



D-9526

T
621.56
S 727



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica



“DISEÑO, SELECCION E INSTALACION DE UN BANCO DE REFRIGERACION DE COMPRESORES EN PARALELO PARA UN SISTEMA DE EVAPORADORES MULTIPLES DE EXPANSION DIRECTA”

INFORME TECNICO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:
Ernesto Sáenz Merchán

Guayaquil - Ecuador

1989

A G R A D E C I M I E N T O

Al INGENIERO ERNESTO MARTINEZ,
Director de tesis, por su
constante presencia en el apoyo a
la realización de este trabajo.

DEDICATORIA

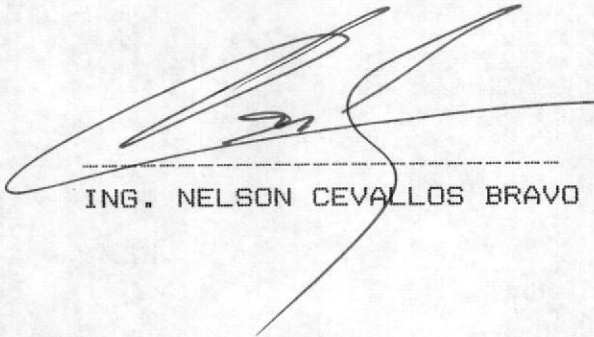
A MIS HIJAS
ADRIANA LORENA Y
ELSIE ALEXANDRA

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en este informe técnico, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL."



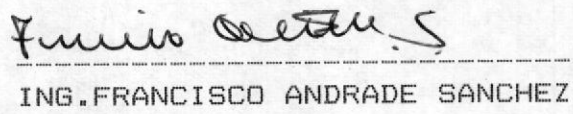
ERNESTO SAENZ MERCHAN



ING. NELSON CEVALLOS BRAVO



ING. ERNESTO MARTINEZ LOZANO



ING. FRANCISCO ANDRADE SANCHEZ



BIBLIOTECA

RESUMEN

El objetivo primordial de este informe es el de detallar en forma concisa el diseño e instalación de un sistema central de refrigeración de temperatura mediana que alimente tanto a mostradores frigoríficos de exposición al público con productos variados, pero cuyas temperaturas estén dentro de un término medio similar, así como a una bodega refrigerada para el mantenimiento de estos mismos productos en tránsito.

Se considerarán varios factores para la selección de estos equipos, los cuales deben concordar en el orden económico tanto el costo inicial como los costos de instalación y mantenimiento.

Se tomará en cuenta la realidad física del local, relacionándola con los requerimientos técnicos de los equipos, así como con las necesidades propias de ubicación de los refrigeradores en un auto-servicio, en el cual se deben observar prioritariamente la comercialización y el servicio al cliente.

Una vez cumplidas estas condiciones, se procederá al

cálculo de carga de los equipos, considerando los grupos de refrigeradores necesarios según el producto que contengan y su temperatura, y las cargas de cada uno, para de esta forma reunir las todas y calcular la carga total del sistema. Todos estos datos se van acumulando para el seleccionamiento final del equipo en cuestión. El equipo escogido será descrito en su totalidad, concordando sus especificaciones y funcionamiento con las requeridas del caso.

A continuación se describirá el procedimiento seguido para la instalación en sitio de los equipos, además de las protecciones utilizadas para los mismos durante la instalación, así como las que se instalaron como parte esencial para el funcionamiento de los mismos.

Se darán las especificaciones necesarias requeridas para la instalación eléctrica en general.

Finalmente se describirá el procedimiento utilizado para la puesta en marcha del sistema, con las especificaciones para la regulación de los controles eléctricos y mecánicos, las pruebas en vacío, el método utilizado para carga y puesta en marcha, y el control que se siguió posteriormente a la

puesta en marcha, lo que incluirá las mediciones tomadas, tiempos de las inspecciones y cambio de elementos varios.

Se dará, finalmente, una breve reseña de los resultados y comentarios sobre las ventajas y desventajas del sistema instalado.

Se adjuntará un grupo de tablas y gráficos utilizados durante las distintas etapas del proceso aquí narrado, junto con una lista de referencias bibliográficas utilizadas.



BIBLIOTECA

I N D I C E G E N E R A L

	pag.
RESUMEN.....	VI
INDICE GENREAL.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	XIV
ANTECEDENTES.....	XV
I.-DISEÑO DEL SISTEMA.....	17
1.1.-Descripción de las necesidades y de las condiciones	
1.1.1.- Condiciones de ubicación de los equipos	
1.1.2.- Ubicación y distribución de los sistemas	
1.1.3.- Condiciones de trabajo de cada refrigerador	
1.2.- Cálculo de carga	
1.2.1.- Carga de cada refrigerador	
1.2.2.- Carga total del equipo	
1.2.3.- Dimensionamiento de las tuberías	
II.- SELECCION DEL EQUIPO.....	36
2.1.- Descripción de un sistema básico de refrigeración	
2.2.- Descripción del equipo instalado	
2.2.1.- Circuito de refrigeración	
2.2.2.- Circuito de descongelamiento	
2.2.3.- Circuito de condensación	
2.2.4.- Circuito de lubricación	
2.3.- Descripción de los sistemas de control y de seguridad	
2.3.1.- Controles de presión	
2.3.2.- Controles de temperatura	
2.3.3.- Controles de seguridad	
III.- DESCRIPCION DE LA INSTALACION.....	53
3.1.- Distribución del trabajo	
3.2.- Puesta en sitio de los equipos	
3.3.- Construcción e instalación de las estructuras de apoyo y anclajes para equipos y tuberías	

3.4.-	Instalación de las tuberías	
3.4.1.-	Métodos y materiales utilizados en la soldadura	
3.4.2.-	Condiciones de instalación y accesorios	
3.4.3.-	Pruebas de presión y escapes	
3.4.4.-	Limpieza y carga del sistema	
3.5.-	Aislamiento y protección de las tuberías	
3.6.-	Instalación de accesorios varios del sistema	
IV.-	INSTALACION ELECTRICA.....	81
4.1.-	Instalación de acometida	
4.2.-	Instalación eléctrica de control	
4.3.-	Accesorios de protección	
V.-	PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA.....	90
5.1.-	Pruebas en vacío	
5.2.-	Regulación de los controles	
5.3.-	Carga y arranque paso a paso del sistema	
5.4.-	Puesta en marcha y control del sistema	
	CONCLUSIONES Y COMENTARIOS.....	103
	TABLAS.....	106
	BIBLIOGRAFIA.....	113

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
GRAFICO I - Plano general de la obra.....	21
FIGURA 1.- Requerimientos mínimos de espacios libres para circulación.....	22
FIGURA 2.- Requerimientos eléctricos de espacios libres.....	23
FIGURA 3.- Distancia vertical mínima entre los compresores y el condensador.....	24
FIGURA 4.- Varios tipos de mostradores utilizados.....	26
FIGURA 5.- Clasificación de productos por mostrador.....	27
FIGURA 6.- Sistemas alimentados por el banco de compresores.....	28
FIGURA 7.- Capacidades unitarias de los mostradores.....	32
FIGURA 8.- Cargas totales de los sistemas.....	34
FIGURA 9.- Dimensionamiento de las tuberías.....	35
FIGURA 10.- Esquema típico de refrigeración.....	38
FIGURA 11.- Esquema de la distribución de tuberías y flujo del sistema instalado.....	40
FIGURA 12.- Ciclo de refrigeración del sistema instalado.....	42
FIGURA 13.- Ciclo de descongelamiento del sistema instalado.....	45
FIGURA 14.- Ciclo de condensación del sistema instalado.....	47
FIGURA 15.- Circuito de lubricación del sistema instalado.....	49

FIGURA 16.- Diagrama de flujo cronológico- secuencial de la instalación.....	54
FIGURA 17.- Condensador.....	58
FIGURA 18.- Banco de Compresores.....	58
FIGURA 19.- Mostrador refrigerado- sección de carnes.....	59
FIGURA 20.- Interior de la cámara- evaporador y sistema de rieles.....	59
FIGURA 21.- Mostrador refrigerado- sección de legumbres.....	60
FIGURA 22.- Mostrador refrigerado- sección de lácteos.....	60
FIGURA 23.- Tipos de anclajes y soportes de las tuberías de refrigeración.....	62
FIGURA 24.- Detalle de anclaje de las tuberías.....	63
FIGURA 25.- Detalle de anclaje de las tuberías.....	63
FIGURA 26.- Detalle de anclaje de las tuberías.....	64
FIGURA 27.- Detalle de anclaje de las tuberías.....	64
FIGURA 28.- Detalle de anclaje de las tuberías.....	65
FIGURA 29.- Detalle de instalación de tuberías.....	69
FIGURA 30.- Procedimiento de suelda.....	70
FIGURA 31.- Derivaciones a los refrigeradores.....	71
FIGURA 32.- Tubería empotrada en el piso.....	73
FIGURA 33.- Alarmas y relés- función específica.....	88
FIGURA 34.- Idem Figura 33.....	89
FIGURA 35.- Ajustes a controles de baja.....	94

pag.

FIGURA 36.- Ajustes a controles de lubricación.....	94
FIGURA 37.- Ajustes del recuperador de calor.....	95
FIGURA 38.- Ajustes de los controles del condensador.....	95
FIGURA 39.- Ajustes a las válvulas reguladoras de presión de succión.....	96
FIGURA 40.- Ajustes al temporizador de descongelamientos.....	97

INDICE DE TABLAS Y GRAFICOS

	pag.
TABLA I - Condiciones de almacenamiento y propiedades de productos alimenticios.....	106
TABLA II - Tabla de cálculo para cámaras frigoríficas.....	108
TABLA III - Cargas específicas de productos.....	109
TABLA IV - Tablas para dimensionamiento de líneas de descarga.....	110
TABLA V - Tabla para dimensionamiento de líneas de succión.....	111
TABLA VI - Tabla para dimensionamiento de líneas de líquido.....	112

A N T E C E D E N T E S

En el departamento de instalaciones y mantenimiento general de los equipos de refrigeración de una gran cadena de almacenes de auto-servicio, es mia la responsabilidad de la selección, diseño e instalación del equipo necesario para mantener en condiciones para el consumo humano los productos alimenticios que allí se almacenan y se expenden.

En esta labor es necesario considerar factores tales como: tipo de producto, forma y tiempo de almacenamiento permitido, temperaturas y condiciones de humedad del medio ambiente donde se almacenan, etc., así como factores como el tipo de iluminación que se les dé. Todos estos factores influirán en la calidad de higiene y presentación para la venta al público, lo cual es el objetivo final de la empresa.

La instalación objeto de este informe se realizó una de las sucursales de la cadena ubicada en un centro comercial de gran movimiento. En el almacén existen además otros equipos de refrigeración para los productos de baja temperatura, que fueron igualmente instalados por nuestro equipo pero no son objeto de este informe.

El caso que nos ocupa en este informe concierne a la instalación de un banco de refrigeración que alimente a un grupo de evaporadores para distintos productos ya sea en expositores refrigerados o en bodegas frigoríficas de similares temperaturas.

Es evidente que el principal factor para la selección de cualquier equipo es fundamentalmente económico, pero se consideran también otros factores que relacionan el funcionamiento y versatilidad que ofrezca el equipo. Pero al final, lo que definirá el proyecto será el costo que resulte de comparar el costo inicial del equipo y su instalación, con lo que costará su mantenimiento posterior tanto en mano de obra calificada como en materiales y repuestos.

Se tomó la decisión de instalar un sistema de compresores en paralelo por las ventajas que ofrecía en factores de economía y rendimiento y cuyos resultados forman parte de este informe.

C A P I T U L O I

DISEÑO DEL SISTEMA



BIBLIOTECA

1.1.- DESCRIPCIÓN DE LAS NECESIDADES Y DE LAS CONDICIONES

1.1.1.- Condiciones de ubicación de los equipos.

En un almacén de auto-servicio como del que hablamos, calculado para una gran cantidad de público, donde el área de venta pasa de dos mil metros cuadrados por planta, es preciso planificar la ubicación de los equipos cuidadosamente. Esto es, cumpliendo con los requisitos básicos de ingeniería, y además con los de la estética, comodidad y funcionabilidad necesarias para este tipo de comercio. No siempre existe compatibilidad entre todas estas condiciones y estos casos siempre deben resolverse con criterio técnico.

Se necesitó ubicar una sala de máquinas para los compresores y los tableros eléctricos de control y acometida para estos equipos, y un área cercana para ubicar el condensador remoto. Estas áreas deben cumplir con los siguientes requisitos:

- La sala de máquinas debe tener una buena ventilación. Esta puede ser natural, si es abierta y se localiza estratégicamente respecto al viento. Si es una habitación cerrada, la ventilación deberá ser forzada. En cualquier caso se debe cumplir con un factor de ventilación mínimo de $2.83 \frac{m^3}{min}$. (100 cfm) por caballo de compresor instalado a una velocidad mínima de 182.88 m/min. (600 fpm) en la entrada, en el caso de la ventilación forzada, asegurando siempre que el flujo atraviere el área de los compresores.

- La ubicación debe preveer espacio adecuado para la circulación del personal técnico y para cualquier reparación que se deba hacer a los equipos.

- Los compresores se deben instalar sobre una superficie correctamente nivelada, la cual debe estar provista del drenaje adecuado.

- Los tableros eléctricos deben estar al alcance y ser de fácil desconexión en el caso de emergencias.

- Se utilizó básicamente el código americano para instalaciones eléctricas (NEC). Estas regulaciones nos recomiendan un mínimo de 107 cm. (47 pulg.) de separación desde los tableros eléctricos a cualquier equipo o artefacto que sea de naturaleza conductiva.
- Se debe instalar al alcance un extintor de incendios ocasionados por chispa eléctrica.
- La sala de máquinas debe tener un mínimo de 2.80 m.(9'-2 1/4") de altura libre de piso a techo.
- El condensador remoto se debe ubicar como mínimo a 2.50 m.(8'-2 7/16") sobre el nivel de la sala de máquinas. Debe estar en capacidad de recibir aire en flujo vertical sin obstrucciones. Se recomienda un mínimo de .90 m.(3') de separación a cualquier pared, equipo u otro tipo de parapeto o construcción.

Las figuras 1, 2 y 3 nos muestran las distancias mínimas para la ubicación de estos equipos recomendadas por el fabricante.

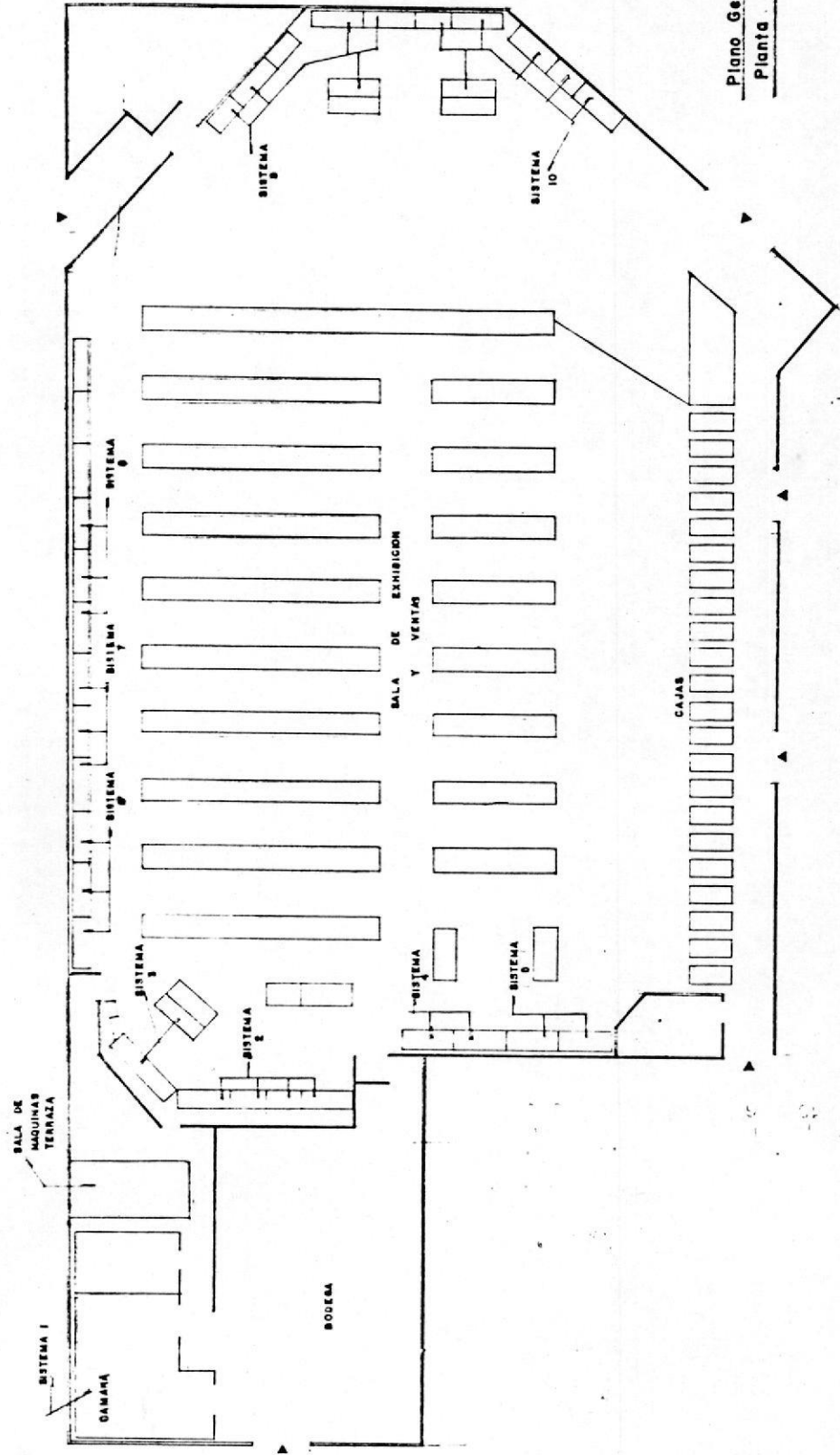


Para construir el almacén, se trabajó en el diseño de ubicación desde la planificación arquitectónica original del local, por lo que se pudo satisfacer en su mayoría los factores involucrados en este aspecto. El plano general del almacén, en el siguiente GRAFICO I, de la planta podemos observar las ubicaciones de los equipos y demás instalaciones del almacén.

1.1.2.- Ubicación y distribución de los sistemas.

La ubicación de los sistemas o refrigeradores concierne a un aspecto mas bien comercial y de estética, ya que estamos hablando de los expositores de productos refrigerados.

