

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Proyecto de un Sistema de Refrigeración por Compresión de Vapor para Congelar 5 TON/ Diarias de Carne de Vacuno Mediante un Túnel de Congelamiento Rapido y Ambiente de Conservación y Almacenamiento en Contamana - Región del Amazonas ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO

PEDRO ENRIQUE ATARAMA PALACIOS

PROMOCION: 1989 - 1

LIMA . PERU . 1993

PROYECTO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACION POR
COMPRESION DE VAPOR PARA CONGELAR 5 TON/DIARIAS DE
CARNE DE VACUNO MEDIANTE UN TUNEL DE CONGELAMIENTO
RAPIDO Y AMBIENTE DE CONSERVACION Y ALMACENAMIENTO EN
CONTAMANA-REGION DEL AMAZONAS.

INDICE

PROLOGO

CAPITULO 1

INTRODUCCION

CAPITULO 2

ESTUDIO DEL CENTRO DE ENGORDE PARA GANADO VACUNO(PORCINO)
CONDICIONES DE CAMAL Y UBICACION

- | | | |
|-----|---|----|
| 2.1 | Estudio de la carne de vacuno(porcino) | 6 |
| 2.2 | Estudio del centro de engorde para ganado
vacuno(porcino). | 17 |
| 2.3 | Condiciones del camal | 25 |

CAPITULO 3

CICLOS DE REFRIGERACION APLICADOS A LA INDUSTRIA DE
CONGELAMIENTO Y CONSERVACION.

- | | | |
|-----|--|----|
| 3.1 | Clasificación de las aplicaciones de
refrigeración. | 44 |
| 3.2 | Sistema de refrigeración | 45 |
| 3.3 | Cámaras frigoríficas | 73 |

3.4	Métodos de congelamiento para carne vacuno	75
CAPITULO 4		
CALCULO DE LA CARGA TERMICA Y DISEÑO DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO, ESPACIO DE ENFRIAMIENTO Y ALMACENAJE		
4.1	Determinación de la capacidad	82
4.2	Dimensionamiento de las cámaras y túnel de congelamiento.	82
4.3	Características de las cámaras y túnel de congelamiento.	91
4.4	Selección de temperaturas	91
4.5	Cálculo de las cargas térmicas	94
CAPITULO 5		
SELECCION DE EQUIPOS ACCESORIOS E INSTRUMENTACION		
5.1	Selección de los evaporadores	140
5.2	Selección del compresor	154
5.3	Selección de los condensadores	159
5.4	Cálculo de las tuberías	164
5.5	Accesorios	179
CAPITULO 6		
MONTAJE Y PRUEBA DE LOS SISTEMAS		
6.1	Diseño	193
6.2	Montaje o instalación	202
6.3	Pruebas	209

CAPITULO 7

ANALISIS DE COSTOS

7.1 Costo del proyecto 220

CONCLUSIONES 233

BIBLIOGRAFIA 236

PLANOS 238

ANEXO 244

Prólogo

En la presente Tesis. se desarrolla un análisis técnico-económico: sobre el proyecto de un sistema de refrigeración. de compresión a vapor. para enfriar. congelar y almacenar carne de vacuno en la localidad de Contamana-Región Amazonas.

Este proyecto tiene la oportunidad de lograr el desarrollo del lugar: ya que. cuenta con los recursos (zona de pastoreo. ganado. zona de engorde de ganado. etc). El área de las instalaciones abarca una superficie de 20.300 metros cuadrados.

El estudio se centra básicamente. en el centro de engorde del ganado vacuno: en el cual destacan los insumos a utilizar. procesos de producción. el sistema de compra. maquinarias y equipos. condiciones del canal y la descripción de las instalaciones. Los alcances de este estudio nos permitirá diseñar las camaras de enfriamiento. tunel de congelamiento y camara de cooservación de carne.

Asimismo. se tiene en cuenta que la selección de equipos. accesorios. construcción civil. aislamiento térmico. etc; sea lo más económico y adecuado para la zona.

CAPITULO 1

CAPITULO 1

1. INTRODUCCION

Teniendo en cuenta que el Perú es un país Deficitario en el consumo de proteínas de Origen Animal, toda medida tendiente a eliminar las consecuencias de este saldo negativo es calificado de primera prioridad EL ENGORDE INTENSIVO DEL GANADO previo a un beneficio es una forma de incentivar la producción de carne, siendo necesario aprovechar recursos naturales existentes en la selva (Contamana región de Loreto) con una política ganadera se puede captar todo los recursos que nos brinde la naturaleza de la Amazonia trasladando todos estos alimentos (carne) a la Costa.

Instalando la tecnología que permita su beneficio (camal) lo mismo que los procesos de Refrigeración adecuados para su correcto tratamiento de Conservación (Refrigerar, Congelar y almacenaje) para su posterior traslado a la ciudad de Lima. Esto traería como consecuencia:

1. Incremento en la producción ganadera.
2. El ahorro de divisas que significa traer carne del exterior hacia Lima, especialmente del Argentina.
3. Mayor intercambio comercial con los pueblos de la Selva.

La presente tesis tendrá como finalidad contribuir a la realización del proyecto efectuando los cálculos

adecuados.

Para el túnel de congelamiento, cámara de enfriamiento y almacenaje de carne de res, lo mismo a lo que se refiere a los procesos de engorde con su centro de beneficio (camal)

CAPITULO 2

ESTUDIO DEL CENTRO DE ENGORDE PARA GANADO VACUNO (PORCINO) CONDICIONES DEL CAMAL Y UBICACION

CAPITULO 2

ESTUDIO DEL CENTRO DE ENGORDE PARA GANADO VACUNO (PORCINO) CONDICIONES DEL CAMAL Y UBICACIÓN

2.1 ESTUDIO DE LA CARNE DE VACUNO (PORCINO)

2.1.1 OBJETIVOS:

Los objetivos de este estudio es hacer un análisis de la carne de vacuno(porcino) el cual nos va a permitir tener una idea acertada para su correcta manipulación en los diferentes procesos de tratamiento, para su refrigeración, congelamiento y conservación.

2.1.2 AREAS DE CONSUMO

2.1.2.1 AREA PRINCIPAL:

Nuestro producto está dirigido al mercado nacional de carnes principalmente a la región de la costa, debido a la posibilidad de tener los mejores precios.

Implícitamente estamos considerando la sustitución de parte de las importaciones de carnes con el consiguiente ahorro de divisas.

2.1.2.2 AREA SECUNDARIA:

Que estaría por la misma zona de Contamana y de toda la región del Amazonas.

2.1.3 UBICACION

Contamana se encuentra en la región Loreto, Provincia de Ucayali, Distrito de Contamana, en las riberas del río Ucayali. A una altura de 134 m.s.n.m., presentando un clima calido-tropical teniendo una población de 18,978 habitantes; cuyas principales actividades son la ganadería, pesquería y petróleo.

2.1.4 DEFINICIONES Y CLASIFICACIONES DE LA CARNE

2.1.4.1 DEFINICION DE CONFORMIDAD A LAS NORMASTECNICAS ITINTEC.

Carcasa.- Denominase al producto oseo y muscular con tejido graso, exenta del cuero y/o piel y apéndices a excepción de los riñones que quedan adheridos a ella.

Carne.- Es el tejido muscular que constituye el mayor componente de una carcasa.

Hueso.- Denominase al tejido óseo que constituye parte de la carcasa.

Grasa.- Es el tejido adiposo que constituye parte de la carcasa.

Carne molida.- Es el producto obtenido por molienda de la carne.

Carne Ablandada.- Es la carne que ha sido tratada por medios mecánicos y/o químicos.

Carne Caliente.- Son las provenientes del beneficio de los animales sometida a enfriamiento natural, mientras no sufra

ninguna modificación en sus características organolépticas físico químicas y microbiológicas.

Carnes Frías.- Son las provenientes del beneficio de animales que han sido conservadas en cámara de conservación.

Carnes Refrigeradas.- Son las que han sido sometidas a un proceso de enfriamiento a temperatura sobre 0°C, mientras no hayan perdido sus características organolépticas normales.

Carne Congelada.- Las que han sido sometidas a un proceso de enfriamiento a temperaturas inferiores a cero grados centígrados (0°C), mientras conserva sus características organolépticas normales, luego del proceso de descongelado.

Carne Magra.- Cuando a simple vista no se aprecia tejido adiposo.

Carne Engrasada.- Cuando a simple vista no se aprecia que contiene tejido adiposos.

2.1.4.2 PRODUCTOS.

A) Carne de Vacuno: Es la proveniente del ganado vacuno y se clasifica en:

- a) Extra
- b) Primera
- c) Segunda
- d) Tercera

e) Sub-productos

a) **Extra.-** carcasas provenientes de ganado vacuno engordados enteros o castrados, hasta dos (2) dientes permanentes de edad, con muy buena conformación (abundante masa muscular y bien distribuida) y muy buen acabado (con grasa de infiltración, de cobertura y de reserva; de consistencia firme y serosa).

b) **Primera.-** Carcasas provenientes de bovinos machos engordados enteros o castrados, hasta seis (6) dientes permanentes, con muy buena conformación (abundante masa muscular, de color rosado o rojo claro y bien distribuida) y muy buen acabado con grasa de cobertura firme y serosa distribuida sobre los músculos superficiales de la paleta, dorso u costillares y con grasa de infiltración.

c) **Segunda.-** Carcasas provenientes de bovinos machos y hembras de cualquier edad, con regular conformación, carne de color rosado o rojo claro, con grasa de reserva serosa y de consistencia firme.

d) **Tercera.-** Carcasas provenientes de bovinos de cualquier edad y sexo, carne de color rosado o rojo claro, que por su pobre conformación y acabado no puede

alcanzar las clases superiores. Las carcasas provenientes de ganado de lidia después de las corrida serán consideradas en esta clase comprendidas en esta clasificación no deben presentar signos de amasasen patológica.

e) **Subproductos.**- Carcasas provenientes de bovinos de cualquier edad y sexo que presenten un estado deficiente de carnes u otras condiciones que las hacen impropias para el consumo humano directo. Además, recibirán esta clasificación las carcasas con traumatismos que comprometen más del 50% de la pieza.

Edad Cronológica aprox.	Dentición
Hasta 4 ó 5 meses	Dientes de leche
De 5 a 12 meses	Dientes de leche
De 12 a 18 meses	Dos dientes
De 18 a 30 meses	Cuatro dientes
De 30 a 42 meses	Seis dientes
Más de 42 meses	Ocho dientes

B) **Carne de Porcino.**- Es la carne proveniente del ganado porcino (cerdo) se clasifica en:

- a) Extra (lechón)
- b) Primera
- c) Segunda

d) Tercera

e) Subproductos

a) **Extra (lechón).**- Carcasas provenientes de animales tiernos, con un peso máximo de veinte (20) Kilogramos, de buena conformación y grasas de color blanco y firme al tacto.

b) **Primera.**- Carcasas provenientes de porcinos machos castrados (escroto cicatrizado) y hembra no paridas, con un peso no mayor de setenta (70) kilos, con buena conformación (abundante masa muscular en piernas, brazuelos y lomos) grasa de color blanco y firme al tacto, con espesor de grasa dorsal no mayor de veinticinco (25) milímetros a la altura de la última costilla y a cinco (5) centímetros de la línea media dorsal y en forma paralela a éste.

c) **Segunda.**- Carcasas provenientes de porcinos machos castrados (escroto cicatrizado) y hembras, de buena conformación (abundante masa muscular en piernas, brazuelos y lomos), con un espesor de grasa dorsal no mayor de cuarenta (40) milímetros, medida tomada en la misma forma que para la Clase Primera.

d) **Tercera.**- Carcasas provenientes de porcinos machos castrados (escroto cicatrizado) y hembras, que por el color y

espesor de grasa, características de conformación y aspecto; no están comprendidas dentro de las clases precedentes.

e) Subproductos.- Carcasas provenientes de porcinos machos castrados (escroto cicatrizado) y hembras, que al realizarse la inspección sanitaria, presentan hasta un máximo de tres (3) cisticercos. Estas carcasas serán destinadas para manteca.

C) Requisitos de la Carne.-

Las carnes para consumo humano, deben proceder de animales sanos beneficiados bajo inspección veterinaria, antes y después del proceso.

La carne para consumo humano, deberá reunir las siguientes características físicas, químicas y microbiológicas, etc.

a) Requisitos Físicos:

Características Organolépticas.

Color.- La carne de vacuno debe ser de color rojo y aspecto marmóreo las otras carnes de color característico para cada especie.

Olor.- Suigéneris.

Consistencia.- Firme al tacto, tanto de la grasa como del tejido muscular.

Reacción.- Ligeramente ácida.

b) Requisitos Químicos:

Reacción de Eber: Negativa. Es la reacción

cualitativa para determinar el estado de conservación de la carne.

c) Requisitos Microbiológicos

No deberá contener agentes de enfermedades infecciosas, infeccio-contagiosas ni parasitarias.

No deberá contener elementos extraños.

d) Requisitos de Sanidad Ambiental.

Las carnes para consumo humano no deben provenir de matadores clandestinos.

Las carnes para consumo humano no deben provenir de criaderos y/o de engorde declarados insolubles por la autoridad sanitaria.

e) Requisitos de Conservación por Refrigeración

Cuando la distribución y comercialización de la carne y menudencias requieran de un proceso de enfriamiento, se deberá conservar de acuerdo a:

Refrigeración: En cámaras especiales para carnes, a temperatura de (0°C a 5°C), humedad relativa de 80% a 90% y no más de 8 días.

Congelación.

En túneles de congelamiento rápido para carnes a temperaturas de -30°C (hasta -45°C) y humedad relativa de 85% a 95% en un tiempo corto y que mantenga óptimas sus

tejidos esponjosos de las vertebras acusan más claramente las modificaciones de color rosado cuando la congelación es reciente y toman un color oscuro, casi gris, cuando la congelación es prolongada. Cuando la congelación es prolongada, se observa una decoloración de algunas partes superficiales, principalmente aquellas donde los músculos son finos.

Perdida de peso

La perdida de peso es debida a la evaporación y depende de los mismos factores que para la carne fresca.

La perdida de peso es bastante pequeña si las carnes están cubiertas, si la temperatura es baja y si es almacenamiento no esta ventilado o lo está poco.

Modificación Hutoagicas (Estudio-Tejidos Orgánicos)

El examen microscópico de una seccion transversal de músculo muestra agujas de hielo tanto mas numerosas y más pequeñas cuanto más rápida ha sido la congelación y tanto más voluminosas más lenta ha sido esta. En el transcurso de la descongelación, los finos cristales de hielo son reabsorbidos más fácilmente, mientras que las gruesas agujas, perforan las membranas de las células y dejan

salir su agua.

La exudación en la descongelación es, pues, tanto más importante cuanto más lentamente ha sido congelada la carne.

Este tipo de congelación rápida es el más recomendable.

Modificaciones Químicas

Consisten principalmente en:

Modificaciones de las grasas, cuya acidez aumenta con la curación de conservación.

Modificación de las materias nitrogenadas: los ácidos aminados aumentan en la misma proporción que el Nitrógeno amoniacal.

Estas modificaciones se traducen por un olor agrio pero que no persiste después de la cocción.

Almacenamiento de Carne Congelada

Cuando la carne congelada se conserva en cámaras de conservación a temperaturas de (-18°C) a (-30°C) deben respetarse todos los valores recomendados para que las alteraciones en la calidad de la carne congelada sean mínimos. por ejemplo, la baja temperatura debe mantenerse constante y sin variaciones, la humedad relativa la mas elevada posible 95% se exige ausencia de olores extraños.

2.2 ESTUDIO DEL CENTRO DE ENGORDE PARA GANADO
VACUNO(PORCINO)

2.2.1 INSUMOS PARA EL CENTRO DE ENGORDE

2.2.1.1 ALIMENTOS BALANCEADOS

a) Melaza.- Este es un insumo que proviene de las ciudades de Arequipa y Lima.

b) Sorgo.- El grano debe adquirirse observando estrictas medidas de control de calidad, el grano representa aproximadamente el 65 % del peso total que va a la molienda.

c) Afrecho.- Este insumo, cuenta con una gran disponibilidad en la ciudad de Lima.

d) Harina de Pescado.- Es muy importante para el engorde del ganado por el alto contenido proteico.

e) Sal.- Regula mucho las funciones del cuerpo, estimulando además el apetito. Los animales que se les priva de esta sustancia mineral suelen mostrar un anhelo que se manifiesta bien mordiendo masticando madera, ó bien lamiendo el barro, ó bien con otras manifestaciones similares demostrativas de un apetito insatisfecho, la administración inadecuada de este elemento hace decrecer el apetito del bóvido disminuyendo la utilización del alimento.

La composición porcentual de la ración de concentrados es la siguiente:

COMPONENTES	PORCENTAJE (%)
Melaza de Caña	33
Sorgo	33
Afrecho	27
Harina de pescado	6
Sal común	1

2.2.1.2 ALIMENTOS FORRAJEROS

En base a los resultados de la investigación realizada en la región a través del Programa de Ganadería Tropical de U.N.A. y la experiencia de los mejores criaderos de la región se está trabajando con gramíneas y leguminosas cultivadas, entre las primeras destacan:

- BRACHIARIAS
- PASTO ELEFANTE
- KING GRASS

La mayor extensión de los potreros está cubierta por las Brachiarias, que son esferas de crecimiento rastrero y vigoroso.

Como especies forrajeras para corte, esto es para ser ensiladas, se recomienda el Pasto Elefante y King grass, especies éstas de gran rendimiento, habiéndose obtenido 150

TM/Ha/Año.

2.2.1.3 PRODUCTOS VETERINARIOS

Estos productos son muy necesarios para el control infeccioso, así como para el control parasitario tanto externo como interno y, son suministrados durante el proceso de engorde.

Los productos considerados son los siguientes:

Encina, Fascol, Gamatox, Rumifar y vacunas específicas.

2.2.2 DESCRIPCION DE LOS PROCESOS DE PRODUCCION

2.2.2.1 GENERALIDADES.- El Centro de engorde cuyo fin es lograr el engorde intensivo de ganado vacuno con el fin de abastecer posteriormente al camal.

2.2.2.2 PROCESO DE PRODUCCION EN EL CENTRO DE ENGORDE.-

Existen tres formas de engordar: Estribulado o Intensivo, Mixto y Campo.

El primer sistema es la manera mas rápida y segura de engordar ganado con eficiencia tecnológica.

2.2.2.2.1 SISTEMA DE ENGORDE DEL GANADO

a) INTENSIVO.- El sistema intensivo requiere de una reducida superficie de terreno para engordar mayor número de animales, además nos permite acelerar la producción y/o el incremento de carne en un

periodo corto, pues cada ciclo de engorde será de 70 días y al año se tendrán 5 ciclos y/o lotes de ganado vacuno. Otra ventaja de los subproductos agrícolas y los residuos industriales, tales como Harina de sangre y Hueso, que mezclados con proporciones adecuadas técnicamente se dispone de mezclas alimenticias económicas. También se obtiene una mayor tranquilidad de los animales, menor desgaste de energía buen manejo, una mayor ganancia de peso.

b) **MIXTO.** El sistema mixto se aproxima mas al sistema natural, ya que consiste en dar recursos suplementarios (concentrado) al ganado que vive en el campo.

Este sistema de engorde es el que se recomienda para la región de la Selva.

c) **EN EL CAMPO.-** Consiste en engordar animales con los pastizales naturales reservados específicamente para engorde.

2.2.2.3 **MANEJO DEL GANADO EN EL CENTRO DE ENGORDE**

a) **RECEPCION.-** Es una actividad inicial, consiste en recepcionar el ganado y el forraje según las guías de remisión verificándose el número, color, edad, marca, etc.

b) **PESADO.-** Consiste en pesar en la balanza de plataforma el ganado y el forraje.

c) **DESEMBARQUE.**- Consiste en descargar el ganado al corral y el forraje al almacén.

d) **MANGA Y BRITTE.**- Es una actividad fundamental que incluye lo siguiente:

- **DESCORNE.**- Es el despunte de los cuernos con tenaza, sierra eliminando la punta luego se cauteriza mediante cautil, de esta manera se evitarán los daños y traumas que puedan ocasionarse peleando entre animales.

- **DOSIFICACION.**- Consiste en vacunar contra las enfermedades parasitarias, en especial contra la Faviola Hepática y Tenia.

- **MARCACION.**- Se coloca la marca en la grupa del ganado vacuno, los números en serie con tinta líquida especial para llevar el control en el registro.

- **IMPLANTACION.**- De la hormona, específicamente se usan hormonas en los ganados jóvenes, aplicándose en la base de la oreja del ganado.

e) **CORRAL DE ADAPTACION.**- Es el período en el cual el ganado se adapta a ingerir alimento concentrado debiendo aclarar que en esta fase será uniforme, desde el momento que ingresa el ganado hasta su salida al camal incluye las siguientes actividades:

- Cambiar y/o variar el porcentaje de contenido de productos en el concentrado

durante el período de engorde, crea desequilibrio en el apetito y deja incrementar la carcasa por el período, hay que tener mucho cuidado en este aspecto.

A los animales que no tienen apetito se les debe enseñar con forraje seco y/o verde, todo el ganado que no aprende a comer el concentrado durante el período mayor de cuatro días, deberá ser sacrificado.

Corral definitivo.- Es una actividad constante y consiste en la formación homogénea de lotes, selección, control de alimentación dotación de agua, control sanitario y observación diaria de los animales: salud, apetito y estado de sueño para finalmente determinar su beneficio.

2.2.3 SISTEMA DE COMPRA DE GANADO

Para el centro de engorde, la compra de ganado se realizará a través de un equipo de compradores, ellos adquieren el ganado en peso vivo.

Usando la balanza de plataforma, usando la experiencia especializada para determinar a simple vista el peso aproximado.

También se usará la cinta de Maite Wich. por el método de Crowat del cual existen 2 versiones.

El primer método consiste en tomar el perímetro (P) toróxico del animal, luego se eleva al cubo y se multiplica por el factor 80, así tenemos:

$$\text{Peso Vivo} = P^3 \times 80$$

El segundo método Cravat, consiste en medir el perímetro toráxico (PT) multiplicando por la longitud (L) del animal (desde la punta del pecho hasta llegar al extremo de la nalga), luego por su perímetro abdominal y finalmente por el factor 80.

$$\text{Peso Vivo} = (Pt) (L) (P.A) * 80$$

2.2.4 REQUERIMIENTO DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS PARA LOS ALIMENTOS DE LOS ANIMALES.

2.2.4.1 MAQUINARIA Y EQUIPO BÁSICO.

- a) Molino de martillo
- b) Molino picapastos
- c) Balanza de plataforma
- d) Fumigadora manual
- e) Trinches
- f) Pulverizador
- g) Pistola dosificada con equipo compuesto
- h) Jeringa y agujas
- i) Cables de fibra de magué
- j) Serrucho especial para cuernos

2.2.5 DESCRIPCION DE LAS INSTALACIONES

2.2.5.1 ZONA DE CORRALES DE ENGORDE.

En estos corrales se engordarán las reses y se dividen en corrales para toros y toretes y constan de comedores y bebederos, manga que permite el fácil y rápido manejo de animales y bretes que permiten encerrar a un animal para sujetarlo cómodamente con garantía y facilidad, también comprende el embarcadero que permite el desembarque y/o recepción y embarque de animales.

2.2.5.2 ZONA DE ALMACEN Y PREPARACIÓN DE ALIMENTOS.

COMPRENDE LAS SIGUIENTES SECCIONES:

Sección Almacén.- Aquí se almacenará todos los alimentos y concentrados para el engorde de animales así como productos Veterinarios.

Sección Preparación de Alimentos para ganado.- En esta sección se encuentran las maquinarias preparadoras de alimentos con los Molinos de martillo, picapastos y balanza.

Zona de Abastecimiento al Canal.- En la zona en que se encierran los animales que están por beneficiarse y consta de:

Sección Corrales de Encierro de Vacunos, provisto de comedores y bebederos, para el ganado vacuno.

Sección Corrales de Encierro de animales menores

Con las características anteriores, pero para encerrar ganado porcino.

2.2.6 INFRAESTRUCTURA FISICA.

2.2.6.1 TERRENOS: El centro de engorde comprende un área de 12,100 M² para el proyecto.

2.2.6.2 EDIFICACIONES:

Sección corrales de encierro de vacuno.

Sección corrales de encierro de animales menores.

Sección Almacén.

Sección Preparación de alimentos para el ganado.

2.3 CONDICIONES DEL CAMAL

2.3.1 PROCESO DE PRODUCCION EN EL CAMAL

En el camal se beneficiará ganado vacuno engordado y sin engordar, ganado porcino. En un área de 8,140 m².

2.3.1.1 BENEFICIO (MATANZA) DEL GANADO VACUNO

Aquí se desarrollan las siguientes operaciones:

Recepción.- Consiste en recibir e inspeccionar al vacuno a beneficiar, puede ser proveniente del centro de engorde o perteneciente a terceras personas.

Arreado.- Si el vacuno está apto para beneficiar es arreado en dirección a los corrales de depósitos.

Depósito de Ganado.- Los animales antes de ser beneficiados, necesitan descansar la dieta, con el fin de que el estómago y los intestinos, estén en gran parte vacíos. El descanso sirve también para restar riego sanguíneo y librar la trama muscular de productos resultantes del ejercicio.

Arreado a Duchas.- El animal es llevado después del descanso hacia las duchas.

Duchado.- La res es bañada con agua fría con el fin de tranquilizarlo para recoger la sangre en los vasos de las grandes cavidades y dejar exangues, los vasos de la superficie externa de los músculos que se desangran más, otra finalidad es de otorgarle una limpieza adecuada.

Aturdimiento.- La res pasa a una cámara de aturdimiento, donde por intermedio de un mazo es derribado al suelo, suprimiéndole rápidamente la conciencia del animal con el fin de evitarle la percepción del dolor antes de la pérdida total de la vida.

Elevación al riel de sangría.- Se enrolla con una cadena las patas traseras del animal, colocándolos luego en un gancho de soporte y mediante un dispositivo eléctrico, es suspendido hasta el riel de sangría.

Sangría.- Se realiza una degollación

cruenta que consiste en seccionar los grandes vasos arteriales y venosos de la entrada del pecho, mediante una incisión larga en la papada del animal. La acción de la gravedad ayuda a la salida de la sangre, es importante recogerla, en la mayor cantidad posible y con la máxima limpieza por medio de unas tinajas apropiadas.

Cortado de la cabeza.- Se procede a la separación de la cabeza del cuerpo, colocándose luego en un soporte, luego es descarnada, pelada y una vez inspeccionada es enviada al almacén.

Cortada de patas y colas.- La res es descendida a un caballete mediante el dispositivo automático, la cola y patas son cortadas y separadas en un soporte especial.

Despellejamiento.- Se corta en línea recta y a lo largo de la barriga, de tal manera que la piel se encuentra libre en todas las partes con excepción de la espalda. Luego la res es levantada hacia los rieles por medio del dispositivo, despellejándose totalmente. El cuero es llevado después a un almacén adecuado, la res es llevada por el riel a la siguiente estación de trabajo.

Evisceración.- El animal es bajado a una altura apropiada y se procede a abrir el

vientre y a extraerle las vísceras; los intestinos, corazón, hígado y otros órganos interiores son colocados en un vagón especial y llevados a una zona determinada para su limpieza inmediata y posterior inspección, luego las vísceras son cortadas y almacenadas.

La evisceración tiene una exigencia higiénica y es la rapidez en la operación, ya que en una gran demora es el motivo de decomiso de las carnes de los olores que adquieren por esta situación.

El trabajador encargado debe de tener cuidado para sacar enteramente, las vísceras y evitar picar las tripas y asimismo la salida de su contenido, con el peligro de ensuciar la carne, dándole aspectos repugnantes.

División de la carcasa.- La carcasa, después de la limpieza es dividida en dos partes mediante una sierra eléctrica, para ello el trabajador deberá subir a una plataforma hasta una altura adecuada para proceder al corte.

Lavado de carcasa.- Un trabajador se encarga del lavado de la carcasa con agua limpia y potable y después es secado.

Pesado.- La carcasa es pesada en una balanza después de haberse secado.

Inspección y clasificación.- Se realiza un profundo examen veterinario, separándose los cuerpos desechados y decomisados de los aprobados y se procede a la clasificación de la carcasa que puede ser de primera, segunda o tercera.

Oreo.- Es conveniente orearlo hasta un máximo de 24 horas, ya que luego es fácil de cortar en diversas formas y tamaños las carnes adquieren una coloración más rojisa y conservan por mucho tiempo el color y la frescura, siendo más tiernas porque han exudado los jugos musculares.

Luego las carcasas son enviadas a las cámaras frigoríficas para su enfriamiento y conservación por medio de los rieles o en caso contrario llevados para su despacho inmediato.

BENEFICIO DE PORCINOS

Este proceso consta de las siguientes operaciones:

Recepción.- El ganado es llevado a los corrales de depósito y luego a las duchas de limpieza.

Duchado.- Se procede a bañar a los porcinos con agua fría para limpiarlos y tranquilizarlos.

Aturdimiento.- Se colocan, uno por uno en la cámara de aturdimiento, donde se les deja inconscientes por medio de electricidad y luego caen al suelo.

Elevación.- Se les coloca la cadena de suspensión en las patas traseras y se iza al animal hasta el riel de sangría.

Desangre.- Se secciona la vena arterial del cuello y se deja desangrar. La sangre se recupera en tinas acondicionadas par tal fin.

