en Cascada.

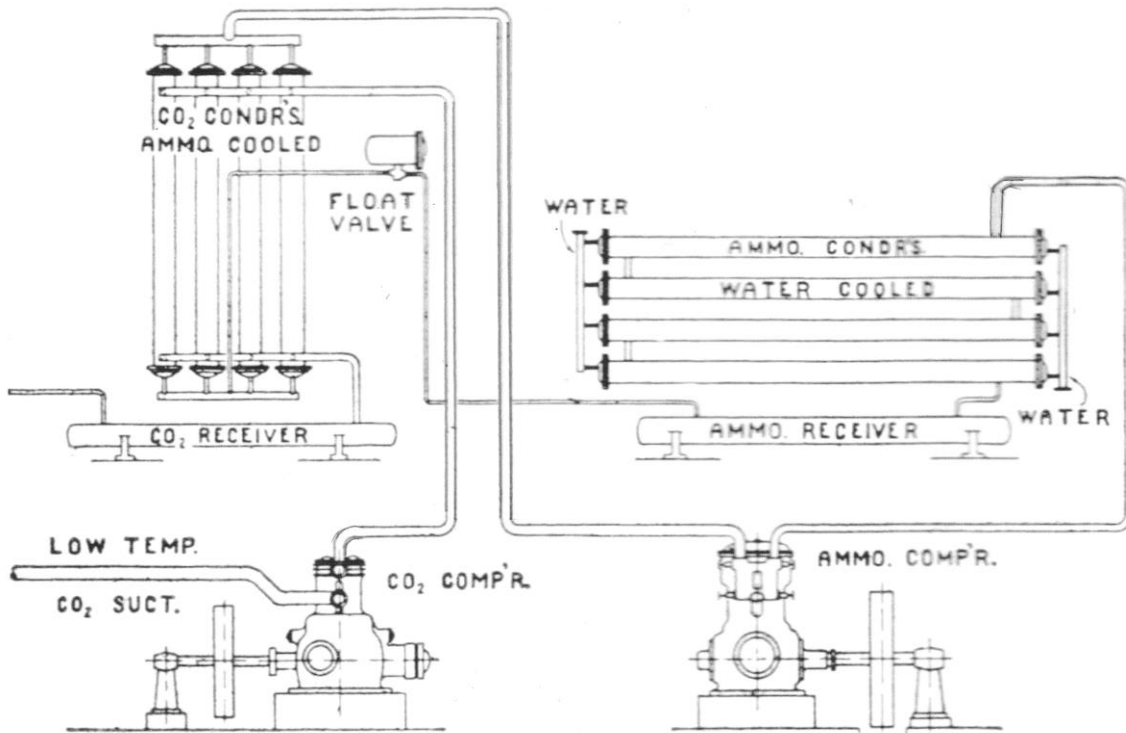
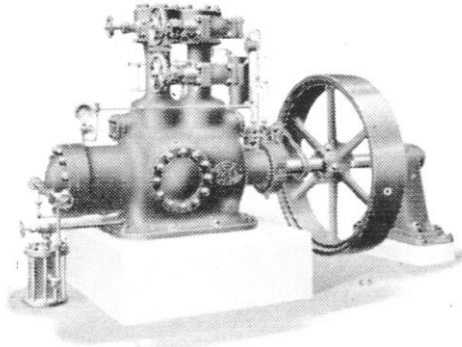