La técnica de ubicación de estos mostradores es el resultado de conceptos adquiridos de la experiencia y el sentido común. Estos conceptos pueden variar de un local a otro, según su diferente arquitectura, ambiente social o costumbres del lugar. Sólo se observa rigidez en lo que concierne al área de procesamiento de carnes, que es donde se encuentran las cámaras frigoríficas. En esta área



Plano General
 Planta 1:500

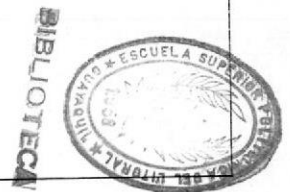
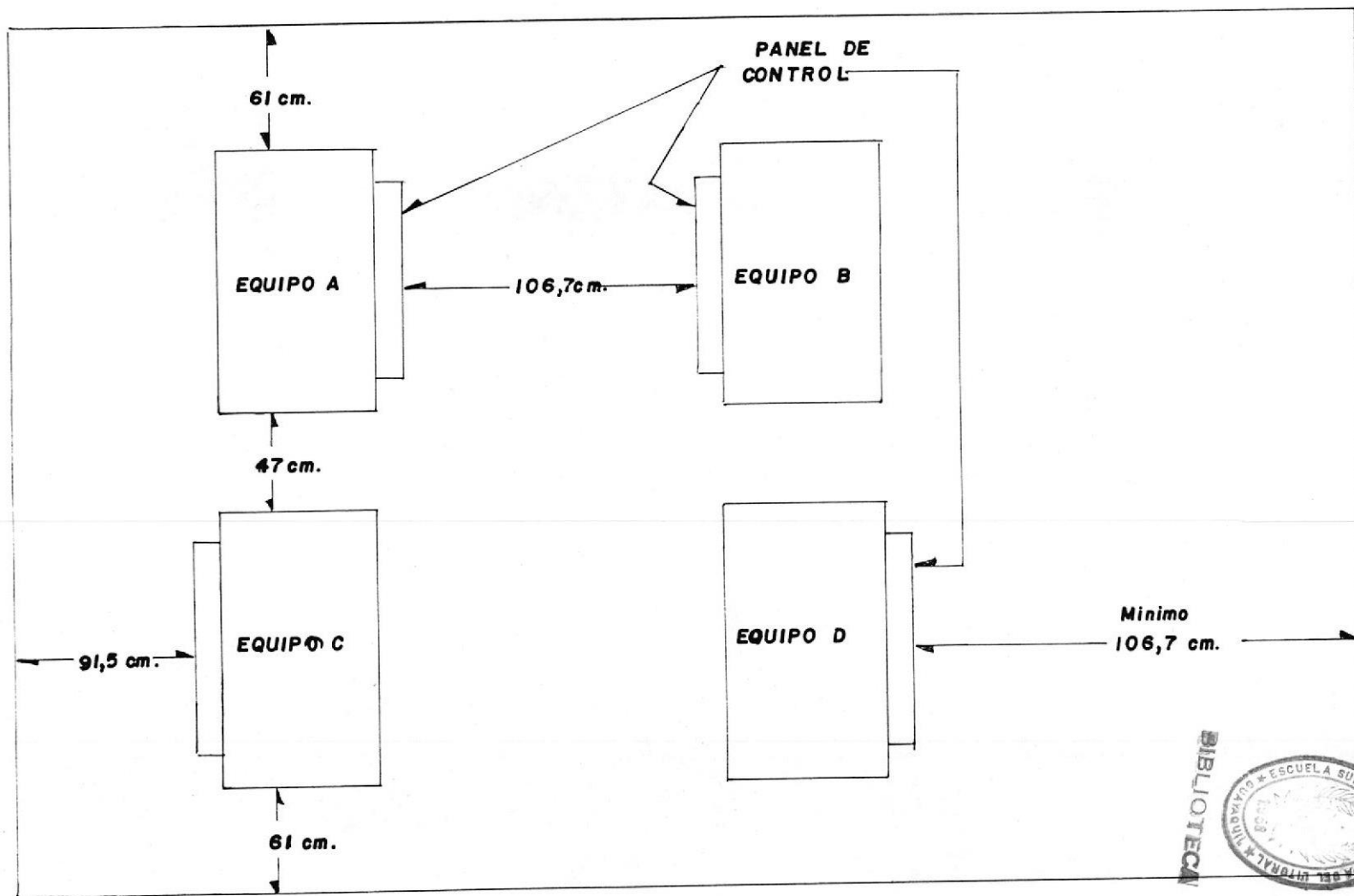


FIG. 1

REQUERIMIENTOS MINIMOS DE ESPACIO LIBRE PARA CIRCULACION.

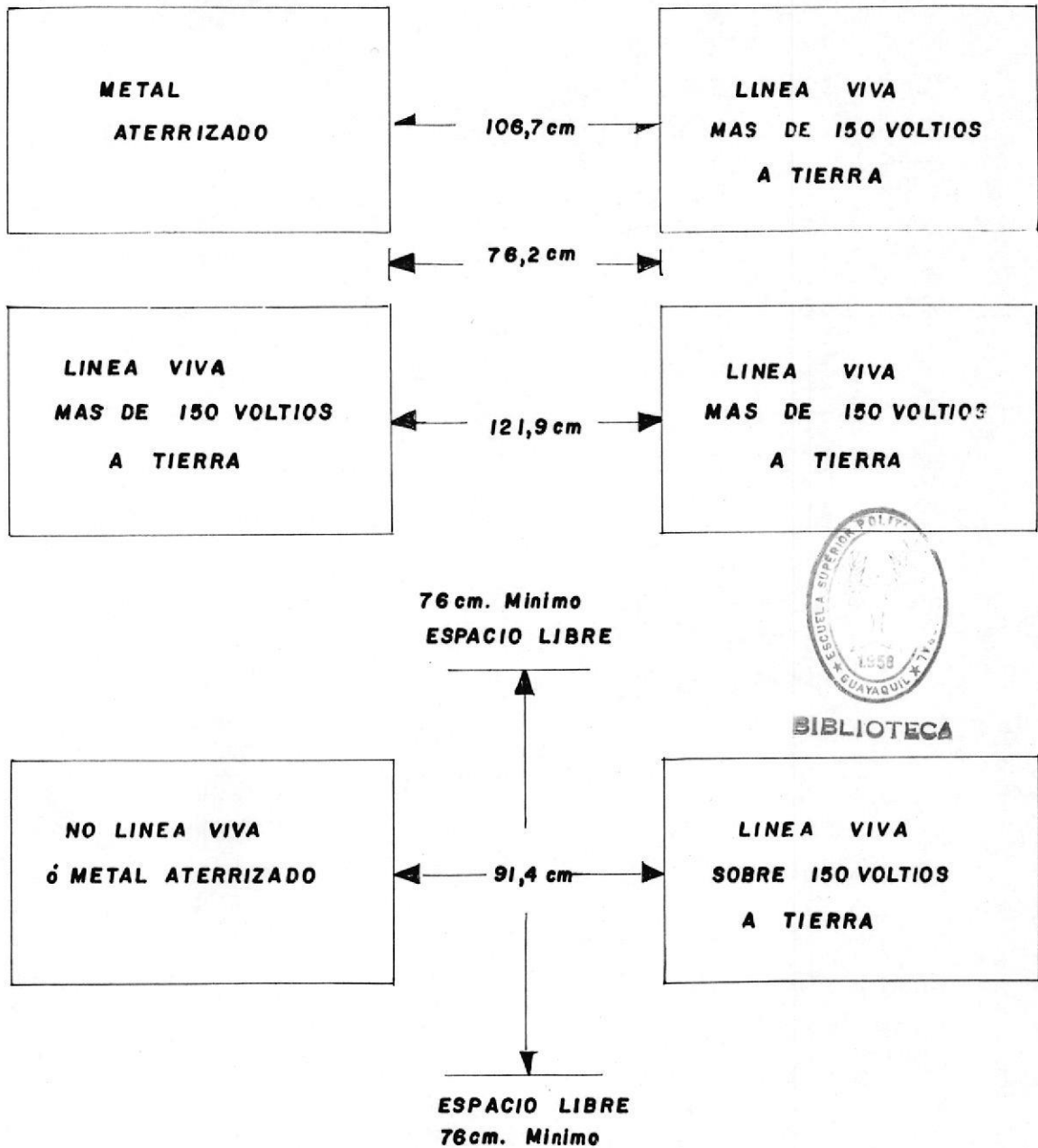


FIG. 2

**REQUERIMIENTOS ELECTRICOS PARA ESPACIOS LIBRES
SEGUN EL CODIGO ELECTRICO AMERICANO**

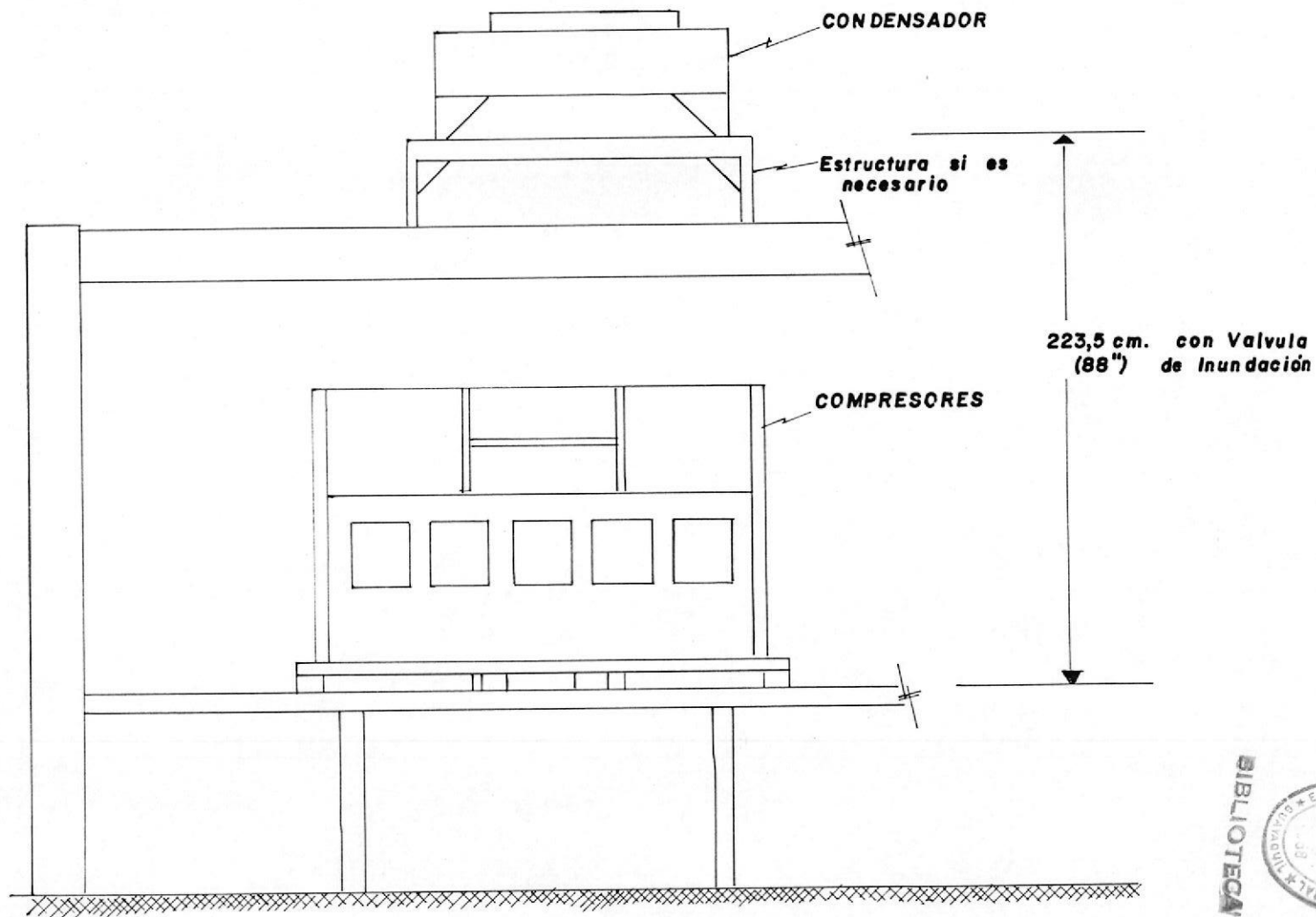


FIG. 3
DISTANCIA VERTICAL MINIMA ENTRE LOS
COMPRESORES Y EL CONDENSADOR

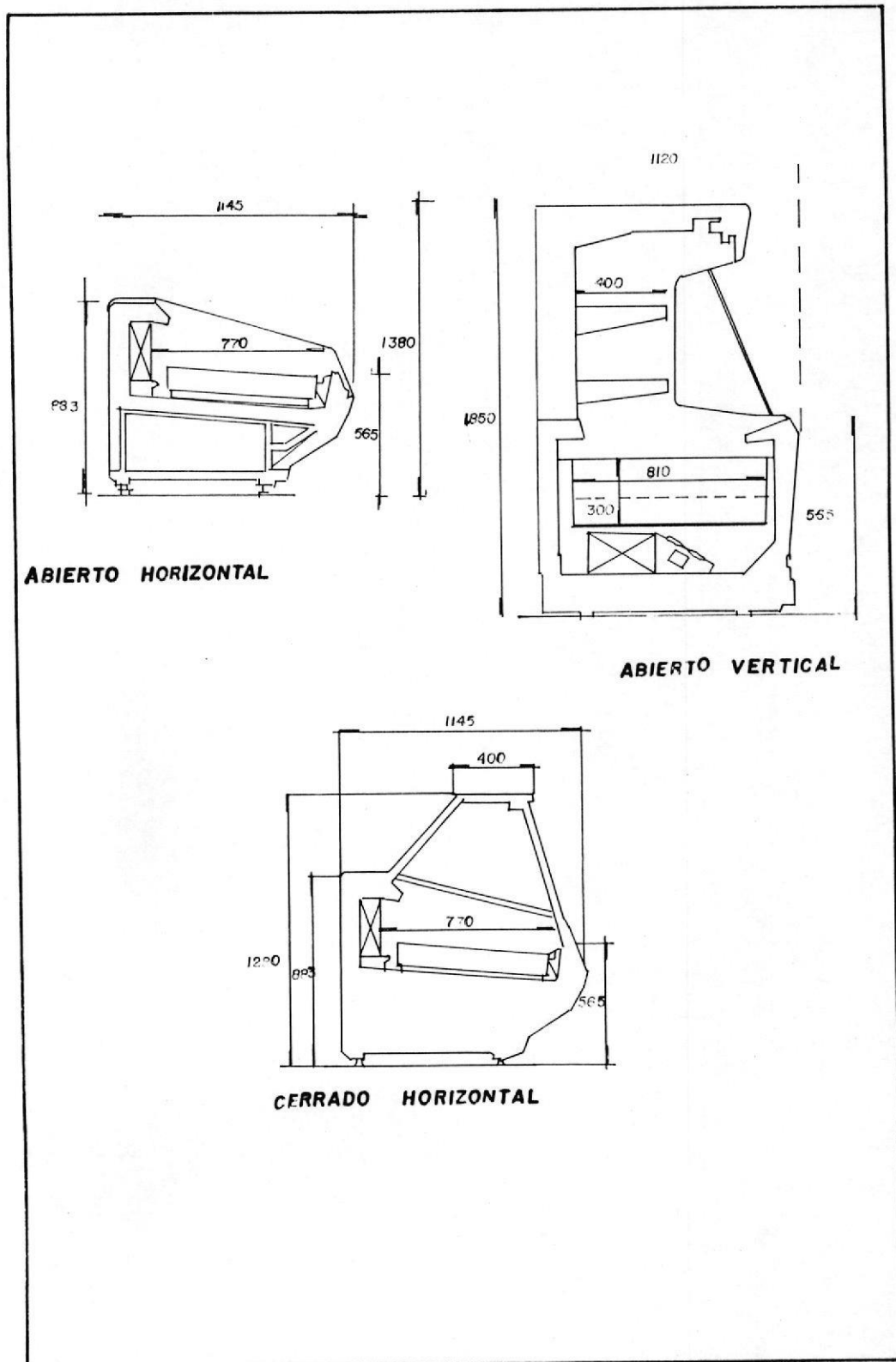


FIG. 4
TIPO DE MOSTRADORES



se debe observar lo siguiente:

- Esta área debe ser independiente y aislada del resto de las áreas de trabajo, por principios de higiene.
- Debe tener un acceso directo al área de ventas para una rápida distribución de los productos.
- Debe estar acondicionada térmicamente y poseer un buen sistema de drenaje y deposición de los desperdicios.

En cuanto a los mostradores frigoríficos se entiende que deben tener óptimas condiciones de drenaje, ser de fácil acceso para el cliente y el servicio y buena iluminación. La figura 4 nos muestra varios tipos de mostradores utilizados. la figura 5 nos muestra una clasificación por producto usados en los mismos. La figura 6 nos muestra la distribución de los sistemas que alimentará el banco de compresores y la descripción del sistema.

1.1.3.- Condiciones de trabajo de cada refrigerador.

CLASIFICACION DE PRODUCTOS POR MOSTRADOR		
TIPO	MOSTRADOR	PRODUCTO
1	Productos de carne	Res / Puerco Aves Embutidos
2	Productos agrícolas	Frutas Legumbres
3	Productos lácteos	Leche Mantequillas Quesos
4	Productos del mar	Frescos Congelados
5	Productos de baja temperatura	Helados Pastas semicocidas Carnes congeladas
6	Productos varios de venta al peso	Embutidos Quesos Mariscos frescos

FIGURA 5



BIBLIOTECA

SISTEMAS ALIMENTADOS POR EL BANCO DE REFRIGERACION		
SIST. #	TIPO	DESCRIPCION Y USO
1	Evaporador de tumbado	Bodega refrigerada área 46.45 m ²
2	Exhibidor	Productos de venta al peso Longitud 10 m.
3	Exhibidor	Pescado fresco al peso - long. 3 m. auto-ser. - long. 6 m.
4	Exhibidor	Productos lácteos auto-ser. - long. 6 m.
5	Exhibidor	Productos lácteos auto-ser. - long. 6 m.
6	Exhibidor	Productos de carne auto-ser. - long. 9 m.
7	Exhibidor	Productos avícolas auto-ser. - long. 9 m.
8	Exhibidor	Embutidos al vacío auto-ser. - long. 9 m.
9	Exhibidor	Productos agrícolas auto-ser. - long. 18 m.
10	Exhibidor	Productos agrícolas auto-ser. - long. 19 m.

FIGURA 6

Estas condiciones se definen por la temperatura, tiempo de almacenamiento para tal o cual producto y por el tipo de mostrador utilizado.

En el caso de exhibidores refrigerados, se debe entender que su trabajo es exclusivamente el de mantener los productos a las condiciones requeridas. Estos productos deben tener cumplidas estas condiciones al momento que se introducen en el exhibidor, el cual tendrá una capacidad de enfriamiento que no involucra la carga del producto.

Las cámaras frigoríficas se deben calcular para enfriar ciertos productos hasta la temperatura especificada, además de su propia carga nominal. Los productos a ser enfriados son principalmente las reses, aves u otros animales que vienen desde su faenamiento generalmente sin haber sido enfriados y significan la mayor carga adicional del sistema. La sección de TABLAS Y GRAFICOS nos muestra la Tabla I, que nos dá la temperatura de almacenamiento, propiedades y tiempo de almacenamiento admisible de diversos productos alimenticios que se expenden en estos auto-

servicios. Son estos factores los que dan las condiciones de trabajo de cada refrigerador.