Escaldado.- Se desliza el animal hasta un tanque de escaldar se libran las cadenas que lo sostienen y cae por medio de un deslizador hasta dicho tanque. Esta operación tiene como finalidad ablandar y aflojar las cerdas y se realiza en agua caliente a 70° C.

Raspado.- Se realiza con una máquina de raspado.

Raspado Adicional.- Esto se realiza a mano, completándose la operación que la máquina no pudo concluir.

Chamuscado.- Se vuelve a colgar mediante ganchos en las patas traseras, al animal en el riel de matanza, dejándolo que oscile libremente, procediéndose a la chamuscación. Esta operación es manual y luego se frota al animal con un cepillo.

Evisceración.- Se procede a abrir el vientre y extraer las menudencias e intestinos; las vísceras se recogen en vagones y previa inspección y aprobación son lavadas y clasificadas. Posteriormente son blanqueadas en un tambor y transportadas al almacén.

Corte de patas, orejas y hocicos.- Cortan las patas, orejas y el hocico y luego de inspeccionadas son separadas en un soporte opcional. Los cuerpos se parten por medio de una sierra.

Lavado de carcasa.- Se procede a lavar la carcasa con agua fría.

Pesado, inspección y clasificación.- Las carcasas se pesan e inspeccionan y luego de aprobadas pasan a la cámara de refrigeración previo oreo.

2.3.2 INSUMOS

Los insumos que se utilizan en el camal es el mismo ganado vacuno y porcino, así como el agua.

2.3.3 RENDIMIENTO DEL GANADO AL BENEFICIO

Como ejemplo mostraremos los rendimientos del ganado a beneficiar en el camal:

A) RENDIMIENTO DE VACUNOS.-

Beneficiado un vacuno de 300 kg. de peso vivo, alcanza el siguiente rendimiento promedio de acuerdo a experiencias en diversos camales:

Res	Peso(Kg)	Peso(%)
Peso vivo	300	100
Carcasa	150	50
Cuero	21	7
Menudencias	48	16
Productos no comestibles	81	27

Dentro de estos productos no comestibles tenemos que considerar como subproductos y residuos a comercializar en la línea de camal:

Sub-productos	Peso(Kg)	Peso(%)
Pezuñas	0.375	0.125
Cuernos	0.375	0.125
Desechos	1.05	0.5

Dentro de las menudencias, se considera un rendimiento de tripería de 3Kg. (1% del peso vivo).

B) RENDIMIENTO DE PORCINOS

El porcino beneficiado alcanza el siguiente rendimiento:

Porcino	Peso (Kg)	Peso (%)
Peso animal vivo:	91	100
Carcasa	72	9.1
Vísceras	8.5	9.3
Sangre	2.3	2.6
Grasa visceral	0.4	0.4
Baxofia	3.4	4.8
Otros	4.4	4.8

2.3.4 REQUERIMIENTOS Y DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PARA EL CAMAL

- a) Cajón de aturdimiento
- b) Picana eléctrica
- c) Roldanas con cadenas y ganchos para izaje.
- d) Sistema completo para suspensión
- e) Sistema completo para descenso.
- f) Sierra de mano tipo arco
- g) Mesa para limpieza de patas de fierro galvanizado
- h) Sierra eléctrica para carcasas
- i) Portacilindros con ruedas
- j) Carros evisceradores de dos pisos, de plancha galvanizada.
- k) Carro percha para vísceras torácicas
- l) Balanza aérea con dial para carcasa.
- m) Mesa evacuadora para estómagos e intestinos.
- o) Enjuagador de estómago.

- p) Lavador de estómago con tambor de cilindro interior
- q) Depósito rectangular de fierro galvanizado tipo tina
- r) Tanques reguladores cocinadores de planchas galvanizadas
- s) Mollejar eléctrico
- t) Piedras circulares para acentar cuchillas
- u) Lavatorios de pie de acero inoxidable
- v) Cuchillas de 10" (sangría).
- w) Cuchillas curvas para degüello
- x) Ablandador de agua para operación manual
- y) Tanque de almacenamiento para petróleo
- z) Roldanas con ganchos para carcasa

2.3.5 DESCRIPCION E INSTALACIONES:

2.3.5.1 ZONA DE MATANZA .- Es el lugar donde se benefician los animales de donde se obtienen las carcasas y los subproductos.

a) SECCION DE MANGA DE ABASTECIMIENTO.- Es la zona en la que se encierran a los animales que están por beneficiar y constan de:

- Sección corrales de encierros de vacuno
- Sección corrales de encierro de animales menores
- (porcino)

b) SECCION DE SANGRIA.- Donde los animales son desangrados mediante incisiones.

c) **SECCION DE DEGUELLO.**- Aquí la cabeza es separada del resto del cuerpo.

d) **SECCION DE ATURDIMIENTO.**- Es donde se encuentra la cabina de aturdimiento.

c) **SECCION DE PLAYA DE MATANZA.**- Donde los animales son trasladados mediante rieles aéreos, se les extrae la piel, vísceras, pezuñas, cuernos, etc. Para finalmente seccionar la carcasa.

2.3.5.2 **ZONA DE OREO.**- Aquí los animales son expuestos al aire atmosférico.

2.3.5.3 **ZONA DE SUB-PRODUCTOS.**- Tiene dos secciones:

a) **SECCION DE MENUDENCIAS Y OTROS.**- Donde se realiza el lavado y almacenamiento de la menudencia así como de las patas y vísceras.

b) **SECCION DE CUEROS.**- Aquí se almacenan las pieles de animales así como los cueros.

2.3.5.4 **ZONAS AUXILIARES.**- Comprende las secciones de:

- Sección de control de calidad.

- Donde se verifica el estado de las carnes.

Sección de almacén donde se aprovisionara materiales para el camal.

Sección de energía.

Sección de servicios higiénicos.

- Sección de vestidor.

2.3.5.5 ZONA DE CONSERVACION POR REFRIGERACION

Es la zona donde se encuentran las cámaras de enfriamiento, túneles de congelamiento, cámaras de conservación de carne congelada, su diseño y construcción se detallan en los siguientes capítulos.

2.3.6 CONTROL DE CALIDAD

A) GENERALIDADES.

Con el objeto de lograr la plena satisfacción de los consumidores por los productos, se describe, un programa de control de calidad con la garantía del cumplimiento de las normas técnicas elaboradas por INTINTEC.

B) ETAPAS DE CONTROL DE CALIDAD.

El programa contempla las siguientes etapas:

Control de calidad de la materia prima. Para el centro de engorde consistirá en el control de calidad efectuado al momento de la compra del ganado vacuno. Deberá controlarse el peso, el estado de salud, verificar la no existencia de lesiones fracturas, la edad, etc. durante el transporte del lugar de compra hasta el centro de engorde, realizándose inspecciones del ganado vacuno se evitará un transporte descuidado o demasiado prolongado ya que puede provocar lesiones o fracturas y estados de hambre el control de los alimentos y concentrados, así como de los productos veterinarios, se basará en el

cumplimiento de los requisitos inherentes a cada uno de acuerdo a sus especificaciones comerciales las líneas de camal y centro de engorde, se realizarán inspecciones del ganado vacuno porcino a beneficiar en el control sanitario llevado a cabo por los veterinarios autorizados.

C) INSPECCION SANITARIA ANTE Y POST-MORTEM DE LOS ANIMALES EN BENEFICIO:

REQUISITOS DE LOS ANIMALES EN MATANZA:

Su transporte deberá efectuarse en vehículos autorizados, en buen estado higiénico y sanitario.

Su beneficio deberá ser autorizado, en cualquier caso por el Inspector Médico Veterinario.

Si se beneficiaran diversas especies de animales, deberán mantenerse, previamente a la matanza en corrales de espera separados.

Los animales deberán pasar por un baño de ducha antes del beneficio.

Deberán beneficiarse animales que hayan sido seleccionados en la Inspección ante Mortem.

Los animales deberán descansar 12 horas como mínimo en caso de que su transporte hubiera durado más de 12 horas, deberán descansar como mínimo 24 horas antes de ser beneficiados, pudiendo permanecer como máximo 72 horas en los camales de espera del

matadero.

**REQUISITOS DE LA ZONA DE SACRIFICIO, FAENADO
Y OTRAS:**

La zona de sacrificio deberá estar convenientemente separado de la zona de faenado, de los corrales y de la sala de vísceras a modo de evitar toda posible contaminación.

La zona de cueros así como de los servicios higiénicos, u otro que pudieran ser causa de probable contaminación, deberán estar situadas lo más lejanamente posible de la zona de manipulación de carnes.

Deberán observarse en estas zonas, estrictas prácticas de higiene de tal modo que todas sus superficies están permanentemente limpias y/o desinfectada. Cuando se benefician diferentes especies de animales en un solo local el sacrificio de cada especie deberá efectuarse preferentemente en ambientes separados.

No deberá permitirse la presencia de insectos, pájaros u otros animales que podrían ser causa de posible contaminación.

Si se emplearan pesticidas, deberán

retirarse las carnes del local y cubrirse todo el equipo y los utensilios, previamente a su aplicación luego de su uso, el equipo y todo aquello que entra en contacto con la carne; deberá lavarse desinfectarse convenientemente.

Los detergentes y otros agentes esterilizantes o desinfectantes, utilizados en la limpieza del local y equipo.

Deberá disponerse de agua potable en cantidad suficiente, fría y caliente, para poder así efectuar una conveniente limpieza.

Los desagües que como consecuencia de su contenido pudieran ser causa de contaminación, deberán estar completamente cerrados.

REQUISITOS DE INSTRUMENTAL DE LAS DIFERENTES ZONAS DEL CAMAL

El instrumental de sacrificio, faenado y de cualquier otra manipulación de carnes, deberá mantenerse siempre en condiciones higiénicas, antes y después de terminar dichas labores.

En lo posible cada especie animal, por beneficiarse en un camal deberá contar con su propio instrumental, de no ser

así, éste deberá higienizarse antes del sacrificio de cualquier otra especie.

Todo aquel equipo, accesorios y utensilios en contacto con la carne deberá ser de material acero inoxidable.

Las sustancias empleadas en el lavado y desinfección de los utensilios deberán ser inocuos.

DISPOSICION DEL PERSONAL EN CONTACTO CON LAS CARNES:

El personal estará en buen estado de salud, libre de enfermedades infecciosas, dermatológicas u otras que pudieran ser causa de contaminación de las carnes.

Deberá guardar los hábitos de higiene necesarios, lavarse y desinfectarse las manos luego de haber estado en contacto con medios que pudieran ser causa de probable contaminación.

Deberá vestir guardapolvos, gorros, botas y mandil de material impermeable.

Quedará prohibido la expulsión de cualquier secreción de las personas en las zonas de trabajo.

REQUISITOS DEL SACRIFICIO Y FAENADO DE LOS ANIMALES:

El desangrado deberá ser lo mas completo posible si se destinará la sangre a

preparados de alimentos, deberá recogerse y manipularse higiénicamente. En el caso de que se destine a la elaboración de productos farmacéuticos, se deberán emplear métodos establecidos por la autoridad competente.

Las carcasas y/o menudencias no deberán estar en ningún momento, en contacto con el piso.

La evisceración deberá efectuarse sin demora alguna en un tiempo no mayor de 15 minutos después del sacrificio.

La descarga de cualquier material proveniente del esófago, estómago, intestinos, vesícula biliar, (vejiga) urinaria, utero y ubres, deberá prevenirse eficazmente y efectuarse preferentemente en un ámbito separado, evitando contaminar la carcasa durante la evisceración.

Luego de la evisceración, las carcasas deberán lavarse y prepararse convenientemente.

La carne y/o menudencias declaradas como no aptas para el consumo humano por el inspector médico veterinario, deberán ser separadas convenientemente para evitar toda posible contaminación y poder ser

incineradas o enviadas, a conteos de transformación.

Los estómagos, intestinos y otras vísceras deberán tratarse convenientemente, en base a prácticas conocidas, de tal modo que estos queden higienizadas y limpias.

CAPITULO 3

CICLOS DE REFRIGERACION APLICADOS A LA INDUSTRIA DE CONGELAMIENTO Y CONSERVACION

CAPITULO 3

CICLOS DE REFRIGERACION APLICADOS A LA INDUSTRIA DE CONGELAMIENTO Y CONSERVACION

3.1 CLASIFICACION DE LAS APLICACIONES DE REFRIGERACION

- Refrigeración Doméstica
- Refrigeración Comercial
- Refrigeración Industrial
- Refrigeración Marina y Transporte

3.1.1 Refrigeración doméstica

Se trata principalmente de refrigeradoras y congeladoras domésticas, cuya potencia están entre $1/20$, $1/2$ HP. y los compresores son del tipo herméticamente y sellado. Este campo es limitado.

3.1.2 Refrigeración Comercial

Se trata del diseño instalación y mantenimiento de aparatos de refrigeración del tipo usado para almacenajes, tiendas, restaurantes, hoteles, instituciones, para el almacenaje, exhibición procesado y expedición de artículos de los tipos que están sujetos a deterioro. La potencia está entre $1/2$ HP y 5 HP.

3.1.3 Refrigeración Industrial

Se confunde a veces, con la refrigeración Comercial. Por lo general la potencia está en un rango de 5 HP y 300 HP, con lo que se necesita un operario para su atención.

3.1.4 Refrigeración Marina y de Transporte

Se puede clasificar como parcialmente industrial u parcialmente comercial. La potencia está entre un rango de 1/2 HP - 300 Hp.

La Refrigeración marina se refiere a la refrigeración en camaras a bordo de buques, embarcaciones de transporte y cargamento sujeto a deterioro.

La refrigeración de transporte se refiere a los aplicados a vagones, ferrocarriles, camiones, etc.

3.2 SISTEMA DE REFRIGERACION

3.2.1 Sistema de compresión a vapor

En este ciclo se utiliza la vaporación de una sustancia que recibe calor del ambiente a refrigerar y la condensación para eliminar el calor al medio circundante.

En el evaporador el paso de vapor húmedo a vapor sobrecalentado se efectúa a presión constante (idealmente), llevándose al refrigerante el calor del medio que se desea refrigerar; para lo cual se le efectúa un proceso de compresión

hasta que su temperatura sea mayor que la del medio ambiente, es esta condición el refrigerante se lo hace pasar por intercambiador de calor (condensador), donde por medio de aire o agua se le condensa a presión constante, eliminándose de esta forma el calor del fluido, después de la condensación se encuentra en estado líquido a alta presión y alta temperatura. Para disminuir su temperatura se le expansiona disminuyendo también su presión, utilizando para ello una válvula de expansión de donde sale en estado de mezcla (líquido + vapor) regresando nuevamente al evaporador.

Las Principales Partes de un Sistema de Comprensión a Vapor Son:

1.- Un evaporador o Intercambiador de Calor

Cuya finalidad de proporcionar una superficie de transferencia de calor a través de la cual puede pasar calor del espacio o producto refrigerado a la sustancia refrigerante.

2.- Línea de Succión

Que lleva vapor a baja presión del evaporador, a la entrada de succión del compresor.

3.- Un Compresor

Cuya función es retirar el vapor del evaporador y elevar su temperatura y presión a un punto tal que pueda condensarse con medios condensantes obtenidos normalmente.

4.- Línea de Descarga

Que entrega el vapor a alta presión y temperatura de la descarga del compresor al condensador.

5.- Un Condensador

Cuyo objeto es proporcionar una superficie de transferencia de calor a través de la cual asa el calor del líquido refrigerante caliente al medio ambiente.

6.- Un Depósito de Líquido

Que sirve de almacenamiento para el condensado líquido, de manera que el suministro sea continuo de líquido al evaporador según se necesita.

7.- Línea de Líquido

Que lleva al refrigerante líquido del tanque receptor al control de flujo de refrigerante.

8.- Un Control de Flujo de Refrigerante

O válvula de expansión, tiene como función la de controlar la cantidad apropiada del refrigerante al evaporador y reducir la presión del líquido que entra al evaporador, de manera que el líquido se vaporizará en el evaporador a la temperatura baja. FIG. 1.a

Diagrama de Flujo del Ciclo Estándar de Compresión de Vapor

En este ciclo estándar de compresión de vapor se tiene los siguientes procesos:

1-2 Compresión adiabática-reversible, desde la presión de vapor saturado del evaporador a

la presión del condensador.

2-3 El fluido en la condición de vapor sobrecalentado ingresa al condensador en donde en un proceso isobárico, primero se sobrecalienta y luego se condensa, saliendo en la condición de líquido saturado.

3-4 Expansión adiabática irreversible en entalpía de entrada, igual a la entalpía de salida, "alta presión" y se expande desde líquido saturado adiabáticamente hasta la presión del evaporador.

4-1 Adición de calor al refrigerante a presión constante durante la evaporación. FIG. 1.b

Diagrama : Presión - Entalpía:

En la práctica de la refrigeración, la entalpía es una de las propiedades más importantes y la presión, por lo general, puede determinarse muy fácilmente. Es por este motivo que el diagrama más utilizado es el de presión-entalpía. FIG. 1.c Existen parámetros significativos para analizar el comportamiento tanto del sistema como de los elementos que lo conforman, en un ciclo de refrigeración por compresión de vapor, los cuales son:

- Trabajo de compresión
- Efecto refrigerante.
- Calor cedido
- Coeficiente de funcionamiento

- Caudal en volumen por Ton
- potencia por Ton.

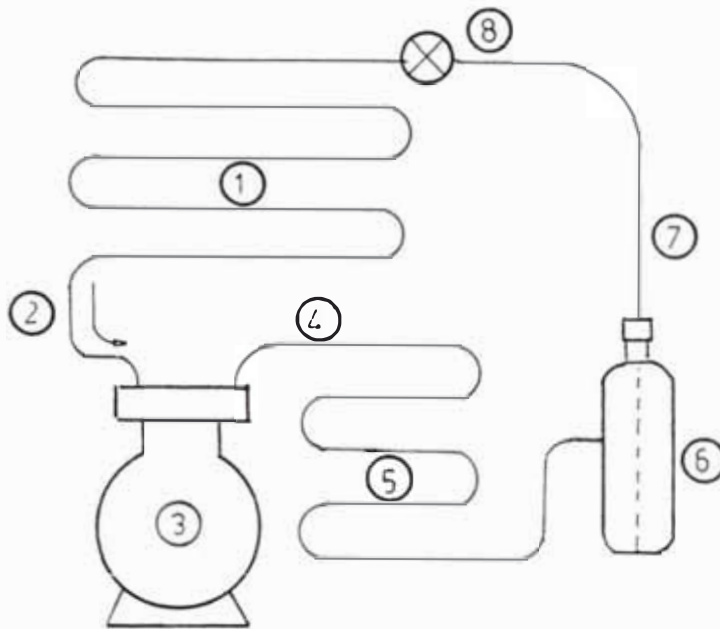


FIG.1 a.-PRINCIPALES PARTES DE UN SISTEMA SENCILLO DE COMPRESION DE VAPOR

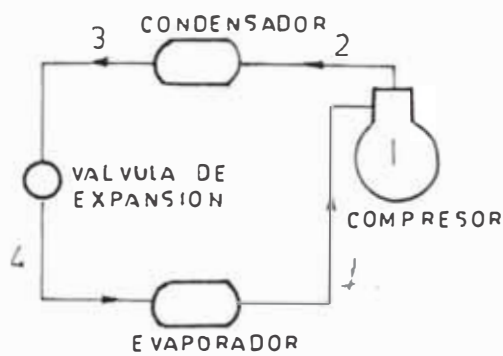


FIG. 1 b.- DIAGRAMA DE FLUJO DEL CICLO ESTANDAR DE COMPRESION DE VAPOR

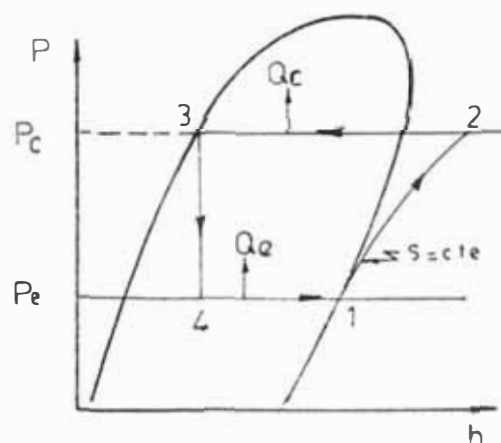


FIG.1 c.-DIAGRAMA PRESION-ENTALPIA

3.2.1.1 Compresor Reciprocante.

Magnitudes, características del compresor

- GEOMETRICO
- MECANICO
- TERMICO
- CUALITATIVO

Características Geométricas

Se derivan de las dimensiones propias del compresor o sea del número de cilindros, su diámetro, la carrera de las mismas, estas son:

- La cilindrada: C (cm³)
- El volumen horario desplazado: Vh (m³/h)
- El caudal masa del fluido : m (Kg/h)

CILINDRADA: C

Es el volumen desplazado por los pistones en su carrera de aspiración en un Giro del Eje Manivela.

$$C = \frac{\pi d^2}{4} \times L \times N \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

d = Diámetro de los cilindros en mm.

L = Carrera de los pistones en mm.

N = Número de cilindros.

En el caso de que la carrera de los pistones es igual al diámetro de los cilindros (se llama compresor cuadrado) la fórmula se modifica como sigue:

$$C = \frac{\pi d^3}{4} \times N \times 10^{-3} \text{ cm}^3$$

Volumen Horario desplazado: (Vh)

Este término representa volumen horario desplazado por los pistones durante una hora pudiendo variar la velocidad del giro, es por consiguiente necesario precisar a qué velocidad de rotación ha sido conseguido ese dato.

En efecto varía proporcionalmente de acuerdo con la velocidad de rotación del compresor.

$$V_h = \frac{\pi d^2}{4} \times L \times N \times 10^{-3} \times n \times 60 \text{ cm}^3/\text{h}$$

Si el compresor es del tipo cuadrado tendremos.

$$V_h = \frac{\pi d^3}{4} \times N \times 10^{-3} \times n \times 60 \text{ cm}^3/\text{h}$$

Se pueden simplificar estas fórmulas teniendo el Volumen Horario desplazado en metros (cubicos-hora) en función de la cilindrada.

$$V_h = C \times N \times 60 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{h}$$

Caudal masa del fluido: (ḡ).

El Caudal Masa del Fluido es el número de kilogramos del fluido en circulación a través del compresor durante i hora. El caudal Masa

depende de las condiciones de funcionamiento del compresor; está sujeto al volumen horario aspirado y al volumen específico del fluido frigorígeno, en las condiciones que éste se encuentre en la aspiración del compresor, si llamamos:

V_a = Al volumen horario aspirado en (m^3/h)

v''_o = Al volumen específico del fluido frigorígeno (m^3/Kg)

t_o = Condiciones de temperatura ($^{\circ}C$)

p_o = Presión de aspiración en (bar)

$$\dot{m} = \frac{V_a}{v''_o} \text{ (kg/h)}$$

Características Mecánicas:

Estas características provienen del funcionamiento y son:

- Presión media indicada : (P_{m1})
- Trabajo indicado : (W_1)
- Potencia efectiva : (\dot{W}_e)
- Potencia indicada : (\dot{W}_1)

Potencia Indicada : (W_1)

Si el compresor gira a n revoluciones por minuto, la potencia indicada correspondiente al trabajo efectuado durante un segundo.

$$\dot{W}_i = W_i \times \frac{n}{60}$$

Expresándose:

P_{m1} en KN/m^2

S - cm^2

L - m

n - Revoluciones por minuto

La Potencia Indicada para un cilindro estará dado por:

$$\dot{W}_i = \frac{P_{m1} \times S \times L \times N}{60} \quad (\text{KW})$$

La Potencia Indicada para N cilindros tendremos:

$$\dot{W}_i = \frac{P_{m1} \times S \times L \times n \times N}{60} \quad (\text{KW})$$

Potencia Efectiva : (W_e)

La potencia efectiva del compresor, o sea, la potencia a obtener sobre el eje del compresor, es necesariamente superior a (W_i) debido a los rozamientos que intervienen en las piezas en movimiento del sistema (biela-eje) y asimismo, en los cojinetes del compresor, por consiguiente tendremos siempre:

$$\dot{W}_e > \dot{W}_i$$

Características Térmicas:

Estas características son:

- Potencia Frigorífica : (Φ_0)
- Potencia Frigorífica por kilogramo de fluido circulando en la instalación: q_{om} (Φ_0/m producción frigorífica Específica).
- Producción Frigorífica por m^3 aspirado: (q)
- Producción Frigorífica Específica Indicada: (K_i)
- Producción Frigorífica Específica Efectiva: (K_e)

Potencia Frigorífica: (Φ_0)

La primera característica térmica, de un compresor es la potencia frigorífica, que es capaz de desarrollar. Esta potencia es función, en parte de las características geométricas del compresor (Volumen Horario Desplazado: V_h) pero depende igualmente de las características Físicas del Fluido frigorígeno utilizado, de las condiciones de temperatura y presión en que se mueva el fluido (temperaturas de aspiración, de condensación y de admisión en la válvula de expansión) y, asimismo del rendimiento volumétrico del compresor.

Φ_0 : fg/h

Expresándose la potencia frigorífica en frigorías, es decir, en unidades caloríficas, y hallándose sujetas, por una parte, al volumen horario aspirado ya que se expresa en unidades geométricas, y por otra parte, el fluido frigorígeno determinado, cuyo calor latente de evaporación se expresa en kilocalorías por kilogramo de fluido, será necesario, en consecuencia obtener la relación de este calor de evaporación por metro cúbico de fluido en movimiento.

Dicho valor de evaporación no está totalmente representado por la producción de frío a la temperatura de evaporación " t_0 " del líquido; en efecto, parte de este calor de evaporación se utiliza para enfriar el líquido caliente desde la temperatura de condensación " t_k " a la temperatura de evaporación " t_0 ".

Así se aplica la necesidad de buscar fluidos frigorígenos que tengan calores de líquidos bajos en comparación con su calor latente de evaporación. En el paso del fluido a través del orificio calibrado de la válvula de expansión se obtiene únicamente la evaporación de parte del líquido en el

proceso de rebajar la temperatura del líquido restante desde "tk" a "to".

$$\Phi_o = V_a \frac{C_v - (h_d - h_v)}{v''_o} \quad (\text{fg/h})$$

C_v = Calor latente de evaporación de líquido a la temperatura de evaporación en Kcal/kg

h_d = Calor del líquido en la admisión de la válvula de expansión en Kcal/kg.

h_v = Calor del líquido a la temperatura de evaporación en Kcal/kg.

v''_o = Volumen específico del vapor aspirado a la temperatura "to" en m^3/kg .

V_a = Al volumen aspirado en m^3/h .

Producción Frigorífica Específica: (q_{om})

Siendo al potencia frigorífica de la máquina de Φ_o kilocalorías por hora y el caudal masa del fluido frigorífico $m(\text{Kg/h})$, la potencia frigorífica específica (o másica).

$$q_{om} = \frac{\Phi_o}{m} \quad (\text{fg/kg})$$

Producción Frigorífica por m^3 : (q_o)

Si V_a en volumen aspirado por hora en m^3/h en sus recorridos de aspiración, la relación

$$q_o = \frac{\Phi_o}{V_a} \quad (\text{fg}/\text{m}^3)$$

Producción Frigorífica Específica Indicada:

Ki

Si Φ es la potencia frigorífica bruta del compresor en frigorías/hora, Pi la potencia indicada kilovatios, la potencia frigorífica indicada será:

$$k_i = \frac{\Phi_o}{W_i} \quad (\text{fg/h})$$

Producción Frigorífica Específica: ke

$$k_e = \frac{\Phi_o}{W_e} \quad (\text{fg/kwe})$$

Características Cualitativas

- Coeficiente de rendimiento : (β)
- Rendimiento Volumetrico : (η_v)
- Relación de Compresión : (τ)
- Rendimiento Mecánico : (η_m)
- Rendimiento Indicado : (η_i)

Coeficiente de Performance : (β)

Por analogía con los motores térmicos, respecto al rendimiento que a de caracterizar la economía de funcionamiento, se ha introducido en el estudio de la máquinas frigoríficas.

La relación existente entre la aportación

(frío producido) y la potencia que necesita es un valor superior a 1; esto permite caracterizar la eficacia de la máquina frigorífica.

$$\beta = \frac{ER}{Q_c}$$

ER = Efecto refrigerante.

Q_c = Calor de compresión

Eficiencia Volumétrica : η_v

El volumen verdaderamente aspirado queda representado.

$$\eta_v = \frac{V_a}{V_D}$$

V_a = Volumen aspirado

V_D = Volumen de desplazamiento

En un compresor de carrera y volumen "V_D" determinados, el rendimiento volumétrico depende de dos factores distintos:

Factor Mecánico

Importancia relativa del espacio muerto en relación a la carrera del pistón.

Factor Presostático

Importancia de la relación entre las presiones absolutas de descarga y de aspiración (relación de compresión).

Relación de Compresión : (τ)

Se denomina relación de compresión al valor de la relación (P_k/P_o) entre las presiones absolutas de descarga y aspiraciónn.

$$\tau = \frac{P_k}{P_o}$$

Eficiencia Mecánica : (η_m)

Se llama rendimiento mecánico de un compresor (η_m) al valor de la relación entre la potencia indicada y la potencia eje del compresor.

$$\eta_m = \frac{\dot{W}_i}{\dot{W}_e}$$

Eficiencia Indicada : (η_i)

Esta eficiencia se caracteriza como la relación entre la producción frigorífica por kilovatio indicado (k_i) y la producción frigorífica teórica por kilovatio (k_{th}).

$$\eta_i = \frac{k_i}{k_{th}} = \frac{k_i}{860\beta} \quad (\text{Kcal/kw})$$

3.2.1.2 COMPRESOR CENTRIFUGO

Las características descritas para los compresores alternativos no pueden referirse en su totalidad para los compresores centrífugos, aunque sí en lo que respecta a las características, mecánicas térmicas y cualitativas.