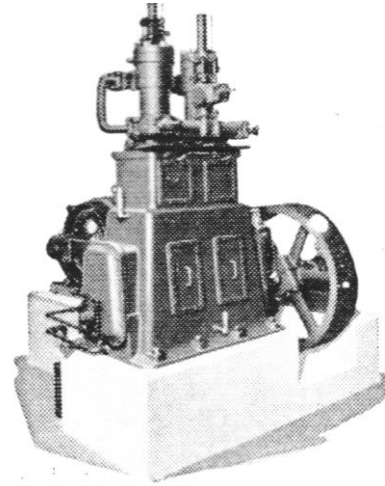
Figura 111

Frick Carbon Dioxide Compressors



Enclosed Type CO₂
Compressor

Figura 112



*Kroeschell Carbon-Dioxide
Compressor—Vertical Type*

Figura 113

Y en el A. S. R. E. Refrigerating Data Book de 1942, se describe el funcionamiento de un equipo frigorífico que no solamente utiliza Propano comp. Refrigerante, si no que además lo utiliza como combustible para el motor de accionamiento del compresor, en un ciclo combinado. La figura 114 muestra la combinación de válvulas de expansión y carburador, control de nivel, etc.

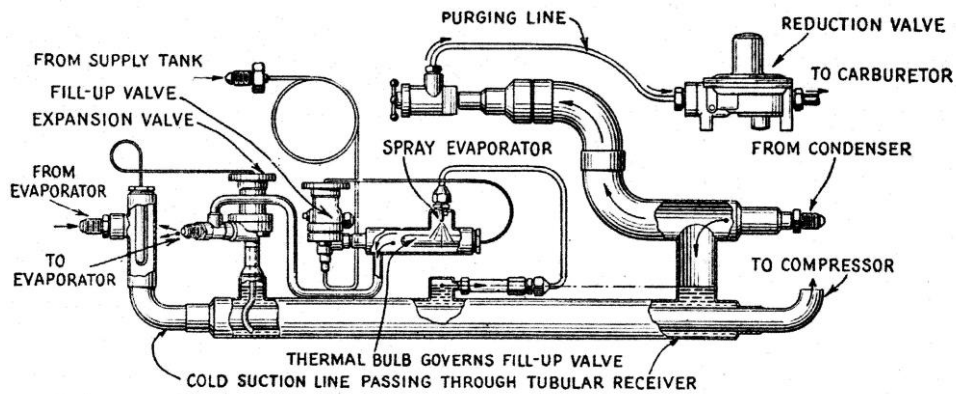


Fig. 31. Propane Unit Equipment

Figura 114

COLOFÓN

La preocupante Situación Energética y Medioambiental a nivel mundial precisa de la máxima dedicación de la Comunidad Técnica en general y de la Frigorífica en particular a la búsqueda de soluciones que reduzcan la demanda energética y el impacto medioambiental a un nivel aceptable y sostenible.

El A. S. H. R. A. E. HANDBOOK “REFRIGERATION” de 2010 lo deja claro en su capítulo 15, “RETAIL FOOD STORE REFRIGERATION AND EQUIPMENT”:

Sólo en EE.UU., más de 200.000 supermercados y similares utilizan sus equipos de Refrigeración 24 horas al día, durante todo el año para preservar sus productos, representando su consumo energético el 2,3 % de TODA la electricidad consumida por TODOS los edificios comerciales, representando el consumo de la REFRIGERACIÓN el 50 % del consumo total del Supermercado. El consumo anual oscila entre 1650 MJ/m² para los supermercados de menor tamaño y “Comercios de Proximidad” (“Convenience Stores”) y 2710 MJ/m² para los Hipermercados de mayor tamaño y con más horas de funcionamiento anual.

A. S. H. R. A. E. , tanto ahora, como desde el principio, y mirando al futuro, se presenta como la Plataforma idónea para encauzar y aglutinar los esfuerzos individuales y lograr los resultados positivos que precisamos para evitar que la situación empeore y así, poder invertir la tendencia, recuperando una calidad de vida adecuada.

Para ello, reconociendo los retos actuales a los que nos enfrentamos, precisamos conservar revigorizado si es posible, el espíritu de los pioneros que con sus esfuerzos abrieron el camino y todavía, hoy, nos iluminan con sus obras y experiencias.

Muchas Gracias Por Su Atención

---ooOoo---