1.2.- CALCULO DE CARGA

1.2.1.- Carga de cada refrigerador

Haciendo hincapié nuevamente en la diferencia entre el cálculo de carga de una cámara frigorífica y la de un mostrador refrigerado, tendremos que:

- La carga total de una cámara se puede calcular de la siguiente forma:

CONDICIONES

Area = 46.52 m^2 (500 ft²)

Altura = 3.04 m. (10 ft.)

Temp. = -2.2 °C (28 F)

Usando la Tabla II del fabricante, a las condiciones dadas tendremos:

Carga I = 4,888.8 Kcal/h

(19,400 BTU/h)

Asumiendo que la carne será la carga principal para la cámara, y para la cantidad de producto

que se espera por día, hacemos uso de la Tabla III del fabricante:

Producto = 1,818.20 Kg./día (4,000. Lbs./día)

Factor de seguridad = 15 %

Carga II = 3,284.0 Kcal/h

(13,038.0 BTU/h)

Sumando ambas cargas obtendremos la carga total de la cámara:

Carga Sist. 1 = 8,316.0 Kcal/h

(33,000.0 BTU/h)

En cuanto a la carga de los mostradores, estos valores varían según el fabricante. En este almacén se usaron mostradores brasileros de la marca ELECTROFRIO, cuyas capacidades por unidad de longitud se dan en la Figura 7, según el producto, tipo de mostrador y temperatura.

1.2.2.- Carga total del equipo

En la figura 8 se han anotado los valores de las cargas totales de cada sistema con sus respectivas temperaturas de funcionamiento. La suma total de estas cargas dará la resultante, que junto con los

CAPACIDADES UNITARIAS DE LOS MOSTRADORES ELECTROFRIO

SIST. #	MOSTRADOR - PRODUCTO	TEMP. oC	CARGA Kcal
2	Cerrado-Embutidos al peso	4.4	371.9
3	a) Abierto-horizontal pescado fresco	-2.2	464.9
	b) Cerrado-horizontal mariscos al peso	-2.2	371.9
4	Abierto-vert./lácteos	1.7	1,173.8
5	Abierto-vert./lácteos	-1.7	1,173.8
6	Abierto-vert./carnes	-1.7	1,277.4
7	Abierto-vert./pollos	-1.7	1,277.4
8	Abierto-vert./embutidos	0.0	1,277.4
9	Abierto-horiz./legumbres	4.4	570.5
10	Abierto-horiz./legumbres	7.2	570.5

FIGURA 7

demás datos servirá para escoger el equipo requerido.

1.2.3.- Dimensionamiento de las tuberías.

La selección de los diámetros de las tuberías dependen de la carga asignada al sistema, su temperatura y la distancia de recorrido al mismo. Las Tablas IV, V y VI del fabricante, en la sección de tablas nos dan los valores de estos diámetros tanto para las líneas al condensador como para las líneas de líquido y de succión. Los valores escogidos han sido condensados en la Figura 9.



BIBLIOTECA

CARGAS TOTALES DE LOS SISTEMAS		
SIST. #	TEMP. oC	CARGA TOTAL Kcal/h
1	-1.1	8,316.0
2	4.4	3,628.8
3	a) -2.2 b) -2.2	3,074.4 1,108.8
4	1.7	7,156.8
5	-1.1	7,156.8
6	-1.1	11,680.2
7	-1.1	11,680.2
8	0.0	11,680.2
9	4.4	11,128.3
10	10.0	11,128.32
TOTAL BANCO DE REFRIGERACION = 87,738.8 Kcal/h		

FIGURA 8

DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS				
SIST. #	CARGA Kcal/h.	LONG. m.	DIAMETROS PRINCIPALES	
			Succión-mm.	Líquido-mm
1	8.316,0	22,8	28,6	12,7
2	3.628,0	23,3	22,2	9,5
3	4.183,2	24,4	22,2	12,7
4	7.156,8	38,4	28,6	12,7
5	7.156,8	45,1	28,6	12,7
6	11.680,2	31,1	22,2	12,7
7	11.680,2	47,2	22,2	12,7
8	11.680,2	63,4	22,2	12,7
9	11.128,3	91,4	34,9	15,9
10	11.128,3	99,1	34,9	15,9
COMPRESOR / CONDENSADOR - Descarga			41,3	
Retorno			34,9	
Igualación			22,2	

FIGURA 9

C A P I T U L O I I

SELECCION DEL EQUIPO

Una vez hecho el cálculo de carga del sistema, y teniendo ya la la carga total del equipo y sus especificaciones básicas, los datos fueron reunidos y entregados al fabricante, solicitando un banco de compresores en paralelo, los que a su vez recomendaron el sistema de las siguientes características:

- Unidad compresora modelo SUPER PLUS S05RK-RSRRSRSRSRS
5 Compresores COPELAND mod 3DB1000 de 10 Cv. c/u.
Especificaciones eléctricas: 208-230 V/3 Ph/60 Hz.
Refrigerante R-502
10 Ramales de refrigeración según los sistemas especificados.
Descongelamiento con vapor saturado: todos excepto 2, 9 y 10

- Unidad condensadora KRACK mod. HACD 88K
Capacidad 452,200.0 BTU/h (incluye 65,400.0 BTU/h en ocho circuitos para baja temperatura)
Circuitos: 48

Enfriamiento por aire: 2 por 3 ventiladores de 1.0 Cv.
c/u. a 208-230 V/3 Ph/60 Hz.

2.1.- DESCRIPCION DE UN SISTEMA BASICO DE REFRIGERACION

Esta descripción se incluye para remarcar las diferencias con el sistema que se instalará. Las modificaciones se han generado con el fin de optimizar ciertas funciones del sistema básico y para adecuar el mismo al trabajo de compresores en paralelo y evaporadores múltiples. La figura 10 muestra el diagrama de un circuito de refrigeración típico usado en la industria.

En este sistema el ciclo se puede describir como sigue: el refrigerante líquido a alta presión sale del reservorio o recipiente de líquido hacia el evaporador a través del filtro-secador, el cual absorbe la humedad del sistema. La dosificación al evaporador se realiza a través de la válvula de expansión, la cual reduce la presión del líquido hasta la presión de evaporación y dosifica la alimentación del mismo a medida que se va necesitando. Este líquido a baja presión se evapora al absorber el calor del evaporador y sale del mismo como

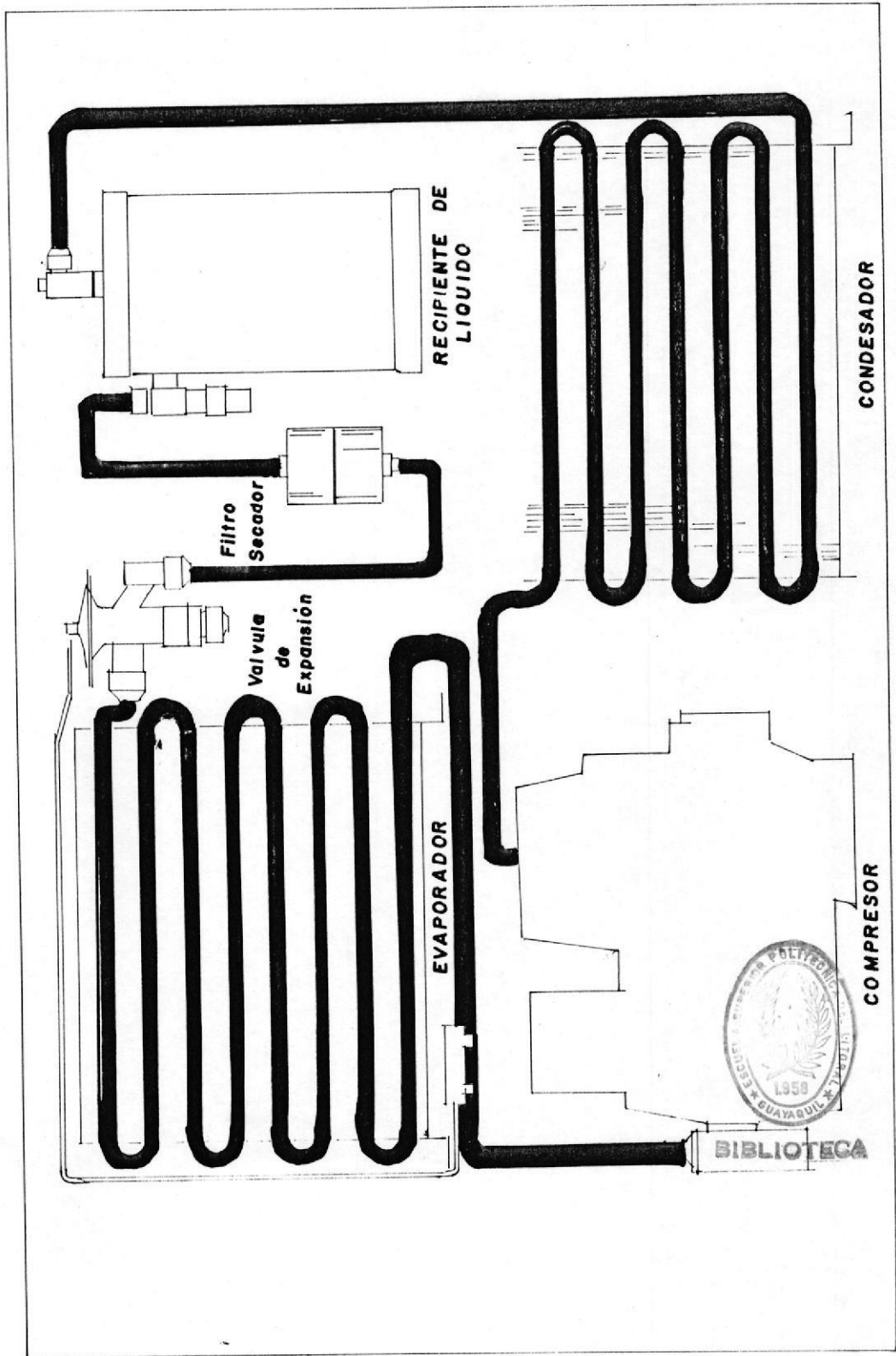


FIG. 10
SISTEMA TÍPICO DE REFRIGERACION

vapor a baja presión y temperatura y regresa por la línea de succión hasta ser absorbido por el compresor, el cual al comprimirlo reduce su volumen y eleva su presión y temperatura, descargándolo al condensador adonde se introduce como vapor recalentado a alta presión, cede su calor latente y se condensa saliendo del mismo como líquido a alta presión y listo para empezar el ciclo nuevamente en el receptor.

A este mismo sistema se le puede añadir elementos que sirvan para mejorar el proceso, tales como intercambiadores de calor, acumuladores de succión, separadores de aceite, etc., pero, aunque mejore la eficiencia, el ciclo seguirá siendo el mismo.

2.2.- DESCRIPCION DEL SISTEMA INSTALADO

El sistema del que hablamos es, asimismo, un sistema común de refrigeración en el que se han hecho ciertas modificaciones, añadiendo elementos y accesorios en pro de la eficiencia del sistema. En la figura 11 se observa un esquema de distribución de tuberías y flujos del sistema, el cual pasaremos a describir a continuación.



2.2.1.- Circuito de refrigeración

Durante la refrigeración el líquido a alta presión sale del receptor, atraviesa el filtro-secador y la válvula solenoide principal de líquido y llega hasta el distribuidor o múltiple de líquido, desde donde se distribuye a cada refrigerador o sistema de evaporación, a través de su respectiva válvula solenoide de línea. El líquido puede atravesar un intercambiador de calor opcional y entrar al evaporador a través de su válvula de expansión y sufrir su proceso respectivo. Una vez evaporado, el refrigerante sale y regresa por la línea de succión como vapor a baja presión y temperatura hasta el múltiple de succión pasando previamente por las válvulas reguladoras de presión de succión, y después del múltiple por los filtros de succión hasta ser absorbido por los compresores. La figura 12 resalta el ciclo de refrigeración del sistema.

2.2.2.- Circuito de descongelamiento.

Existen dos tipos de descongelamiento por gas refrigerante: por vapor recalentado de la descarga

de los compresores, y por vapor saturado del receptor (patente del fabricante), que es el tipo que se usa en este equipo. La diferencia básica estriba en que el vapor saturado (a menor temp.) del receptor entrega su calor latente al receptor a medida que se condensa, usando un tiempo mas largo para condensar, pero por su menor temperatura los esfuerzos térmicos en las tuberías son apreciablemente aminorados. En el caso de no utilizar este tipo de descongelamiento, el sistema utilizaría un descongelamiento por tiempo fuera.

Cuando se inicia el descongelamiento, el temporizador desenergiza la válvula solenoide principal de líquido, y al mismo tiempo energiza una válvula en el regulador de presión de succión, cerrando el paso de esa línea al múltiple de succión, también energiza la válvula solenoide de vapor saturado al múltiple respectivo, permitiendo el flujo de este al evaporador a través de la línea de succión.

Al estar cerrada la válvula solenoide principal de líquido, y habiendo otros sistemas que sí están en

etapa de refrigeración la presión en la línea principal de líquido disminuye permitiendo que el vapor circule en contraflujo, se condense en el evaporador, y por medio de una válvula cheque se salte la válvula de expansión y luego en la misma forma se salte la válvula solenoide de línea. Una vez en el múltiple de líquido, este refrigerante condensado en el evaporador sirve para alimentar a los otros sistemas en etapa de refrigeración. Si la cantidad de líquido generada durante el descongelamiento es insuficiente, la válvula solenoide principal de líquido, que al desenergizarse funciona como una válvula cheque con diferencial de presión ajustable, se abre momentáneamente hasta completar el líquido requerido en la línea. En la figura 13 se resalta el flujo durante el ciclo de descongelamiento.

2.2.3.- Circuito de condensación.

En este ciclo la descarga de los compresores es dirigida al múltiple de descarga y desde allí hacia el condensador a través del separador de aceite. En ciertos casos puede pasar previamente por un

receptor de calor o economizador que pueda obtener utilidad del calor de la descarga.

En el condensador remoto enfriado por aire, el vapor a alta presión y temperatura cede su calor latente y cambia de estado condensándose hasta convertirse en un líquido sub-enfriado, y regresa al receptor adonde se almacena hasta su utilización. La figura 14 nos muestra el flujo durante el ciclo de condensación.

2.2.4.- Circuito de lubricación.

Este equipo utiliza un solo sistema de lubricación para todos los compresores, lo que asegura la lubricación tanto a los compresores en funcionamiento como a los que están parados, y se realiza a través de los siguientes elementos:

- Separador de aceite. Este se ubica después del múltiple de descarga y separa el aceite del refrigerante, almacenando el aceite en un reservorio. El aceite se distribuye a cada compresor a través de su respectivo regulador de

aceite por intermedio de una válvula de diferencial de presión conectada al múltiple de succión, la cual mantiene la presión de alimentación entre 0.35 y 1.4 Kg/cm² mayor que la presión del cárter, lo que asegura un flujo positivo de aceite a los compresores.

- Reguladores de aceite. Son pequeños reservorios de aceite acoplados a cada compresor que alimentan al mismo a través de una válvula de flotación que abre el orificio de entrada a medida que el nivel de aceite en el cárter baja. Un esquema de esta distribución se observa en la figura 15.

- Línea de igualación de aceite. Esta es una línea de alivio de aceite que previene que los compresores que están parados se inunden de aceite debido al goteo por succión. El nivel de aceite en el cárter se va elevando hasta llegar al nivel del absorbente de la línea de igualación y es absorbido por el mismo ya que la presión del cárter del compresor parado es un poco mayor que la de los compresores en marcha.

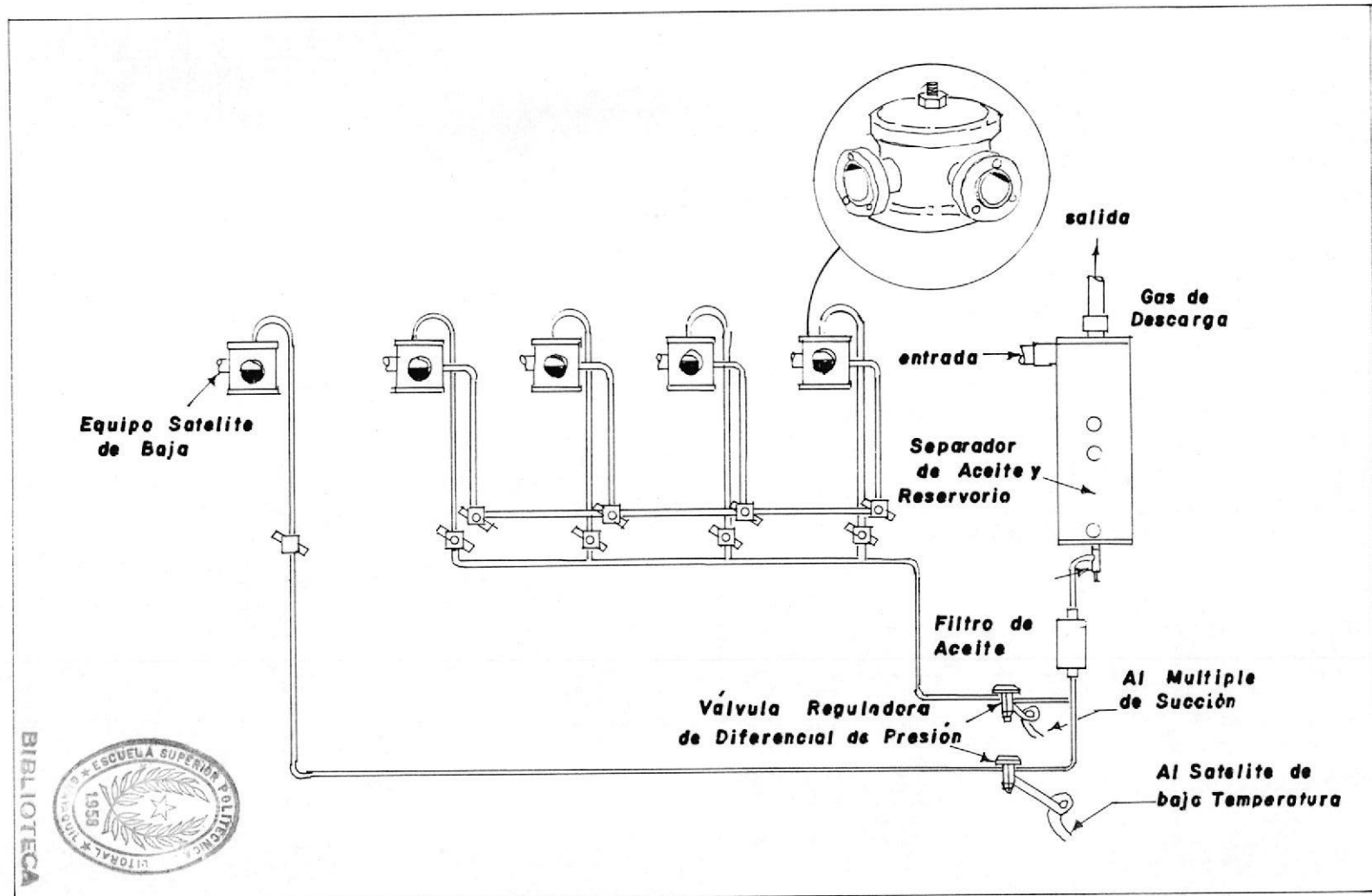


FIG. 15
 ESQUEMA DE LA DISTRIBUCION
 DE ACEITE

El control de presión principal es la válvula reguladora de presión de succión, la cual mantiene a los sistemas de evaporación a una presión estable según la temperatura asignada a ese sistema.