El compresor centrífugo emplea el aumento de la energía cinética del fluido obtenido al utilizar la fuerza centrífuga provocada por la gran velocidad periférica en que el fluido sale de los alabes del rotor, velocidad que al pasar seguidamente a través del difusor con la consiguiente caída de velocidad, obtiene como contrapartida un aumento de presión.

Los compresores centrífugos pueden ser de un solo rodete o de varios, según sea el refrigerante empleado y también la aplicación prevista con la aparición de los fluidos clorofluorados se inició el desarrollo requerido por los compresores centrífugos, que actualmente se conocen.

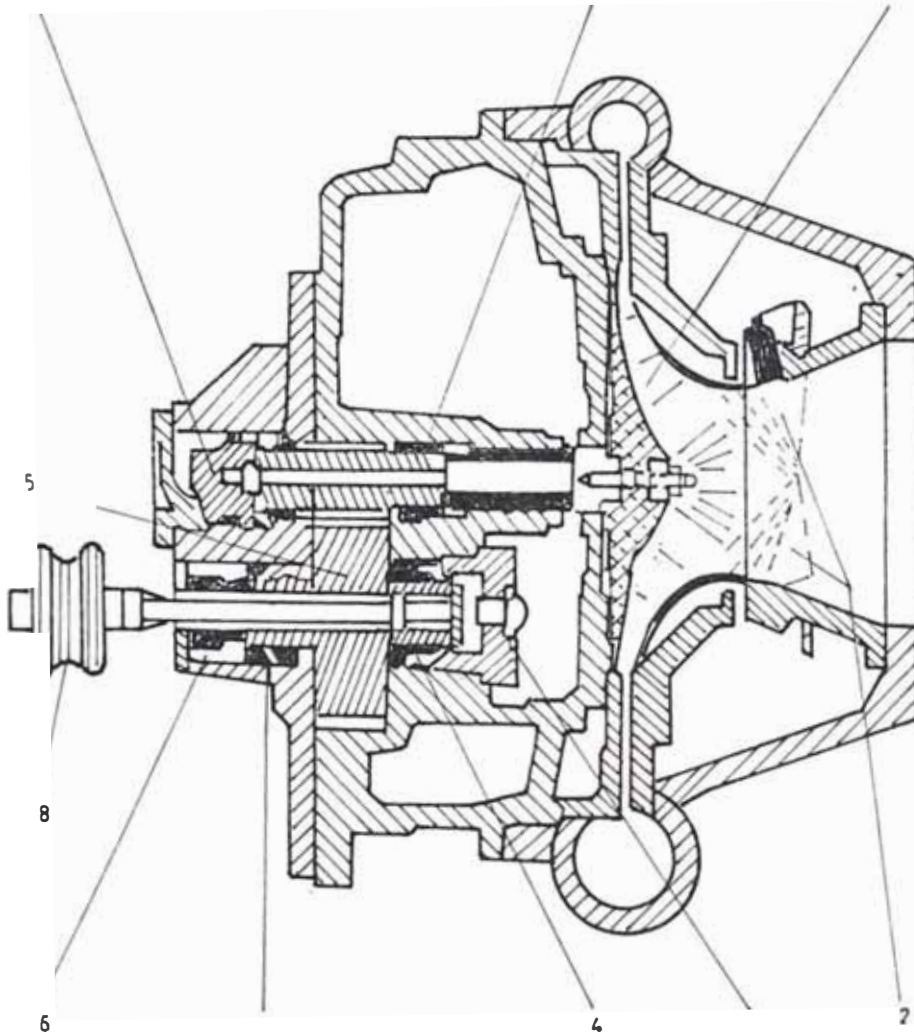
COMPRESOR TIPO UNIRRODETE

De la Fig. N°2, tenemos que el compresor comprende, un cárter que sustituye el estator de fundición acerada de gramo fino; el rodete (1) construido en aleación de aluminio y un

eje de acero tratado térmicamente; estas dos piezas que forman el conjunto móvil, deben estar cuidadosamente equilibradas, estática y dinámicamente; por separado después de su ensamblado; el sello estanca 6, dos bombas de aceite 3 y 7, un juego de alabes de prerrotación 2 colocados en la aspiración del compresor y un manguito de acoplamiento 8.

La velocidad de giro puede variar desde (3,000 a 25,000) RPM, lo que implica velocidades periféricas del orden de 150 a 200 m/s y, algunas veces supersónicas.

El accionamiento del compresor para alcanzar estas velocidades salvo en el caso de que obtengan por medio de una tubería de vapor surge un multiplicador de velocidad.



- 1.- RODETE (ALEACION DE ALUMINIO ESTAMPADO)
- 2.- ALABES DE PRERROTACION
- 3.- BOMBA DE BAJA VELOCIDAD
- 4.- COJINETE DE BAJA VELOCIDAD
- 5.- MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD
- 6.- SELLO ESTANCO
- 7.- BOMBA DE ALTA VELOCIDAD
- 8.- MANGUITO DE ACOPLAMIENTO

FIG. 2.- COMPRESOR DE TIPO UNIRODETE

COMPRESORES DE TIPO MULTIRRODETE

Cuando los compresores centrífugos incorporan varios rodets el difusor de un rodete se prolonga por medio de un conducto de retorno que conduce a los vapores comprimidos de un rodete a la entrada del rodete siguiente complementándose cada rodete en su correspondiente difusor; el sistema de prerrotación se monta generalmente a la entrada del primer rodete en determinados tipos de compresores con rodets. los alabes de prerrotación van incorporados a la entrada de cada uno de los rodets. Fig. N° 3.

3.2.1.3 COMPRESOR ROTATIVO

Los compresores rotativos son compresores volumétricos. En efecto, la compresión de los vapores aspirados se obtiene dentro de un recinto de volumen variable.

Características:

a) Características Geométricas : Cilindrada y volumen de horario desplazado.

b) Características Mecánicas : Potencia absorbida, potencia efectiva, etc.

c) Características Térmicas : Producción específica por metro cúbico aspirado, producción bruta, etc.

d) Características cualitativas

Rendimiento : volumétrico, mecánico, indicado.

Tenemos en primer lugar las magnitudes cilindradas y Volumen Horario que son específicas de los compresores volumétricos.

COMPONENTES

En los compresores rotativos, los vapores aspirados se comprimen siguiendo las mismas leyes físicas de los compresores de pistón.

TEORICAMENTE · Compresión politrópica.

PRACTICAMENTE Compresión según un proceso irreversible.

En la descripción y concepción tecnológica de los compresores rotativos, aunque realizados avidamente bajo formas distintas, encontraremos los mismos elementos constitutivos de los compresores alternativos de pistones, como son: cilindro, dispositivo de compresión, eje, sello de estanqueidad, sistema de lubricación.

Aunque las funciones de estos componentes son análogos a los de los compresores de pistón, su denominación es diferente, pareciéndose a la empleada en las máquinas rotativas de corriente alterna.

CLASIFICACION

Según sea su ejecución, los compresores rotativos se clasifican en:

- Compresores Monocelulares
- Compresores Bicelulares
- Compresores Multicelulares

COMPRESORES MONOCELULARES

Se utilizan dos concepciones en la realización de estos compresores: el pistón que gira y el pistón que rueda.

Compresor con Pistón Giratorio

En este tipo de compresor encontraremos: Un cilindro con su eje horizontal 1 (estator) que contiene un pistón cilíndrico plano 2 (rotor) cuyo eje que gira excéntrico en relación con el del estator, con un valor (e) llamado excentricidad cuya generatriz coincide constantemente con el estator del rotor incorpora una muesca (3) en la que va acoplada la paleta (4) que se halla constantemente en contacto con el estator (1) esta paleta determina, en el espacio intermedio en forma de lúmula. Entre el rotor y el estator dos capacidades A y B, cuyos volúmenes respectivos están en función de la posición de la paleta (4); se desprende que durante la rotación del pistón, los volúmenes

de la cámara A y B varían continuamente. El estator incorpora los orificios de aspiración (5) y de descarga y se hallan cerrados en sus extremos por tapas estancas, uno de los cuales constituye el paso del eje de accionamiento del pistón. Ver Fig. (4).

COMPRESOR DE PISTON RODANTE

En este tipo de compresor, la paleta no se desliza dentro de la muesca mecanizada con el rotor, sino dentro de un alojamiento (6) dispuesto a este fin en el estator; esta paleta puede quedar libre en su alojamiento quedando unida constantemente a rotar por medio de un resorte de presión (Ecowat Frigiradi) o bien presionada por el movimiento del rotor a través del mismo (Rotasco de Eschor-Wyss) algunas veces, esta paleta forma cuerpo con el rotor.

COMPRESORES BICELULARES

Los Compresores Monocelulares permiten una sola aspiración y una descarga para cada vuelta aumentar bajo las mismas dimensiones la cilindrada, es necesario multiplicar el número de células del compresor, o sea el número de paletas; la más simple de las soluciones se obtiene pues con compresores bicelulares, los elementos constitutivos de los compresores rotativos monocelulares, a

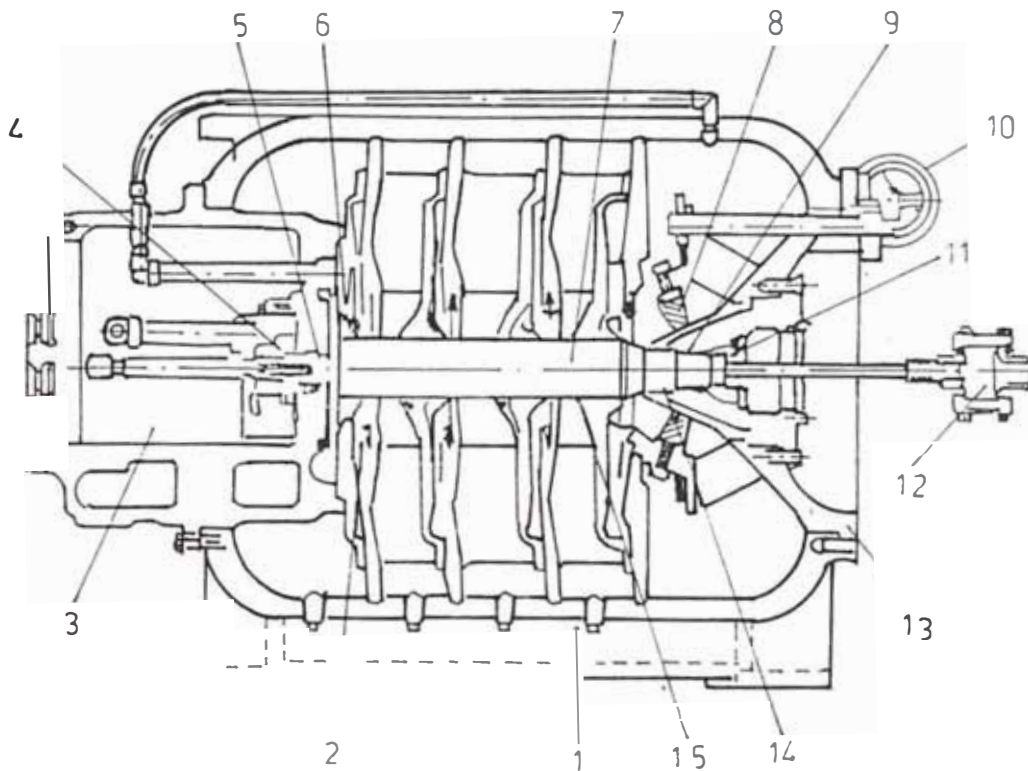
saber: el estator (1) y el rotor (2) que incorpora esta vez dos ranuras radiales opuestas en las que se deslizan dos paletas (3) proyectados por fuerza centrífuga sobre la superficie del estator.

Las paletas pueden quedar libres dentro de sus alojamientos, o bien, a fin de evitar la recaída de las paletas en la parada del compresor, presionadas constantemente sobre el estator por medio del resorte antagónico 4.

COMPRESORES MULTICELULARES

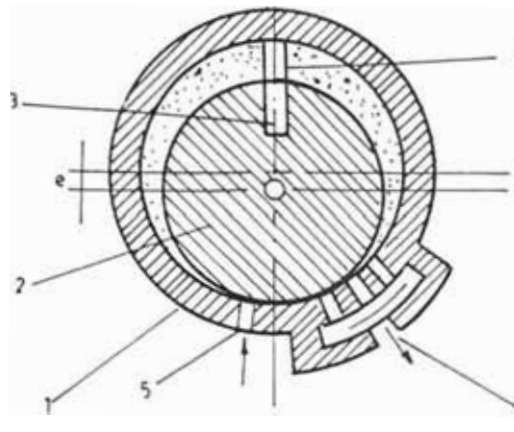
A fin de aumentar, bajo determinadas dimensiones la cilindrada del compresor se orienta la multiplicación de "células primarias", lo que condujo en un primer paso a la construcción de compresores de cuatro células, derivadas directamente de los compresores Bicelulares, y posteriormente a los compresores de seis, ocho y diez células. La aspiración de los vapores se produce en las células primarias a medida que aumenta su volumen, la descarga tiene lugar a través de un orificio único en el estator; las paletas son libres en el interior de su alojamiento y la multiplicación de los mismos permite reducir la excentricidad y, en consecuencia los efectos de la fuerza centrífuga. La

cilindrada viene aumentada por la
multiplicación de las paletas.



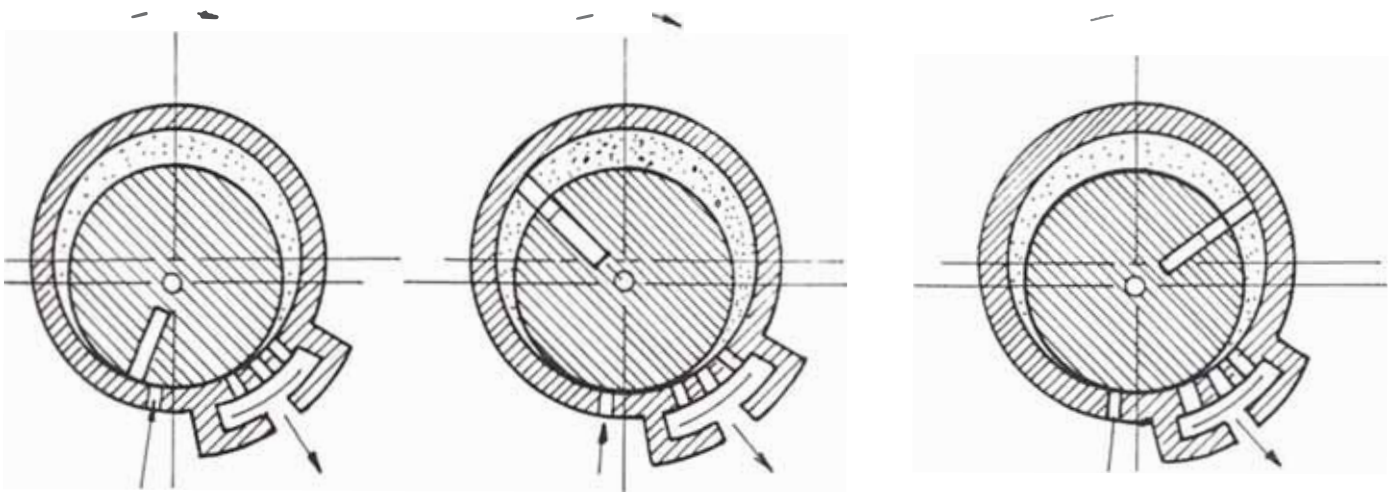
- 1.- CARTER (FUNDICION NODULAR O EN ACERO)
- 2.- RODETE (ALEACION DE ALUMINIO O DE ACERO INOXIDABLE)
- 3.- DEPOSITO DE ACEITE
- 4.- BOMBA DE ACEITE
- 5.- COJINETE DE EMPUJE
- 6.- DISCO EQUILIBRADOR DE LA PRESION AXIAL
- 7.- EJE
- 8.- ALABES DE PRERROTACION
- 9.- COJINETE
- 10.- MANDO MANUAL O AUTOMATICO DE LOS ALABES DE PRERROTACION
- 11.- SELLO ROTATIVO
- 12.- ACOPLAMIENTO
- 13.- CUBIERTA DEL CARTER
- 14.- JUNTA ESTANCA FLUIDO/ACEITE
- 15.- LABERINTOS

FIG.3 COMPRESOR DE TIPO MULTIRRODETE

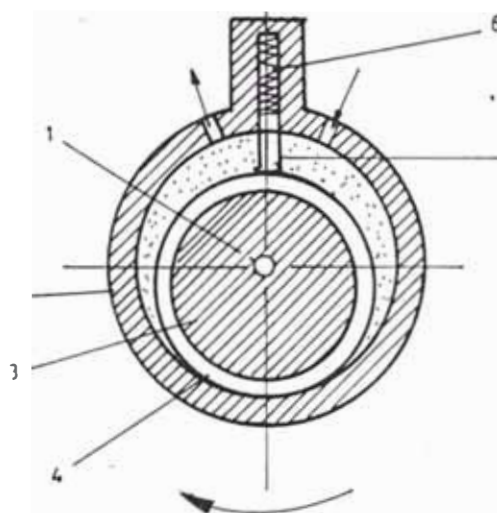


- 1.- CILINDRO CON EJE HORIZONTAL
- 2.- ROTOR
- 3.- MUESCA
- 4.- PALETA
- 5.- ORIFICIO DE ASPIRACION
- 6.- ORIFICIO DE DESCARGA

COMPRESOR CON PISTON GIRATORIO



CICLO DE COMPRESION DE UN COMPRESOR ROTATIVO



- 1.- EJE CILINDRICO
- 2.- ESTATOR
- 3.- NUCLEO EXCENTRICO
- 4.- ARO CILINDRICO
- 5.- PALETA DESLIZANTE
- 6.- RESORTE

COMPRESOR CON PALETA LIBRE

3.2.1.4 CON COMPRESOR TIPO TORNILLO

Los compresores de tornillo, son compresores rotativos de espacio variable, su nombre obedece al acabado en Hélice de los rotores que se sumerjan a un juego de engranajes de corte helicoidal.

Se trata de compresores de producción frigorífica elevada, situándose entre los compresores de pistón y los centrífugos, con desplazamientos volumétricos entre (800 y 4,800) m³/h.

Descripción

En un carter de fundición de alta resistencia se alojan dos rotores helicoidales de un mismo diámetro anterior, mecanizados con precisión y llamadas rotor macho y rotor hembra. El otro macho tiene cuatro filetes o lóbulos que engranan dentro de seis gargantas o canales del rotor hembra; el rotor macho va acoplado al dispositivo de mando y acciona libremente el rotor hembra a una velocidad de rotación en donde n (r.p.m.) es la velocidad de giro del rotor macho, con un valor de N .
$$r.p.m. = 2n/3 \text{ r.p.m.}$$

Durante su rotación, el rotor macho y el rotor hembra aprisionan en el estator un volumen de gas que es transportada en forma continua desde un extremo a otro engranaje

donde se hallan opuestas las aberturas de aspiración y descarga.

3.3 CAMARAS FRIGORIFICAS:

3.3.1 De Acuerdo a su Construcción.

Pueden ser fijas o móviles, dependiendo si son construidos en sitio o desmontables en paneles.

3.3.1.1 Fijas:

De aislamiento entre pared interior y pared exterior.

De aislamiento en el interior de la pared de la cámara.

De aislamiento del techo colgante suspendido con varillas.

3.3.1.2 Móviles

- Paneles pre-fabricados

3.3.2 Por la Forma de Almacenamiento del Producto:

3.3.2.1 Tipo Túnel

Toma este nombre la cámara frigorífica cuando el producto se transporta en carros o rieles, en forma continua ya sea mecánicamente o manual intermitente.

3.3.2.2 Tipo Ganchos Colgantes

Se dice cuando el producto va a ser soportado individualmente en ganchos colgados.

3.3.2.3 Tipo Anaqueles o Cajones

Son los mas comunes, el producto es depositado en cualquier sitio de los anaqueles

Por ser más sencillo, su construcción es más barata y más usada.

3.3.3 Por la Refrigeración del Producto

3.3.3.1 Ventilación natural

Cuando el calor del producto es absorbido por el aire y transferido a los serpentines de refrigeración por corrientes de convección natural (empleado frecuentemente en las refrigeradoras domésticas).

3.3.3.2 Ventilación Forzada

Cuando el aire mantenido frío se insufla por medio de ventiladores al producto a alta velocidad del orden de 500 - 1,500 pies por minuto.

3.3.3.3 Atmósfera Controlada

Este tipo es usado especialmente para conservar frutas (manzanas, peras, etc.) donde se exigen condiciones de calidad del producto, el desarrollo de esta técnica despierta cierto interés en la actualidad.

Hay dos modelos que son:

a.- Con oxígeno del medio ambiente, es suficiente para conservar la fruta.

b.- Con oxígeno insuflado a la fruta para su acción respiratoria.

3.3.4 Por la Temperatura de Trabajo

Pueden ser de congelación y conservación se llaman de:

Congelación, cuando el producto se tiene debajo de 0°C .

Conservación, cuando el producto se mantiene por encima de 0°C , temperatura comúnmente llamada normal.

3.4 METODOS DE CONGELAMIENTO PARA CARNE DE VACUNO.

La congelación de la carne es un proceso fundamentalmente seco ya que por la congelación se inactiva, es decir, se inmoviliza al igual (con formación de cristales de hielo) por esta circunstancia o sea mediante las temperaturas de congelación. La actividad del agua (valor uno) de la carne disminuye, esta reducción del contenido de agua (a_w) en la carne congelada es aproximadamente de 0.01 unidades por cada grado centígrado que desciende la temperatura de congelación, por tanto el valor (a_w) de la carne es 0.99 para una variación de temperatura de 1°C ; de 0.91 para 10°C ; de 0.82 para -20°C y de 0.75 para -30°C ; el hecho de que a determinadas temperaturas de congelación no se multipliquen los Micro-Organismos (las bacterias por debajo de -10°C , los levaduras por debajo de -12°C y los hongos por debajo de -18°C , se debe, no a las bajas temperaturas si no al bajo valor de a_w de la carne congelada.

El cálculo del "Tiempo de Congelación" es laborioso, ya que depende de múltiples factores, entre otros: de la Temperatura inicial y final del producto a congelar, de la resistencia a la conducción del calor, de tamaño de la pieza y del envase, así como de la temperatura del aire frío de la cámara.

La velocidad de congelación (cm/h) depende de la composición de la carne, de la temperatura y de la velocidad del aire, por "velocidad de congelación" se entiende, la rapidez con que el frente de congelación en (cm) avanza por unidad de tiempo (en horas) desde la superficie hasta el centro del producto, se distingue entre:

CONGELACION MUY LENTA: por debajo de 0.2 cm/h

CONGELACION LENTA: de 0.2 a 1 cm/h

CONGELACION RAPIDA: de 1 a 5 cm/h

CONGELACION ULTRARAPIDA: por encima de 5 cm/h

- 3.4.1 CONGELAMIENTO LENTO: Se coloca la carne en el cuarto de temperatura baja y se deja congelar lentamente generalmente aire a velocidad baja, tranquilo la temperatura que se tiene en el congelador se mantiene en el rango (-18°C a 40°C) ya que la circulación del aire es por lo general por convención natural.

3.4.2 CONGELAMIENTO RAPIDO:

3.4.2.1 Congelamiento por chorro de aire:

En el congelamiento con corrientes de aire se utilizan los efectos combinados de temperaturas bajas y velocidad alta del aire. Temperaturas de -30°C a -45°C ; velocidad del aire de (2 a 4) mts/s.

Para producir una rápida transferencia de calor de la carne, el túnel de congelamiento es el prototipo usado para este método, se puede distinguir los diferentes túneles de congelamiento.

a) Túneles con Bandas Transportadas: donde la carne no congelada es colocada sobre el transportador en un extremo del túnel y es congelado durante el trayecto que sigue dentro del túnel llegando congelado al otro extremo del mismo.

b) Túneles con Carros transportadores: que consiste en cargar la carne en carros transportadores que pueden ser desplazados manualmente o automáticamente dentro de la cámara, para parar después al cuarto de almacenamiento.

c) Túneles con sistemas de rieles.- que consiste en transportar la carne en

ganchos, que pueden ser desplazados manualmente dentro de la cámara.

3.4.2.2 Congelación por Contacto Indirecto:

El congelamiento indirecto por lo general se proporciona a través de congeladores de puertas en donde el producto es colocado encima de placas metálicas a través de los cuales se hace circular el refrigerante a que el producto está en contacto térmico directo en la placa refrigerante, la transferencia de calor del producto es efectuada principalmente por conducción de modo que la eficiencia del congelador dependerá en su mayor parte de la cantidad de superficie de contacto.

Un tipo de congelador de placas muy usado en establecimientos comerciales para congelación de paquetes pequeños planos, rectangulares, de tamaño muy solicitado por los consumidores es el congelador de placas refrigeradores dispuestas horizontalmente y paralelas los cuales están situadas por presión hidráulica de manera que éstas puedan abrirse para recibir el producto en su interior y después cerrarse a cualquier presión deseada.

3.4.2.3 Congelación por Inmersión:

El congelamiento por inmersión se tiene introduciendo a la carne en una solución de salmuera de baja temperatura por lo general, se utiliza Cloruro de Sodio debido a que el líquido refrigerado es un buen conductor que hace muy buen contacto con todo el producto, la transferencia de calor es rápida y el producto es congelado totalmente en un periodo muy corto de tiempo.

Otra ventaja de la congelación por inmersión es que el producto se congela en unidades individuales en lugar de hacerlo en forma masiva.

La desventaja principal del congelamiento por inmersión es que existe la tendencia de extracción por osmosis de los jugos del producto, lo cual no se utiliza para el congelamiento de la carne.

3.4.3 DIFERENCIA ENTRE CONGELACION LENTA Y RAPIDA

Como ventajas principales del congelamiento rápido, con respecto al congelamiento lento.

- 1.- Los cristales de hielo formados son mucho más pequeños y por lo tanto, causan menos daños a las células.
- 2.- Siendo el período de congelamiento mucho más corto, menos tiempo para difusión de las sales y para la separación del agua en

forma de hielo.

- 3.- El producto es fácilmente enfriado abajo de la temperatura a la cual las bacterias, mohos y levaduras no pueden tener crecimiento en lo cual se evitan la descomposición durante el congelamiento.

La principal diferencia entre congelamiento rápido y congelamiento lento está en el tamaño, numero y localización de los cristales de hielo formados en el producto a medida que las células fluidas son solidificadas cuando un producto es congelado en forma lenta, se forman cristales grandes de hielo con lo que se puede causar serio daño a los tejidos de algunos productos a través del rompimiento celular, por otra parte, con congelamiento rápido se producen cristales de hielo más pequeños, los cuales casi siempre se forman dentro de las células en lo que se reduce grandemente el rompimiento celular.

Con respecto a la acción de derretir, los productos que se exponen a considerable daño celular, están propensos a pérdidas excesivas de cantidad de fluido a través del "goteo" o "sangrado", lo que da por resultado pérdidas de su calidad.

CAPITULO 4

**CALCULO DE LA CARGA TERMICA
Y DISEÑO DEL TUNEL DE
CONGELAMIENTO ESPACIO DE
ENFRIAMIENTO Y ALMACENAJE**

CAPITULO 4

CALCULO DE LA CARGA TERMICA Y DISEÑO DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO ESPACIO DE ENFRIAMIENTO Y ALMACENAJE

4.1 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD

4.1.1 CAPACIDAD DE LA CAMARA DE ENFRIAMIENTO

La capacidad de la camara de enfriamiento de carne será de 5 TM/día; en la cual se podría depositar hasta una producción de cuatro días de carne, entonces tendría una cantidad de 20 TM/.

4.1.2 CAPACIDAD DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO

El tunel de congelamiento tendrá una capacidad de 5TM/día; ya que en la cámara de enfriamiento es almacenada a este ritmo; con la cual, se tendría garantizado el congelamiento. Así mismo el camal abastece con esta misma cantidad al día.

4.1.3 CAPACIDAD DE LA CAMARA DE ALMACENAMIENTO DE CARNE CONGELADA

La capacidad de almacenamiento sera 300 TM. la cual podrá almacenar a un ritmo de 5 TM/día y se almacenará hasta una producción de 60 días de carne congelada.

4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LAS CAMARAS Y TUNEL DE CONGELAMIENTO

Para el dimensionamiento de las camaras se consideran valores de carga de carne de res.

determinadas por datos experimentales en la construcción y operación de estas cámaras frigoríficas.