2.3.1.- Controles de presión.

El control principal de funcionamiento del sistema es un acumulador de presión de succión acoplado a un grupo de interruptores accionados por presión según compresores haya en el equipo programados para actuar en secuencia escalonada de presión, con una diferencia de 0.28 a 0.42 Kg/cm² entre cada conexión o desconexión, lo que a su vez va a activar el circuito de control de cada compresor. De esta forma se mantiene siempre un nivel relativamente constante de presión en el múltiple de succión con un mínimo de compresores funcionando.

Todo el funcionamiento descrito en la sección anterior es regulado y controlado por una serie de elementos electromecánicos, los cuales por su importancia se describen en los siguientes párrafos.

2.3.- DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y DE SEGURIDAD



Esta válvula es inadecuada para controlar la temperatura del refrigerador, pues no toma en cuenta los cambios de carga que puedan tomar lugar, como por ejemplo la diferencia entre la carga durante el día y la noche.

2.3.2.- Controles de temperatura.

Para un control mejor de la temperatura en el evaporador se utiliza un termostato conectado en serie con una válvula solenoide ubicada en la tubería de líquido a la entrada del sistema en cuestión. De esta forma se abre o se cierra el circuito según la temperatura del mismo.

2.3.3.- Controles de seguridad.

Estos controles sirven para activar alarmas o detener procesos cuando existe un factor anómalo de cualquier tipo. A continuación enumeramos los más comunes utilizados en este equipo y cuya función se explica según su nombre lo indica:

- Controles de alta presión. (uno por compresor)

- Controles de baja presión. (uno por compresor)
- Controles de lubricación. (uno por compresor)
- Control de nivel de refrigerante.
- Protector de alta succión.
- Controles de temperatura del condensador.
- Retardadores de tiempo de arranque de los compresores.
- Retardadores de tiempo de activación de las alarmas.
- Protección contra fallas de fase.
- Relés sensores de corriente.
- Disyuntores de línea de acometida.
- Disyuntores del circuito de control.

C A P I T U L O I I I

DESCRIPCION DE LA INSTALACION

3.1.- DISTRIBUCION DEL TRABAJO

Esta instalación se tuvo que realizar en un tiempo menor de lo recomendable, debido a retrasos en la llegada de los equipos y materiales importados y en la demora de las obras civiles. Se tuvo que programar días de trabajo con un promedio de 15 horas para tratar de mantener el programa fijado. Se hizo un análisis de los trabajos a realizar y se encuadraron estos en un flujo cronológico-secuencial, el mismo que se observa en la figura 16. En la etapa de la obra civil se dieron las especificaciones pertinentes al grupo de obras civiles respecto de las áreas físicas necesarias para los equipos, procediendo luego a la preparación del material, accesorios de instalación y a la asignación de los trabajos.

Se formaron grupos de trabajo, tratando en lo posible de que cada grupo fuera de similar naturaleza, con las normales dificultades en cuanto a lograr mano de obra

TAREA \ TIEMPO	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
CONSTRUCCION DE ESTRUCTURA Y PLATAFORMA PARA EL CONDENSADOR	G1								
PUESTA EN SITIO DEL CONDENSADOR Y DE LOS COMPRESORES - NIVELACION Y ANCLAJES.		G1							
ENSAMBLE DE CAMARA FRIGORIFICA DE PANELES MODUBARES	G2	G2							
INST. DE EVAPORADORES DE LA CAMARA Y ESTRUCTURA PARA CARNE		G2	G2						
PUESTA EN SITIO DE LOS MOSTRADORES ACOPLA Y ANCLAJES	G3	G3							
CONSTRUCCION DE ANCLAJES PARA TUBERIAS			G1 G3	G2					
INST. DE TUBERIAS + AISLAMIENTO COMPRESOR - CONDENSADOR					G1	G1			
EVAPORADOR - COMPRESOR SIST. 1-5					G2	G2	G2		
" " " 6-10					G3	G3	G3		
PRUEBAS MECANICAS							G5		
ACOMETIDA ELECT. SUPERVISION								G5	
INSTALACION ELECTRICA CONTROL SUPERVISION								G5	
PRUEBAS EN VACIO, PUESTA EN MARCHA CONTROL									G5
	OCT. 14 20	OCT. 21/27	OCT. 28 NOV. 3	NOV. 4/10	NOV. 11/17	NOV. 18/24	NOV. 25 DIC. 1	DIC. 2/8	DIC. 9/15

BIBLIOTECA



FIG. 16

calificada. A cada grupo se le asignó trabajos que se pudieran desarrollar en la forma más continua posible, esto es, que tuvieran relación entre sí, para que no pierdan coordinación. En las últimas tres semanas de programación, se reorganizaron los grupos de trabajo, con los "cabeza de grupo", Formándose un grupo de técnicos que se encargarían de los trabajos de supervisión de obras y puesta en marcha de los equipos, y otro grupo para los trabajos menos técnicos, que se encargaría de la terminación de detalles, limpieza, recolección e inventario de herramientas y materiales.

3.2.- PUESTA EN SITIO DE LOS EQUIPOS

Se debieron tomar en cuenta ciertos factores al poner en sitio los equipos. Estos factores dependían del equipo del que se tratara, y en esa forma los analizaremos.

- Condensador. Las condiciones para la instalación del condensador fueron dadas al principio de este informe. Para instalar este equipo se construyó una estructura metálica de tubo estructural cuadrado de 10 cm. por lado y 3mm. de espesor, directamente encima de la sala de máquinas. Se utilizó una grúa telescópica de 45

tons. para ponerlo en su sitio. Se lo orientó con sus salidas de refrigeración hacia el mismo lado que las del equipo de compresores, de forma que acorte el recorrido de las tuberías al condensador, y evitar que interfirieran en el paso de otras tuberías u accesorios.

- **Compresores.** Estos fueron instalados en la sala de máquinas según se puede ver en el plano general de la obra, dejando el espacio respectivo para la circulación y mantenimiento, observando las normas establecidas y distribuyendo los equipos para instalar las tuberías sin interferencia.

- **Cámaras frigoríficas y mostradores.** La cámara frigorífica se ubicó a la entrada de la sala de procesamiento de carnes para que sirva de receptor directo de los productos refrigerados y carnes. Esta cámara fué ensamblada de paneles modulares de poliuretano expandido de 10 cm. de espesor, forrado por ambos lados de lámina metálica de 1.02 mm. de espesor pintada con esmalte al horno. Se instaló un sistema de rieles para colgar los cuartos de reses de forma que los mismos sigan un flujo por orden de

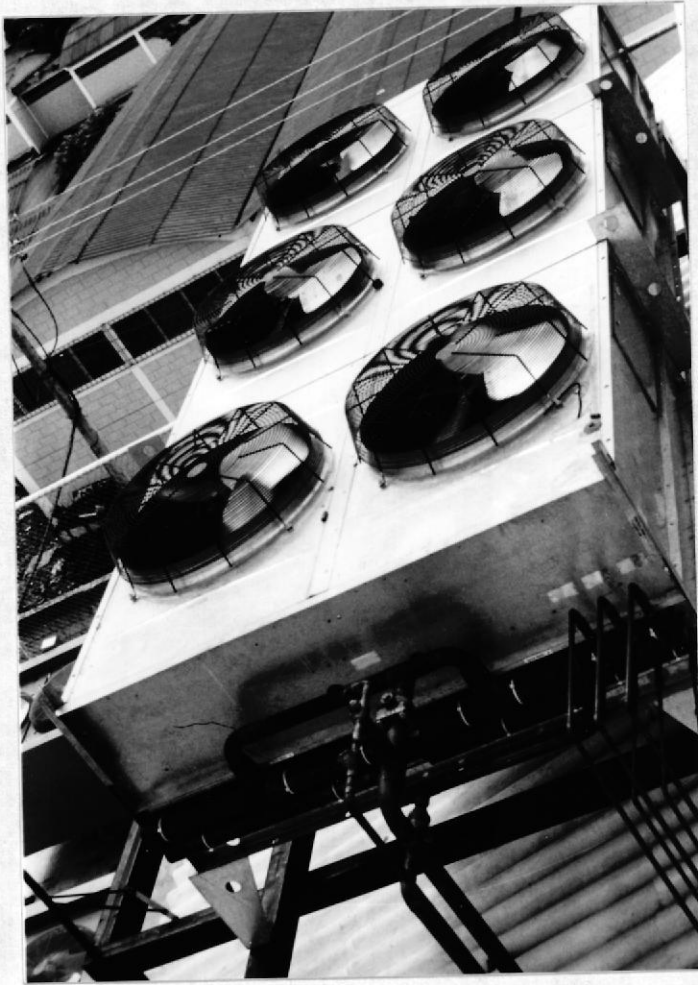
llegada. Se instalaron cuatro evaporadores de tumbado de flujo forzado y baja velocidad de una capacidad de 10,000.0 BTU/h cada uno, para lograr de esta forma una distribución uniforme de temperatura dentro de la cámara. Cabe anotar que esta cámara fué totalmente reconstruida con los paneles de una instalación anterior, así como el sistema de rieles para las reses, por lo que en ciertas uniones de paneles se tuvo que hacer uniones remachadas diferentes a las originales.

- Mostradores. Su secuencia de ubicación estaba programada, así que el mayor trabajo fué el de nivelación y acoplamiento entre sí para que dé la apariencia de un solo cuerpo.

Las figuras 17 a la 22 muestran una secuencia de fotografías de los equipos instalados.

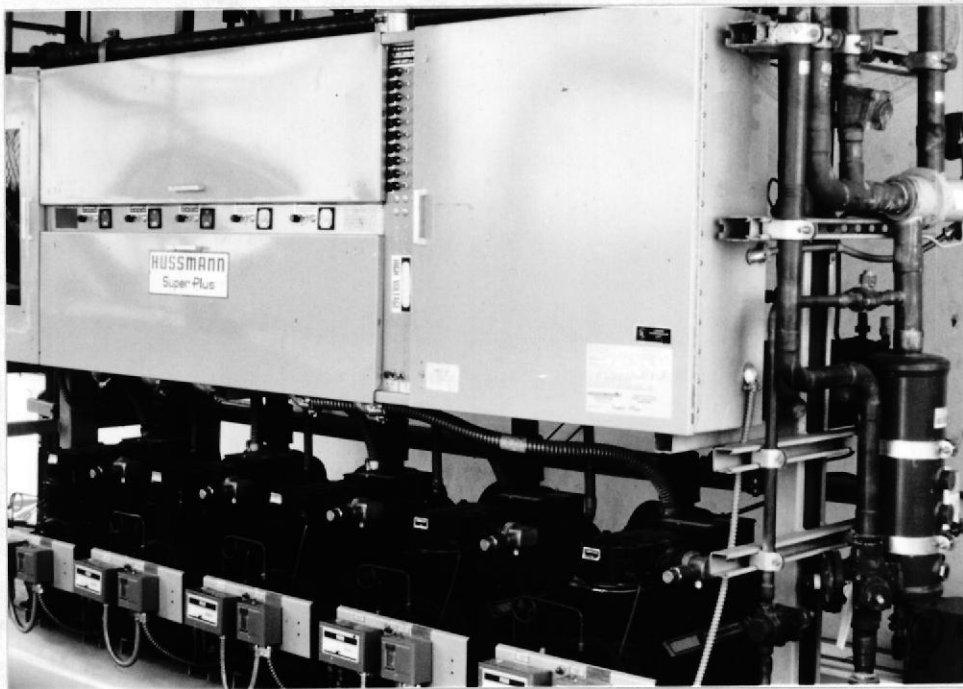
3.3.- CONSTRUCCION E INSTALACION DE LAS ESTRUCTURAS DE APOYO Y ANCLAJES PARA EQUIPOS Y TUBERIAS

Uno de los pasos más importantes de esta instalación fué el de escoger la ruta que deberían seguir las tuberías



CONDENSADOR

FIGURA 17



BANCO DE COMPRESORES

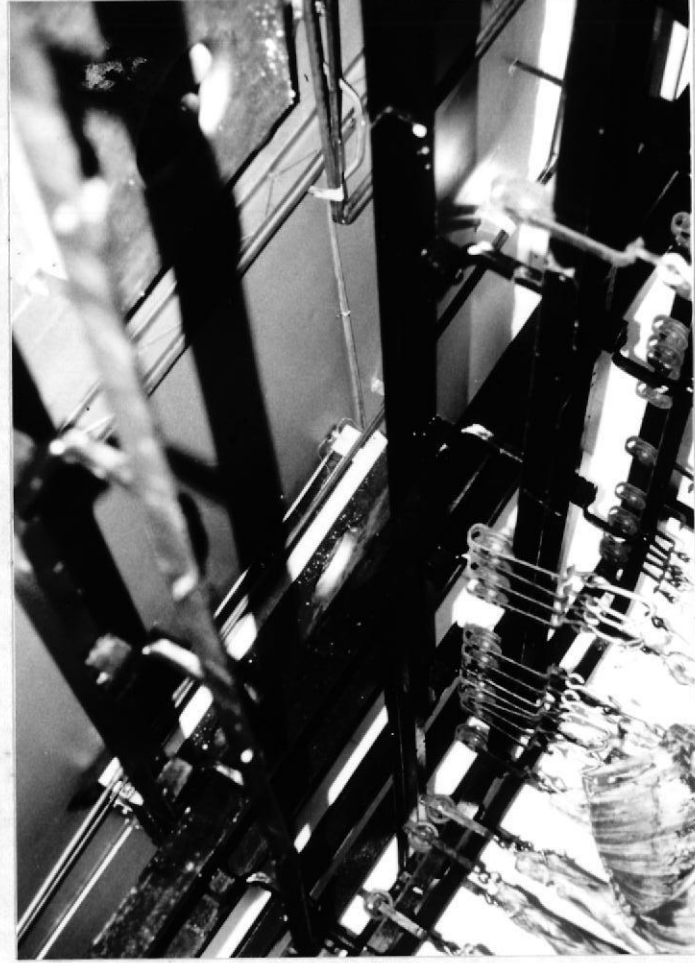
FIGURA 18

BIBLIOTECA



MOSTRADOR REFRIGERADO - SECCION CARNE

FIGURA 19



CAMARA FRIGORIFICA - EVAPORADORES Y RIELES DE CARNE

FIGURA 20



MOSTRADOR REFRIGERADO - LEGUMBRES

FIGURA 21



MOSTRADOR REFRIGERADO - LACTEOS

FIGURA 22

de refrigeración. Esta ruta debía ser lo mas corta posible, tener pocos desvios, y ubicar las tuberias sobre anclajes especiales. Algunos de estos anclajes se muestran en las figuras 23 a la 28. Estos anclajes se ubicaron a tres metros de separación entre uno y otro, y debían sostener a la tuberia para asegurarla en su sitio, pero a la vez permitir cierto movimiento para el caso de una expansión o dilatación térmica. Estos valores son aproximadamente iguales a los recomendados por el fabricante, y es importante tomarlos en cuenta ya que las dilataciones térmicas siempre se producen durante los periodos de descongelamiento, y son mas críticos en los tramos largos de tuberia. En nuestra instalación se usó un tipo de perfil especial para acoplar abrazaderas a las tuberias. Todos los anclajes debían asegurar la tuberia de forma que se evite la vibración excesiva, la cual es transmitida por el movimiento de los compresores y de los motores y además por las mismas pulsaciones del refrigerante que por ella fluye. En los cambios de dirección se instalaron siempre soportes cerca del punto del cambio de dirección.

3.4.- INSTALACION DE LAS TUBERIAS.

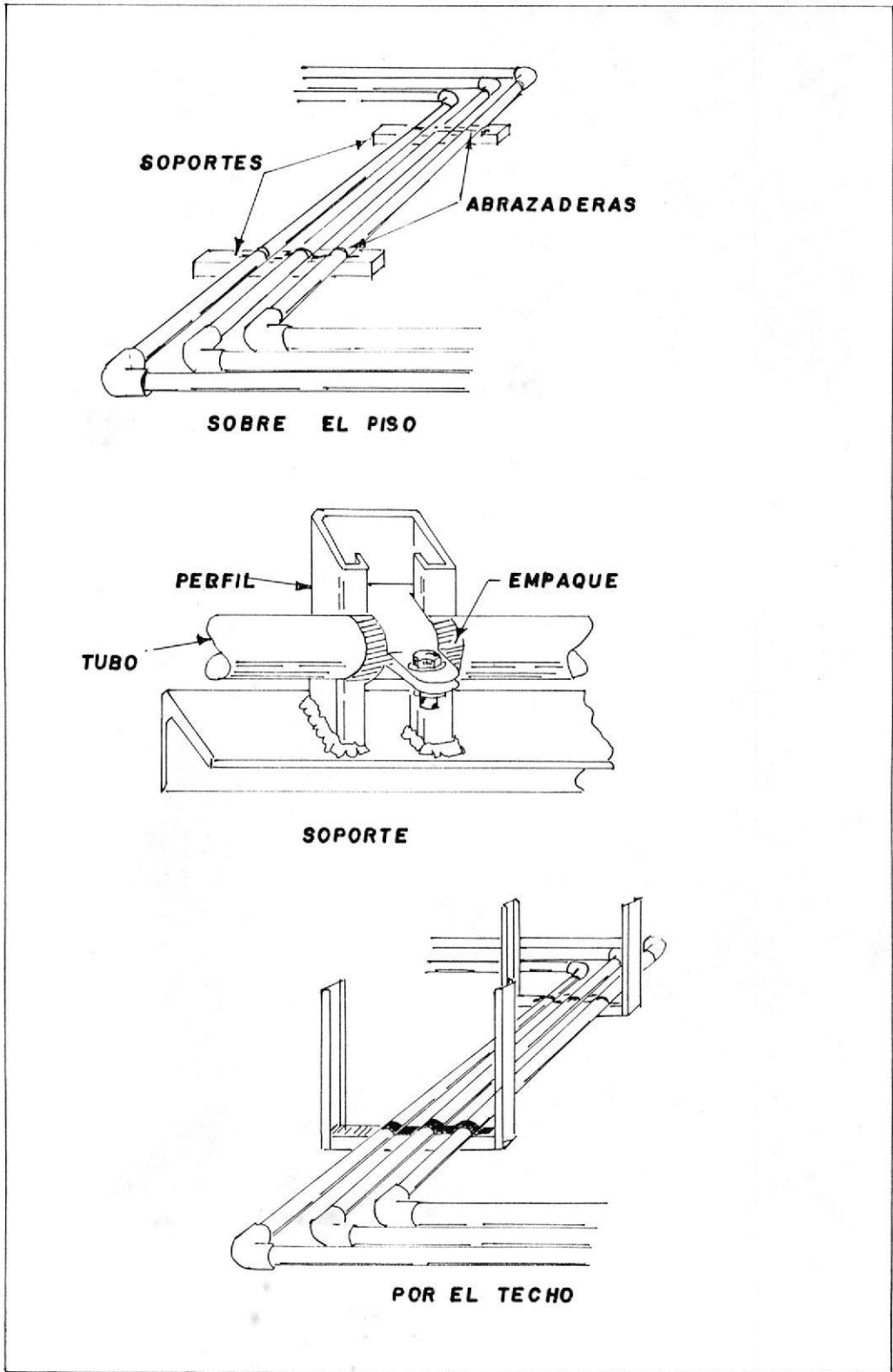


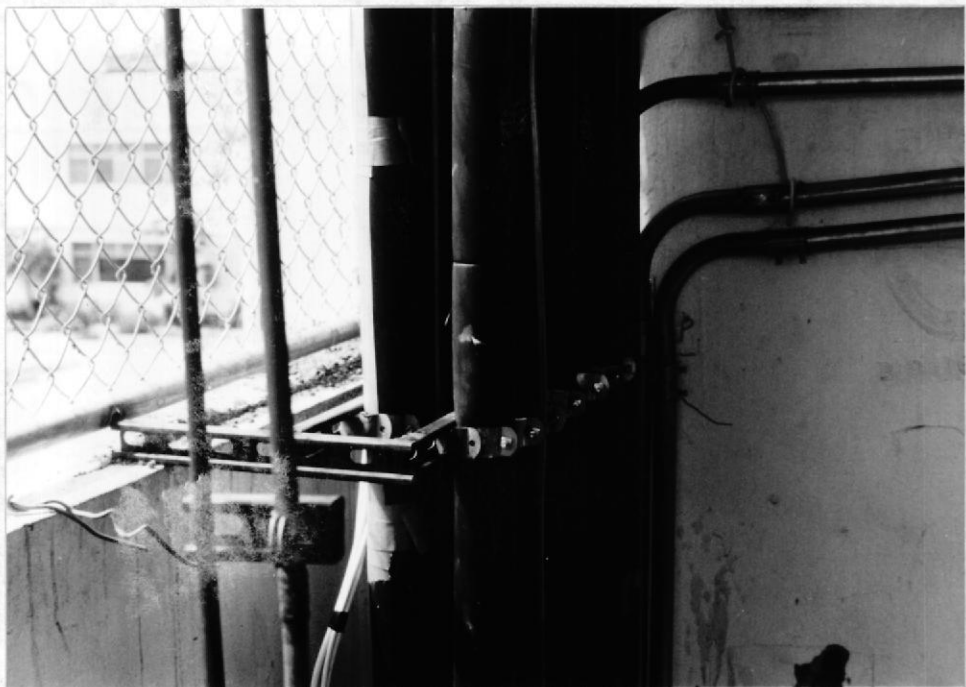
FIG. 23

TIPOS DE ANCLAJES Y SOPORTES



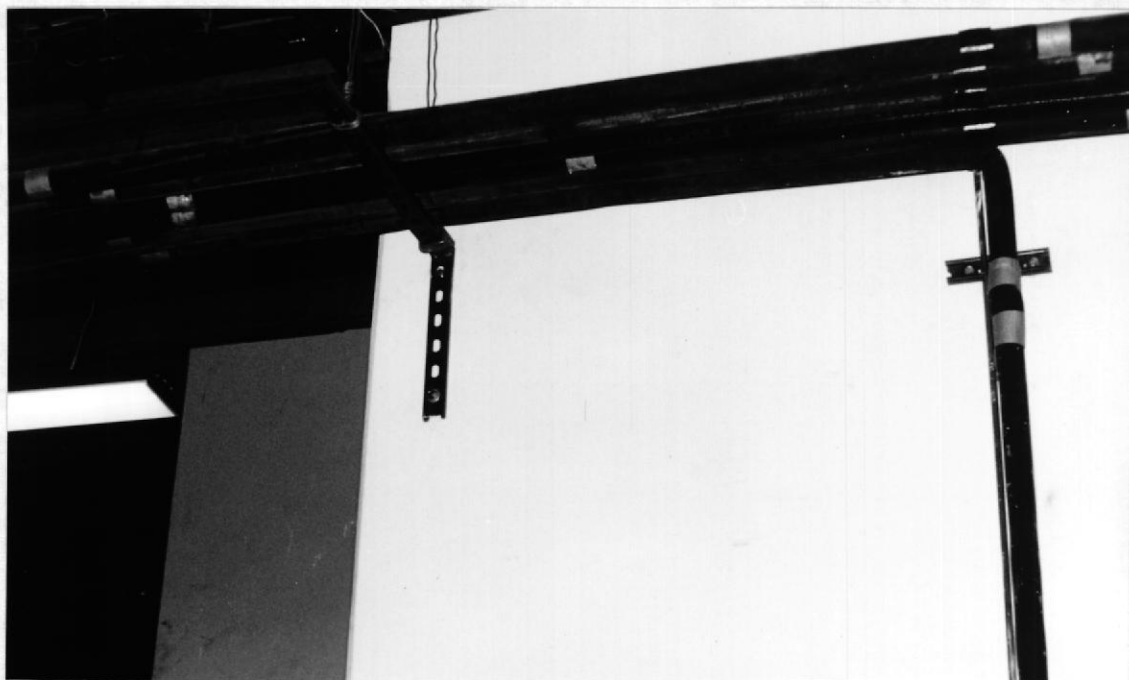
ANCLAJES PARA TUBERIA - AEREOS

FIGURA 24



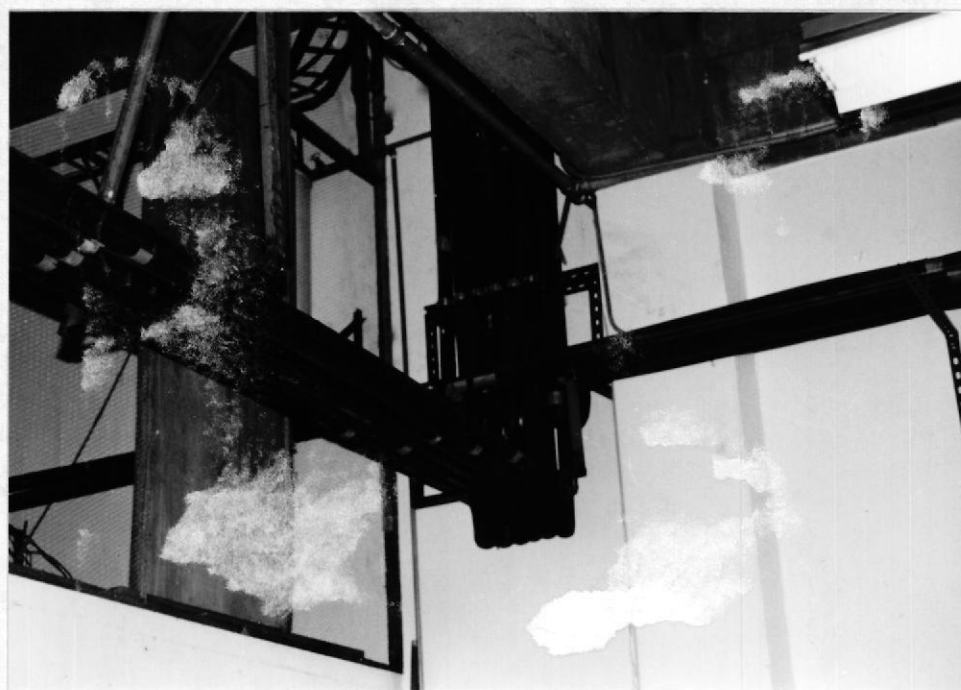
ANCLAJES DE TUBERIA - DE PARED

FIGURA 25



ANCLAJES DE TUBERIA - AEREO

FIGURA 26



ANCLAJES DE TUBERIA - SUBIDAS

FIGURA 27





ANCLAJES DE TUBERIA - ACOMETIDA

FIGURA 28

TECA

3.4.1.- Métodos y materiales usados en la soldadura.

En toda instalación de refrigeración se hace énfasis en la calidad de los materiales usados y en la limpieza que se observe durante la instalación y posteriormente a ella. Esta limpieza se refiere mas que nada al interior de los equipos. Por experiencia hemos comprobado que mientras mas atención se pone en la limpieza de la instalación y en la eliminación de impurezas del sistema, mejor es el trabajo posterior del equipo, es mas eficiente y exige menos atención en llamadas a mantenimiento o reparación. Esto es un axioma en la ingeniería de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado.

En este tipo de instalaciones se usa tuberías de cobre y, en nuestro caso específico, para las soldaduras preferimos usar la varilla de soldadura de plata al 15 % en vez de otras de menor porcentaje debido a sus propiedades de alta combinación con el cobre y bajo punto de fusión, lo que aumenta rapidez en el trabajo, además de que como se tenían tramos largos de tubería, la

dilatación térmica sería proporcionalmente mayor, lo que produciría mayores esfuerzos en las uniones.

Para evitar que se formen escorias de carbón en el interior de las tuberías se usó una atmósfera de nitrógeno durante el proceso de suelda, inyectándolo a baja presión (alrededor de 0.28 Lbs./cm²)(4.0 psi.) desde el otro extremo de la tubería. En los tramos cortos o para soldar ciertos accesorios donde se hacía engorroso o muy demorado usar el nitrógeno, se tuvo que hacer limpieza con trapo seco sin pelusa haciéndolo pasar por el interior del tubo halándolo con un alambre.

Para que se forme una buena unión entre los acoples, fué necesario limpiar y lijar completamente el área que iba a ser soldada, ya que el cobre forma una película de óxido que impide que haya una buena soldadura si no se toman estas medidas, con la posibilidad de que posteriormente se produzcan fugas de refrigerante. Este paso de lijar la tubería se debe hacer justo antes de soldar para evitar que se vuelva a formar el óxido.

3.4.2.- Condiciones de instalación y accesorios.

La tubería de cobre por donde circula el refrigerante es uno de los elementos principales del sistema, y por lo tanto es preciso instalarla de tal forma que siempre facilite el flujo de refrigerante. Entre los factores que perjudican este flujo está el aceite que invariablemente circula por el sistema, el cual también debe ser retornado al equipo. Para que haya facilidad en este flujo se le dió a la tubería de succión una inclinación de alrededor de 0.8 % en la dirección de los compresores, y se instalaron trampas de aceite en las subidas mas de 3.0 m. de altura. En ciertas subidas donde no se recomendaba poner trampas de aceite o si lo indicaban las tablas, se redujo en la subida en una medida en diámetro de la tubería. Las figuras 29 a la 31 muestran detalles de la forma en que se instalaron las tuberías.

Del ramal principal de las líneas de líquido al llegar a un grupo de evaporadores del mismo sistema, se tomaban las derivaciones hacia los evaporadores desde la parte inferior del tubo para

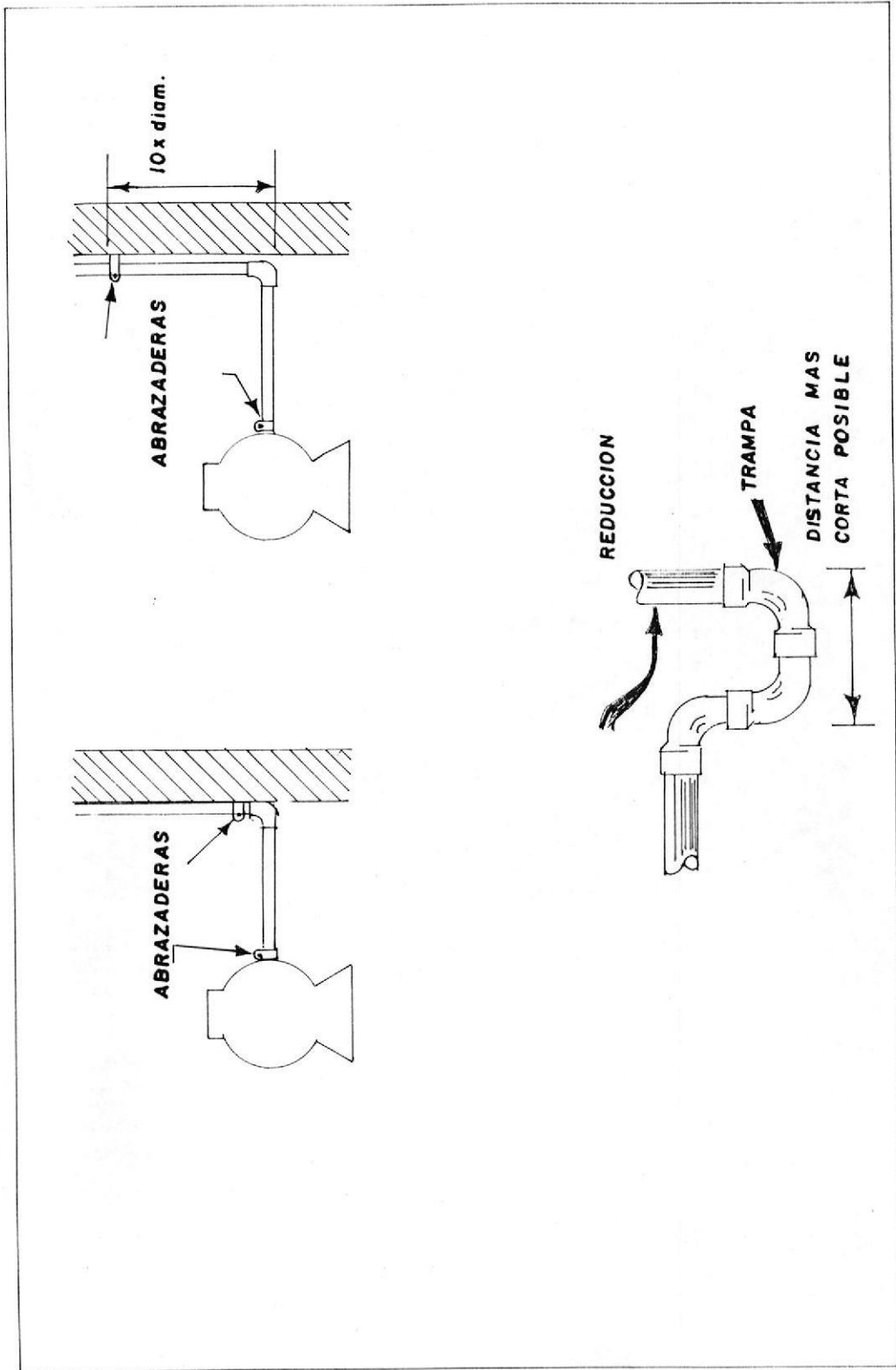
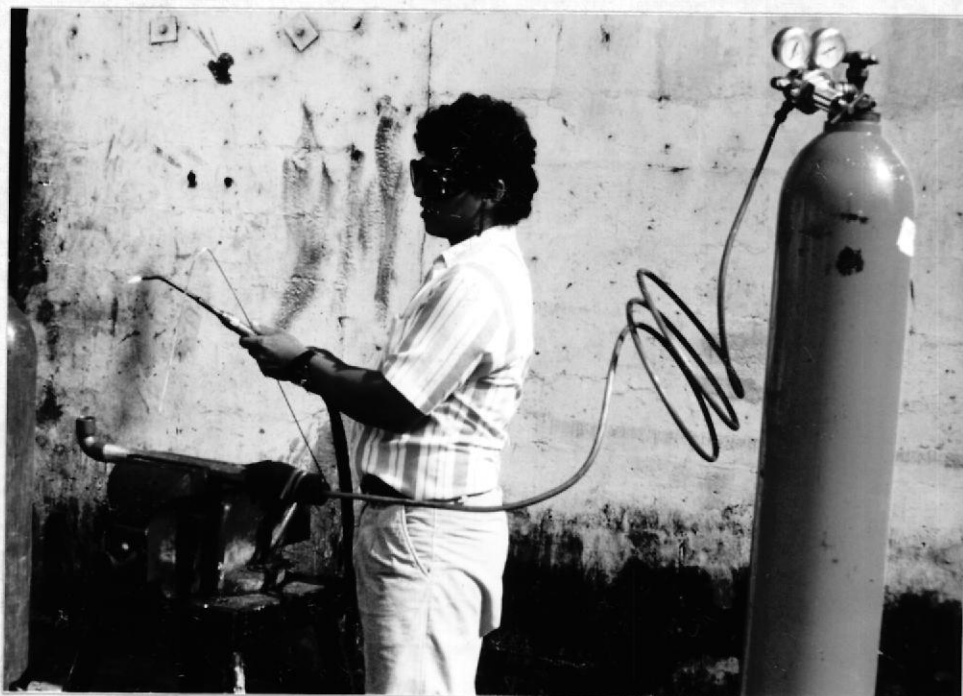


FIG. 29
 DETALLES DE INSTALACION
 DE TUBERIAS

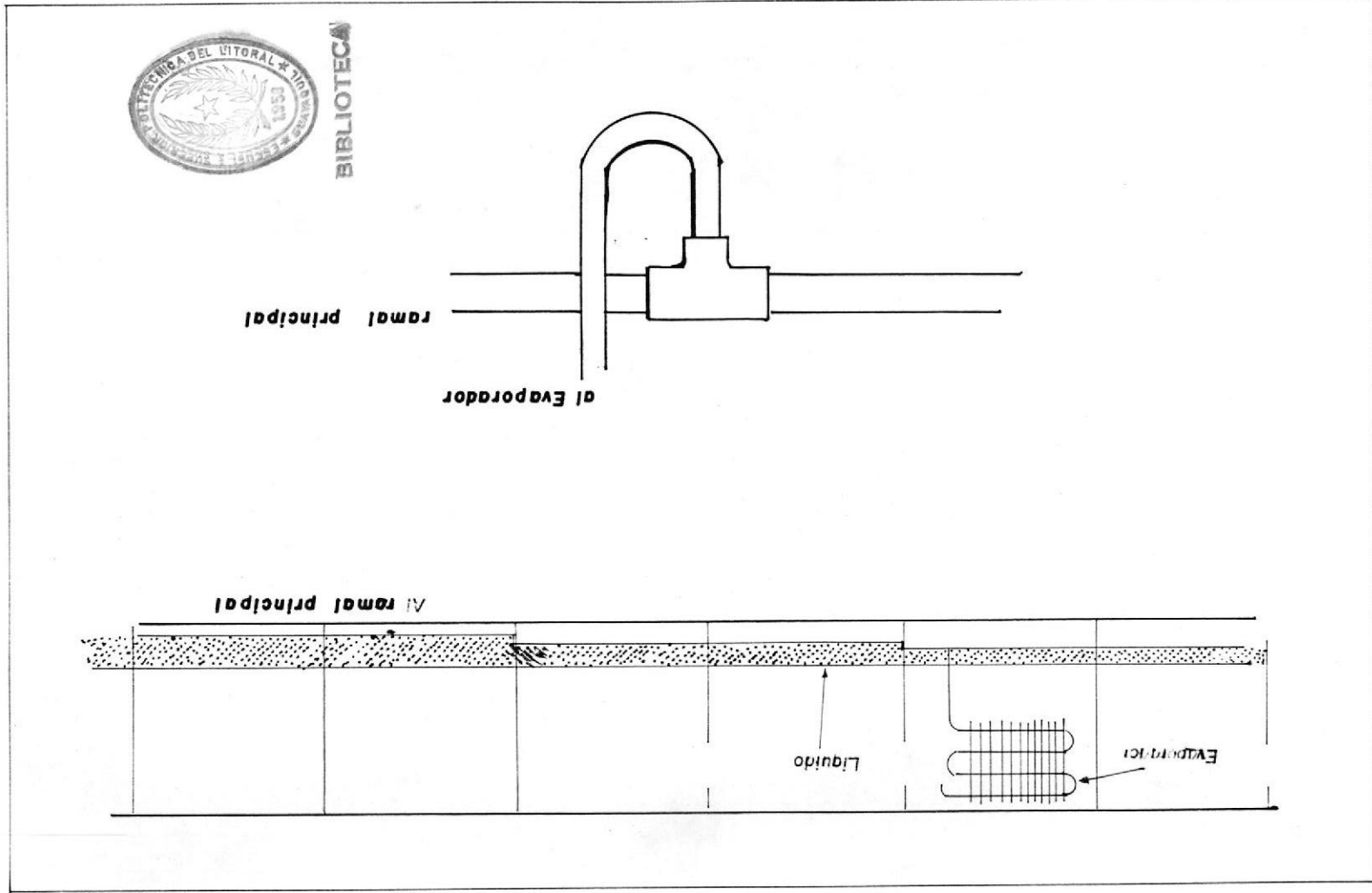


DETALLE DE METODO DE SUELDA

FIGURA 30



FIG. 31



asegurar la entrada al mismo de una columna llena de líquido. Luego de eso, las reducciones en las entradas a cada evaporador se hicieron ajustándonos a los valores de las tablas IV, V y VI incluidas en la sección respectiva.