4.2.1 DIMENSIONES DE LA CÁMARA DE ENFRIAMIENTO

Para el dimensionado de la cámara de enfriamiento consideramos lo siguiente:

- a) El ambiente se dimensionara para una capacidad de 20 TM.
- b) La densidad de almacenamiento de media res. se considerará en promedio de 120 kg/m^3 de volumen útil final.
- c) Se dejará 0.30 mts. de separación entre el producto y las paredes a fin de evitar la formación de zonas calientes en las que se dificulte la circulación de aire.
- d) Se dejará 1.00 mts de separación entre el producto y el techo, por la razón expuesta; además de dar cavidad a la respectiva unidad de evaporación.
- e) El dato de densidad de carga es para la zona del proyecto; además dentro de la cámara el producto será colgado por medio de ganchos bajo un sistema de rieles.
- f) La separación entre los productos será de 10 cms.
- g) El pasillo de circulación tendrá como mínimo un ancho de:

1.20 mts.

h) La puerta de ingreso de la cámara tendrá un ancho de 2.00 mts. y 2.5 mts. de alto. El volumen útil necesario será:

$$V_u = \frac{20,000 \text{ kg de carne}}{120 \text{ kg/m}^3}$$

$$V_u = 168 \text{ m}^3$$

La altura de la cámara será calculada de la siguiente manera:

CARACTERISTICAS	DIMENSIONES(mts)
Altura de carcaza	2.60
Altura de gancho a rielería	0.20
Altura del piso a punto inferior de carcaza	0.20
Altura para instalación del evaporador	1.00
Altura de cámara (*)	4.00

* La altura determinada regirá para toda la planta.

El área útil necesario será:

$$A_u = \frac{168}{4}$$

$$A_u = 42 \text{ m}^2$$

Ensayando varias distribuciones, según las dimensiones aproximadas de media res, de: 2.60 x 0.8 x 0.3 mts; optamos por la planteada en la figura N° 4.1

Las dimensiones de la camara serán:

Longitud = 13.30 mts.

Ancho = 5.90 mts.

Altura = 4.00 mts.

4.2.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TUNEL DE CONGELAMIENTO

a) El ambiente se dimensionará para una cantidad de 5 TM/día; considerando un tiempo de congelación del producto de 6 horas y el tiempo de funcionamiento del tunel oscila entre (16-20)Hrs., tomaremos 18 horas.

Al día sólo podría entrar el producto a congelarse tres veces por lo que en cada entrada se tendrá que congelar:

$$\frac{5 \text{ TM}}{3} = 1.7 \text{ TM}$$

b) Para el transporte y distribución en el tunel utilizaremos un sistema de rieles para colgar el producto por medio de ganchos.

c) Al igual que la cámara anterior, la densidad de almacenamiento de media res, se considerará en promedio 120 kg/m³ de volumen útil.

d) Se dejará 1.00 mts. de separacion entre el producto y el techo.

El volumen útil necesario será:

$$Vu = \frac{1,700 \text{ kg}}{120 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vu = 14.16 \text{ m}^3.$$

Como la altura ya fue fijada en 4.00 mts., tendremos el área útil necesario de:

$$Au = \frac{14.16}{4}$$

$$Au = 3.54 \text{ m}^2$$

De la distribución mostrada en la figura N° 4.2: tenemos las dimensiones de la cámara :

Longitud = 7.50 mts.

Ancho = 2.20 mts.

Altura = 4.00 mts.

4.2.3 DIMENSIONAMIENTO DE LA CAMARA DE CONSERVACION DE CARNE CONGELADA

El ambiente se dimensionará por una capacidad de 300 TM. considerando una densidad de almacenamiento de 400 kg/m³; tendremos que el volumen útil será:

$$Vu = \frac{300,000 \text{ kg}}{400 \text{ kg/m}^3}$$

$$Vu = 750 \text{ m}^3$$

Serán 2 cámaras, entonces el volumen útil por cámara será: 375 m³.

Como se fijo la altura en 4 mts. el área útil

sera:

$$Au = \frac{375}{4}$$

$$Au = 93.75 \text{ m}^2$$

De la figura N°4.3 tenemos las dimensiones de la cámara :

Longitud = 14.00 mts

Ancho = 7.00 mts.

Altura = 4.00 mts.

La distribución final por la que se opta es la presentada en la figura N°4.3

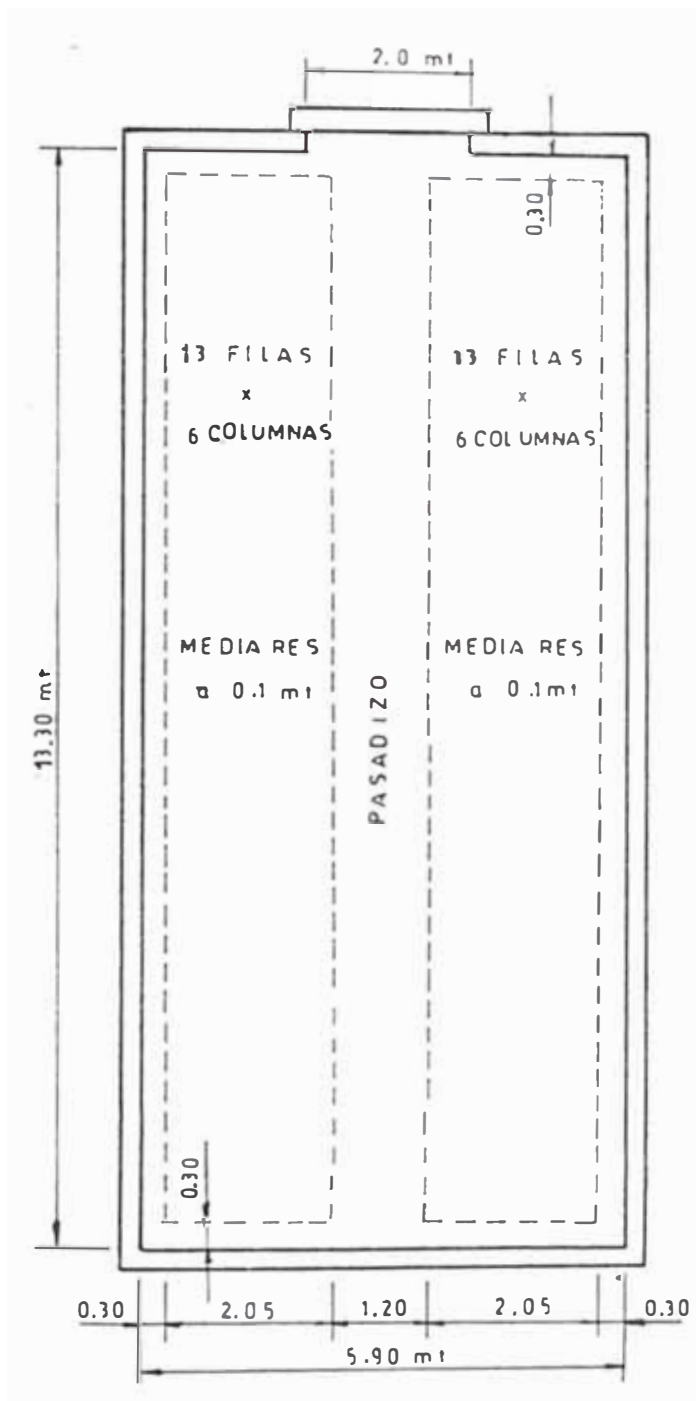


FIG.4.1.- CAMARA DE ENFRIAMIENTO

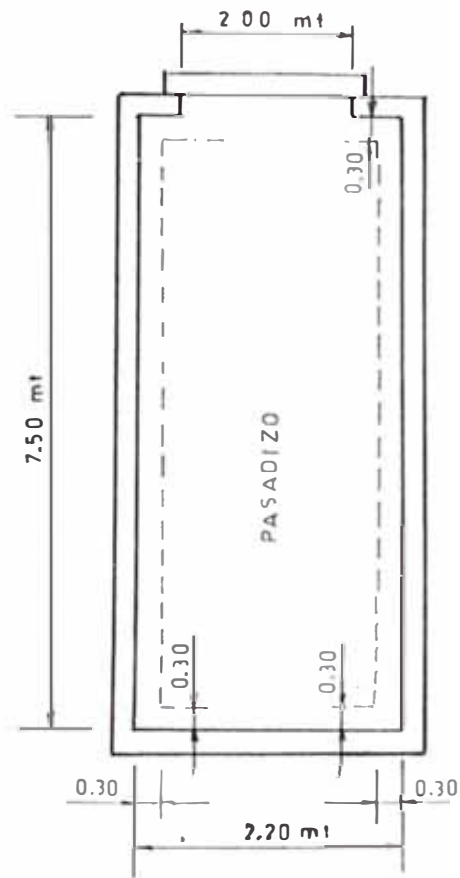


FIG 4.2. TUNEL DE CONGELAMIENTO

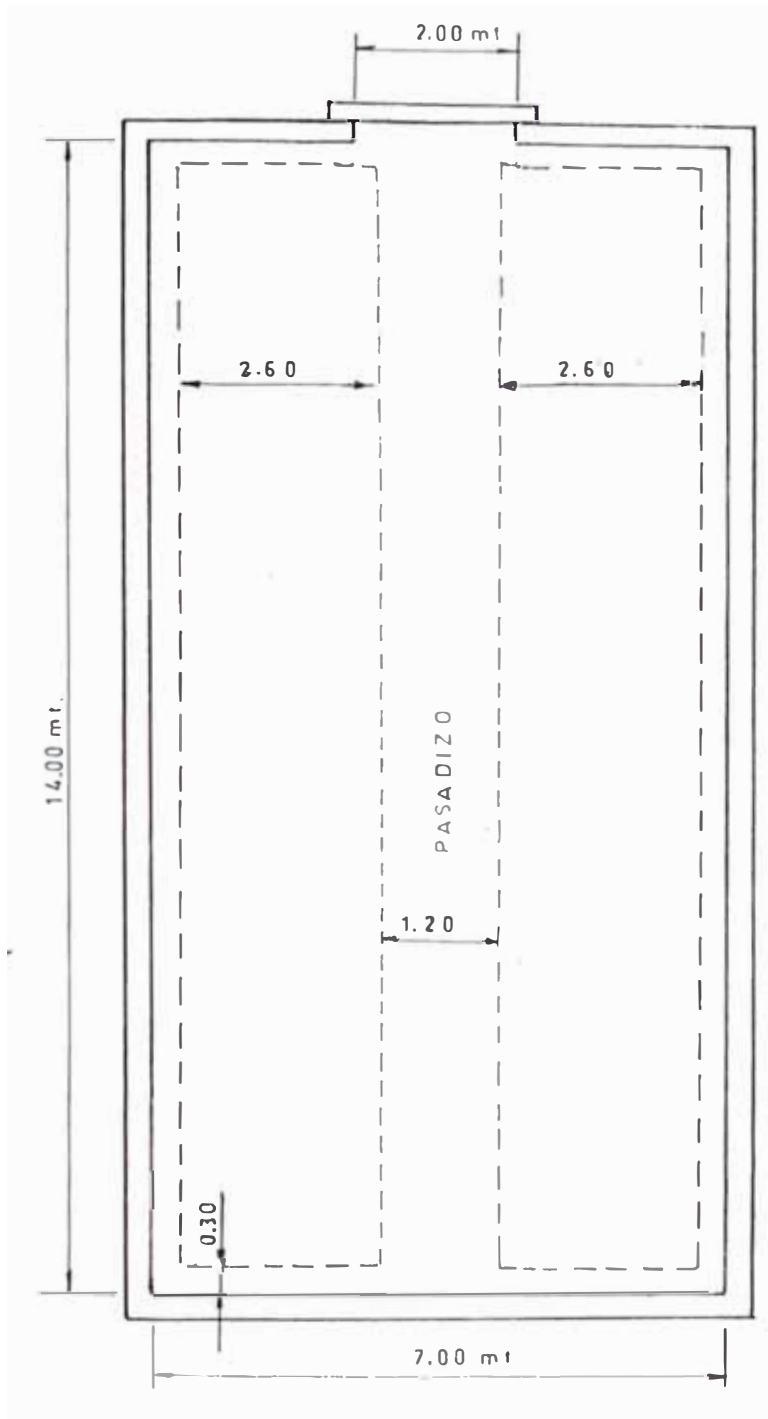


FIG.4.3.- CAMARA DE CONSERVACION DE CARNE CONGELADA

4.3 CARACTERISTICAS DE LAS CAMARAS Y TUNEL DE CONGELAMIENTO

A medida de resumen se indica en la tabla N° 4.1, las características generales de las cámaras y tunel de congelamiento, con que contará la planta frigorífica de "Contamana".

TABLA 4.1

Característica	Cámara de Enfriamiento	Tunel Congelamiento	Cámara de Conservación
Dimensiones(mt)	13.30x 5.90 x 4.00	7.50x2.20x4.00	14.00x7.00x4.00
Volumen (m ³)	313.9	66	392
Cantidad	1	1	1
Producción (TM)	20	5	300
Uso	Enfriamiento de carne.	Congelación de carne.	Almacenamiento de carne congelada.

4.4 TEMPERATURA DE AMBIENTES

En base a diversas recomendaciones para almacenaje, fijamos las siguientes temperaturas de cámara en cada ambiente:

- 1.- Cámara de enfriamiento 1 °C (*)
- 2.- Túnel de congelamiento -30 °C (**)
- 3.- Cámara de conservación -20 °C (**)

(*) Ver tabla N° 4.2

(**) Ver tabla N° 4.3

TABLA N°4.2
CONDICIONES PARA CARNES ENFRIADAS

PRODUCTO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA
RES	-2 a 2	90 - 95
TERNERA	-1 a 0	85 - 90
CERDO	-2 a 0	85 - 90
TOCINO	-3 a 0	80 - 85
CARNERO	-2 a -1	85 - 90
VISCERAS	-1 a 0	75 - 85
POLLOS	0 a 1	85 - 90
HUEVOS	-1 a 0	85 - 90
PESCADO	-1 a 0	80 - 90
CONEJO	-1 a 0	90 - 95

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO
DE CAMARAS FRIGORIFICAS" - 1978
EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

TABLA N° 4.3
CONDICIONES DE ALMACENAJE, PARA CARNES CONGELADAS

PRODUCTO	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA	TIEMPO APROX.
CERDO	-25 a -12	95 - 100	2 - 9 meses
CONEJO	-23 a -18	95 - 100	4 - 6 meses
CORDERO	-20 a -18	95 - 100	6 - 10 meses
POLLOS	-18 a -12	95 - 100	3 - 6 meses
RES	-25 a -18	95 - 100	5 - 8 meses
TERNERA	-18 a -12	95 - 100	5 - 12 meses
TOCINO	-23 a -18	95 - 100	4 - 6 meses
HUEVOS	-18 a -15	-----	
MARISCOS	-30 a -20	95 - 100	4 - 6 meses
PESCADOS	-30 a -20	95 - 100	2 - 6 meses

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y
MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978
EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

4.5 CALCULO DE LAS CARGAS TERMICAS

4.5.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

4.5.1.1 CONDICIONES AMBIENTALES

Como el proyecto planteado se ubicará en la zona de Contamana; para efectos del diseño condicionamos la instalación de la planta a la temperatura ambiente promedio alta.

De acuerdo con la información del SENAMHI, las condiciones ambientales serán:

Temperatura Ambiente - 35 °C

Humedad Relativa - 83 %

4.5.1.2 TEMPERATURA DE PISO

El piso debe estar a una temperatura que no propicie el congelamiento del agua contenida en el subsuelo de la cámara de acuerdo a una publicación de la Cia. DUMHAM-BUSH, la mínima temperatura que cumple este requisito es 40°F (4.4°C). Normalmente se puede usar 55°F (12.8°C) para aplicaciones de camaras. Nosotros usaremos este último valor.

4.5.1.3 SELECCION DEL ESPESOR DE AISLANTE

Las condiciones que deben tener los materiales aislantes utilizados en las instalaciones frigoríficas deben tener las siguientes características:

a) **Conductividad Térmica Baja.**- Se buscará lógicamente un material que dificulte el paso del calor.

Los materiales porosos, fibrosos, son buenos materiales como aislantes.

b) **Duración Util.**- El material aislante debe ser de naturaleza durable y resistente a todos los efectos destructores a que está expuesto en servicio normal.

c) **Peso Específico Bajo.**- Los materiales compactos de gran peso específico no son buenos aisladores, la cualidad aisladora mejora en relación inversa al peso específico.

d) **Origen: Vegetal, Animal ó Mineral.**- Las sustancias vegetales y animales tienen menos estabilidad que los minerales. Las primeras están expuestas a descomponerse con el tiempo como toda materia orgánica. Eso sólo se puede evitar en parte o retardar, tomando precauciones especiales al aplicarlos (lana de vidrio, lana de escoria).

e) **Resistencia a los Roedores e Insectos.**- En lugares subtropicales o tropicales hay insectos y animales que se alimentan con material aislante orgánico, siempre es bueno tomar precauciones contra tales eventualidades y someter el material aislante

a un tratamiento que aleje organismos destructores

f) **Resistencia Mecánica.**- Hay dos clases de material aislante en cuanto a consistencia:

1.- El material formado en planchas o briguetas: Es fácil revestir superficies planas con estos materiales.

2.- Materiales a granel: Sólo pueden utilizarse para rellenar espacios entre paredes de resistencia estructural. Tienen a tender a asentarse con el tiempo, resultando espacios vacíos no aislados.

g) **Libre de Olor en Estado Seco.**- El aislante debe ser inodoro o si es que tiene olor ni debe ser muy pronunciado a fin de no contaminar los productos almacenados.

h) **Libre de Olor en Estado Húmedo.**- Mientras están secas serán inodoras; pero se vuelven olorosas o mal olientes al humedecerse. Esta aparición de olores acompaña generalmente a la descomposición de los aislantes orgánicos que se pudren por humedad.

i) **Resistencia al Agua y a la Humedad.**- La humedad tiene efectos sobre los aislantes porque disminuye la condición de aislantes y por último lo desintegra por putrefacción.

El agua penetra por acción capilar, por diferencia de tensión de vapor y por acción

respiratoria.

Acción Capilar

Es un material esponjoso o fibroso tenemos conductos y espacios que dan lugar al efecto capilar y llevan hacia el interior de la sustancia el agua que se presenta; ya sea, en la superficie exterior o interior.

Diferencia de Tensión de Vapor

Los aislantes encierran un volumen de aire con su contenido de humedad en el interior.

Acción Respiratoria

Las oscilaciones de temperatura van acompañadas de variaciones de volumen de aire contenido en el aislamiento. Al bajar la temperatura el aislante expulsa aire. El aire que penetra trae su contenido de humedad que se condensa; el aire expelido es seco y deja su humedad en el aislamiento donde se acumula.

Las tres acciones acumulan agua en el aislamiento. Si por añadidura hay temperatura bajo cero (0°C), el agua se congelará en el aislante y su inutilización será rápida.

j) Fácil de Sellar Contra la Humedad

(Impermeabilidad).- Lo anterior hace necesario sellar el aislante contra la humedad. Los del tipo formado en planchas

son fáciles de proteger.

Debemos interpretar bien la exigencia de proteger contra la humedad; lo importante es impedir la penetración del vapor de agua.

k) Otras Características

Resistencia a la descomposición.

No es afectado por vibración

Resistencia al fuego

Costo bajo.

Para seleccionar los espesores, recurrimos a lo recomendado por la ASHRAE para el corcho, lo cual especifica los espesores en la tabla N° 4.4

TEKNOPOR.- Es barato y comercialmente muy utilizado en cámaras, el cual utilizaremos como aislamiento, porque:

Es un plástico expandido, microporoso.

Este producto (cuya base es poliestirano) combina una serie de excepcionales propiedades convirtiendo en un material insustituible en una serie de usos.

CARACTERISTICAS

- a) Inalterable a los ácidos sulfurico, clorhídrico y nítrico, lejías, potasa y amoniacaes, alcohol etílico y metílico.
- b) Inalterable al agua cruda o salada.
- c) Imputrecible.
- d) No es atacado por hongos ni bacterias.

- e) No es atacado por insectos ni otros parásitos.
- f) Se puede colocar a "cara vista" o revestirlo con cualquier otro material.
- g) No está sujeto al envejecimiento y corrosión.
- h) Absorbe ruidos.
- i) Mínima absorción de agua (1 a 2% en volumen al cabo de meses).
- j) No resiste a la acetona, aceites minerales, agua ras, ni a los derivados de petróleo.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Peso específico = 15 a 20 kg/cm².
- Conductividad térmica = $0.027 \frac{\text{Kcal.}}{\text{hr-mt-}^\circ\text{C}}$
- Resistencia a la flexión = 3 a 5 kg/cm²
- Absorción de agua (24Hr)= 1 a 2% en volumen.
- Para las cámaras de enfriamiento, tunel de congelamiento y cámara de conservación de carne congelada utilizamos teknopor.

TABLA N° 4.4
Espesores de corcho

TEMPERATURA DE CAMARA(°C)	ESPESOR DE CORCHO(pulg)	
	(pulg)	(mm.)
- 45 a - 25	10	254
- 24 a - 18	8	203
- 17 a - 10	7	178
- 9 a - 4	6	152
- 3 a 2	5	127
3 a 10	4	102
11 a 15	3	76

FUENTE : ASHRAE 1972

- Como la transferencia de calor se realiza por conducción, podemos plantear la siguiente relación:

$$X_P = X_C \cdot \frac{K_P}{K_C} \dots\dots (1)$$

- Donde:

X_P, X_C = Espesores del Poliéstireno y Corcho (pulg).

K_P, K_C = Conductividad Térmica del aislante.

Tomaremos la Conductividad Térmica del corcho de:

$$K_C = 0.04 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr-mt.}-^\circ\text{C}}$$

Tomando el espesor del aislante de la tabla N° 4.4 relacionamos la fórmula (1) Los resultados se presentan en la tabla N° 4.5. En él, las temperaturas seleccionadas para cada ambiente en grados centígrados y los espesores de aislante calculados para cada caso han sido redondeados al inmediato superior.

TABLA N° 4.5

Espesores de poliestireno

Ambiente	Temp. Cámara (°C)	Espesor corcho (pulg)	Poliestireno(Pulg)	
			Cálculo	Asumido
Cámara en- friamiento	1	5	3.375	4
Tunel con- gelamiento	-30	10	6.750	7
Cámara de conservación	-20	10	6.750	7

4.5.1.4 DIMENSIONES DE LA PLANTA

En ambientes contiguos con diferentes temperaturas, que precisen de diferentes espesores de aislante, se tomará el de mayor espesor.

En el cálculo de la carga térmica a través de las paredes así como al techo se considera como superficies a la sombra. Los ambientes están protegido de la radiación solar.

4.5.1.5 SELECCION DE LUMINARIAS

El alumbrado en los ambientes, estará de acuerdo a la siguiente especificación (Ver tabla N°4.6).

Para asignar una adecuada potencia de unidad de área, tomamos por recomendación de 2 watts por cada pie cuadrado de área de piso de cámara (según curso de Capacitación en Refrigeración, dictado por el Ing. Sanguinetti Centro de Extensión y proyección Social-UNI)

TABLA N° 4.6

ESPECIFICACIONES PARA ILUMINACION

Ambiente	tipo de guarnición	Potencia(W)
camaras bajo 0°	de mercurio	125
Otras cámaras	fluorescente	2 x 65
Alumbrado exterior	fluorescente	2 x 65

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978
EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

Los resultados y la asignación efectuada se presenta en la tabla N° 4.7

TABLA N° 4.7

ILUMINACION DE AMBIENTES EN LA PLANTA FRIGORIFICA

Ambiente	Pot. Unit.	Dimensiones L x A (m)	Área (m ²)	Iluminación		Potencia Instalada (W)
	asignada (W/m ²)			No.focos	Potencia	
Cámara enfr.	17	13.30x5.90	1334.5	11	2 x 65	1430
Túnel cong.	17	7.50x2.20	270.5	3	125	365
Cámara cons.	17	14.00x7.00	1676.0	14	125	1750

4.5.2 ANÁLISIS DE LAS CARGAS TÉRMICAS

La carga térmica de una cámara frigorífica está determinada por el calor que debemos extraer durante 24 horas, para llegar a la temperatura deseada en el producto o para mantenerla a esta temperatura. Para el cálculo de la carga térmica se consideran cuatro fuentes principales de calor:

- 1.- Transmisión de calor por las paredes, piso y techo debido a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior.
- 2.- Carga de calor debido al aire exterior que ingresa a la cámara al abrirse la puerta.
- 3.- Calor liberado por el producto.

4.- Fuentes diversas que incluye, el calor entregado por personas, iluminación, respiración, motores, envases u otras fuentes que produzcan calor dentro de la cámara, como fermentación, etc.

Como es lógico, unos valores son mas importantes que otros y varían en importancia de una aplicación a otra; considerarse todos estos efectos en los cálculos para llegar a tener la carga térmica.

4.5.2.1 TRASMISION DE CALOR POR LAS PAREDES, PISO Y TECHO (Q₁)

Los factores que lo determinan, se deben a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cámara. Ocurre un flujo de calor del lado caliente hacia el area refrigerada y que varía en el tipo de espesor de aislamiento, área de la pared y la diferencia media de la temperatura entre el lado frío y caliente: este flujo siempre existe debido a que no hay un aislamiento perfecto. El flujo de calor se evalúa, usando la fórmula:

$$Q_1 = U \times A (T_1 - T_2 + T_r) \text{ BTU/día} \dots (2)$$

Donde:

U = coeficiente total para transmisión de calor a través de paredes aisladas

$$U = \frac{\text{BTU}}{^{\circ}\text{F} - \text{pie}^2 \times \text{día}}$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{K_1} + \frac{X_1}{K_2} + \frac{X_2}{K_3} + \dots + \frac{X_n}{K_n} + \frac{1}{h_e}$$

$X_1, X_2 \dots X_n$ = espesor de los materiales que forman la pared.

$K_1, K_2 \dots K_n$ = Conductores termicas de los materiales que conforman la pared.

h_1, h_e = Coeficientes peliculares del aire interior y exterior respectivamente.

A = Area de la pared exterior (pie^2).

T_1 = Temperatura exterior ($^{\circ}\text{F}$).

T_2 = Temperatura interior ($^{\circ}\text{F}$).

T_r = Temperatura de incremento optativa debido a la radiación solar ($^{\circ}\text{F}$).

La temperatura T_r es aumentada en los cálculos para compensar el efecto de la radiación solar y se usa cuando la cámara por su ubicación y color de sus superficies está mas expuesta a los rayos solares. Su valor se obtiene de la tabla N° 4.8.

El coeficiente "U", viene a ser el producto

del coeficiente de transferencia de calor por el color del material (K) por el espesor del aislante (X). Existen tablas que dan directamente valores de "U", para casos que se usen configuraciones o estructuras que coincidan o se asemejen a los señalado. el cual simplifica los cálculos. Estos valores se encuentran en la tabla N° 4.9.

TABLA N° 4.8

TABLA DE RADIACION

Tipo de superficie	Pared Este	Pared Sur	Pared Oeste	Techo/Piso
Superficies de color oscuro:losas de techo techos impermeabilizados,pinturas negras.	8	5	8	20
Superficie de color medio:madera sin pintar, ladrillo, teja roja.cemento oscuro, pintura roja,gris o verde.	6	4	6	15
Superficie de color ligero:piedra blanca, cemento color ligero, pintura blanca.	4	2	4	9

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y

MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978

EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

(*) Los °F, deben agregarse a la diferencia normal de temperatura-no usuales para el diseño en aire acondicionado.

TABLA N° 4.9

FACTORES RAPIDOS DE ESTIMACION PARA TRANSMISION DE CALOR ATRAVES DE PAREDES AISLADAS.

AISLAMIENTO	U (BTU/°F-Pie ² -24 Hr.)											
	Espesor de aislante(Pulg)											
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Factor "K" aprox. (0.17)												
Poliuretano expandido.	2.84	1.36	1.02	0.82	0.68	0.58	0.51	0.45	0.41	0.37	0.34	
Factor "K" aprox. (0.25)												
Fibra de vidrio Lana mineral	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.86	0.75	0.67	0.60	0.55	0.50	
Polistereno exp. relleno y tablero.												
Factor K aprox. (0.45)												
Aserrin	5.4	3.6	2.7	2.16	1.80	1.54	1.35	1.20	1.08	0.98	0.90	

FUENTE : TESIS "CALCULO, DISEÑO Y SELECCION DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS FRIGORIFICOS NECESARIOS

EN EL TERMINAL PESQUERO DE PAITA".

AUTOR : AGUILAR ALVARADO, LUIS ENRIQUE

4.5.2.2 CARGA DEBIDO AL CALOR POR INGRESO DE AIRE
(Q₂)

Se debe al ingreso del aire del exterior que se produce cuando se abren las puertas para manipular el producto, además en infiltraciones diversas propias de los sellos en las puertas, etc.

Es conveniente que la temperatura del aire exterior que entra al espacio refrigerado este tan cercana como sea posible a la temperatura de almacenaje.

Si el contenido de humedad del aire de entrada es mayor que el del espacio refrigerado, ese exceso de humedad se condensará y el calor latente de condensación necesario se agregara a la carga de refrigeración.

Es laborioso calcular el calor adicional ganado debido al aire infiltrado por las variables involucradas.

La fórmula utilizada será:

$$Q_2 = \rho_{\text{aire}} V_c \times f_1 (h_e - h_i) \text{ BTU/día...}(3)$$

Donde:

Q_2 = Carga de calor debido al aire exterior que penetra en la cámara (BTU/día).

ρ_{aire} = Densidad del aire seco exterior, se determina en la carta psicométrica en base a las condiciones externas de temperatura y humedad (Lb/pie³).

V_c - Volumen de la cámara (pie³)

f_1 - Factor por cambio de aire, debido a la condición de apertura de puertas. Es el número de veces que se abrirá la puerta en una cámara con el volumen (V_c) su valor puede ser obtenido de la tabla N^o 4.10, si la cámara está a menos de 32 °F y de la Tabla N^o 4.10, si la cámara está a más de 32°F.

h_e = Entalpia del aire exterior, se halla en la carta psicométrica a las condiciones externas (BTU/Lb).

h_i = Entalpia del aire interior, se halla en la carta psicométrica a las condiciones internas (BTU/Lb).

Para el caso de las cámaras de conservación de productos congelados, cámara de conservación de productos enfriados y cámaras de congelación, se usan frecuentemente antecámaras o cortinas de aire a fin de impedir el ingreso excesivo del aire ambiental. En este caso, la carga termica es afectada por factores que oscilan entre 0.4 y 0.7, dependiendo de la bondad de la

alternativa. En nuestro diseño se emplearan cortinas de aire por lo que tomaremos el factor 0.5.

4.5.2.3 CARGA DEBIDO AL CALOR LIBERADO POR EL PRODUCTO (Q₃)

Es el calor que ceden los productos al espacio refrigerado y su evaluación depende de las condiciones de la cámara y del producto.

Cuando el producto tiene una mayor temperatura que del espacio refrigerado, el producto cede calor al espacio.

1.- Para cámaras de enfriamiento, en que la temperatura de la cámara es superior a la de congelamiento del producto, el calor se evaluará con la siguiente fórmula:

$$Q_3 = m \times C_a (T_p - T_1)(\text{BTU/día}) \dots (4)$$

Donde:

m = Masa de producto que ingresa en 24 Hrs.

(Lb/día)

C_a = Calor específico del producto antes de su congelamiento (BTU/día). TABLA N°4.11

T_p = Temperatura con que ingresa el producto a la cámara (°F).

T₁ = Temperatura interior de la camara (°F).

2.- Para cámaras de congelación, caso en que la temperatura del espacio refrigerado es menor que la temperatura de congelamiento del producto, la fórmula será:

$$Q_3 = m [C_a(T_p - T_c) + h_{if} + C_D(T_c - T_1)]$$

BTU/día.....(5)

Donde:

T_c = Temperatura de congelamiento de producto (°F).

h_{if} = Calor latente de congelación (BTU/Lb).

TABLA N° 4.11.

C_D = Calor específico del producto, después del congelamiento (BTU/Lb-°F).

TABLA N° 4.11.

Lo anterior se basa en el supuesto que el producto será enfriado en 24 Hrs. Pero si el caso requiere que haya un tiempo de enfriamiento menor; el calor será:

$$Q'_3 = \frac{Q_3 \times 24}{t} \text{ (BTU/día).....(6)}$$

Donde:

t = Tiempo de enfriamiento (hrs.).

Por otro lado, es importante tener en cuenta de que debido a la mayor diferencia de temperatura entre el producto y la cámara durante el período de inicio del enfriamiento; por lo que el producto cederá una mayor carga térmica. El equipo debe

considerar este calor adicional de los primeros momentos. Por ello, se introducen factores de ritmo de enfriamiento que considere el hecho de que la carga de calor no es constante durante el tiempo que dura el enfriamiento, siendo alto el comienzo y disminuyendo poco a poco. Para que la capacidad promedio no quede corta al inicio del enfriamiento se usa ese factor. El calor entonces será:

$$Q''_3 = \frac{Q'_3}{f_2} \quad (\text{BTU/día})$$

Donde:

f_2 = Factor de ritmo de enfriamiento. TABLA N° 4.12

Por regla general, los factores de ritmo de enfriamiento no se usan para las etapas finales del enfriamiento; de la temperatura de congelación a la temperatura final de almacenaje del producto: igualmente los factores de ritmo de enfriamiento se aplican por lo comun, solo a las cámaras de enfriamiento y no se emplean en el cálculo de cargas de productos de cámaras de almacenamiento

4.5.2.4 CARGA DEBIDO AL CALOR POR PERSONAS (Q₄)

Las personas emiten constantemente calor y humedad: por eso la carga resultante variará de acuerdo a la permanencia en el interior de la cámara por razones de acarreos, acomodos, inspección, limpieza, etc., temperatura de la cámara. Su evaluación se hará con la siguiente fórmula:

$$Q_4 = N_p \times f_3 \times t_p \quad (\text{BTU/día}) \dots(8)$$

Donde:

N_p = Número de personas.

f_3 = Calor liberado por personas.

TABLA N° 4.13

t_p = Tiempo de permanencia de las personas dentro de la cámara (Hr/día)

TABLA N° 4.10

Cambios de aire por 24 horas para cuartos de almacenaje, debido a la apertura de puertas e infiltraciones.

MENORES DE 32 °F		MAYORES DE 32 °F	
V (PIE³)	CAMBIOS/DIA	V (PIE³)	CAMBIOS/DIA
200	33.5	200	44.0
250	29.0	250	38.0
300	26.2	300	34.5
400	22.5	400	29.5
500	20.0	500	26.0
600	18.0	600	23.0
800	15.3	800	20.0
1,000	13.5	1,000	17.5
1,500	11.0	1,500	14.0
2,000	9.3	2,000	12.0
3,000	7.4	3,000	9.5
4,000	6.3	4,000	8.2
5,000	5.6	5,000	7.2
6,000	5.0	6,000	6.5
8,000	4.3	8,000	5.5
10,000	3.8	10,000	4.9
15,000	3.0	15,000	3.9
20,000	2.6	20,000	3.5
25,000	2.3	25,000	3.0
30,000	2.1	30,000	2.7
40,000	1.8	40,000	2.3
50,000	1.5	50,000	2.0
75,000	1.3	75,000	1.6
100,000	1.1	100,000	1.4

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y

MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978

EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

NOTA:

- (1) Para cuartos de almacén con antesala, se reducen los cambios de aire a 50 % de los valores dados en la tabla.
- (2) Para uso de servicio pesado, agregar 50 % a los valores dados en la tabla.
- (3) Para cuartos en plantas que tienen gavetas, duplicar los valores dados en la tabla.

TABLA N° 4.11

DIVERSOS DATOS PARA ALGUNOS PRODUCTOS

Producto	Calor específico (BTU/Lb-°F)		Calor latente BTU/Lb.	Punto de fusión (°F)	Calor de respi- ración. BTU/Lbx día
	C _a	C _b			
Apio	0.35	0.48	135	29.7	2.27
Aves, pollo	0.73	0.37	105	27	----
Cebolla	0.91	0.48	124	30.1	0.50
Cerdo	0.68	0.38	86.5	28	----
Cerezas	0.87	0.45	120	25	1.32
Ciruela	0.88	0.45	123	28	----
Coliflor	0.83	0.47	132	30.1	----
Cordero	0.67	0.30	83.5	29	----
Dátiles	0.36	0.26	29	4.1	----
Duraznos	0.90	0.46	124	29.4	0.87
Espárragos	0.94	0.48	134	29.8	5.75
Fresas	0.92	0.47	129	29.9	3.30
Huevo	0.76	0.40	100	27	----
Limonas	0.92	0.46	127	28.1	0.41
Manzanas	0.86	0.45	121	28.4	0.72
Mariscos	0.83	0.44	116	27	----
Membrillos	0.88	0.45	122	28.1	----
Naranjas	0.90	0.46	124	28	0.70
Papas	0.82	0.43	111	28.9	0.72
Pera	0.86	0.45	118	28.5	0.60
Pescado	0.76	0.41	101	30	----
Piñas	0.80	0.45	122	29.4	----
Plátanos	0.80	0.42	108	28	4.18
Res flaca	0.60	0.35	79	28	----
Res gorda	0.77	0.40	100	29	----
Salchicha, Emb.	0.89	0.56	93	26	----
Ternera	0.71	0.39	91	29	----
Tocino	0.50	0.30	29	25	----
Tomate	0.95	0.48	134	30.4	0.63
Uvas	0.86	0.44	115	26.3	0.42
Zanahoria	0.86	0.45	126	29.6	1.73
Sandías	0.94	0.48	132	29	1.74

FUENTE SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y

MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978

EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

TABLA N° 4.12

TIEMPO DE ENFRIAMIENTO Y FACTORES DE RITMO DE ENFRIAMIENTO

Producto	Tiempo de enfriamiento(Hr)	Factor(fz)
Apio	24	1.00
Cebolla	24	0.80
Cerdo	18	0.67
Ciruelas	20	0.67
Col	24	0.80
Carnero	5	0.75
Coliflor	24	0.80
Camote	24	1.00
Conchas	24	1.00
Dátiles	24	1.00
Duraznos	24	0.62
Esparragos	24	0.90
Fresas	20	0.67
Frejoles	24	1.00
Jamon	8	1.00
Helados	8	0.75
Huevos	10	0.85
Lima	20	0.90
Lechuga	24	1.00
Leche	10	0.85
Limones	20	1.00
Manzanas	24	0.67
Membrillos	24	0.67
Nabos	24	0.80
Naranjas	22	0.70
Peras	24	0.80
Piñas	3	0.67
Papas	24	1.00
Platanos	12	0.10
Pescado	24	1.00
Pollo	5	1.00
Res	18	0.67
Salchicha	2	1.00
Sandia	24	0.90
Toronjas	22	0.70
Ternera	6	0.75
Tocino	24	1.00
Uvas	20	0.80
Visceras	18	0.70
Zanahorias	24	0.80

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y

MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978

EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

TABLA No. 4.13

CALOR LIBERADO POR PERSONAS

Temperatura de cámara (°F)	Calor liberado BTU/hr-persona
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400
-20	1530
-30	1640

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y
MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978
EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

4.5.2.5 CARGA DEBIDA AL CALOR POR ILUMINACION (Q₅)

El alumbrado constituye una fuente de calor sensible.

Este calor se emite por radiación, convección y conducción.

La energía eléctrica disipa al espacio por las lámparas, calentadores, etc., se convierte en calor y debe ser incluido en la carga.

Esta carga se calcula de la siguiente relación:

$$Q_6 = N \times P \times T \quad (\text{BTU/día}) \dots\dots(9)$$

Donde: 1 Watt - 3.41 BTU

N - Número de focos.

P - Potencia por foco (Watts/foco).

T - Tiempo de incandescencia de los focos al día (hrs/día).

4.5.2.6 CARGA LIBERADA POR MOTORES ELECTRICOS (Q₆)

La energía eléctrica que reciben los motores de los ventiladores dentro del espacio refrigerado experimenta transferencia de calor. Los motores pierden energía debido a la fricción y al rendimiento, transformándose en energía calorífica. Esta carga se evalúa con la fórmula:

$$Q_6 = f_4 \times P_m \times t_m \times N_m \quad (\text{BTU/día})\dots(10)$$

Donde:

f_4 = Factor de conversión que nos indica la variación de la carga por Hp. Esto porque la eficiencia de un motor varía con el tamaño. Las unidades en que se expresa este factor son BTU/HR - HP. Los valores se hallan en la TABLA N° 4.14

P_m = Potencia de los motores (Hp).

t_m = Tiempo de funcionamiento de los motores (hr/día).

N_m - Número de los motores.

TABLA No. 4.14

CARGA EQUIVALENTE DE MOTORES ELECTRICOS

Motor del ventil. en el evaporador (Hp)	Carga conectada en espacio refrigerado BTU/Hr.-Hp	Carga del motor fuera del espa- cio refrigera- do. BTU/Hr.-Hp	Carga conec- tada fuera del espacio refrigerado BTU/Hr.-Hp
1/20	6,400	2545	
1/15	5,700	2545	
1/12	5,300	2545	
1/10	4,950	2545	
1/8	4,650	2545	
1/6	4,350	2545	
1/4	4,000	2545	1455
1/3	3,850	2545	1305
1/2	3,700	2545	1155
3/4	3,600	2545	1055
1	3,500	2545	955
2	3,300	2545	755
3	3,200	2545	655
5	3,100	2545	555
7 1/2	3,050	2545	505
10 a 20	3,000	2545	455

Motor y carga | Carga sola | Motor solo

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE, PRUEBAS Y
MANTENIMIENTO DE CAMARAS FRIGORIFICAS"-1978
EXPOSITOR ING. ERNESTO SANGUINETTI

4.5.2.7 CARGA TERMICA TOTAL (Qt)

Durante el período de 24 Hrs., el calor que debe sacarse de la cámara frigorífica es la suma de todas las cargas anteriores; pero debe agregarse de un (5 a 10)% , como factor de seguridad este total se le denomina "Carga termica total" o "Carga total de enfriamiento".

$$Q_t = (1.05-1.1) \sum Q_i \text{ (BTU/dia)} \dots (11)$$

4.5.2.8 CAPACIDAD TERMICA HORARIA

El equipo de refrigeración se calcula para funcionar continuamente, pero el tiempo de operación del compresor se determina tomando en cuenta los períodos de descongelación.

Cuando la temperatura de evaporación sea superior a 32°F. no se formará "escarcha": por lo tanto, no será necesario el período de descongelación. En este caso se elige el compresor en base a un funcionamiento de 18 a 20 Hrs. Cuando la temperatura de evaporación es lo suficientemente baja (menor 32°F), se acostumbra llevar a cabo la descongelación mediante gas caliente con la inversión del sentido del flujo refrigerante.

Luego, la capacidad teórica horaria se calcula:

$$Q = \left[\frac{\text{Carga termica tot. (Qt)}}{\text{funcionamiento del compresor}} \right] \text{ (Kcal/Hr.)}$$

4.5.3 CALCULO DE LAS CARGAS TERMICAS

4.5.3.1 CALCULO DE CARGA PARA LA CAMARA DE ENERIAMIENTO

A. CALCULO DE LA CARGA POR PARED, TECHO Y PISO

A.1. DATOS GENERALES

1. Condiciones exteriores $T = 35^{\circ}\text{C} = 95^{\circ}$
Humed.relat.= 83 %
2. Condiciones interiores $T = 1^{\circ}\text{C} = 33.8^{\circ}\text{F}$
Humed.relat.= 90%
3. Dimensiones interiores Largo=13.3m.=43.64'
Ancho=5.90m.=19.36'
Alt.= 4.00m.=13.15'
4. Capacidad = 20 TM.
5. Aislante seleccionado:
 - Material poliestireno expandido o teknopor.
 - Conductividad termica(K)= $0.027 \frac{\text{Kcal}}{\text{Hr.mts.}^{\circ}\text{C}}$
 - Espesor aislante = 4 pulgs.

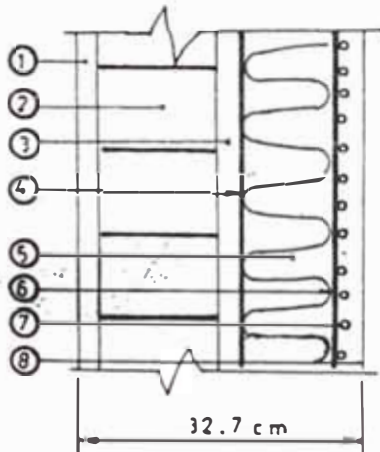
A.2. CALCULO DEL CALOR POR PAREDES

Esta definida por la expresión:

$$Q_{1P} = U \times A_P (T_1 - T_i + T_r) \quad (\text{BTU/día}).$$

- DIMENSIONES EXTERIORES.-

Según la disposición
tendremos:



1.- Enlucido exterior o
tarrajeo

2.- Ladrillo

3.- Enlucido

4.- Barrera impermeable de
vapor 1ª aplicación

5.- Poliestireno expandido

6.- Barrera impermeable de
vapor 2ª aplicación

7.- Malla metálica
expandido

8.- Enlucido interior

Ver detalles en el plano N°: 03

- Por tanto:

$$\text{Longitud} = 13.30 + 2 \times 0.03278$$

$$= 13.956 \text{ mts}$$

$$\text{Ancho} = 5.90 + 2 \times 0.3278 = 6.556 \text{ mts}$$

$$= 21.56 \text{ pies}$$

$$\text{Altura} = 4.00 \text{ mts} = 13.15 \text{ pies.}$$

El área será:

$$A_p = 2(45.90 \times 13.15 + 21.56 \times 13.15)$$

$$A_p = 1,774.200 \text{ pies}^2$$

- De la Tabla No 9, tendremos el valor de "U", luego:

$$U = 1.50 \frac{\text{BTU}}{^{\circ}\text{F-Pie}^2 \text{ X día}}$$

- De la tabla N° 4.8, tendremos Tr, luego: $Tr = 4^{\circ}\text{F}$

- Reemplazando datos, tendremos:

$$Q_{1P} = 1.50 \times 1.774.20 (95-33.8+4)$$

$$Q_{1P} = 173.516.7 \text{ BTU/día.}$$

A.3. CALCULO DEL CALOR POR TECHO

- El área de techo será:

$$A_P = 45.90 \times 21.56 = 989.60 \text{ pies}^2$$

- Reemplazando datos, tendremos:

$$Q_{1T} = 1.5 \times 989.6 \times (95 - 33.8+9)$$

$$Q_{1T} = 104,204.8 \text{ BTU/día}$$

A.4. CALCULO DE CALOR POR PISO

- De acuerdo a la consideración previa se plantea la temperatura de piso de 55°F y 5" en el piso.
- De la tabla N° 4.9, tendremos el valor de "U":

$$U = 1.00 \frac{\text{BTU}}{^{\circ}\text{Fpie}^2\text{x día}}$$

- El área del piso será:

$$A_P = 43.64 \times 19.36 = 844.87 \text{ pies}^2$$

- Reemplazando datos, tendremos:

-124-

$$Q_{1P} = 1 \times 844.87 (55-33.8)$$

$$Q_{1P} = 17.966.2 \text{ BTU/día}$$

A.5. CARGA TOTAL:

$$Q_{1P} = 173.516.7 \text{ BTU/día}$$

$$Q_{1T} = 104.204.8 \text{ BTU/día}$$

$$Q_{1P} = 17.966.2 \text{ BTU/día}$$

$$Q_1 = 295.687.7 \text{ BTU/día}$$

B. CALCULO DE LA CARGA POR CAMBIO DE AIRE

(Q_2)

- Está definida por la expresión:

Formula No.3

$$Q_2 = \rho_{\text{aire}} \times V_c \times f_1 \times (h_e - h_i) \text{ (BTU/día)}$$

- De la carta psicométrica para:

$$T = 95 \text{ °F HR} = 83\%$$

$$\Rightarrow \rho_a = 0.0687 \text{ lb/pie}^3$$

- Volumen de la cámara (V_c)

$$V_c = 43.64 \times 19.36 \times 13.15$$

$$V_c = 11,110 \text{ pie}^3$$

- De la Tabla No 4.10

$$f_1 = 4.678 \text{ cambios/día}$$

- De la tabla psicométrica, tenemos

$$h_e = 60 \text{ BTU/lb}$$

$$h_i = 12 \text{ BTU/lb}$$

- Reemplazando datos:

$$Q_2 = 0.0687 \times 11,110 \times 4.678 (60-12)$$

$$Q_2 = 171.384.8 \text{ BTU/día}$$

C. CARGA TERMICA POR PRODUCTOS (Q₃)

- Está definida por la expresión:

Formula No.4

$$Q_3 = \frac{m \times Ca \times (T_P - T_1)}{f_2 \times t} \times 24 (\text{BTU/día})$$

- La masa del producto será:

$$m = 20.000 \text{ kg} = 44.000 \text{ lb/día}$$

- Calor específico, de la tabla N° 4.11.

$$\text{será: } Ca = 0.77 \text{ BTU/lb} \times ^\circ\text{F}$$

- Temperatura del producto, será:

$$T_P = 36 \text{ } ^\circ\text{C} = 96.8 \text{ } ^\circ\text{F}$$

- El tiempo de enfriamiento, de la

Tabla No.12, será:

$$t = 18 \text{ Hrs.}$$

- El factor de ritmo de enfriamiento, de tabla N° 4.12

$$f_2 = 0.67$$

- Reemplazando datos, tendremos:

$$Q_3 = \frac{44.000 \times 0.77 \times (96.8 - 33.8)}{18 \times 0.67} \times 24$$

$$Q_3 = 4'247.641.7 \text{ BTU/Día}$$

D. CARGA DE CALOR POR PERSONAS (Q₄)

- Está definida por la expresión:

Formula No.8

$$Q_4 = N_P \times f_3 \times t$$

- Número de personas

$$N_P = 2 \text{ personas/turno (2 turnos)}$$

- Factor por calor liberado por personas, de Tabla N° 4.13

$$f_3 = 908.2 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr.} \times \text{Persona}}$$

- Tiempo de permanencia, será:

$$t = 4 \text{ Hr/Día}$$

- Reemplazando datos, tendremos:

$$Q_4 = 2 \times 908.2 \times 4 \times 2$$

$$Q_4 = 14,531.2 \text{ BTU/Día}$$

E. CARGA DE CALOR POR ILUMINACION (Q_5)

- Está definida por la expresión:

Formula No.9

$$Q_5 = N \times P \times t$$

- Número de Focos : Tabla N° 4.7

$$N = 11 \text{ Focos.}$$

- Potencia por foco, será:

$$P = 130 \text{ Watt/Foco}$$

- Tiempo de incandescencia, será:

$$t = 4 \text{ Hrs/Día}$$

- Reemplazando datos, tendremos:

$$Q_5 = 11 \times 130 \times 4 \times 3.41$$

$$Q_5 = 19,505.2 \text{ BTU/Día}$$

F. CARGA DE CALOR POR MOTORES ELECTRICOS(Q₆)

- Está definida por la expresión:

Formula No.10

$$Q_6 = f_4 \times P_m \times t_m \times N_m$$

- Se asumirá:

$$N_m = 6 \text{ motores}$$

$$P_m = 3.5 \text{ HP}$$

- Tiempo de funcionamiento, será:

$$t_m = 18 \text{ Hrs/Día}$$

- El factor "f₄", de la Tabla N° 4.14

$$f_4 = 3175 \text{ BTU/Hr-Hp}$$

- Reemplazando:

$$Q_6 = 3.175 \times 3.5 \times 18 \times 6$$

$$Q_6 = 1'200,150 \text{ BTU/Día}$$

G. CARGA TOTAL DE CALOR (Q_T)

$$Q_1 = 295,687.7 \text{ BTU/día}$$

$$Q_2 = 171,384.8 \text{ BTU/día}$$

$$Q_3 = 4'247,641.7 \text{ BTU/día}$$

$$Q_4 = 14,531.2 \text{ BTU/día}$$

$$Q_5 = 19,505.2 \text{ BTU/día}$$

$$Q_6 = 1'200,150.0 \text{ BTU/día}$$

$$Q_T = 5'948,900.6 \text{ BTU/día}$$

- Tomando un factor de seguridad de 10%.

tendremos:

$$Q_{1T} = 1.1 \times Q_T = 1.1 \times 5'948,900.6$$

$$Q_{1T} = 6'543,790.6 \text{ BTU/día.}$$

H. CAPACIDAD TERMICA HORARIA

- Considerando el tiempo de funcionamiento del compresor de 18 Hrs./día, tendremos:

$$CTH = \frac{6 \cdot 103.735}{18}$$

$$CTH = 363.543.90 \text{ BTU/Hr.} = 30.30 \text{ TON.}$$

$$CTH = 91.613.00 \text{ Kcal/Hr.}$$

4.5.3.2 CALCULO DE CARGAS PARA EL TUNEL DE CONGELAMIENTO

A. CALCULO DE CARGA POR PARED, TECHO Y PISO.

A.1. DATOS GENERALES

Condiciones exteriores Temperatura = 35°C = 95°F
 Humedad Relat.= 83%

Condiciones interiores Temperatura = -30°C = -22°F
 Humedad relat.= 95%

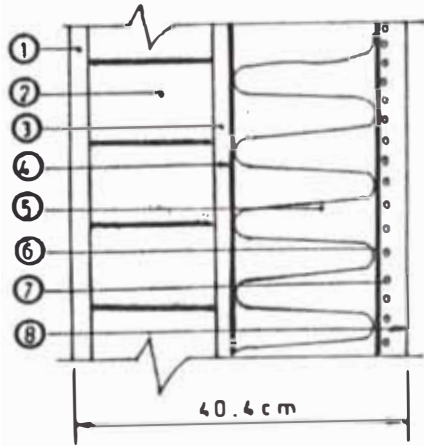
Dimensiones interiores Largo= 7.50 mt - 24.61 pies
 Ancho= 2.20 mt - 7.22 pies
 Altura= 4.00 mt = 13.15 pies.

Capacidad = 5 TM/día.

Aislante seleccionado:

- Material = Poliestireno expandido o teknopor
- Espesor aislante = 7 pulgs.

A.2. CALCULO DE CARGA POR PAREDES (Q_P)



- 1.- Enlucido exterior
- 2.- Ladrillo.
- 3.- Enlucido.
- 4.- Barrera impermeable de vapor 1era. aplicación.
- 5.- Poliestireno expandido.
- 6.- Barrera impermeable de vapor 2da. aplicación.
- 7.- Malla metálica expandida.
- 8.- Enlucido interior.

Ver detalles en el plano N° 03

- Por tanto, dimensiones exteriores:

$$\text{Longitud} = 7.50 + 2 \times 0.404 = 8.308 \text{ mt} = 27.26 \text{ pies}$$

$$\text{Ancho} = 2.20 + 2 \times 0.404 = 3.008 \text{ mt} = 9.86 \text{ pies}$$

$$\text{Altura} = 4.00 = 13.15 \text{ pies.}$$

- El área será:

$$A_P = 2(9.86 \times 13.15) + 27.26 \times 13.15$$

$$A_P = 256.32 + 358.47 = 614.8 \text{ pies}^2$$

$$U = 0.86 \frac{\text{BTU}}{^\circ\text{F} \times \text{pie}^2 \times \text{día}} \quad (\text{Tabla 4.9})$$

- Tr = 4°F (Tabla NO 4.8)

- De:

$$Q_{1P} = U \times A_P \times (T_1 - T_2 + T_r)$$

$$Q_{1P} = 0.86 \times 614.8 [95 - (-22) + 4]$$

$$Q_{1P} = 63,976 \text{ BTU/día.}$$

A.3 CALCULO DE CARGA POR TECHO (Q_T)

- Area del techo:

$$A_T = 27.26 \times 9.86$$

$$A_T = 268.78 \text{ pies}^2$$

- Reemplazando:

$$Q_T = 0.86 \times 268.78 [95 - (-22) + 9]$$

$$Q_T = 27,044.64 \text{ BTU/día.}$$

Ver detalles en el plano N°03

A.4 CALCULO DE CARGA POR PISO (Q_{1P} :)

- Analogo a lo anterior: tenemos:

$$A_P = 24.61 \times 7.22$$

$$A_P = 177.68 \text{ pies}^2$$

$$U = 0.75 \frac{\text{BTU}}{\text{°F x pie}^2 \text{ x día}} \quad (\text{Tab. N}^\circ 4.9)$$

- Reemplazando:

$$Q_{1P} = 0.75 \times 177.68 [55 - (-22)]$$

$$Q_{1P} = 10,261.02 \text{ BTU/día.}$$

A.5 CARGA TOTAL (Q_1)

$$Q_{1P} = 63,976.00 \text{ BTU/día.}$$

$$Q_{1T} = 27,044.00 \text{ BTU/día.}$$

$$Q_{1R} = 10,261.00 \text{ BTU/día.}$$

$$Q_1 = 101,281.00 \text{ BTU/día.}$$

B. CALCULO DE CARGA POR CAMBIO DE AIRE (Q_2)

- De la carta psicométrica ($T = 95^\circ\text{F}$, $HR = 83\%$)

$$\rho_a = 0.0687 \text{ Lb/pie}^3$$

- Volumen de cámara (V_c)

$$V_c = 24.61 \times 7.22 \times 13.15$$

$$V_c = 2,336.55 \text{ pies}^3$$

- De la tabla N^o 4.10, tenemos:

$$f_1 = 11.16 \text{ cambios/día.}$$

- De la tabla psicométrica, tenemos:

$$h_e = 60 \text{ BTU/lb.}$$

$$h_i = 0.6 \text{ BTU/lb.}$$

- Reemplazando datos:

$$Q_2 = 0.0687 \times 2336.55 \times 11.16(60 - 0.6)$$

$$Q_2 = 106,410 \text{ BTU/día.}$$

- El tunel contará con cortinas de aire, en la puerta, para reducir el flujo de aire, por lo que tendremos:

$$Q'_2 = 0.5 \times Q_2 = 0.5 \times 106,410 \text{ BTU/día.}$$

$$Q'_2 = 53,205 \text{ BTU/día}$$

C. CALCULO DE CARGA POR EL PRODUCTO (Q₃)

- La masa será:

$$m = 5 \text{ TM/día} = 11,000 \text{ LB/día.}$$

- C_a = 0.77 BTU/Lb-F (Tabla N^o 4.11)

- Temperatura del producto, ingreso:

$$T_P = 33.8^\circ\text{F}$$

- Temperatura de congelamiento del producto:

$$T_c = 29.3^\circ\text{F}$$

- Temperatura interior de la cámara:

$$T_i = -22^\circ\text{F}$$

- C_D = 0.40 BTU/Lb °F (Tabla N^o 4.11)

- hif = 100 BTU/lb (tabla N^o 4.11)

- Reemplazando datos:

$$Q_3 = m [C_a(T_p - T_c) + h_{if} + C_D(T_c - T_i)]$$

$$Q_3 = 11.000[0.77(33.8 - 29.3) + 100 + 0.41(29.3 - (-22))]$$

$$Q_3 = 1'369.478 \text{ BTU/día.}$$

- Tiempo de congelación: t = 18 Hrs.