En los tramos de tubería que debieron ser empotrados en el piso para los mostradores tipo isla se puso una protección adicional de lámina de polietileno sumergida en una cama de arena a todo su alrededor, lo que se muestra en el esquema de la figura 32.

Se usó soldadura de plata al 35 % en las uniones de materiales diferentes tales como bronce-cobre o cobre-hierro.

Se instalaron válvulas de cierre a la entrada de cada sistema o equipo, para de esta forma poder aislar en un caso dado el respectivo sistema para mantenimiento o reparación.

3.4.3.- Pruebas de presión y escapes.

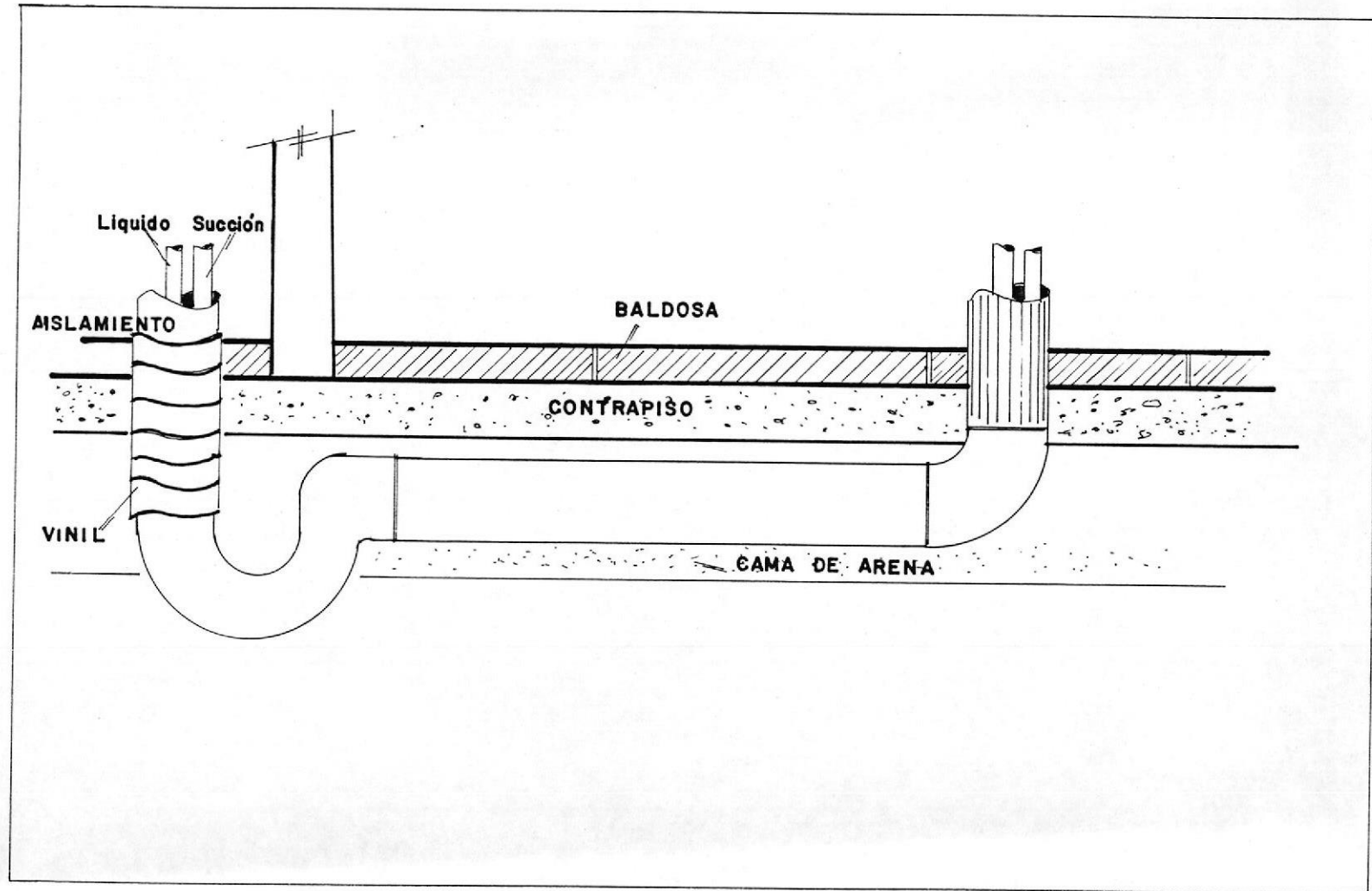


FIG. 32

DETALLE DE TUBERIA EMPOTRADA EN EL PISO

Estas pruebas se hacían cada vez que se terminaba de instalar una línea completa de tubería entre dos equipos.

La primera prueba consistía en acoplar uniones de cobre a cada extremo de las tuberías mencionadas y a través de un acople de carga se introducía nitrógeno hasta una presión de 21.14 Kg/cm.2 (300 psig.), carga que se dejaba puesta en el sistema durante 24 horas, para observar si variaba al cabo de las mismas. A este proceso se sometieron todas las tuberías instaladas, tanto las de líquido y de succión como las del condensador. En el caso de haber una pérdida de presión, se procedía a la búsqueda de la misma con el proceso del agua jabonosa para buscar la burbuja delatora, que hasta hoy es el método efectivo mas económico disponible. Una vez que se encontraba la causa de la pérdida de presión se procedía a su reparación y nuevamente se iniciaba el proceso de carga con nitrógeno al sistema, hasta eliminar toda pérdida de presión.

3.4.4.- Limpieza y carga del sistema.

El siguiente paso fué la limpieza del sistema, la cual se realizó en base a barridos con nitrógeno a alta presión. El barrido se lo realiza acumulando presión hasta unos 25.00 Kg./cm² (350.0 psig.) y luego se abre la tubería por uno de sus extremos para descargar de golpe la presión, lo que ocasiona que las impurezas se vayan eliminando por las descargas. Este procedimiento se lo repite algunas veces hasta que no se observen impurezas en la salida.

Una vez realizada la limpieza, se procedió a conectar las tuberías a sus respectivos acoples finales, prosiguiendo luego a cargar todo el sistema para comprobar estas últimas soldaduras o uniones y las tuercas de los acoples de los equipos y de las conexiones instaladas en el campo, pues es normal que durante el viaje se puedan aflojar debido a las vibraciones, manipuleo, golpes, etc.

Luego de haber comprobado totalmente la ausencia de pérdidas se procedió a la evacuación del sistema. Esto implica eliminar el aire y la humedad del sistema dejándolo libre de contaminación, listo

para la carga con refrigerante. Esta evacuación se realizó por medio de bombas de vacío conectadas a las tuberías del sistema. Cada grupo de trabajo se encargó de evacuar su área asignada. El proceso de evacuación se realizó de la siguiente manera: se hizo una primera evacuación al sistema durante 24 horas, asegurando que las líneas estén totalmente abiertas y absorbiendo por los lados de alta y baja presión. Luego de este proceso, se "rompió" el vacío introduciendo una mezcla de refrigerante y R-502 hasta una presión de unos 0.28 Kg./cm.2 (4.0 psig.), procediéndose luego a realizar nuevamente la evacuación y carga con la misma mezcla antes mencionada. Después de realizar el proceso de evacuación y carga por tres ocasiones, se procedió a cargar el sistema esta vez con refrigerante R-502 solamente, que sería ya el elemento refrigerante permanente del sistema. Cabe anotar que sólo se cargó el sistema hasta una presión de 0.28 Kg./cm2 (4.0 psig.) por seguridad, para que haya una presión positiva dentro del sistema, evitándose de esta forma el ingreso de contaminantes en el caso que se produzca alguna fuga, pues el proceso de carga final se realizaría de otra manera.

Es necesario enfatizar nuevamente sobre la necesidad de un sistema totalmente limpio desde su arranque, para obtener luego un equipo que funcione sin generar molestias y con buenos resultados. De allí la importancia del cuidado en la instalación de las tuberías y luego en la evacuación del sistema.

3.5.- AISLAMIENTO Y PROTECCION DE LAS TUBERIAS

Se usó aislamiento de espuma de poliuretano en tubos de 1.8 m. de largo con un espesor de pared de 1.27 cm.. Estos tubos de aislamiento se fueron instalando en las tuberías a medida que se avanzaba en la instalación de las mismas, para que los tubos de aislamiento fueran puestos en una sola pieza, a manera de mangas, lo que evitaba uniones de los mismos en sentido longitudinal que luego podrían dejar pasar la humedad, que se condensaría o congelaría debido a la baja temperatura de la tubería. Las uniones de los tramos de aislamiento fueron pegadas con cemento de contacto y selladas con cinta adhesiva de vinil, como barrera de vapor, se puso además una marca de esta misma cinta adhesiva para marcar el punto de unión de los tubos de cobre, para que

si alguna vez se sospecha de una fisura o fuga de refrigerante, se puedan localizar fácilmente estos puntos ya que es allí donde la probabilidad de fisuras es mayor.

En las áreas donde quedaba la tubería expuesta al tráfico, se instalaron protecciones metálicas. En las tuberías empotradas en el piso, ya se vió como iba protegida, sin embargo hay que acotar que se debe evitar en lo posible la instalación de tuberías empotradas o sobre el piso, para evitar rozamiento o daños en los tubos o en el aislamiento. En el caso nuestro, exceptuando las zonas de paso obligado, toda la tubería fué instalada en forma aérea sobre soportes especialmente contruidos para el efecto. Las rutas que siguieron las tuberías hasta su destino no se mezclaron, lo cual es muy importante, con ningún otro canal de instalación de otro tipo, sea este eléctrico, hidráulico, telefónico, etc..

3.6.- INSTALACION DE ACCESORIOS VARIOS DEL SISTEMA

Una serie de accesorios fueron instalados previo a la evacuación final y puesta en marcha del sistema. Estos

accesorios son indispensables para el buen funcionamiento del equipo y se explican a continuación:

- Filtros deshidratadores de líquido. De tipo de cartucho reemplazable. Se instalaron en una concha tres filtros en serie.
- Filtros de succión. Del mismo tipo que los anteriores, se instaló uno a cada entrada de compresor.
- Se instalaron también válvulas de paso a cada llegada de tubería a equipo. De esa forma se facilitaría aislar esa parte del equipo en el caso de una reparación o por mantenimiento.
- Se instalaron acoples conectores de servicio en los compresores y a la llegada de las líneas para poder tomar lecturas de presión en la mayor cantidad de puntos posibles.
- En los evaporadores se instalaron las respectivas líneas de drenaje, así mismo aisladas debidamente y con una trampa de agua en el exterior para evitar el

ingreso de aire caliente o de malos olores.



BIBLIOTECA

C A P I T U L O I V

INSTALACION ELECTRICA

Muchas fallas de operación en sistemas instalados son consecuencia de procedimientos eléctricos inadecuados o realizados con descuido. En estos tipos de instalación debe haber un estrecho vínculo de trabajo entre los equipos de instalaciones mecánicas y el de instalaciones eléctricas, y mucha coordinación desde el mismo instante de la planificación inicial, entrega de especificaciones eléctricas al grupo instalador y constante supervisión de las obras en proceso.

Para la instalación eléctrica de estos equipos se trabajó estrechamente con el grupo eléctrico, supervisando siempre que los trabajos cumplan con los requisitos técnicos establecidos por el fabricante.

La instalación eléctrica se realizó en dos áreas específicas: el área de la sala de máquinas y el área de los refrigeradores. Dentro de cada una de estas dos áreas se realizaron dos tipos de instalación: de acometida y de control. Todos estos trabajos son detallados en la

siguiente parte de este informe.

4.1.- INSTALACION DE ACOMETIDA

En el área de la sala de máquinas se necesitó de una acometida para el banco de compresores, el cual trajo ya instalado su propio tablero de control, y al que también se le hizo su propia acometida. Específicamente, estas acometidas fueron:

- Una acometida para el circuito de carga de los compresores:

208-230 V./ 3 Ph./ 60 Hz.

Consumo max. 248.0 amps./ calibre recomend. 3x350 MCM.

- Una acometida para el circuito de control del el mismo equipo:

120 V./ 1 Ph./ 60 Hz.

- Una acometida para el circuito de carga y control del condensador:

208-230 V./ 3 Ph./ 60Hz.

Consumo max. 26.4 amps.

En el área de los refrigeradores se instalaron, asimismo, acometidas para los elementos de carga de cada refrigerador, las cuales son:

Para la cámara frigorífica:

- Ventiladores para los evaporadores.
- Iluminación.
- Resistencias para evitar la condensación en las puertas de la misma.

Para los mostradores frigoríficos:

- Ventiladores.
- Iluminación.
- Resistencias para evitar la condensación.
- En ciertos casos, tomacorrientes para conectar artefactos eléctricos necesarios en este tipo de comercio, tales como balanzas, cortadoras de carne, etc.

4.2.- INSTALACION ELECTRICA DE CONTROL

Uno de los motivos por los que se escogió este equipo



fué por la ventaja que ofrecía en su sistema de control, que no necesita tener conexiones o líneas de control entre el equipo y los refrigeradores. Este factor economiza material y tiempo de instalación, por un lado, y por el otro da facilidades en cuanto a mantenimiento y control se refiere, ya que se evita la necesidad de trasladarse entre los dos puntos en el caso de conectar o desconectar un circuito.

En nuestro caso se programaron tres tableros de acometida y control para gobernar el área de los refrigeradores. Cada tablero debía controlar un grupo específico de refrigeradores, en la forma como se indica a continuación:

- Tablero # 1: sistemas 1, 2, 6, 7 y 8
- Tablero #2: sistemas 3, 4, 5, 11 y 12
- Tablero # 3: sistemas 9 y 10

Los sistemas 11, 12 y 13 (que no consta por ser el que corresponde a la cámara de baja temperatura, que es totalmente independiente) son para los equipos de baja temperatura. Estos tres tableros de sistemas controlan

la acometida a los elementos de carga y a los elementos de control, y se programaron con luces indicadoras para el caso de un mal funcionamiento de un circuito. Cada tablero venía instalado con un juego de interruptores por sistema, cada uno de los cuales energizaba cargas distantes, a saber:

- Ventiladores y resistencias.- Un interruptor por cada mostrador.
- Termostato y solenoide.- Conectados en serie a través de un relé, un interruptor por cada sistema.
- Iluminación.- Un disyuntor por tablero, alimentando a todos los sistemas del grupo, además de un interruptor por sistema.

Cabe anotar que se hizo una acometida independiente y exclusiva para alimentar los circuitos de iluminación de los tableros. Esta alimentación se realizó desde el tablero de emergencia, para que de esta forma queden iluminados los mostradores aún en el caso de un apagón, alimentados por el generador de emergencia.

En cuanto al equipo de compresores, este ya vino con su propio tablero de control, programado con los accesorios

respectivos, los cuales por ser de carácter básicamente electromecánicos, se los mencionó ya en el capítulo III al describir los sistemas de control.

4.3.- ACCESORIOS DE PROTECCION

Los accesorios de protección también pueden dividirse en aquellos accesorios de protección general para fallas eléctricas y en accesorios de protección contra fallas de funcionamiento del equipo. Estos controles se mencionan a continuación:

- Controles de compresores. Cada compresor tiene un circuito independiente, de tal forma que puede ser aislado eléctricamente a voluntad.
- Retardadores de tiempo. Los cuales ayudan a evitar sobrecargas eléctricas o daños a componentes.
- Retardadores de alarmas. Retardan la activación de las alarmas durante un tiempo prudencial a la vez que proveen de un sistema eficaz para el control de fallas en los sistemas o en las mismas alarmas. Entre estas alarmas de retardo están la siguientes:
 - Alarmas para el control de alta presión de succión, con un retardo de 30 minutos.

- Alarmas para bajo nivel de refrigerante, con retardo de 30 minutos.
- Alarmas contra fallas de aceite en los compresores, con retardo de 120 segundos.
- Protectores de estado sólido para los compresores, con retardo de 120 segundos después de un corte de energía.

Las figuras 33 y 34 nos dan una lista de las alarmas y los relés de seguridad y su función específica.



BIBLIOTECA

LISTA DE RELES Y ALARMAS Y SU FUNCION			
NOMBRE	DESCRIPCION	CONDICION DE CONTACTOS	FUNCION
AD9	Retardador de alarmas no-compresor	2 x NC	Remueve AD9 del circuito después de que salta.
AD#	Retardador de alarmas para compresores	2 x NC	Remueve AD# del circuito después de que salta.
AR	Relé de alarmas	2 x NC	Cierra los circuitos a los indicadores de alarmas.
BR	Relé de timbre remoto	2 x NA	Desconecta alarma remota. Conecta luz alarma remota.
BSR	Relé silenciador de timbre	1 x NC 2 x NA	Cierra el circuito al timbre. Mantiene la luz prendida.
C#	Relé del contactor del compresor	NC	Desactiva AD# Cierra el circuito para arrancar los compresores.
HR	Relé del recuperador	NC NA	Fija la alarma de bajo nivel de refrigerante.