- f = 0.67 (Tabla N^o 4.12)

- Reemplazando:

$$Q'_3 = \frac{1'369.478}{0.67} \times \frac{24}{18}$$

$$Q'_3 = 2'725.329.00 \text{ BTU/día.}$$

D. CALCULO DE LA CARGA POR PERSONAS (Q₄)

- N_P = 2 personas/turno (2 turnos)

$$- f_3 = 1552 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-persona}} \text{ (Tabla N}^\circ \text{ 4.13)}$$

- t = 4 Hr/día.

- Reemplazando:

$$Q_4 = 1 \times 2 \times 1552 \times 4$$

$$Q_4 = 12.416 \text{ BTU/día.}$$

E. CALCULO DE CARGA POR ILUMINACION (Q₅)

- N = 3 focos (Tabla N^o 4.7)

- P = 125 watts/foco (Tabla N^o 4.6)

- t = 4 Hr/día.

- Reemplazando:

$$Q_5 = N \times P \times t$$

$$Q_5 = 3 \times 125 \times 4 \times 3.41$$

$$Q_6 = 5.115 \text{ BTU/día}$$

F. CALCULO DE CARGA POR MOTORES (Q_6)

- $N_m = 2$ motores.

- $P_m = 1 \frac{3}{4}$ HP

- $t_m = 18$ Hr/día

- $f_4 = 3.350 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr} \cdot \text{Hp}}$

- Reemplazando:

$$Q_6 = 2 \times 1.75 \times 18 \times 3.350$$

$$Q_6 = 211.050.00 \text{ BTU/día}$$

G. CARGA TOTAL (Q_T)

$$Q_1 = 101.281.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_2 = 53.205.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_3 = 2'725.329.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_4 = 12.416.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_5 = 5.115.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_6 = 211.050.00 \text{ BTU/día}$$

$$Q_T = 3'108.396.00 \text{ BTU/día.}$$

- Tomando un factor de seguridad de 5%.

tendremos:

$$Q'_T = 1.05 \times 3'108.396.00$$

$$Q'_T = 3'263.815.8 \text{ BTU/día}$$

H. CAPACIDAD TERMICA HORARIA

- Tomando un tiempo de funcionamiento del compresor de 18 Hr/día, tendremos:

$$CTH = \frac{3'263.815.8 \text{ BTU/día}}{18 \text{ Hr./día}}$$

$$CTH = 181,323 \text{ BTU/Hr.} = 15.11 \text{ TON.}$$

$$CTH = 45,709.00 \text{ Kcal/Hr.}$$

4.5.3.3 CALCULO DE CARGAS PARA LA CAMARA DE CONSERVACION DE CARNE CONGELADA.

A. CALCULO DE CARGA POR PARED, TECHO Y PISO

A.1 DATOS GENERALES

Condiciones exteriores Temperatura: 35°C (95°F)
 Humedad relativa: 83%

Condiciones interiores Temperatura: -20°C (-4°F)
 Humedad relativa: 95%

Dimensiones interiores Largo = 14 mt = 46 pies
 Ancho = 7 mt = 23 pies
 Altura = 4 mt = 13.15 pies.

Capacidad = 150 TM

Aislante seleccionado:

- Material = poliestireno expandido.

- Espesor = 7 pulg.

A.2 CALCULO DE CARGA POR PARED (Q_{1P})

- Dimensiones exteriores:

Longitud = $14 + 2 \times 0.404 = 14.808 \text{ mt} = 48.58 \text{ pies}$

Ancho = $7 + 2 \times 0.404 = 7.808 \text{ mt} = 25.62 \text{ pies.}$

Altura = 4 mt = 13.15 pies.

- El área será:

$$A_P = 2(48.58 \times 13.15 + 25.62 \times 13.15)$$

$$A_P = 2(638.83 + 336.90)$$

$$A_P = 1951.46 \text{ pie}^2.$$

$$U = 0.86 \frac{\text{BTU}}{\text{°F-pie}^2\text{-día}} \text{ (Tabla N° 4.9)}$$

$$- Tr = 4\text{°F (Tabla N° 4.8)}$$

$$- Q_{1P} = U \times A_P \times (T_1 - T_i + Tr)$$

$$Q_{1P} = 0.86 \times 1951.46 \times [95 - (-4) + 4]$$

$$Q_{1P} = 172,860.32 \text{ BTU/día.}$$

A.3 CALCULO DE CARGA POR TECHO (Q_{1T})

- Area del techo:

$$A_T = 48.58 \times 25.62$$

$$A_T = 1244.62 \text{ pie}^2$$

$$- Q_{1T} = U \times A_T (T_1 - T_i + Tr)$$

$$Q_{1T} = 0.86 \times 1244.62 [95 - (-4) + 9]$$

$$Q_{1T} = 115,600.26 \text{ BTU/día.}$$

A.4 CALCULO DE CARGA POR PISO ($Q_{1P'}$)

- Area piso:

$$A_P = 46 \times 23$$

$$A_P = 1058 \text{ pie}^2$$

$$- U = 0.75 \frac{\text{BTU}}{\text{°F-pie}^2\text{-día}} \text{ (Tabla N° 4.9)}$$

$$- Q_{1P'} = 0.75 \times 1058 (55 - (-4))$$

$$Q_{1P'} = 46,816.5 \text{ BTU/día.}$$

A.5 CARGA TOTAL

$$Q_{1P} = 172,860.32 \text{ BTU/día}$$

$$Q_{1T} = 115,600.26 \text{ BTU/día}$$

$$Q_{1P'} = 46,816.50 \text{ BTU/día}$$

$$Q_1 = 335,277.08 \text{ BTU/día}$$

B. CALCULO DE CARGA POR CAMBIO DE AIRE (Q_2)

- $\rho_a = 0.0687 \text{ Lb/pie}^3$ (carta psicométrica)
- $V_c = 46 \times 23 \times 13.15$
 $V_c = 13,912.7 \text{ pie}^3$
- $f_1 = 4.12$ cambios/día.
- $h_e = 60 \text{ BTU/lb}$ Carta
- $h_i = 1.2 \text{ BTU/lb}$ Psicométrica
- $Q_2 = 0.0687 \times 13,912.7 \times 4.12 (60-1.2)$
 $Q_2 = 231,548.90 \text{ BTU/día}$
- Esta cámara, contará con cortina de aire, luego:
 $Q'_2 = 0.5 \times 231,548.90$
 $Q'_2 = 115,774.44 \text{ BTU/día}$

C. CALCULO DE LA CARGA POR PERSONAS (Q_3)

- $N = 2$ personas/turno (2 turnos)
- $f_3 = 1340 \text{ BTU/Hr.persona}$ (tabla N^o 4.13)
- $t = 4 \text{ Hr/día}$
- $Q_3 = 2 \times 2 \times 1340 \times 4$
 $Q_3 = 21,440 \text{ BTU/Hr.}$

D. CALCULO DE CARGA POR ILUMINACION (Q_4)

- $N = 14$ focos (Tabla N^o 4.7)
- $P_m = 125 \text{ watt/foco}$ (Tabla N^o 4.6)
- $t = 4 \text{ Hr/día}$
- $Q_4 = 14 \times 125 \times 4 \times 3.41$
 $Q_4 = 23,870 \text{ BTU/día}$

E. CALCULO DE CARGA POR MOTORES (Q_5)

- $N_m = 4$ motores
- $P_m = 1.5 \text{ HP}$

- $t_m = 18 \text{ Hr/día}$
- $f_4 = 3,400 \text{ BTU/Hr-HP}$
- $Q_5 = 4 \times 1.5 \times 18 \times 3,400$
 $Q_5 = 367,200 \text{ BTU/día.}$

F. CARGA TOTAL (Q_T)

$$\begin{aligned} Q_1 &= 335,277.08 \text{ BTU/día} \\ Q_2 &= 115,774.44 \text{ BTU/día} \\ Q_3 &= 21,440.0 \text{ BTU/día} \\ Q_4 &= 23,870.0 \text{ BTU/día} \\ Q_5 &= 367,200 \text{ BTU/día} \\ \hline Q_T &= 863,561.52 \text{ BTU/día} \end{aligned}$$

- Tomando un factor de seguridad de 10%,
tendremos:

$$\begin{aligned} Q'_T &= 1.1 \times 863,561.52 \\ Q'_T &= 949,917.61 \text{ BTU/día} \end{aligned}$$

G. CAPACIDAD TERMICA HORARIA

- Tomando un tiempo de funcionamiento del
compresor de 18 Hr/día, tendremos:

$$CTH = \frac{949,917.61}{18}$$

$$CTH = 52,773.20 \text{ BTU/día} = 4.39 \text{ TON}$$

$$CTH = 13,298.84 \text{ Kcal/Hr.}$$

4.5.3.4 RESUMEN DE LOS CALCULOS

Los resultados de las cargas termicas para las instalaciones y equipos, se presentan en el Tabla Nº 4.15

El resultado como carga horaria es para 18 horas de operación.

TABLA 4.18

RESUMEN DE CALCULO DE LA CARGA TERMICA PARA LA SELECCION DE LOS EQUIPOS DE REFRIGERACION

AMBIENTE	CARGA TERMICA POR (BTU/HR)							CARGA TOTAL BTU/DIA	CARGA HORARI BTU/HR (Kcal/Hr)
	Paredes	cambio de aire	Productos	Personas	Iluminacion	Motores			
Camara de enfriamiento	295,687.90	171,364.80	4'247,641.7	14,531.20	19,505.20	1'200,150	6'543,790.6	363,543.90 (91,613.00)	
Tunel de Congelamiento	101,281	53,205.00	2'725,329.20	12,416	5,115.00	211,050	3'263,815.80	181,323 (45,709)	
Camara Conservadora	335,277	115,774.44	---	21,440.00	23,870.00	367,200	949,917.61	52,773.20 (13,298.84)	

CAPITULO 5

SELECCION DE EQUIPOS ACCESORIOS E INSTRUMENTACION

CAPITULO 5

SELECCION DE EQUIPOS ACCESORIOS E INSTRUMENTACION

Para el desarrollo de la tesis, en lo que respecta a la selección de equipos, se optará por una determinada marca. Se deja indicado que, el proyecto podría tener otras alternativas de selección de equipos de acuerdo a la oferta en el mercado.

5.1 SELECCION DE LOS EVAPORADORES

5.1.1 CRITERIOS TECNICOS

Cualquier superficie que transfiera calor en la cual se vaporice un refrigerante, con objeto de transferir calor del espacio refrigerado, recibe el nombre de evaporador.

- Por la forma de operar con el refrigerante, los evaporadores pueden ser:

EVAPORADORES INUNDADOS: son evaporadores que siempre tiene los tubos con refrigerante líquido; por lo cual, desde el punto de vista de transferencia de calor son las mejores y mas efectivos: pero, desde el punto de vista económico son los más caros tanto por su tamaño como por su contenido de refrigerante líquido que es relativamente alto.

EVAPORADORES SECOS: Son aquellos evaporadores que utilizan en su entrada una cantidad necesaria y suficiente de refrigerante líquido para que a su salida se tenga vapor sobrecalentado de acuerdo

a la carga de calor impuesta por la cámara.

- Por la forma constructiva, los evaporadores pueden ser:

DE TUBOS DESNUDOS: Son todos aquellos evaporadores que tienen serpentines planos o en espiral.

Las condiciones de operación de estos evaporadores, son preferentemente en temperaturas inferiores a 0°C , debido a la facilidad de eliminar escarcha.

DE SUPERFICIE DE PLACA: son evaporadores que se construyen mediante la unión de dos placas metálicas, en las cuales mediante matrices se han prensado canales que en lugar de usar tuberías servirán para conducir el refrigerante adecuadamente a lo largo del evaporador. Su uso se ha generalizado en el campo doméstico.

DE TUBOS ALETEADOS: son evaporadores de tubo desnudo, sobre los cuales se llevan aletas o placas metálicas. Las aletas, que sirven como superficie secundarios de conducción de calor, tienen el efecto de aumentar la superficie efectiva total del evaporador, mejorando así su eficiencia.

El tamaño y el espaciado de las aletas dependen en parte del tipo particular de aplicación para el que ha sido diseñado el serpentín. El tamaño del tubo determina el tamaño de la aleta. Los

tubos pequeños requieren aletas pequeñas.

El espaciamiento de la aleta varía (1 - 20)mm., dependiendo principalmente de la temperatura de operación del serpentín.

En aplicaciones de bajas temperaturas se debe tener un amplio espaciado de aletas (una por 10 a 15 mm), para reducir al mínimo el peligro de obstrucción en la circulación del aire por acumulación de escarcha.

- Por la circulación del fluido a enfriar:

DE CIRCULACION NATURAL: son evaporadores que se utilizan para aplicaciones, donde no se desea deshidratación apreciable del producto. Estos evaporadores se usan normalmente para conservar el producto y en contados casos para enfriamiento de productos alimenticios.

DE CIRCULACION FORZADA: son esencialmente serpentines con aletas, encerrados en una cubierta metálica equipados con uno o mas ventiladores para la circulación del aire.

Su empleo, con notables ventajas y son:

- Forma más compacta.
 - Tamaño más reducido.
 - Facilidad de instalación.
 - Obtención de una temperatura más uniforme, debido a la rápida circulación del aire.
- Regulación del grado de humedad relativa.

Esta última característica, resulta de

primordial importancia y su fin se obtiene por alguno de los tres métodos siguientes:

1. Por el sistema de persianas colocadas en el lado de salida de aire, cuya inclinación se varía de acuerdo con el caudal de aire necesario.
2. Por la variación de inclinación de las palas del ventilador.
3. Por la regulación de la velocidad del motor del ventilador.

El espacio de las aletas de estos ventiladores, en que se desee mantener temperaturas entre (0 - 4)°C la separación entre ellos es de (6 a 7)mm.. Cuando se trate de llegar a temperaturas bajas dicha separación varía entre (12 a 15)mm.

5.1.2 SELECCION PARA CAMARAS Y TUNEL DE CONGELAMIENTO

El tipo de evaporadores seleccionados para cámaras y tunel serán del tipo de "circulación forzado", llamados también difusores de aire.

El caso nuestro seleccionaremos los evaporadores de la marca "ATLAS DAN MARK AIR-COOLERS" del tipo LSA, para las camaras y del tipo LSN para el tunel de congelamiento.

Por esta razón utilizaremos el método de selección de la Cia. fabricante. Este método usa tablas en el sistema métrico, por lo que presentaremos los datos en este sistema.

De acuerdo a éste método la capacidad calorífica

del evaporador será:

$$Q = 0.1 \times C_n \times DT \times f_e \times f_r \times K$$

Donde:

Q = Capacidad calorífica real ó capacidad térmica del evaporador (kw).

C_n= Capacidad calorífica nominal del evaporador (kw).

DT= Diferencia entre la temperatura de cámara y la temperatura de la evaporación del refrigerante (°C).

f_e= Factor de corrección de SHR (TABLA Nº5.2)

f_r= Factor de corrección para cámaras (TABLA Nº 5.3)

K = Factor de corrección del refrigerante (TABLA Nº 5.4).

SHR= calor sensible/calor total (TABLA Nº 5.1)

Conociendo los valores de la fórmula, tenemos:

$$C_n = \frac{Q}{0.1 \times DT \times f_e \times f_r \times K}$$

Con el valor "C_n", calculando seleccionaremos su correspondiente en la columna "capacidad nominal" de la (TABLA Nº 5.6).

Una vez seleccionado el tipo de evaporador, verificaremos que este no trabaje fuera de los límites del área de operación de acuerdo a la gráfica de la (Fig Nº 5.1).

De acuerdo al método planteado, determinaremos el tipo de evaporador para cada ambiente.

El Tabla N° 5.5 "Diseño con evaporador con DT".

5.1.3 SELECCION EVAPORADOR DE LA CAMARA DE ENERIAMIENTO

- Datos:

$$T_i = 1^{\circ}\text{C} (33.8^{\circ}\text{F})$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}.$$

$$T_{\text{evap}} = 23^{\circ}\text{F} (-5^{\circ}\text{C})$$

$$Q = 91.613.0 \text{ Kcal/hr.}$$

- La capacidad nominal del evaporador (Cn) será:

$$\text{SHR} = 0.8$$

$$f_s = 1.13$$

$$f_r = 1.0$$

$$K = 0.85$$

Optamos por tres evaporadores a fin de obtener un flujo de aire uniformemente, entonces:

$$Q = \frac{91.613}{3}$$

$$Q = 30.537.67 \text{ Kcal/hr.}$$

Luego, tendremos:

$$C_n = \frac{30.537.67}{0.1 \times 10 \times 1.13 \times 1 \times 0.85}$$

$$C_n = 31.795.51 \text{ Kcal/hr.}$$

$$C_n = 36.97 \text{ kw.}$$

De la tabla N° 5.6, seleccionaremos el evaporador del tipo LSA 183428, con una capacidad nominal de 38.5 kw., equivalente a 33.110 Kcal/hr.

La capacidad de operación será:

$$Q = 33.110 \times 0.1 \times 10 \times 1.13 \times 1 \times 0.85$$

$$Q = 31,802.16 \text{ Kcal/hr.}$$

Del gráfico de la Fig. 5.1, verificaremos que para un $T_{\text{evap}} = 23^{\circ}\text{F}(-5^{\circ}\text{C})$ y $DT = 10^{\circ}\text{F}$, no hay restricción alguna y el evaporador puede trabajar confiablemente.

Entonces, para la cámara de enfriamiento seleccionaremos 3 evaporadores del tipo LSA 183428, cuyas características son:

Marca	- ATLAS DANMARK
Tipo	- LSA 183428
Capacidad de operación	= 31,802.16 Kcal/Hr.
Capacidad nominal	- 33,110 Kcal/Hr.
Superficie de enfriamiento	- 137 m ²
Distancia entre aletas	- 6 mm.
Números de ventiladores	- 2
Potencial requerido motor	- 2.55 kw(3.42 HP)
Flujo de aire aproximado	= 9.28 m ³ /s.
Alcance del flujo de aire	- 54 mts.
Pérdida de presión de aire	- 74 Pa
Peso neto	- 850 kg.
Tipo de descongelamiento.	- gas caliente.

5.1.4 SELECCION DEL EVAPORADOR PARA TUNEL DE CONGELAMIENTO

- Datos:

$$t_i = -30^{\circ}\text{C} (-22^{\circ}\text{F})$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$HR = 95\%$$

$$T_{\text{evap}} = 32^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 45.709 \text{ Kcal/Hr.}$$

- La capacidad nominal del evaporador (Cn),

será:

$$SHR = 1.0$$

$$fs = 1.0$$

$$fr = 0.9$$

$$K = 0.85$$

Optamos, 1 evaporador; a fin de obtener un flujo de aire más uniforme, entonces:

$$Q = 45.709 \text{ Kcal/Hr}$$

$$Q = 53.15 \text{ kw}$$

Luego tendremos:

$$Cn = \frac{53.15}{0.1 \times 10 \times 0.9 \times 1 \times 0.85}$$

$$Cn = 69.47 \text{ kw.}$$

De la tabla N^o 5.6. seleccionamos el evaporador de tipo LSN 06352B : con una capacidad nominal de 69.5 kw, la capacidad de operación será:

$$Q = 69.5 \times 0.1 \times 10 \times 0.9 \times 1 \times 0.85$$

$$Q = 53.16 \text{ kw}$$

Del gráfico de la fig. N^o 5.1, verificaremos que para una $T_{\text{evap}} = -32^{\circ}\text{F}(-35.5^{\circ}\text{C})$ y $DT = 10^{\circ}\text{F}$, no hay restricción alguna y el evaporador puede trabajar confiablemente.

Entonces, tendremos 1 evaporador, cuyas características son:

Marca	= ATLAS DANMARK
Tipo	= LSN-063528
Capacidad de operación	= 53.16 kw
Capacidad nominal	= 69.5 kw.
Superficie de enfriamiento	= 456 m ²
Distancia entre aletas	= 12 mm.
Número de ventiladores	= 2
Potencia requerida motor	= 3.75 kw.
Flujo de aire aproximado	= 8.5 m ² /S.
Alcance del flujo de aire	= 54 m.
Pérdida de presión de aire	= 125 Pa.
Peso neto	= 1830 kg.
Tipo de descongelamiento	= gas caliente.

5.1.5 SELECCION DEL EVAPORADOR PARA CAMARA DE CONSERVACION DE PRODUCTOS CONGELADOS

- Datos:

$$T_i = -20^{\circ}\text{C} (-4^{\circ}\text{F})$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$HR = 95\%$$

$$T_{\text{evap}} = -14^{\circ}\text{F}(-25.5^{\circ}\text{C})$$

$$Q = 13,298.84 \text{ Kcal/Hr}$$

La capacidad nominal del evaporador (Cn),
será:

$$\text{SHR} = 1.0$$

$$f_e = 1.0$$

$$f_r = 0.9$$

$$K = 0.85$$

Optamos, 2 evaporadores:

$$Q = \frac{13,298.84}{2}$$

$$Q = 6649.42 \text{ Kcal/Hr.}$$

Luego, tendremos:

$$C_n = \frac{6,649.42}{0.1 \times 10 \times 0.9 \times 1 \times 0.85}$$

$$C_n = 8692.05 \text{ Kcal/Hr}$$

$$C_n = 10.10 \text{ kw.}$$

- De la tabla Nº 5.6 , seleccionaremos el evaporador tipo LSA, con una capacidad nominal de 10.5 kw, equivalente a 9030 Kcal/Hr.

La capacidad de operación será:

$$Q = 9030 \times 0.1 \times 10 \times 0.9 \times 1 \times 0.85$$

$$Q = 6908 \text{ Kcal/Hr.} = 2.28 \text{ TON.}$$

- La capacidad de operación es mayor que la capacidad requerida.
- Del gráfico de la Fig. Nº 5.1, verificamos que para un T_{evap} y D_t , respectivamente, no hay restricciones y puede trabajar confiablemente. Entonces tenemos 2 evaporadores, cuyas características son:

Marca	=ATLAS DAN MARK
Tipo	- LSA-122314
Capacidad de operación	- 6908 Kcal/Hr.
Capacidad nominal	- 9030 Kcal/Hr.
Superficie de enfriamiento	- 48 m ²
Distancia entre aletas	- 12 mm.
Número de ventiladores	- 2
Potencia requerida motor	= 0.5 kw.
Flujo de aire aproximado	= 2.36 m ³ /S.
Alcance del flujo de aire	- 20 m.
Pérdida de presión de aire	= 42 Pa.
Peso neto	= 310 kg.
Tipo de descongelamiento	= gas caliente.

TABLA Nº 5.1

VALORES DE SHR

SHR	APLICACION DE LA CAMARA
0.6 - 0.8	Enfriamiento del producto
0.8 - 0.9	conservación de prod. congelados
0.9 - 0.10	Conservación y almacenamiento de productos congelados empaquetados
1.0	Congelamiento.

TABLA Nº 5.2

FACTOR DE CORRECCION f_s

SHR	F_s
0.3	1.90
0.4	1.62
0.5	1.45
0.6	1.33
0.7	1.22
0.8	1.13
0.9	1.06
1.0	1.00

FUENTE : TESIS "CALCULOS, DISEÑO Y SELECCION DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS FRIGORIFICOS NECESARIOS EN EL TERMINAL PESQUERO DE PAITA"
AUTOR : AGUILAR ALVARADO, LUIS E.

TABLA Nº 5.3
FACTOR DE CORRECCION f_r

RANGO DE CONGELAMIENTO	f_r
No congelamiento	1.00
Mínimo congelamiento	0.95
Moderado congelamiento	0.90
Máximo congelamiento	0.85

TABLA Nº 5.4
FACTOR DE CORRECCION k

REFRIGERANTE	k
R - 12	0.75
R - 22	0.85
R - 717	1.00

FUENTE : TESIS "CALCULOS, DISEÑO Y SELECCION DE LAS INSTALACIONES Y EQUIPOS FRIGORIFICOS NECESARIOS EN EL TERMINAL PESQUERO DE PAITA"
AUTOR : AGUILAR ALVARADO, LUIS E.

TABLA Nº 5.5

DISEÑO DE EVAPORADOR CON DT

HUMEDAD RELATIVA %	DT (°F)	
	CONVEC. NATURAL	CONVEC. FORZADA
95 - 91	12 - 14	8 - 10
90 - 86	14 - 16	10 - 12
85 - 81	16 - 18	12 - 14
80 - 76	18 - 20	14 - 16
75 - 70	20 - 22	16 - 18

FUENTE : SEMINARIO "SELECCION, MONTAJE,
PRUEBAS Y MANTENIMIENTO DE
CAMARAS FRIGORIFICAS" - 1978
EXPOSITOR : ERNESTO SANGUINETTI

5.2 SELECCION DEL COMPRESOR

5.2.1 CONSIDERACIONES PREVIAS

La elección de los compresores se hará considerando siete factores:

- Peso y dimensiones reducidas.
- Bajos costos de instalación
- Regulación del control de capacidad
- Eficiencia a condiciones de carga total o parcial.

Funcionamiento a relaciones de compresión alta

- Fácil mantenimiento.

Por lo expuesto, los compresores los a seleccionar serán de la marca SULLAIR DEL PACIFICO S.A. - tipo tornillo.

Estos compresores se suministran con:

- 1.- Unidad compresor-tipo tornillo
- 2.- Motor eléctrico
- 3.- Acoplamiento y protección
- 4.- Separador de aceite
- 5.- Sistema de lubricación.
- 6.- Sistema de control eléctrico
- 7.- Accesorios (válvula CHECK, etc.) (según

Fig. Nº 5.2 y 5.3

Debiendo solamente acoplar los tubos de succión y de descarga; así como, las instalaciones eléctricas para su instalación. Ofrecen la ventaja de no tener problemas de vibración a

carga total y parcial, por lo tanto, sin cimentación especial.

Para proceder a seleccionar un compresor, requerimos establecer lo siguiente:

Temperatura de descarga.

Capacidad de refrigerante necesaria.

Temperatura de succión.

Para determinar estos parámetros haremos las siguientes consideraciones:

- 1.- La temperatura del producto a enfriar es mayor que la temperatura del líquido refrigerante.
- 2.- El líquido refrigerante se evapora totalmente al recibir calor del producto, hasta llegar al estado de vapor saturado.
- 3.- La temperatura de gas refrigerante que ha salido del compresor se evapora ligeramente antes de ingresar al condensador.
- 4.- La temperatura del gas refrigerante que ingresa al condensador es mayor que la temperatura ambiente.

TEMPERATURA DE DESCARGA: Será aquella con la que termine la fase de compresión. Para su determinación se hará uso del diagrama de (p-h).

En este proceso consideremos una diferencia de temperatura (DT) de condensación de $\Delta T = 5.5^{\circ}\text{C}$;

respecto a la temperatura ambiente (35°C) máximo promedio registrado por el SENAMHI y la temperatura de condensación será por lo tanto 40.5 °C.

CAPACIDAD REFRIGERANTE NECESARIA: Será la capacidad refrigerante necesaria para cubrir como mínimo las cargas térmicas de los solicitantes que se encuentren en la línea de succión.

Las cargas térmicas ya han sido calculadas en el capítulo anterior, sin embargo; como los evaporadores ya han sido seleccionados utilizaremos en el diseño las capacidades de los evaporadores para lograr un equilibrio en el sistema.

Cuando se seleccionan componentes cuyas capacidades son iguales a las condiciones de diseño del sistema y por ende similares entre si, el balance del sistema se establecerá a las condiciones de diseño.

TEMPERATURA DE SUCCION: Para efecto de calculo consideramos la temperatura de succión del compresor como la temperatura de evaporación del refrigerante. Esto no es estrictamente cierto porque desde que el refrigerante sale del evaporador como gas, hasta que llega al compresor absorbe calor del medio ambiente a través de las

tuberías, dependiendo esto de dos factores.

Longitud de las tuberías: a mayor longitud de la tubería, el gas absorbe más cantidad de calor del medio.

Espesor del aislante en las tuberías, el aislante no evita, sino reduce la cantidad de calor que ingresa a la tubería y al espesor.

Seleccionado: depende finalmente del aspecto económico del aislante.

Además, el refrigerante ya gasificado sigue absorbiendo algo de calor adicional en el evaporador; por lo que, sale de éste como vapor sobre calentado. A su vez, el refrigerante pierde calor al perder presión por rozamiento en el interior de las tuberías, siendo ésta pérdida mínima, por lo que en general el refrigerante absorberá calor.

La simplificación en el proceso de manejo, constituye una ventaja porque reduce las exigencias en cuanto a conocimientos técnicos de los operarios encargados del manejo. La regulación de su capacidad es automática, asegurando una plena eficacia en el aprovechamiento de su capacidad de refrigeración.

Por ésta razón utilizaremos el método de selección del fabricante. Este método utiliza gráficos, por lo tanto tenemos:

- APLICACION DE LA RELACION DE VOLUMEN (Vi)

La relación Vi, nos da el tamaño del rotor a utilizar de la siguiente manera:

$$Vi = \frac{\text{Vol. de gas encerrado en la succión/en pza. compresión}}{\text{Vol. del mismo gas después que empieza la descarga.}}$$

$$Vi = \frac{Vs}{Vd}$$

De ella deducimos el diámetro del rotor, así:

RANGO TEMPERAT. COMPRESOR	DIAMETRO ROTOR (m.m.)			
	163	204	255	408
- Ultra baja(UL)	4.8	4.8	4.8	5
- Baja (L)	3.7	3.7	3.7	4.8
- Intermedia (I)	2.6	2.6	2.6	3.7
- Alta (H)	2.2	2.2	2.2	2.6

FUENTE : CATALOGO TECNICO - DUNHAM BUSH S.A.

5.2.2 SELECCION DEL COMPRESOR-CAMARA DE ENERIAMIENTO

Datos:

$$T_{\text{evap}} = -5^{\circ}\text{C} \text{ (23}^{\circ}\text{F)}$$

$$T_{\text{amb}} = 35^{\circ}\text{C} \text{ (95}^{\circ}\text{F)}$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 91,613 \text{ kcal/Hr.} = 30.3 \text{ TONS.}$$

Según el programa computarizado de la Cia. Sullair del Pacífico S.A., obtenemos : modelo del compresor A12LA200. Ver Tabla Nº 5.7 (Ver anexo)

5.2.3 SELECCION DEL COMPRESOR - TUNEL CONGELAMIENTO

Datos:

$$T_{\text{evap}} = -35.5^{\circ}\text{C} (-32^{\circ}\text{F})$$

$$T_{\text{amb}} = 35^{\circ}\text{C} (95^{\circ}\text{F})$$

$$T_{\text{cond}} = 40^{\circ}\text{C} (105^{\circ}\text{F})$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 45.709 \text{ kcal/Hr} = 15.1 \text{ TONS.}$$

Análogo a lo anterior, obtenemos compresor modelo : A12LA200. Ver Tabla N^o 5.8. (Ver Anexo)

5.2.4 SELECCION DEL COMPRESOR-CAMARA DE CONSERVACION

Datos:

$$T_{\text{evap}} = -25.5^{\circ}\text{C} (-14^{\circ}\text{F})$$

$$T_{\text{amb}} = 35^{\circ}\text{C} (95^{\circ}\text{F})$$

$$T_{\text{cond}} = 40^{\circ}\text{C} (105^{\circ}\text{F})$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 26.598 \text{ Kcal/Hr} = 8.8 \text{ TONS.}$$

Análogamente obtenemos el compresor modelo: A12LA200. Ver Tabla N^o 5.9. (Ver Anexo)

5.3 SELECCION DE LOS CONDENSADORES

5.3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

La selección de un condensador enfriado por aire está basado sobre la capacidad de calor de rechazo del condensador; en parte, es debido al efecto de refrigeración y otra, es debido al calor adicional que absorbe el gas en el compresor Este calor adicional, referido con el calor de compresión, variará con las condiciones

de operación del sistema y el tipo de compresor diseñado, abierto o hermético. Algunos fabricantes de compresores publican gráficos de calor de rechazo como parte de sus clases de compresores. Sin embargo, el calor de rechazo variará con el diseño del compresor. El calor total de rechazo (THR) puede ser estimado usando los factores de calor de compresión contenidos en la tabla N^o 5.10.

THR = (corregido por altitud) = THR, diseño x
factor de corrección de altitud.

La altitud también afectará al calor total de rechazo y sería tomado en consideración, cuando seleccionamos un condensador enfriado por aire. El calor total de rechazo (THR) con diferentes altitudes puede ser calculado usando los factores contenidos en la Tabla N^o 5.11, usando la siguiente fórmula:

THR(corregido por altitud)= THR, diseño x factor de
corrección de altitud.

También recalculamos el DT del sistema actual basado sobre la unidad seleccionada: como también la temperatura de condensación actual.

$$DT_{actual} = \frac{DT, \text{diseño} \times THR, (\text{corregido})}{Cap. \text{ Condensador actual(a) } DT, \text{diseño}}$$

$T_{condactual} = DT, \text{ actual} + \text{Temp. Ambiente.}$

Para la cual, usaremos "AIR COOLED CONDENSASERS" de la marca Bohn de la Cia. BOHN HEAT TRANSFER.

5.3.2 SELECCION DEL CONDENSADOR-CAMARA DE ENFRIAMIENTO.

Datos:

$$T_{\text{evap}} = 23^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{amb}} = 95^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{cod}} = 105^{\circ}\text{F}$$

$$DT = 10^{\circ}\text{F}$$

$$Q = 91.613 \text{ kcal/Hr.} = 363.543.6 \text{ BTUH.}$$

De la tabla N^o 5.10 encontraremos el factor de calor del compresor (interpolando), para compresores abiertos, luego:

TEMPE. EVAP. °F	TEMPERATURA CONDENSACION (°F)		
	ABIERTO.		
	100	105	110
20	1.200	1.220	1.240
23	1.194	1.211	1.228
25	1.190	1.205	1.220

tendremos que, el calor total de rechazo será:

$$\text{THR} = 363.543.65 \times 1.211$$

$$\text{THR} = 440.251.36 \times \text{BTUH.}$$

Considerando, una altitud de 134 mts. (según datos recogidos del Senamhi) de la tabla N^o 5.11, tendremos el factor de corrección por altitud, luego:

$$\text{Factor por altitud} = 1.0029$$

Luego:

$$\text{THR (corregido)} = 440.251.36 \times 1.0136.$$

$$\text{THR (corregido)} = 446.238.77 \text{ BTUH:}$$

Seleccionamos el tamaño del condensador, para R-22, de la tabla N° 5.12, con $DT = 10^{\circ}F$, elegimos el condensador cuya base de calor total de rechazo es igual o excede al $THR(\text{correg})$ anterior ($THR = 441,528.08 \text{ BTUH}$).

Elegimos el modelo: DVS-100 con $THR = 499.000 \text{ BTUH}$

$$- DT_{\text{actual}} = \frac{DT_{\text{Diseño}} \times THR(\text{corregido})}{\text{Cap. conden. actual (a)} \times DT_{\text{diseño}}}$$

$$DT_{\text{actual}} = \frac{10 \times 441,528.08}{499.000}$$

$$DT_{\text{actual}} \approx 9^{\circ}F$$

$$\text{Temp. condensación, actual} = T_{\text{amb}} + DT_{\text{actual}}$$

$$\text{Temp. condensación, actual} = 95 + 9$$

$$\text{Temp. condensación, actual} = 104^{\circ}F.$$

CARACTERISTICAS DEL MODELO: DVS-100 - MARCA BOHN

Motor = 1.5 HP c/motor - 6 polos

Revoluciones = 1.140 RPM.

Número de ventiladores = 6

Flujo de aire total = 62.655 CFM.

Peso aproximado = 1760 lbs.

5.3.3 SELECCION DEL CONDENSADOR-TUNEL DE CONGELAMIENTO

Datos:

$$T_{\text{evap}} = -32^{\circ}F$$

$$T_{\text{amb}} = 95^{\circ}F$$

$$T_{\text{cond}} = 105^{\circ}F$$

$$DT = 10^{\circ}F$$

$$Q = 45.709 \text{ kcal/Hr.} = 181.323 \text{ BTUH.}$$

Análogo a lo anterior, tendremos de la Tabla NO 5.10, el factor de calor del compresor, luego interpolando:

$$\text{Factor de calor del compresor} = 1.459.$$

Luego:

$$\text{THR} = 181.323 \times 1.459$$

$$\text{THR} = 264.550.26 \text{ BTUH}$$

También por factor de altitud, a 134 mts. según datos recogidos del senamhi:

$$\text{THR (corregido)} = 264,550.26 \times 1.0029$$

$$\text{THR (corregido)} = 265,317.45 \text{ BTUH.}$$

De la tabla NO 5.12 elegimos:

Modelo: DVS-055 con THR = 269,000 BTUH.

CARACTERÍSTICAS DEL CONDENSADOR: DV-055

- Marca = BOHN
- Motor = 1.5HP c/motor - 6polos
- Núm.de revoluciones = 1,140 RPM.
- Núm. de ventiladores = 4
- Flujo de aire total = 44,850 CFM:
- Peso aproximado = 1130 lbs.

5.3.4 SELECCION DEL CONDENSADOR-CAMARA DE CONSERVACION

Datos:

$$T_{\text{evap}} = -14^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{amb}} = 95^{\circ}\text{F}$$

$$T_{\text{cond}} = 105^{\circ}\text{F}$$

$$DT = 10$$

$$Q = 26.598 \text{ kcal/Hr.} = 105,548 \text{ BTUH.}$$

De la tabla N^o 5.10, factor de calor del compresor (interpolando) será:

$$\text{Factor de calor del compresor} = 1.365$$

Luego:

$$\text{THR} = 105.548 \times 1.365$$

$$\text{THR} = 144,073 \text{ BTUH.}$$

Por altitud, de 134 mts., según datos del Senamhi, tendremos:

$$\text{THR}(\text{corregido}) = 144,073 \times 1.0029$$

$$\text{THR}(\text{corregido}) = 144,490.814 \text{ BTUH.}$$

De la tabla N^o 5.12, elegimos:

Modelo: DVS-030 con THR = 151,000 BTUH.

CARACTERÍSTICAS DEL CONDENSADOR: DVS-030

- Marca = BOHN
- Motor = 1.5HP c/motor-6 polos
- Núm.de revoluciones = 1,140 RPM
- Num.de ventiladores = 4
- Flujo de aire total = 45,530 CFM
- Peso aproximado = 1,100 lbs.

5.4 CALCULO DE TUBERIAS

5.4.1 CONSIDERACIONES PREVIAS.

En esta sección se presentan las pautas generales de diseño del sistema de tuberías.

El calculo de tuberías se hará considerando la caída de presión a lo largo del circuito, correspondiente por efecto de función entre la

sustancia de trabajo y la pared interna de la tubería.

Los soportes de la tubería estarán espaciados de tal forma que se evitará el pandeo por peso propio y serán del tipo colgante, sujetos a la cámara de estructura de manera firme.

En los lugares donde la tubería deba atravesar las paredes de material aislante, se colocarán juntas de material sintético que conservan cualquier tipo de vibración.

Es deseable que el dimensionado de las tuberías sea el apropiado, desde el punto de vista del costo y que la disposición geométrica sea de la menor longitud: a fin de disminuir las caídas de presión. Es por esto que las líneas son usualmente dimensionadas para bajas caídas de presión.

Las caídas de presión en las líneas de succión y descarga causan una pérdida de la capacidad del compresor e incrementan la potencia necesaria para accionarla.

Una excesiva caída de presión en la línea del líquido puede causar vaporación de una parte de la sustancia de trabajo (fenómeno conocido con el nombre de FLASHING), causando defecto en la operación de la válvula termostática de expansión. Así también puede causar insuficiente presión de líquido en el correspondiente

mecanismo de alimentación.

5.4.2 METODOLOGIA DE CALCULO.

Los procedimientos de calculos seguidos se expondrán en base a las consideraciones previas. Establecidas las líneas se presentará la disposición de los equipos, tal como se dispone en el plano N° 02. En base a este plano se elaborarán esquemas para cada uno de los circuitos.

El dimensionado de las tuberías se hará siguiendo las recomendaciones de la ASHRAE, que establecen restricciones para las pérdidas de presión en la longitud total de tuberías.

Determinamos tentativamente los diámetros de las tuberías en base a la capacidad de la línea (expresado en TONS), y al tipo de servicio: Línea de líquido, línea de succión y descarga.

5.4.3 CALCULO DE LAS TUBERIAS DE LA LINEA DEL LIQUIDO

Los solicitantes de cargas, serán los presentados en la tabla N° 5.13.

Determinaremos tentativamente los diámetros de las tuberías de acuerdo a las indicaciones de ASHRAE. En al tabla N° 5.14, para la línea del líquido consideramos los diámetros de tubos de cobre tipo L.

Determinadas las longitudes de los tramos de tubería y la disposición de los accesorios

determinados la longitud igualmente, de acuerdo con las siguientes tablas:

- TABLA Nº 5.15: pérdidas por válvulas en pies equivalente de tubería.
- TABLA Nº 5.16: Pérdida por accesorio en pies equivalente de tubería.
- TABLA Nº 5.17: Pérdida por cambio de sección en pies equivalente de tubería.

Los resultados del cálculo de longitud equivalente por pérdidas, se presentan en la Tabla Nº 5.18.

Determinamos ahora la pérdida de presión por tramos en AT (°F) y en AP (PSI) de acuerdo a la fórmula presentada por la tabla Nº 5.19.

$$AT = AT_{\text{tabla}} \times \frac{L_{\text{eq}} (\text{TONS ACTUAL})^{1.8}}{100 \text{ TONS TABLA}}$$

La caída de presión en la línea de líquido no es tan crítica como en las líneas de succión de descarga.

Deben no obstante, tenerse cuidado que esta caída de presión no sea excesiva de manera que produzca la formación del gas en la línea, insuficiente presión de líquido en los depósitos de alimentación o ambos.

Los valores de la pérdida de presión por tramos se presentan en el Tabla Nº 5.19.

Analícemos ahora las pérdidas de caída de presión en cada uno de los circuitos que conforman los

equipos solicitantes a fin de no sobrepasar la limitación establecida por la ASHRAE.

Los valores de la pérdida de presión por tramos se presentan en el Tabla Nº 5.20 (Ver Anexo)

Ejemplo: Tramo 1-3

$$\Delta T = 1 \times \frac{60.5}{100} \times \left(\frac{10.52}{17} \right)^{1.8}$$

$$\Delta T = 0.605 \times (0.62)^{1.8}$$

$$\Delta T = 0.260$$

Analizaremos ahora la pérdida por caída de presión en cada uno de los circuitos que conforman los equipos solicitantes; a fin de no exceder la limitación establecida por la ASHRAE.

En los circuitos de caída de presión de cada solicitante, la caída de presión será:

a) CAMARA DE ENFRIAMIENTO

Tramo 1 - 3 : 0.3204

Tramo 3 - 5 : 0.0425

Tramo 5 - 6 : 0.0425

TOTAL : 0.4054

b) TUNEL CONGELAMIENTO

Tramo 7 - 8 : 0.4235

TOTAL : 0.4235

c) **CAMARA CONSERVACION**

Tramo 12 - 13 : 0.3248

Tramo 13 - 15 : 0.1535

Tramo 15 16 · 0.0115

TOTAL: 0.4898

En el caso materia de calculo. la línea de líquido se diseña de tal manera que sale del condensador, que se encuentra en equilibrio a 105°F: por lo que se consideran como la temperatura del líquido en el interior de la tubería.

A esta temperatura, las caidas de temperaturas calculadas (ΔT) equivalen a caidas de presión menores que las correspondientes a los datos de la tabla a 105°F de condensación.

Desarrollando el circuito de cada solicitante a fin de evaluar la caida de presión en la línea, observamos que ningún circuito sobrepasa el valor máximo de caida de presión establecido por la ASHRAE de (2.326, 0.934, 1.285) PSI, (Ver Tabla 5.20) respectivamente, por lo que decimos, las líneas están bien definidas.

TABLA NO 5.13

SOLICITANTES DE LA LINEA DE LIQUIDO

ITEM	NUMERAL SOLICITANTE		REQUERIMIENTO DE CARGA		
			KCAL/HR	BTU/Hr	TON
1	1	LSA-183428	31,802	126,254.0	10.52
2	2	LSA-183428	31,802	126,254.0	10.52
3	4	LSA-183428	31,802	126,254.0	10.52
4	7	LSN-063528	45,718	181,420.6	15.11
5	9	LSA-122314	6,908	27,412.7	2.28
6	11	LSA-122314	6,908	27,412.7	2.28
7	12	LSA-122314	6,908	27,412.7	2.28
8	14	LSA-122314	6,908	27,412.7	2.28

TABLA NO 5.14
LONGITUD DE LA LINEA DE LIQUIDO POR TRAMOS

ITEM	TRAMO	CAPACIDAD		DIAM.NON.		LONGITUD REAL (PIES)
		BTU/Hr	TON	PULG.	SCH.	
1	1-3	126,254.6	10.52	7/8	80	16.66
2	2-3	126,254.6	10.52	7/8	80	3.93
3	3-5	307,992	25.66	1 1/8	80	12.80
4	5-4	126,254.6	10.52	7/8	80	3.93
5	5-6	461,988	38.49	1 3/8	80	20.60
6	7-8	181,420	15.11	7/8	80	11.80
7	9-10	27,412.7	2.28	1/2	80	20.90
8	10-11	27,412.7	2.28	1/2	80	3.93
9	12-13	27,412.7	2.28	1/2	80	20.90
10	13-14	27,412.7	2.28	1/2	80	3.93
11	10-15	54,825.4	4.56	5/8	80	22.60
12	13-15	54,825.4	4.56	5/8	80	48.50
13	15-16	109,650.8	9.12	7/8	80	7.22

TABLA N^o 5.18

LONGITUD EQUIVALENTE DE LA LINEA DEL LIQUIDO

ITEM	TRAMO	Ø PULG	FILTRO	VAL. EST. TERM.	VAL. SOL.	VAL. CHEK.	TEE	CASO 90° ROSC. LR	CAMB. SECC.	PERD. TOTAL	LONG. REAL	LONG. EQUIV.
1	1-3	7/8	---	18	18	6	---	1.0	0.84	43.84	16.66	60.50
2	2-3	7/8	---	18	18	6	3.0	---	0.84	45.84	3.93	49.77
3	5-4	7/8	---	18	18	6	3.0	---	0.84	45.84	3.93	49.77
4	5-6	1 3/8	1.2	--	--	6	---	1.0	0.84	9.84	5.35	14.39
5	7-8	7/8	1.2	18	18	6	---	1.0	0.84	45.84	11.80	56.84
6	9-11	1/2	1.2	18	18	6	---	1.0	0.84	45.84	20.90	65.94
7	10-11	1/2	---	18	18	6	3.0	---	0.84	45.84	3.93	49.77
8	12-13	1/2	---	18	18	6	---	1.0	0.84	43.84	20.90	64.74
9	13-14	1/2	---	18	18	6	3.0	---	0.84	45.84	3.93	49.77
10	10-15	5/8	---	--	--	-	3.0	---	---	3.00	22.60	25.60
11	13-15	5/8	---	--	--	-	---	1.0	---	1.00	48.50	49.50
12	15-16	7/8	1.2	--	--	-	---	1.0	---	2.20	7.22	7.42

5.4.4 CALCULO DE LAS TUBERIAS DE LA LINEA DE SUCCION

Análogo a lo anterior tenemos; para las camaras tendremos las siguientes temperaturas de succion y su longitud reales. (Ver Tabla 5.21)

Estas temperaturas serán alcanzadas por los gases provenientes de los evaporadores, mediante una válvula de presión colocada a la salida de cada evaporador solicitante, determinados tentativamente el diámetro de las tuberías utilizando la columna "SUCTION LINES, $\Delta T = 1^\circ F$ ".

Para la sección de ha determinado de la tabla NO 5.20

La longitud equivalente por tramos expresada en pies de longitud, debida a la válvula, accesorios y cambios de sección se presenta en la Tabla NO 5.22.

Los valores de la caída de presión por tramos, se presentan en la Tabla NO 5.23.

Ejemplo: Tramo 1 - 3 :

$$\Delta T = 2 \times \frac{35.86}{100} \times \left(\frac{10.52}{24.7} \right)^{1.8}$$
$$\Delta T = 0.1500$$

Análogamente a lo anterior, la caída de presión de cada solicitante, será:

a) CAMARA DE ENFRIAMIENTO

Tramo 1 - 3 : 0.0635

Tramo 3 - 5 : 0.0416

Tramo 5 - 6 : 0.2136

TOTAL : 0.2187

b) TUNEL CONGELAMIENTO

Tramo 7 - 8 : 0.8354

TOTAL : 0.8354

c) CAMARA CONSERVACION

Tramo 12 - 13 : 0.1812

Tramo 13 - 15 : 0.2345

Tramo 15 - 16 : 0.1242

TOTAL: 0.5399

Igualmente desarrollado el circuito de cada solicitante a fin de evaluar la caída de presión de línea, observamos que ningún circuito sobrepasa el valor máximo establecido por la AHRAE de 2.326, 0.934 y 1.285 PSI (Ver Tabla 5.20) respectivamente; por lo que, decimos que está bien diseñado.

TABLA N° 5.21
SOLICITANTES DE LA LINEA DE SUCCION

TEMP. SUCCION	TRAMO	CAPACIDAD	DIAMETRO(pulg)	LONG. REAL(pies)
	1-3	12.83	2 1/8	16.66
	2-3	12.83	2 1/8	3.93
23°F	3-5	25.66	2 5/8	12.80
C.ENF.	5-4	12.83	2 1/8	3.93
	5-6	38.49	2 5/8	22.60
- 32°F	7-8	15.11	3 1/8	18.29
TUNEL CONG.				
CAMARA DE	9-10	2.28	1 3/8	20.98
CONSERVACION	10-11	2.28	1 3/8	3.93
	12-13	2.28	1 3/8	20.98
-14°F	13-14	2.28	1 3/8	3.93
	10-15	4.56	1 5/8	42.08
	13-15	4.56	1 5/8	42.08
	15-16	9.12	2 1/8	7.20

5.5 ACCESORIOS

Los accesorios serán seleccionados de entre los presentados al mercado; por lo que la sección presentada es sólo unas de las alternativas de control de la planta.

- Válvula Termostática de Expansión.

Los dispositivos de expansión son los componentes de todo sistema frigorífico, cumplen dos fines:

- 1.- Producir y mantener la diferencia de presiones entre el lado de baja y alta.
- 2.- Regular el flujo del refrigerante de acuerdo a las necesidades del evaporador conforme se necesita mayor o menor efecto refrigerante.

Las válvulas termostática de expansión, son válvulas que actúan por la combinación de tres efectos.

- Tensión de un resorte.
- Presión del evaporador.
- Presión de un fluido denominado fluido del indicador.

SELECCION DE LA VALVULA DE EXPANSION

a) CAMARA DE ENFRIAMIENTO

Datos:

CAPACIDAD = 10.52 TONS.

T_{evap} = 23 °F

T_{cond} = 105 °F

ΔP = 166.11 PSI

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.24. (ver Anexo).

interpolando tendremos:

NUMERO DEL CATALOGO	$T_{evap} = 23 \text{ } ^\circ\text{F}$					
	CAIDA DE PRESION (PSI)					
	75	100	125	150	175	200
TCL(E) 10HW	8.53	9.945	11.145	12.245	13.245	14.145
TCL(E) 12HW	10.445	12.045	13.460	14.760	15.960	17.060

Para una caída de presión de 166.11 PSI, seleccionaremos el Modelo: TCL(E) 10 HW/MARCA: ALCO.

b) TUNEL DE CONGELAMIENTO:

Datos:

CAPACIDAD = 15.1 TONS

$T_{evap} = -32 \text{ } ^\circ\text{F}$

$T_{cond} = 105 \text{ } ^\circ\text{F}$

$\Delta P = 208.83 \text{ PSI}$

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.24 (ver Anexo).

interpolando tendremos:

NUMERO DEL CATALOGO	$T_{evap} = -32 \text{ } ^\circ\text{F}$					
	CAIDA DE PRESION (PSI)					
	150	175	200	225	250	275
TER22 HW	12.26	13.26	14.14	15.00	15.86	16.64
TER26 HW	14.52	15.68	16.74	17.72	19.48	19.64

Seleccionaremos el Modelo: TER 26 HW MARCA:
ALCO.

c) CAMARA DE CONSERVACION:

Datos:

CAPACIDAD = 2.28 TONS

T_{evap} = -14 °F

T_{cond} = 105 °F

ΔP = 198.92 PSI

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.24 (ver Anexo)

interpolando tendremos:

NUMERO DEL CATALOGO	$T_{evap} = -14 \text{ } ^\circ\text{F}$					
	CAIDA DE PRESION (PSI)					
	125	150	175	200	225	250
AFA(E) 1/2HW	1.72	1.88	2.02	2.18	2.28	2.38
AFA(E) 3 HW	2.08	2.28	2.28	2.58	2.78	2.94

Seleccionaremos el Modelo: AFA (E) 3 HW MARCA:
ALCO

RESUMEN : VALVULA DE EXPANSION

MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD (TON)	UBICACION
TCL(E)10HW	3	10.52	CAMARA ENFRIAMIENTO
TER 26 HW	1	15.10	TUNEL CONGELAMIENTO
AFA(E)3HW	4	2.28	CAMARA CONSERVACION

- VALVULA SOLENOIDE.

Las funciones de una válvula solenoide son:

- Impedir que el refrigerante líquido inunde el evaporador durante el ciclo de "desconexión".
- Impedir la entrada de líquido refrigerante a una cámara fría que esté por debajo de la temperatura deseada, mientras otros compartimientos conectados a la misma unidad de condensación todavía necesiten refrigeración.

Son valvulas operadas ewlectricamente que tienen una bobina de cobre y un nucleo de hielo (llamado embolo)que se lleva al centro magnetico de la bobina cuando ests se magnetiza al circular la corriente electrica.

Si el émbolo se une a un vástago, el movimiento al magnetizar o desmagnetizar la bobina puede abrir o cerrar el paso de refrigerante.

SELECCION DE LA VALVULA SOLENOIDE

a) CAMARA DE ENFRIAMIENTO:

Datos:

CAPACIDAD = 10.52 TONS

T_{evap} = 23 °F

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.25, para la linea de líquido, tendremos el factor de corrección de:

$$F.C. = 0.932$$

Luego, la capacidad corregida será:

$$\text{Capacidad} = 10.52 \times 0.932$$

$$\text{Cap} = 9.8 \text{ TONS}$$

De la Tabla No. 5.26 (ver Anexo), seleccionamos:

Modelo: 905-15 / Marca ALCO.

RESUMEN : VALVULA DE SOLENOIDE

MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD (TON)	UBICACION
905 - 15	3	10.52	CAMARA ENFRIAMIENTO
905 - 18	1	15.10	TUNEL CONGELAMIENTO
905 - 13	4	2.28	CAMARA CONSERVACION

ACCESORIOS AUXILIARES, PUERTAS FRIGORIFICAS
CORTINAS DE AIRE.

Existen diversos equipos que contribuyen al conveniente funcionamiento de los sistemas de refrigeración tales como:

- a) Filtros secador.
- b) Visores o mirillas.
- c) Válvulas manuales.
- d) Acumulador de succión.
- e) Puertas frigoríficas.
- f) Cortinas de aire.

a) **FILTROS.**- Sirve para absorber la humedad en el refrigerante y para el filtrado al mismo tiempo.

El producto químico suele ser alumina activada, gel de sílice, tamices moleculares ó cuerpos capaces de absorber la humedad.

Los filtros pueden ser de malla de cobre, alambre, de bronce poroso o poronze; también pueden ser cartuchos ceramicos que tienen la cualidad adicional de retener ácidos.

SELECCION DE LOS FILTROS

- **CAMARA DE ENFRIAMIENTO:**

CAPACIDAD 30.1 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.27 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. STAS-9611 / Marca ALCO.

- TUNEL DE CONGELAMIENTO:

CAPACIDAD = 8.8 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.27 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. STAS-4811T / Marca ALCO.

- CAMARA DE CONSERVACION:

CAPACIDAD = 4.39 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.27 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. STAS-485T / Marca: ALCO.

RESUMEN : FILTROS

MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD (TON)	UBICACION
STAS-9611T	1	30.1	CAMARA ENFRIAMIENTO
STAS-4811T	1	15.1	TUNEL CONGELAMIENTO
STAS- 485T	1	8.8	CAMARA CONSERVACION

b) VISORES O MIRILLAS.- Está hecho de latón y contiene una mirilla de vidrio que permite observar el flujo de refrigerante. Cuando el sistema está cargado completamente y la planta está en marcha la mirilla está

"clara", pero si falta refrigerante se ven burbujas. La cantidad de estas indica hasta cierto punto una carga incompleta de refrigerante. Se ubica después del secador; pero si la tubería de líquido son largas, de 15 mts. ó más, es mejor situarla cerca de la válvula de expansión, porque si no se puede tener una falsa impresión de que no hay bastante refrigerante aunque el sistema esté cargado completamente.

SELECCION DE LOS VISORES

- CAMARA DE ENFRIAMIENTO:

CAPACIDAD 30.1 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.28 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. AM1-1SS7 / Marca ALCO.

- TUNEL DE CONGELAMIENTO:

CAPACIDAD - 15.1 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.28 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. AM1-1SS7 / Marca ALCO.

- CAMARA DE CONSERVACION:

CAPACIDAD - 8.8 TONS

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.28 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. AM1-1SS4 / Marca ALCO.

RESUMEN : VISORES

MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD (TON)	UBICACION
AM1-1SS7	1	30.1	CAMARA ENFRIAMIENTO
AM1-1SS7	1	15.1	TUNEL CONGELAMIENTO
AM1-1SS4	1	8.8	CAMARA CONSERVACION

c) **VALVULAS MANUALES.**- Son válvulas de cierre instaladas en un sistema y operadas a mano. Por medio de ellas puede aislarse o desviarse el flujo de refrigerante en la forma que se necesite.

d) **ACUMULADOR DE SUCCION.**- Se conecta antes del compresor, para evitar golpes provenientes del refrigerante, y así mantener el compresor.

SELECCION DE ACUMULADORES DE SUCCION

- **CAMARA DE ENFRIAMIENTO:**

CAPACIDAD = 30.1 TONS

$T_{evap} = 23 \text{ }^{\circ}\text{F}$

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.29 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. MN-3838 / Marca ALCO.

- TUNEL DE CONGELAMIENTO:

CAPACIDAD = 15.1 TONS

$T_{evap} = -32 \text{ } ^\circ\text{F}$

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.29 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. MN-3838 / Marca ALCO.

- CAMARA DE CONSERVACION:

CAPACIDAD = 8.80 TONS

$T_{evap} = -14 \text{ } ^\circ\text{F}$

Refrigerante= R-22

De la Tabla No. 5.29 (ver Anexo)

Seleccionamos:

Modelo No. MN-3810 / Marca ALCO.