FIGURA 33

LISTA DE RELES Y ALARMAS Y SU FUNCION (continuación)			
NOMBRE	DESCRIPCION	CONDICION DE CONTACTOS	FUNCION
KR	Relé de Koolgas	NA	Puentea el control de baja presión durante el descong.
K9	Protector de falla de fases	4 x NA	Abre el circuito de control si falta una fase.
TA	Relé para fallas del transformador	NA	Cierra el circcuito a la bobina del retardador de alarmas.
TD	Relé de retardo del control de lubricación	NA	Abre en un nivel bajo.
TD#	Relé de retardo de los compresores	NA	Controla al arranque de cada compresor.
---	Relé sensor de corriente. Opcional	NA	Abre el circuito al control de lubric. si no hay corriente.

FIGURA 34



C A P I T U L O V

PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

La puesta en marcha del sistema es un proceso que se realiza en varias etapas, pero siempre y cuando se haya terminado completamente la parte que se refiere a instalaciones eléctricas y mecánicas, y se hayan hecho pruebas de estas instalaciones. Es importante que las tuberías de refrigeración se hayan probado a satisfacción, y luego de eso haber sellado por completo el aislamiento de las mismas, ya que una vez que arranca el sistema, las líneas de succión, que llevan refrigerante a baja temperatura, podrían empezar a condensar la humedad del medio en las paredes de los tubos, lo que iniciaría un goteo constante que muchas veces contamina y daña los materiales que están debajo de los mismos, y siempre es engorroso detener un sistema luego de que ha estado funcionando, para instalar o terminar de instalar el aislamiento. Además de la pérdida de eficiencia que esto implica, ya que esta falla produciría una elevación de la presión de succión, significando entonces un mayor trabajo para los compresores.

Otra parte que se debe tener totalmente instalados son los accesorios eléctricos, ya que se entiende que los sistemas serán energizados y puede haber un cortocircuito en algún sector sin terminar.

5.1.- PRUEBAS EN VACIO

Estas pruebas en vacío se realizaron en los elementos electromecánicos, activándolos sin carga, para probar que sus elementos no estuvieran trabados o con desperfectos. Se puentearon ciertos controles para activar alarmas y para poner en marcha de prueba a ventiladores, compresores y válvulas solenoides. Se comprobó de esta manera el giro de los motores trifásicos. En cuanto a los compresores, no hubo necesidad de corregir este giro, ya que el único elemento que necesitaría un giro específico sería la bomba de aceite del mismo, pero en este tipo de compresores esta bomba es de descarga positiva con giro reversible. Se metió presión en las líneas de los presostatos para comprobar su punto de corte. Se tomaron medidas de amperajes para comprobar si estaban dentro de lo normal para marchas en vacío. Se comprobó que las válvulas solenoides accionaran al energizarse.

Asimismo, en los mostradores frigoríficos se comprobó el funcionamiento de las válvulas en serie con los termostatos, el funcionamiento de los ventiladores, las resistencias contra la condensación y la iluminación.

También se probaron los elementos eléctricos y mecánicos de las cámaras frigoríficas, luces, ventiladores, solenoides, resistencias, etc.

Finalmente, se procedió a la comprobación de todos los terminales eléctricos, asegurándonos que se encuentren bien apretados para que no haya sobrecalentamiento en las líneas debido a un mal contacto.

5.2.- REGULACION DE LOS CONTROLES

Antes de poner en marcha los equipos, se necesitó regular todos los controles según las recomendaciones del fabricante a las condiciones y necesidades locales. Existen 7 controles a los que se necesitó hacer los ajustes previos, y son enumerados a continuación:

- Control de baja presión.
- Controles de presión del condensador.

- Ajustes en las válvulas EPR (reguladoras de presión de succión de los evaporadores).
- Ajustes en el temporizador de descongelamientos.
- Control de alta presión.
- Ajustes a los termostatos de los sistemas, a las temperaturas establecidas.
- Presostato de baja presión de descarga.

Las figuras 35 a la 40 muestran los ajustes requeridos para las distintas condiciones de operación de los controles.

5.3.- CARGA Y ARRANQUE PASO A PASO DEL SISTEMA

Previo el arranque se hizo un chequeo del nivel de aceite en el cárter de cada compresor, observando que el nivel de aceite en la mirilla del regulador esté entre 3 y 5 mm. del borde superior de la mirilla. En el reservorio de aceite, el nivel del mismo se debía mantener entre las dos mirillas.

Se chequeó nuevamente las regulaciones de los controles y se volvió a chequear si estaban bien apretados todos los terminales eléctricos.



R-502 - Temperatura Mediana

Temp. de diseño succ. oC	Comp.#5		Comp.#4		Comp.#3		Comp.#2		Comp.#1	
	on	off	on	off	on	off	on	off	on	off
	psig	psig	psig	psig	psig	psig	psig	psig	psig	psig
+1	36	30	34	28	32	26	30	24	28	22
+4	39	33	37	31	35	29	33	27	31	25
+5	40	34	38	32	36	30	34	28	32	26
+7	42	36	40	34	38	32	36	30	34	28
+10	45	39	43	37	41	35	39	33	37	31
+12	47	41	45	39	43	37	41	35	39	33
+14	49	43	47	41	45	39	43	37	41	35
+15	50	44	48	42	46	40	44	38	42	36
+16	52	46	50	44	48	42	46	40	44	38
+20	56	50	54	48	52	46	50	44	48	42
+23	60	54	58	52	56	50	54	48	52	46
+25	63	57	61	55	59	53	57	51	55	49

AJUSTES PARA LOS PRESOSTATOS DE BAJA PRESION

FIGURA 35

COMPRESOR	INTERRUPTOR DE DIFE- RENCIAL DE PRESION DE ACEITE		RETARDO DE TIEMPO (SEG.)
	CIERRA psig.	ABRE psig.	
COPELAND	7 - 11	12 - 18	90 - 150
	4 - 6	9 - 12	
CARLYLE	4 - 6	9 - 12	45 - 75

AJUSTES DEL CONTROL DE LUBRICACION
FIGURA 36

REFRIGERANTE	AJUSTES (PSIG.)	
	Cierra	Abre
R-502	165	145
R-22	150	130
R-12	100	80

AJUSTES DE CIERRE PARA EL RECUPERADOR DE CALOR
FIGURA 37

REFRIGERANTE	AJUSTES (PSIG.)	
	Abre	Cierra
R-502	225	175
R-22	210	160
R-12	125	90

AJUSTES AL CONTROL DEL CONDENSADOR

FIGURA 38

TEMP. DEL EVAP. oF	AJUSTES DE EPR psig.	TEMP. DEL EVAP. oF	AJUSTES DE EPR psig.
-25	10 (R-502)	+15	44 (R-502)
-22	12 "		36 "
-20	13 "		16 "
-15	17 "		
+ 6	35 (R-502) 27 (R-22) 10 (R-12)	+18	48 " 39 (R-22) 18 (R-12)
+9	38 (R-502) 30 (R-22) 12 (R-12)	+21	52 (R-502) 42 (R-22) 20 (R-12)
+12	41 (R-502) 33 (R-22) 14 (R-12)	+25	57 (R-502) 47 (R-22) 23 (R-12)
		+30	64 (R-502) 53 (R-22) 26 (R-12)

AJUSTES DE LAS VALVULAS EPR

Notas: 1.- Se asume una caída de presión de 2 psig.

2.- Si se utilizan las EPR, la temperatura en el evaporador se debe controlar por un termostato.

FIGURA 39



BIBLIOTECA

AJUSTES PARA EL TEMPORIZADOR DE DESCONGELAMIENTOS

Tipo evaporador	Duración				
	Tiempo fuera	Elect.	Vapor satur.	Aire ext.	Veces/día
FM (V)-FMG (V) (V) FMGC-FMR (V)-FMRG (V) FMRGC-FMGCD	70	46	14		2
FM (G) A-FMR (G) A	--	--	--	40	4
FHM (H)-FHMG (H) FHMS (G)	46	46	14	--	4
FHM (H) A-FHMG (H) A MHF (H) A-MHFG (H) A	--	--	--	40	4
BHDB	110	46	12-16	--	2
CWI-MWI	56	--	14	--	4
CGD-CSD-CGD-CSF CGM-CSM VBL-VBS-VBK-VBT	60	--	--	--	2
VGS (R)-VGSD (R) VGL (R)-VGLD (R) VGK (D)-VFS-VFL-VFK-VFT	110	--	10	--	2
P-PH-PHSM PRO-PHRO	40	--	12	--	4
DM, PWI, GPWI, PWS	40	--	14	--	3
DMD	40	--	14	--	4
DMDA dairy DMA-DMDA deli	-- --	-- --	-- --	40 40	3 4
JVMR-JVMRS	60	--	--	--	4
RDM-RHMA	60	--	12	--	1
SC4R	60	--	--	--	2
SH4R-SH6R-SH8R	36	--	--	--	12
GC (I)-GGC-CTC-GWIC GF (I)-GG-GWI-GWIT-GTF	-- --	60 60	24 20	-- --	1 1
GC (I) A- GF (I) A GWI A-GWICA-GWITA GGA-GGCA	--	--	--	90	1
FML-FMLG	--	46	14	--	2
G5C (H)-G5C (H)	--	36	22	--	4
G5F (L,H)-G6F (L,H)	--	36	22	--	2
G5F (L,H) A-G6F (L,H) A	--	--	--	60	3
RHC (A,H)	--	36	14	--	1
RHF (A,H)	--	60	14	--	2
R6F (L)-R6C (L)	--	72	22	--	2

FIGURA 40

Luego se dieron los siguientes pasos:

- 1.- Se desconectaron todas las acometidas eléctricas tanto al banco de compresores como al condensador y a los evaporadores.
- 2.- Se conectó un cilindro de 125 Lbs. de refrigerante R-502 por medio de un manifold de carga a las líneas respectivas de líquido y succión. Conectándose la línea de líquido a la válvula de servicio del receptor, asegurándose de hacer la purga respectiva de aire de las mangueras.
- 3.- Luego se inició un proceso de carga de líquido hacia el receptor en forma continua hasta que el flujo de refrigerante líquido disminuyó, escuchándose un flujo más lento.
- 4.- En este punto, se energizó el sistema de fuerza y el de control para el banco de compresores así como la del condensador. Se conectaron los interruptores de circuito de los compresores #1 y #2, y a la vez se desconectó el temporizador, de forma que ningún sistema pueda entrar en descongelamiento por

casualidad. En este punto aún no se activaban los compresores energizados debido a que la presión de succión todavía estaba por debajo del punto de arranque.

5.- Entonces se procedió a cerrar el flujo de refrigerante desde el recibidor a los ramales de los sistemas, y se abrió el flujo desde el cilindro de carga hacia este mismo ramal, o sea, al múltiple de líquido y se accionaron los interruptores que activaban los sistemas de refrigeradores #1 y #2, tanto en el panel del banco de compresores como en el panel de los mostradores.

6.- Esta acción ocasionó que el refrigerante líquido de alimentación fluyera directamente a los sistemas mencionados, empezando en los mismos el proceso de refrigeración, lo cual inmediatamente elevó la presión de succión en el múltiple de succión hasta llegar a unos 3.12 Kg./cm.2 (45 psig.) que es el punto normal fijado en fábrica para equipos de temperatura mediana con R-502, en este punto arrancó el compresor #1. Si la presión de succión seguía subiendo se energizaría el compresor #2 para tratar



de mantener la misma. De esta forma empezó retornar el refrigerante a través de las líneas de succión al receptor, el cual como tenía la válvula de salida cerrada, empezó a llenarse y a subir de nivel el indicador de refrigerante. Se continuó este proceso hasta que el nivel sobrepasó el 30% de capacidad. En este punto se cerraron los circuitos de los demás sistemas y compresores, pero se mantuvo la válvula de salida del receptor cerrada hasta que se sobrepasó el nivel del 50%.

7.- El siguiente paso fué proceder a abrir la válvula de paso de salida del receptor y cerrar el ingreso desde afuera de más refrigerante al sistema, y se activaron los sistemas que faltaban. Con esta acción circuló el refrigerante por todo el sistema instalado y se ocupó el exceso de refrigerante acumulado en el receptor, el cual bajó de nivel hasta alrededor del 15%.

8.- A continuación se alimentó al sistema con vapor de refrigerante a través del múltiple de succión hasta lograr que el nivel se estabilizara en la marca del 30%, que en adelante sería el nivel

normal de funcionamiento.

9.- Una vez que se logró poner en marcha el sistema, se apagaron todos los compresores y se chequearon los niveles de aceite en los reguladores. Este nivel debía mantenerse en el punto medio, de lo contrario se debía hacer una regulación al mismo.

10.- El último paso fué volver a arrancar el sistema y empezar con la regulación del temporizador de los descongelamientos de los sistemas, paso que tomaría varios días, ya que el tiempo que se asigna a un mostrador depende de factores que varían con la humedad del local y su temperatura.

5.4.- PUESTA EN MARCHA Y CONTROL DEL SISTEMA

Una vez cumplidas todas las condiciones de operación, tanto en presiones, temperaturas, voltajes y amperajes, se procedió a remover los manómetros y otros equipos y herramientas de instalación y control del sistema. Se cerraron todos los tableros de control o de alimentación, se aseguraron las válvulas en sus posiciones de operación y todos los tapones en sus

puestos, bien apretados. Se realizó un chequeo de la operación, registrándose las temperaturas de los refrigeradores y una vez cerciorados de que los parámetros estaban correctos, se dió luz verde al ingreso de productos a la cámara y a los mostradores frigoríficos.

Los equipos se mantuvieron en observación durante las siguientes dos semanas, luego de lo cual se paró el sistema en forma normal para realizar el cambio de los filtros de succión y de líquido. Se aprovechó la ocasión para hacer un reajuste de los contactos y terminales eléctricos.

Se elaboró una tabla de observaciones de las condiciones de operación, registrándose las lecturas una vez por semana tanto a los compresores como a las cámaras y los mostradores refrigerados. Finalmente se programó el siguiente chequeo para después de tres meses.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

El resultado positivo que cabe mencionar respecto de esta instalación no es precisamente el hecho de haberse realizado, ni siquiera el procedimiento seguido, el cual es la simple consecuencia de la preparación obtenida en cuanto a métodos técnicos en conjunción con la experiencia resultante de anteriores instalaciones y el conocimiento que se tenía del equipo a ser instalado. Sino, más bien del resultado obtenido en cuanto al ahorro económico en general de la instalación.

La economía de la que se habla no solo se refiere a lo que se logró en la parte de instalación, que como ya se mencionó en capítulos anteriores respecto al ahorro de materiales eléctricos ya que no hubo necesidad de hacer una interconexión eléctrica entre el banco de compresores y los refrigeradores siendo el control entre ambos de tipo mecánico, esto es, la misma presión del refrigerante que fluye por el sistema, en tanto que la temperatura del refrigerador es controlada por instalación en sitio.

Se logró economizar energía por dos factores muy definidos, que son, por un lado, la ausencia de consumo eléctrico para

realizar los descongelamientos, que se realizan por medio del vapor saturado propio del equipo. Cosa que no sucede en los equipos convencionales que por lo general realizan estos descongelamientos en base a resistencias eléctricas que exigen mucho consumo de energía; por otro lado se obtuvo un mejor rendimiento energético debido propiamente al tipo de sistema instalado, que es de compresores en paralelo, el cual se ha diseñado para que vaya reduciendo el consumo de energía desconectando unidades a medida que se va satisfaciendo la demanda. Esta última aseveración se ha podido comprobar por la comparación del funcionamiento de esta unidad con otras del tipo convencional, obteniendo un promedio de mejoramiento de alrededor de un 15 %.

Otro de los resultados positivos del equipo instalado ha sido la reducción de horas-hombre de mantenimiento. Esto se demuestra fácilmente si observamos que este sólo equipo representa a por lo menos 7 unidades convencionales, lo que equivaldría al mismo factor de ahorro de horas -hombre de mantenimiento, sin mencionar el costo de equipo, repuestos y mantenimiento. Además de que este equipo es una unidad de respaldo en sí mismo, y no necesita de ningún equipo de respaldo para emergencias.

Como un último comentario, a manera de moraleja, deseo añadir lo siguiente: si se tiene cuidado absoluto durante una instalación, supervisando cada paso desde el inicio, anteponiendo siempre el criterio técnico de ingeniería y el sentido común, y programando luego un mantenimiento periódico preventivo que sea cumplido a cabalidad, entonces se obtendrá un equipo que funcionará con buenos resultados y economía, sin importar el tipo de equipo que se tenga, aunque siempre es importante actualizarse en cuanto a las técnicas modernas de la época.



BIBLIOTECA

T A B L A I

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PROPIEDADES DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

Producto	Temp. de Almac. °F	Humedad Relativa %	Duración Aproximada	Producto	Temp. de Almac. °F	Humedad Relativa %	Duración Aproximada
VERDURAS				FRUTAS			
Aceitunas	45 - 50	85 - 90	4 - 6 semanas	Aguacates	45 - 55	85 - 90	4 semanas
Ajos verdes	32	90 - 95	1 - 3 meses	Arándanos	36 - 41	85 - 90	4 meses
Alcachofas esféricas	31 - 32	90 - 95	1 - 2 semanas	Cerezas	31 - 31	85 - 90	10 - 14 días
Alcachofas Jerusalem	31 - 32	90 - 95	2 - 5 días	Ciruelas	31 - 32	80 - 85	2 - 4 semanas
Berenjenas	45 - 50	85 - 90	10 días	Chabacano	31 - 32	85 - 90	1 - 2 semanas
Betabeles	32	90 - 95	1 - 3 meses	Cocos	32 - 35	80 - 85	1 - 2 meses
Betabeles en manojo	32	90 - 95	10 - 14 días	Duraznos	31 - 32	85 - 90	2 - 4 semanas
Brócoli	32	90 - 95	7 - 10 días	Frambuesa negra	31 - 32	85 - 90	7 días
Calabazas	50 - 55	70 - 75	2 - 6 meses	Frambuesa roja	31 - 32	85 - 90	7 días
Calabazas tipo bellota	45 - 50	75 - 85	5 - 8 semanas	Frambuesa congelada	10 - 0		1 año
Calabazas de invierno	50 - 55	70 - 75	4 - 6 meses	Fresas frescas	31 - 32	85 - 90	7 - 10 días
Calabazas de verano	32 - 40	86 - 95	10 - 14 días	Fresas congeladas	10 - 0		1 año
Camotes	55 - 60	90 - 95	4 - 6 meses	Frutas envasadas y congeladas	10 - 0		6 - 12 meses
Cebollas	32	70 - 75	6 - 8 meses	Frutas secas	32	50 - 60	9 - 12 meses
Coles	32	90 - 95	3 - 4 meses	Granadas	34 - 35	85 - 90	2 - 4 meses
Coles de Bruselas	32	90 - 95	3 - 4 semanas	Grosella	32	80 - 85	10 - 14 días
Coliflor	32	90 - 95	2 - 3 semanas	Higos frescos	28 - 32	85 - 90	5 - 7 días
Colirrábano	32	90 - 95	2 - 4 semanas	Higos secos	32 - 40	50 - 60	9 - 12 meses
Col rizada	32	90 - 95	2 - 3 semanas	Limas	48 - 50	85 - 90	6 - 8 semanas
Chicharos verdes	32	85 - 90	1 - 2 semanas	Limonas	32 - 58	85 - 90	1 - 4 meses
Chiles secos	32 - 40	65 - 75	6 - 9 meses	Mandarinas	31 - 38	90 - 95	3 - 4 semanas
Chirivías	32	90 - 95	2 - 6 meses	Mangos	50	85 - 90	2 - 3 semanas
Escarola	32	90 - 95	2 - 3 semanas	Manzanas	30 - 32	85 - 90	2 - 6 meses
Espárragos	32	90 - 95	2 - 3 semanas	Melones "Cantaloupe"	32 - 40	85 - 90	5 - 15 días
Espinacas	32	90 - 95	10 - 14 días	Melones "Casaba"	45 - 50	85 - 90	4 - 6 semanas
Ejotes	32 - 40	85 - 90	10 - 15 días	Melones "Honeydew Honeyball"	45 - 50	85 - 90	2 - 4 semanas
Habas	45	85 - 90	8 - 10 días	Melones Persas	45 - 50	85 - 90	1 - 2 semanas
Hongos	32 - 35	85 - 90	3 - 5 días	Membrillos	31 - 32	85 - 90	2 - 3 meses
Hongos cultivados en abono	34	75 - 80	8 meses	Moras azules	31 - 32	85 - 90	3 - 6 semanas
Hongos cultivados en grano	32 - 40	75 - 80	2 semanas	Moras negras	31 - 32	85 - 90	7 días
Hongos en cultivo	32 - 35	85 - 90	3 - 6 meses	Naranjas	32 - 34	85 - 90	8 - 12 semanas
Lechugas	32	90 - 95	3 - 4 semanas	Jugo de Naranja frío	30 - 35		3 - 6 semanas
Maíz (elote)	31 - 32	85 - 90	4 - 8 días	Nísperos	30	85 - 90	2 meses
Nabos	32	90 - 95	2 - 4 meses	Nueces	32 - 50	65 - 75	8 - 12 meses
Papas	38 - 55	85 - 90	-	Papayas	45	85 - 90	2 - 3 semanas
Pepinos	45 - 50	90 - 95	10 - 14 días	Piña madura	40 - 45	85 - 90	2 - 4 semanas
Pimientos dulces	45 - 50	85 - 90	8 - 10 días	Piña verde	50 - 60	85 - 90	3 - 4 semanas
Rábanos de invierno	32	90 - 95	2 - 4 meses	Peras	29 - 31	85 - 90	
Rábanos de primavera	32	90 - 95	10 días	Plátanos		85 - 95	
Rábano picante	32	90 - 95	10 - 12 semanas	Sandías	36 - 40	85 - 90	2 - 3 semanas
Rapóntico	32	90 - 95	2 - 3 semanas	Toronjas	50	85 - 90	4 - 8 semanas
Salsifi blanco	32	90 - 95	2 - 4 meses	Uva espin	31 - 32	80 - 85	3 - 4 semanas
Semilla de Verduras	32 - 50	50 - 65	-	Uva tipo americano	31 - 32	85 - 90	3 - 8 semanas
Tomates maduros	45 - 50	85 - 90	2 - 7 días	Uva tipo europeo	30 - 31	85 - 90	3 - 6 meses
Tomates sin inmadurar	57 - 70	85 - 90	2 - 4 semanas	Zarzamora	31 - 32	85 - 90	7 - 10 días
Verduras envasadas y congeladas	- 10 - 0	-	6 - 12 meses				
Zanahorias	30	90 - 95	4 - 5 meses				
Zanahorias empacadas	32	80 - 90	3 - 4 semanas				

T A B L A I

(continuación)

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO Y PROPIEDADES DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS							
Producto	Temp. de Almac. °F	Humedad Relativa %	Duración Aproximada	Producto	Temp. de Almac. °F	Humedad Relativa %	Duración Aproximada
CARNES				VARIOS			
Aves de corral frescas	32	85 - 90	1 semana	Aceite para ensaladas	35	-	1 año
Aves de corral congeladas	-20 - 0	90 - 95	9 - 10 meses	Café en grano	35 - 37	80 - 85	2 - 4 meses
Carne de cerdo fresca	32 - 34	85 - 90	3 - 7 días	Cerveza en barril	35 - 40	-	3 - 10 semanas
Carne de cerdo congelada	-10 - 0	90 - 95	4 - 6 meses	Dulces	0 - 34	40 - 65	-
Carne de res fresca	32 - 34	88 - 92	1 - 8 semanas	Huevos frescos	29 - 31	80 - 85	6 - 9 meses
Carne de res congelada	-10 - 0	90 - 95	9 - 12 meses	Huevos congelados	0	-	más de 1 año
Carne de ternera	32 - 34	90 - 95	5 - 10 días	Levadura	31 - 32	-	-
Conejos frescos	32 - 34	90 - 95	1 - 5 días	Manteca de cerdo (sin antioxidante)	45	90 - 95	4 - 8 meses
Conejos congelados	-10 - 0	90 - 95	0 - 6 meses	Manteca de cerdo (sin antioxidante)	0	90 - 95	12 - 14 meses
Cordero fresco	32 - 34	85 - 90	5 - 12 días	Miel	-	-	1 año
Cordero congelado	-10 - 0	90 - 95	8 - 10 meses	Oleomargarina	35	60 - 70	1 año
Hígados congelados	-10 - 0	90 - 95	3 - 4 meses	Palomitas de Maíz sin reventar	32 - 40	85	-
Jamones y Lomos frescos	32 - 34	85 - 90	7 - 12 días	Pan	0	-	varias semanas
Jamones y Lomos congelados	-10 - 0	90 - 95	6 - 8 meses	Pielés y Tejidos	34 - 40	45 - 55	varios años
Jamones y Lomos curados	60 - 65	50 - 60	0 - 3 años				
Lomos grasosos	34 - 36	85 - 90	3 meses	PRODUCTOS LACTEOS			
Salchichas ahumadas	40 - 45	85 - 90	6 meses	Crema (endulzada)	- 15	-	varios meses
Tocino congelado	-10 - 0	90 - 95	4 - 6 meses	Helados	- 15	-	varios meses
Tocino curado (de Empacadora)	34 - 40	85	2 - 6 semanas	Leche condensada y endulzada	40	-	varios meses
Tocino curado (estilo granja)	34 - 40	85	2 - 6 meses	Leche evaporada	-	-	1 año
PESCADOS Y MARISCOS				Leche Pasteurizada Grado A	33	-	7 días
Pescado ahumado	40 - 50	50 - 60	6 - 8 meses	Leche en polvo completa	45 - 55	Baja	varios meses
Pescado congelado	-10 - 0	90 - 95	8 - 10 meses	Leche en polvo sin grasa	45 - 55	Baja	varios meses
Pescado curado	28 - 35	75 - 90	4 - 8 meses	Mantequilla	32 - 40	80 - 85	2 meses
Pescado salado	-	90 - 95	10 - 12 meses	Mantequilla	- 10 - 0	80 - 85	1 año
Pescado fresco	33	90 - 95	5 - 15 días	Queso	30 - 45	65 - 70	-
Marisco congelado	-20 - 0	90 - 95	3 - 8 meses				
Marisco fresco	33	90 - 95	3 - 7 días				

Tomado del "ASHRAE Guide & Data Book", 1966 - 1967

T A B L A II

CARGA DE REFRIGERACION PARA CAMARAS
POR VOLUMEN Y TEMPERATURA

Altura 8'							Altura 10'						
dim. ext. ax1	area ext. pie ²	vol. int. pie ³	capacidad menos producto BTU/h				dim. ext. pie ²	vol. int. pie ³	capacidad menos producto BTU/h				
			20°F	10°F	28°F	36°F			20°F	10°F	28°F	36°F	
6 × 6	228	234	5300	4900	4200	3600	276	294	6000	5600	4700	4100	
6 × 8	272	319	6100	5700	4800	4200	328	402	6900	6500	5400	4700	
6 × 10	316	404	6900	6500	5400	4700	380	509	7800	7300	6100	5200	
6 × 12	360	490	7700	7200	6000	5100	432	616	8700	8100	6700	5800	
8 × 10	368	552	8000	7500	6200	5400	440	694	9000	8400	7000	6000	
8 × 12	416	668	8900	8300	6900	5900	496	840	10000	9300	7700	6600	
8 × 14	464	784	10000	9400	7800	6800	552	987	11300	10500	8700	7500	
8 × 16	512	900	10800	10100	8400	7300	608	1133	12200	11400	9300	8100	
10 × 10	420	699	9000	8400	7000	6000	500	879	10200	9500	7800	6700	
10 × 12	472	846	10300	9700	8000	7000	560	1065	11600	10800	8900	7700	
10 × 14	524	993	11200	10500	8700	7500	620	1250	12600	11800	9700	8400	
10 × 16	576	1141	12100	11300	9300	8100	680	1435	13600	12700	10400	9000	
10 × 18	628	1288	13000	12100	9900	8600	740	1620	14500	13500	11000	9600	
10 × 20	680	1435	13800	12900	10500	9100	800	1806	15400	14400	11700	10100	
12 × 14	584	1203	12400	11600	9500	8200	688	1513	13800	12900	10600	9100	
12 × 16	640	1381	13400	12500	10200	8800	752	1737	14900	13900	11300	9800	
12 × 18	696	1559	14300	13400	10900	9400	816	1962	16000	14900	12100	10500	
12 × 20	752	1737	15200	14200	11500	10000	880	2186	17000	15900	12800	11100	
12 × 30	1032	2629	19600	18200	14500	12600	1200	3307	21900	20400	16100	14000	
14 × 16	704	1621	14500	13500	11000	9600	824	2040	16200	15100	12300	10600	
14 × 20	824	2040	16500	15400	12500	10800	960	2566	18400	17200	13900	12000	
14 × 24	944	2458	18500	17200	13800	12000	1096	3093	20600	19200	15400	13300	
14 × 28	1064	2877	20300	19000	15100	13100	1232	3619	22600	21100	16800	14500	
14 × 32	1184	3295	22200	20700	16400	14200	1368	4146	24600	22900	18100	15700	
16 × 16	768	1861	15700	14600	11800	10300	896	2342	17400	16300	13100	11400	
16 × 20	896	2342	17800	16600	13400	11600	1040	2946	19800	18500	14800	12800	
16 × 24	1024	2822	19900	18600	14800	12800	1184	3551	22200	20700	16500	14300	
16 × 28	1152	3303	22000	20500	16200	14100	1328	4155	24300	22700	18000	15500	
16 × 32	1280	3783	24000	22400	17700	15300	1472	4760	26600	24700	19400	16800	
16 × 36	1408	4264	25800	24000	18900	16400	1616	5364	28600	26600	21000	18100	
20 × 20	1040	2946	20300	18900	15100	13100	1200	3707	22500	21000	16700	14500	
20 × 24	1184	3551	22700	21200	16900	14600	1360	4467	25200	23500	18600	16100	
20 × 28	1328	4155	25000	23300	18400	15900	1520	5228	27700	25800	20400	17600	
20 × 32	1472	4760	27300	25400	19900	17200	1680	5988	30200	28100	22100	19100	
20 × 36	1616	5364	29500	27400	21500	18600	1840	6749	32600	30300	23600	20400	
20 × 40	1760	5969	31700	29400	23000	19900	2000	7509	34900	32500	25300	21900	
30 × 20	1400	4458	26200	24400	19200	16600	1600	5608	29000	27000	21200	18300	
30 × 24	1584	5372	29300	27200	21400	18500	1800	6759	32400	30100	23400	20300	
30 × 30	1860	6744	33800	31500	24300	21100	2100	8484	37000	34400	26700	23200	
40 × 30	2320	9030	41100	38100	29200	25300	2600	11361	44800	41600	32000	27700	
40 × 40	2880	12091	50300	46700	35300	30700	3200	15212	54800	50800	38500	33500	

T A B L A III

CARGA ESPECIFICA DE PRODUCTOS PARA CAMARAS FRIGORIFICAS

Producto	Cantidad diaria	Temp. entr.	Temp. final del producto - °F							
			60	40	35	32	0	10	20	30
Pastas	100 Lbs	55		161	82	95	443	462	480	500
Reses	1000 Lbs	100 34	1667	2500	2708	2833	9194	9422	9649	9877
Cordero	1000 Lbs	100 55		684	912	1049	7435	7674	7913	8152
Chancho	1000 Lbs	100 55 34	1178	1766	1914	2002	6106	6283	6461	6639
Cervezas	100 Cases	60		3555	4440	4980				
Prod. cong.	1000 Lbs	10					278	556	834	1111
Helados	100 Gal • Soft Mix • Pre-Flavored	28					2667	2962	3284	3631
Leches	100 Gal	45		228	456	547				
Aves	1000 Lbs	50		439	658	790	7528	7761	7995	8229
Pizza	100 14 Oz Units	80 35	73	146	164	175	611	630	649	669
Mariscos	100 Lbs	50		47	71	85	338	362	387	411
Vegetales	1000 Lbs	90 55	1500	2500	2750	2900	10400	10600	10822	11178

T A B L A IV

TUBERIAS DE DESCARGA - COMPRESOR / CONDENSADOR

Dim. linea plg.	DESCARGA (mbh) al condensador				Dim. linea plg.	DESCARGA (mbh) al receptor			
	Unidad modelo					Unidad modelo			
	FS	VS	RS	RL		FS	VS	RS	RL
7/8	32	59	47	48	5/8	40	48	32	35
1-1/8	64	118	96	96	7/8	82	100	66	72
1-3/8	112	205	166	168	1-1/8	140	171	113	122
1-5/8	177	324	262	264	1-3/8	213	261	172	186
2-1/8	367	669	542	546	1-5/8	302	369	262	264
2-5/8	648	1180	956	962	2-1/8	525	669	542	546
3-1/8	1030	—	1400	1509	2-5/8	810	1180	956	962
					3-1/8	1156	—	1400	1509

T A B L A V

DIMENSIONAMIENTO DE LINEAS DE SUCCION

Dim. tubo ulg.	Temp. evap. °F	Requerimiento máximo de refrigeración (mbh) por largo de línea (long. equiv) Cond. a 110°F						Requer. líneas vert.
		50 ft	100 ft	150 ft	200 ft	250 ft	300 ft	
5/8	0	8	6	5	4	3	3	2
	10	10	7	5	5	4	4	3
	20	12	8	6	6	5	4	3
	30	14	10	8	7	6	5	3
	35	15	10	8	7	6	6	4
7/8	0	22	15	12	10	9	8	6
	10	26	18	14	12	11	10	7
	20	31	21	17	15	13	12	7
	30	37	25	20	17	15	14	9
	35	39	27	22	19	17	15	8
1-1/8	0	44	30	24	21	18	17	13
	10	53	36	29	25	22	20	13
	20	62	43	35	30	26	24	16
	30	74	51	41	35	31	28	15
	35	79	55	44	38	34	30	16
1-3/8	0	76	52	42	36	32	29	19
	10	91	63	51	43	38	35	24
	20	108	75	60	51	46	41	24
	30	129	89	72	61	54	49	29
	35	138	96	77	66	59	53	28
1-5/8	0	119	83	67	57	51	46	32
	10	146	100	80	69	61	55	33
	20	171	118	95	81	72	65	37
	30	203	140	113	97	86	78	41
	35	218	151	122	104	92	84	44
2-1/8	0	207	172	138	119	105	95	63
	10	253	207	166	143	126	115	68
	20	307	244	197	169	150	136	76
	30	370	291	234	201	178	162	85
	35	405	312	252	216	192	174	85
2-5/8	0	319	304	245	210	186	169	109
	10	390	365	294	252	224	203	119
	20	473	431	348	298	265	240	126
	30	570	513	413	355	315	286	141
	35	624	551	444	381	339	308	143
3-1/8	0	456	456	391	335	297	269	165
	10	557	557	469	402	357	324	180
	20	676	676	555	476	422	384	206
	30	814	814	659	566	503	456	217
	35	891	876	708	608	540	491	238
3-5/8	0	616	616	581	498	442	401	235
	10	753	753	697	598	531	482	258
	20	914	914	823	707	628	570	279
	30	1101	1101	979	841	747	678	315
	35	1205	1205	1051	904	802	728	321
4-1/8	0	801	801	801	702	623	566	336
	10	979	979	979	844	749	679	373
	20	1188	1188	1162	997	886	805	407
	30	1431	1431	1379	1185	1052	957	436
	35	1567	1567	1479	1274	1131	1026	477



BIBLIOTECA

T A B L A VI

DIMENSIONAMIENTO DE LINEAS DE LIQUIDO

Diam. tubo plg.	Temp. cond. °F	Capacidad (mbh) para long. equiv. (pie)					
		50 ft	100 ft	150 ft	200 ft	250 ft	300 ft
3/8"	80	25	17	14	12	10	9
	90	24	17	14	12	10	9
	100	23	17	13	11	10	9
	110	21	16	13	11	10	9
	120	19	16	12	11	9	9
1/2	80	51	40	32	28	25	22
	90	47	40	32	27	24	22
	100	44	39	31	27	24	22
	110	40	38	30	26	23	21
	120	36	36	29	25	22	20
5/8	80	82	75	61	52	46	42
	90	76	74	60	51	45	41
	100	70	70	59	50	45	40
	110	64	64	57	49	43	39
	120	58	58	55	47	42	38
7/8	80	170	170	159	136	121	110
	90	158	158	157	134	119	108
	100	145	145	145	132	117	106
	110	133	133	133	128	114	103
	120	120	120	120	120	110	99
1-1/8	80	290	290	290	275	244	221
	90	269	269	269	269	241	219
	100	247	247	247	247	236	214
	110	226	226	226	226	226	208
	120	205	205	205	205	205	201
1-3/8	80	442	442	442	442	424	385
	90	410	410	410	410	410	380
	100	377	377	377	377	377	372
	110	344	344	344	344	344	344
	120	312	312	312	312	312	312
1-5/8	80	626	626	626	626	626	608
	90	580	580	580	580	580	580
	100	534	534	534	534	534	534
	110	487	487	487	487	487	487
	120	441	441	441	441	441	441
2-1/8	80	1089	1089	1089	1089	1089	1089
	90	1009	1009	1009	1009	1009	1009
	100	928	928	928	928	928	928
	110	848	848	848	848	848	848
	120	768	768	768	768	768	768

BIBLIOGRAFIA

- * ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS - Gobierno del Estado de Sao Paulo, Secretaria de industrias, Comercio, Ciencia y Tecnologia, Cordinadora de Industrias y Comercio.

- * TERMODINAMICA - Faires, Simmang y Brewer.

- * PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR - Frank Kreith.

- * ASHRAE - Guide & Data '67

- * MANUAL DE INGENIERIA, INSTALACION Y SERVICIO - Copeland Co.

- * MANUAL DE MANTENIMIENTO INDUSTRIAL - L.C. Morrow

- * MANUAL DE INGENIERIA - Hussmann Co.