RESUMEN : ACUMULADORES DE SUCCION

MODELO	CANTIDAD	CAPACIDAD (TON)	UBICACION
MN - 3838	1	30.10	CAMARA ENFRIAMIENTO
MN - 3838	1	15.10	TUNEL CONGELAMIENTO
MN - 3810	1	8.80	CAMARA CONSERVACION

e) **SELECCION DE PUERTAS FRIGORIFICAS.**- Las puertas frigoríficas que seleccionaremos son fabricadas por la firma ARCE REFRIGERACION S.A. 1C, los cuales tiene las siguientes características:

- a) Del tipo corredizas.
- b) De hojas de deslizamiento horizontal.
- c) Accionamiento automático.
- d) Control a distancia o desde el lugar.
- e) Las hojas de las puertas corredizas están construidas sobre la base de un panel estructural con aislamiento de espuma de poliuretano inyectado de 100 a 150 mm. de espesor.
- f) Los revestimientos de las hojas de acero inoxidable, aluminio o de fierro galvanizado.
- g) Los marcos son del mismo material de las hojas y también son aislados con poliuretano.
- h) Tiene suelos perimetrales de goma esponjosa, aptos para bajas temperaturas.
- i) Tiene un sistema de calefacción sobre el perímetro de los sellos de la puerta para evitar la condensación.
- j) Posee un desenganche mecánico, para apertura manual de la puerta en caso de falla.

Estas puertas son solicitadas al fabricante de acuerdo a la temperatura interior de la

camara. las dimensiones de la puerta serán de 2.00 m. de ancho x 2.50 m. de alta. (ver Anexo).

f) **SELECCION DE CORTINAS DE AIRE.**- Las cortinas tienen por finalidad lo siguiente:

a) Suministrar un flujo de aire que ingresa a la camara y/o tunel, con lo cual a la vez se reduce la carga de calor por cambio de aire.

b) No permiten el ingreso de insectos y suciedad.

c) Mantener la temperatura interior de la cámara constante y reducen la humedad.

d) Permiten eliminar el uso de cortinas de vaiven o flexibles.

Las cortinas de aires que seleccionaremos serán de la marca :ARS, utilizaremos para este efecto las tabla N^o 5.30 y N^o 5.31.

De acuerdo a los cuadros anteriores seleccionaremos los siguientes modelos para las cámaras y tunel, conociendo el ancho de 2.00 ancho y 2.50 alto. (ver Anexo).

Modelo: 6' 6" HV (C: enfriamiento)

Modelo: 6' 6" HV (tunel y cámara de conservación)

CAPITULO 6

MONTAJE Y PRUEBAS DE LOS SISTEMAS

CAPITULO 6

MONTAJE Y PRUEBAS DE LOS SISTEMAS

6.1 DISEÑO

La plantas frigorífica comprende varios consumidores de frío: cámaras, túnel, los cuales unidos a un sistema de refrigeración, estando instalados los equipos en una sala de máquinas.

El objeto de éste capítulo es dar las pautas necesarias para el diseño de estas instalaciones frigoríficas, por lo que a continuación nos referimos a ello.

6.1.1 SALA DE MAQUINAS

La sala de máquinas es el lugar donde se encuentran ubicados los siguientes equipos: compresor-motor, recibidores de líquido, separadores de aceite, sistema de lubricación, tableros de control y puesta en operación de los equipos.

6.1.2 CAMARAS FRIGORIFICAS Y TUNELES

En la técnica del frío se distinguen cámaras que se utilizan para almacenamiento a tiempo corto, otras para almacenamiento prolongado.

En el primer grupo se pueden citar: camaras frigoríficas para carnicerías, restaurantes, etc. Al segundo grupo pertenecen las camaras frigoríficas para mataderos, pescados y otras; que a veces sirven para el almacenamiento

prolongado de productos (carne congelada, productos congelados, helados, etc.).

Además, existe una serie de cámaras frigoríficas que sirven a fines muy especiales. A continuación damos una relación de cámaras según el uso:

- Cámaras frigoríficas para carne.
- Cámaras frigoríficas para pieles.
- Cámaras frigoríficas para aves y caza mayor.
- Cámaras frigoríficas para pescado.
- Cámaras frigoríficas para bebidas.
- Cámaras frigoríficas para frutas.
- Túneles de congelamiento.

El diseño de estas instalaciones exige, desde el principio una estrecha colaboración con las oficinas correspondientes: así como, con empresas especializadas de la industria aislante y el frío.

Evitar que las cámaras estén colocadas al lado de fuentes con elevada producción de calor (hornos, secadoras). Lo mismo es válido para los recintos con elevada humedad atmosférica relativa como lavaderos, fábrica de embutidos, etc. Sin embargo, si esto no se puede evitar, siempre existe la posibilidad de planear corredores intermedios y esdusas.

El diseño de cámaras frigoríficas comprende:

- a) Diseño de paredes.
- b) Diseño del piso.
- c) Diseño del techo.

6.1.2.1 DISEÑO DE PAREDES

Las paredes deberán ser terminadas en tarrajeo limpio y llano, sin rugosidades, será hecho con arena fina y cemento; antes de iniciar cualquier trabajo posterior, Las paredes deberán dejarse secar por lo menos 4 a 5 días.

Una vez secas, a las paredes se le aplicará dos capas de impregnación asfáltica, las capas de impregnación se aplicarán con diferencias de 24 horas.

Después de la segunda capa, se procederá a aplicar el aislamiento seleccionado (normalmente vienen en planchas rectangulares o cuadros), comenzando por la parte inferior. Las planchas se pegaran a las paredes mediante pegamento puro en un espesor promedio de 5mm. y solo en la superficie por pegar, no se juntarán los costados de las planchas, dejando una abertura entre ellas de más o menos 5 mm.

Terminada la aplicación o pegado de planchas se sellarán las juntas entre plancha y

plancha, tanto en sentido vertical como horizontal con pegamento puro. Una vez terminado este trabajo se procederá a impregnar el aislamiento con una mano de pegamento asfáltico.

Luego se aplicarán las capas de aislamiento necesarios hasta completar el espesor requerido del aislamiento. estas capas serán pegadas en forma similar a las anteriores, cuidando de que las costuras entre juntas anteriores sean cubiertas por una placa entera.

Una vez terminado el trabajo de aplicación de aislamiento en paredes, se pasara una mano de impregnación asfáltica; para luego a proceder a colocar el "Expanded metal". Este material se fijará al aislante con grampas galvanizadas en forma diagonal. Se recomienda utilizar de 10 a 12 grampas por cada tres pies de superficie.

Ya colocado el "Expanded metal" a las paredes, quedarán listas para proceder al tarrajeo, que será hecho con cemento y arena fina en proporciones adecuadas. El espesor de tarrajeo será de 2 a 3 cm. y se terminará al frotachar con cemento puro para impermeabilizarlo, o con "Sika" (compuesto impermeabilizador).

6.1.2.2 DISEÑO DEL TECHO

Se procederá a montar el encofrado más bajo, en la medida del espesor del aislamiento a utilizar.

Una vez armado el encofrado, se colocarán las planchas de aislamiento, se hallan las juntas y se impregnan con pegamento asfáltico.

posteriormente se procederá al armado de las estructuras y colocación de los ladrillos, haciendo las previsiones necesarias de anclajes y puntos de iluminación.

Previo al vaciado del concreto, se colocarán alambre y fierros 3/8" (alambre de construcción # 14 ó # 18) en forma de "U", que deben atravesar las planchas de aislamiento de tal manera que sobresalgan de la parte interior aproximadamente de 20 cm., estos alambres irán colgados de los fierros que se armen para conforman las viguetas del techo.

Los alambre así colocados, servirán para armar el "Expanden metal" que deberá colocarse una vez terminado el encofrado y antes del tarrajeo. Como también para sostener la línea de rieles. El tarrajeo final será igual que para las paredes.

6.1.2.3 DISEÑO DEL PISO

El diseño de piso de las cámaras comprende la ejecución de las siguientes partes:

- Aireación del piso (sólo para cámaras con temperaturas interiores bajo -15°C aprox.).

Barrera de vapor del piso.

- Aislamiento del piso.

- Impermeabilización del aislamiento.

- Loza de trabajo.

Aireación del Piso: Una cámara con temperatura inferior a 0°C , no puede ser colocada directamente sobre el piso, debido a que con el tiempo el piso también llega a 0°C , lo que ocasiona un congelamiento del agua de la tierra; el cual con el aumento del volumen puede llegar a destruir el piso de la cámara.

La solución para cámaras con temperaturas inferiores a -15°C , es utilizar pisos altos o emplear tubos ventilados.

Es posible también utilizar cables eléctricos calefactores los cuales deben ser instalados con cuidado; ya que, es muy difícil reemplazarlos.

En nuestro caso, la aireación del piso serán en las cámaras con temperaturas de -20°C y -30°C , colocaremos tubos ventiladores de 3" a 80 cm.

Barrera de Vapor: La impermeabilización del piso de las cámaras se efectúa para evitar que el aislante térmico se humedezca y aumente su conductividad térmica a razón de (1 a 2)% por cada 1% del aumento porcentual de la humedad en peso, provocando de esta manera, un aumento en la transmisión de calor. Además en el caso de cámaras que trabaje a temperaturas inferiores a °C, la impermeabilización evita la destrucción del aislante originado por el congelamiento del agua. La penetración en el aire es debido a:

- a) La mayor presión del vapor de agua del lado más caliente (parte exterior) que en la parte interna más fría, lo cual obliga al vapor del agua a penetrar en la cámara.
- b) Las características higroscópicas del material aislante.

La impermeabilización del piso de las cámaras frigoríficas se realiza colocando sobre el piso los siguientes materiales de acuerdo al orden establecido.

Dos capas de Asfamuls AR - AIS - BV.

Una capa de Asfalto líquido N° 200.

Dos capas de fieltro asfáltico N° 15.

Una capa de aislante líquido N° 200.

Para la aplicación de Asfamuls AR-AIS-BV, es necesario que la superficie del piso se encuentre limpia y libre de polvo a fin de que se forme la película que se requiere.

Al colocar el papel asfáltico Nº 15, se debe realizar con su traslape de 10 cm. Por lo menos entre paños y evitar que formen bolsas de aire que podría dar lugar a su rompimiento.

- Aislamiento del Piso.- El aislamiento de las cámaras y el túnel será de poliestireno expandido o teknoport. En la ejecución del piso, se debe verificar que el piso se encuentre limpio y esencialmente libre de grasas, aceites.

- Loza de trabajo.- Los pisos de las cámaras, ya sea de enfriamiento o las de congelamiento están expuestas a cargas de 2 tipos:

1) **Cargas estáticas**.- Se considera como cargas estáticas los productos almacenados, estanterías, etc.

2) **Cargas Dinámicas**.- Se considera como cargas dinámicas al peso de las montacargas, personas, etc.

Las carga son transmitidas a través del enlozado, sobre el aislante cuya resistencia a la compresión es a menudo medio.

El espesor de la loza debe ser entonces

suficiente para que la carga a nivel del aislante quede en los límites indicados por el fabricante, con mínimo de hundimiento.

El hundimiento momentáneo del aislante al paso de las ruedas; produce flexiones alternadas, lo que impone un doble armazón de fierro: debiendo ser el armazon de fierro interior. de sección mas gruesa debido a que trabaja más.

El espesor de la loza debe estar comprendido entre 12 a 15 cm.

Las frenadas y aceleraciones de las ruedas de los montacargas conllevan a erosiones en el piso por lo que es necesario proveer una capa de alta resistencia al deterioro; el cual puede ser un CHEMADURO (aditivo impermeable).

La diferencia de temperatura entre la puesta en obra y el funcionamiento normal de las camaras es del orden de + 60°C en las camaras de almacenamiento de congelado en climas tropicales (como en nuestro caso, con temperatura de 35°C).

A manera de ejemplo para un enlozado de cemento de 30 mts de largo; hay que proveer una contracción de $30,000 \times 60 \times 11 \times 10^{-6} = 20$ mm. de largo aproximadamente.

Por lo que es necesario la construcción de juntas de dilatación, las cuales deben ser

construidas fuera de las vias de circulación. La unión entre piso y paredes se hará en media caña.

El acabado del piso sera impermeable y antideslizante.

NOTA:

a) Las bases de todas las camaras del presente proyecto se ha diseñado a un nivel de 1.0 mts. sobre el nivel del piso de la planta frigorífica, esto se ha hecho para dar mayor facilidad a la carga y descarga de los productos del camión a la cámara de o viceversa.

b) Los cuartos de máquinas serán construidos con bastantes espacios para su ventilación y mantenimiento, estos irán ubicados en la posterior de cada cámara.

6.2 MONTAJE O INSTALACION

El objeto de este acápite es dar algunas pautas para el correcto montaje de equipos, tuberías y accesorios de una instalación frigorífica y por lo que a continuación indicaremos las siguientes recomendaciones:

6.2.1 INSTALACION DEL EQUIPO

A pesar de que parece haber muchas posibilidades al posicionar los mayores componentes del ciclo,

durante cualquier instalación, deben considerarse tres factores en la ubicación del equipo:

- 1) Cuando se instala equipo con condensación de aire, debe suministrarse amplio espacio para circulación de aire.
- 2) Los componentes mayores deben de instalarse de tal modo que pueda fácilmente dárseles mantenimiento.
- 3) Debe considerarse el aislamiento de la vibración, no sólo del equipo, sino también en relación a la tubería de interconexión.

Estos factores deben considerarse para asegurar una instalación satisfactoria con operación apropiada. Deben seguirse las consideraciones por el fabricante, en los referente a espacio.

6.2.1.1 INSTALACION DEL COMPRESOR

Para la instalación apropiada del compresor-tipo tornillo, deben seguir estas consideraciones:

1. Cimiento y Aparejo

El compresor sera nivelado con seguridad, anclado a su cimiento y encementado para asegurar la estabilidad del alineamiento del acople.

Será montado y asegurado a cualquier superficie nivelada y con suficiente rigidez; la cual, sea adecuada para soportar el peso

del compresor.

- Como el compresor es una máquina rotativa, relativamente libre de vibración; por lo que no tiene que ser montado en un cojinete o bloque de inercia.

- Chequear el espaciamiento de los pernos de anclaje de la cimentación con los espaciamientos de los agujeros del paquete.

2. Suministro de Agua de Enfriamiento.

La temperatura de agua de suministro de 30°C o menor es requerido.

La Fig. 6.1 y 6.2 muestran un arreglo típico de tuberías, con válvulas para agua y para ambos con un sistema simple enfriador de aceite y dos enfriadores de aceite.

La válvula reguladora de agua suministrada debería ser instalada en el lado de ingreso del enfriador con el bulbo sensor de temperatura insertado en el alojamiento en la salida del aceite del enfriador. El bulbo será cubierto con pasta de aluminio o grasa antes de insertarse, para una mejor transferencia en el bulbo y el aceite.

Las válvulas manuales de By-PASS, son recomendados para permitir el suministro de agua al enfriador; en caso, que la válvula reguladora quede inoperada. Una válvula solenoide de agua es también recomendado para

pasar el flujo de agua una vez que se apague el equipo.

El agua de suministro al enfriador debe ser tratada para minimizar la obstrucción; debido a la construcción, corrosión, suciedad, etc. La tubería de agua es diseñada para mantener una alta velocidad de agua de aproximadamente 3m/s. para minimizar la obstrucción.

6.2.1.2 FIJACION DEL EVAPORADOR

Se sujeta el evaporador en el techo, empleando los pernos de sujección; procurando que la distancia del techo al evaporador sea de 5 cm. como mínimo y mantenerse además, por lo menos 20 cms. separados de las paredes (desde el motor del ventilador); para los de circulación forzada.

La bandeja de desagüe se sujeta al evaporador ó al techo; y por medio de un tubo de goma o de plomo, o de plástico, deslizando el agua recogida hacia el desagüe que existe en el piso de la cámara o directamente al exterior.

- La distancia de la bandeja de desagüe, debe estar por lo menos a 5 cms. como mínimo. Pero generalmente viene dada por el fabricante.

6.2.2 INSTALACION DE TUBERIA

Una vez que se ubica el compresor y el evaporador se procede al tendido de las tuberías que los une y por lo que a continuación indicaremos las siguientes recomendaciones:

Para minimizar las líneas de tuberías, los refrigerantes y las caídas de presión: la línea de refrigerante debe ser tan corto y directo como sea posible.

Para ello es práctica aconsejable, trazar antes sobre la pared el recorrido de dichos tubos.

- Cuando la tubería debe atravesar piso, techos o paredes de la cámara, deben hacerse cubierto de casquillos de Fe galvanizado; que se colocarán en las aberturas y luego taparse con pasta aislante o brea.

La tubería debe estar fijada en la pared del techo por medio de grapas y tornillos, sobre tacos de madera ó de otro tipo. Los soportes deben estar lo bastante próximos para evitar se cuelgue entre ellos; y así minimizar la vibración.

- Dependiendo del tipo y tamaño de la tubería, las juntas pueden ser atornilladas con bridas, abocardadas, soldadas, etc.

Cuando las presiones de refrigerante son inferiores a 18 kg/cm² puede usarse juntas atornilladas en tamaños de tubos hasta 66mm.,

para presiones más altas, las juntas atornilladas se limitan a tubos de 32 m.m. y menores. Arriba de estos tamaños deberán usarse juntas con brida, del tipo de lengüeta o ranura.

Se recomienda usar nitrógeno para mantener limpio el interior del tubo, de la formación de óxido.

Solamente con tubos de diámetro interior hasta 80 mm. de diámetro y de espesor no más de 3.5 mm.

- El paso de los tubos de un diámetro a otro se realiza reduciendo el diámetro mayor al diámetro menor

No es permitido formar curvaturas de las tuberías hacia abajo en los tubos de succión.

En las tuberías de succión deben colocarse con una inclinación de 0.002 en dirección a los recipientes de drenaje y circulación y las descarga en dirección de los condensadores.

Las uniones de tuberías o elementos que contienen refrigerante que vayan a ir cubiertas o protegidas deberán ser expuestos para inspección visual y aprobados antes de cubrirlos o protegerlos.

- Los accesorios de conexión y piezas insertadas que se necesiten para montar los instrumentos y aparatos para automatización se instalarán al mismo tiempo que los equipos.

Las líneas de succión del sistema se deben de aislar para prevenir exsudación y ganancia de calor.

6.2.3 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para realizar la instalación de un equipo frigorífico el ingeniero en refrigeración necesita principalmente las siguientes herramientas:

- 1.- Cortador de tubos.
- 2.- Expansor o abocardador de tubos.
- 3.- Doblador o curvador de tubos.
- 4.- Juego de manómetros para alta y baja presión.
- 5.- Llave de boca, corona e inglesa para apretar o aflojar las piezas de unión y tuercas correspondientes.
- 6.- Llaves para vástagos de válvulas de servicio.
- 7.- Llaves para apretar los tornillos sujeta-poleas del motor.
- 8.- Lámparas para detectar fugas de refrigerante.
- 9.- Extractor de poleas.

6.2.4 INSTALACION ELECTRICA

Deben efectuarse siguiendo el diagrama de los circuitos proporcionados por lo fabricantes de la unidad de condensación y del evaporador. Se respetan los calibres recomendados por el código eléctrico del Perú. Debe asimismo efectuarse con

materiales y conductores protegidos y calibres adecuados.

6.3 PRUEBAS

Terminada ya la instalación y después de tener seguridad de que todas las conexiones han sido efectuadas correctamente, se realizarán las debidas operaciones de prueba antes de la puesta en marcha de la instalación, siguiendo el orden siguiente:

- 1.- Pruebas de fugas.
- 2.- Prueba de evaluación del sistema.
- 3.- Control de capacidad del sistema.
- 4.- Carga de aceite del sistema.
- 5.- Puesta en marcha.

6.3.1 PRUEBA DE FUGAS

6.3.1.1 DE LAS TUBERIAS

Las pruebas se efectuarán con nitrógeno, aire: considerándose este último.

Los parámetros de las pruebas, así como las indicaciones han sido de la "Reglamentación para instalaciones frigoríficas de URSS".

Al haber finalizado el montaje (o reparación general), pero antes de los trabajos de aislamiento de las tuberías y equipos: así como, antes de llenado del sistema en el refrigerante se realizan las pruebas neumáticas a la resistencia y hermeticidad de

las tuberías.

El sistema de tuberías serán aprobadas a las siguientes presiones:

A la Resistencia

La parte de compresión 18 kg/cm² (255 PSI)

La parte de succión 12 kg/cm² (170 PSI)

A la Hermeticidad

La parte de compresión 15 kg/cm² (213 PSI)

La parte de succión 10 kg/cm² (142 PSI)

Realizada la prueba a la resistencia, la presión de aire indicada se mantendrá durante 5 minutos y luego se bajará hasta la presión de hermeticidad, que se mantendrá durante 18 Hrs. como mínimo.

Durante la realización de las pruebas a la hermeticidad, las variaciones de presión se apuntarán cada hora.

En las primeras 6 horas la caída de presión no debe ser superior al 2% de la presión original. En las 12 horas siguientes la presión debe mantenerse constante.

En los equipos donde puede asentarse la humedad (condensadores, evaporadores) es necesario abrir de vez en cuando las salidas para el drenaje del agua acumulada cuando el sistema bajo de presión de aire, es necesario cubrir con una solución jabonosa las uniones soldadas acoplamientos, uniones: a fin de

localizar las posibles fugas.

Para inspeccionar los lugares de difícil acceso para observación se recomienda utilizar un espejo.

Para reparar las faltas de hermeticidad se bajará la presión totalmente.

Esta totalmente prohibido corregir las faltas de hermeticidad en el sistema cuando éste se encuentra bajo presión.

Al finalizar las pruebas neumáticas es necesario extraer el aire del sistema para realizar el secado del mismo. El sistema debe mantener a la presión de 40 mm. de Hg durante 18 Hrs. La presión del sistema se apuntará cada hora, la elevación de la presión no debe ser más del 50% de la presión original durante las primeras 6 Hrs., durante las siguientes 12 horas la presión de vacío debe mantenerse constante.

6.3.1.2 DEL COMPRESOR

Los componentes del compresor de refrigeración Sullair. todos han sido antes probadas a presión al dejar la fábrica; según el "Código de Seguridad para Refrigeración Mecánica"-ANSI-B9.1-1977.

La unidad compresora debería ser, chequeada en el sitio de trabajo para detectar fugas;

la cual puede estar presente debido a manipulación tosca durante el embalaje. Esta prueba sería hecha simultáneamente con la prueba de presión y chequear fuga del sistema.

IMPORTANTE:

Siempre que el compresor esté más frío que la temperatura de condensación, admitir sólo refrigerante de alta presión para llevar al compresor hasta la prueba de presión dada en la Tabla NQ 6.1 (ver Anexo), y luego cercar la válvula de entrada.

Esto minimizaría la cantidad de líquido condensado en el compresor, el cual podría dañar el compresor al arranque.

Antes que la prueba de presión del sistema, chequear que los elementos del separador de aceite estén instalados correctamente y que las empaquetaduras estén en correcta posición.

En la ausencia de un procedimiento de prueba establecido, la siguiente es una guía para una buena práctica.

1.- Abrir todas las válvulas interconectadas entre los lados de baja y alta presión. Abra la válvula solenoide, válvula reguladora de presión, válvula CHECK y otras válvulas de control por medio de sus vástagos de

levantamiento manual.

2.- Hacer la prueba de presión con sistema completo es con nitrógeno seco ó aire seco a la presión del lado de baja dada en la Tabla NO 6.2 (ver Anexo) o la puesta del dispositivo de presión de alivio que protege el lado de baja.

IMPORTANTE: Si usamos un compresor de aire, un poste enfriador debe ser usado para reducir el contenido de humedad.

3.- Descargar el sistema y reparar cualquier fuga.

4.- Hacer la prueba de presión al sistema completo a la presión del lado de baja, como en el paso 2; pero añadir 1% de refrigerante al sistema para ayudar a la detección de fugas.

5.- Si no se encuentran fugas, registrar la presión y la temperatura ambiente y mantener el sistema presurizado durante 12 horas (todas las noches). Anotar la presión del sistema y la temperatura ambiente después de 12 horas. Corregir la presión antes de la prueba de variación de temperatura (como la presión absoluta es proporcional a la temperatura absoluta); como el ejemplo.

Si la presión corregida antes de la prueba de temperatura no ha decrecido más que 0.5% de

la presión de prueba del sistema del lado de baja, puede ser considerado libre de fuga para propósitos de refrigeración.

Se asume que el aire del sistema está a la misma temperatura como la temperatura ambiente y que en la prueba, la mezcla aire y refrigeración es un gas perfecto.

6.- Aislar el lado de baja del lado de alta, cerrando todas las válvulas de interconexión.

7.- La prueba de presión de lado de alta del sistema es nitrogenado seco ó aire seco y 1% de la carga de refrigerante al sistema a la presión del lado de alta dado en la tabla NO 6.2, la puesta de dispositivo de presión de alivio para proteger el lado de alta.

8.- Descargar el lado de alta y preparar cualquier fuga.

9.- Hacer la prueba de presión al lado de alta a la presión dada en la Tabla NO 6.2.

10.- Si no se encuentra fuga, registrar la presión y temperatura ambiente y mantener presurizado el lado de alta del sistema por 12 horas. Anotar la presión del sistema y la temperatura ambiente después de 12 horas y si la presión no ha decrecido por más de 0.5% de la pre-prueba de temperatura, la presión recogida del lado de alta puede ser considerada libre de fuga para propósito de

refrigeración.

6.3.2 PRUEBA DE EVACUACION DEL SISTEMA

Toda humedad ó aire de un sistema se mezclará con el refrigerante y aceite para formar contaminantes orgánicos en forma de masa resinosa y serosa; la cual taponeará los filtros o coladores de aceite y dañará el compresor.

El sistema debe ser evacuado para quitar ambos. humedad y aire. Esta evacuación puede ser hecha con una bomba de vacío grande capaz de reducir la presión absoluta a 1.000 micrones (1000 mu. = 1 mm.) de mercurio o menos.

Como la presión interna es reducida, la temperatura a la cual el agua hierve (temperatura de saturación) es también reducida. Como la temperatura de ebullición del agua es bajada respecto a la temperatura ambiente externa, el calor es transferido dentro del sistema y vaporizará el agua, el cual es quitada por la bomba de vacío. Con temperaturas ambientes altas, la deshidratación ocurre más rápidamente. Ver tabla Nº 6.3.

No evaluar con aceite en el separador porque el aceite evita que toda humedad entrampada llegue a su punto de ebullición.

6.3.3 CONTROL DE CAPACIDAD DEL SISTEMA

El controlador de carga del compresor (TLC) suministra energía a las válvulas solenoides de carga (LSV) y válvula solenoide de descarga (USV) para controlar la posición de la válvula de ranura del compresor de pistón de doble acción. La señal de control puede ser suministrada por la temperatura, presión o la salida de la potencia del motor eléctrico. (Amp).

El TLC continuamente ajustará la posición de la válvula de ranura para proporcionar y balancear la capacidad del compresor con el sistema de carga, manteniendo establecer la unidad de operación.

CARGA DEL COMPRESOR: Por causa de la diferencia de presión del gas a través de la válvula de ranura (succión en una y descarga en el otro), hay una gran fuerza que vigila el cierre o carga del compresor.

Pero la adición de aceite a alta presión detrás del pistón, la válvula puede ser movido a cualquier posición deseada en la dirección de descarga. Pero purgando aceite del cilindro, la máquina puede ser cargada después que la fuerza del gas cierre la válvula.

El sistema de control de capacidad es una válvula piloto (5) para controlar el flujo de aceite para la posición de la válvula de ranura. Como la

válvula piloto es movido hacia adelante (Ver Fig. N^o 6.4) en la dirección de descarga al suministrar aceite a alta presión la abertura A, se abrirá, la cual permite al aceite forzar pistón y válvulas juntas en las misma dirección. Como la válvula piloto es movido en la cargada o dirección reversa: la purga, abertura B, permite al aceite purgar detrás del pistón; el cual carga el compresor, con la fuerza del gas mueve el pistón y válvula juntos a la posición de cargado. Después que la válvula de ranura sigue a la válvula piloto, la capacidad puede ser regulado, al posicionar la válvula piloto.

La válvula piloto es posicionado en una simple tuerca y tornillo de bola juntos (2 y 3), el cual es rotado por un pequeño motor con la válvula impulsora eléctrica montado sobre el extremo del cilindro hidráulico.(EVA).

Una señal eléctrica es obtenida por la presión de succión a otro sensor y trasladado a través del (EVA) del sistema en el sentido o contra sentido de rotación de un reloj, al tornillo de bola.

6.3.4 CARGA DE ACEITE

Antes de cargar todo el aceite: dentro del compresor de tornillo; el aceite especificado, es un aceite de refrigeración en bajo punto de fluidez teniendo una viscosidad de 300 SSU a

100°F (38°C); el cual es equivalente a 66 CS a 40°C. El aceite debe ser cambiado cada tres meses o 2.000 horas a menos que la calidad del aceite este certificada por un laboratorio de aceite calificado.

Suficiente aceite debe ser cargado dentro del reservorio del separador de aceite al establecer el nivel en la parte superior del mirador de vidrio: ello según cada modelo de compresor.

También inyectar un adicional de 2 gal (8 lts) de aceite dentro de la cubierta de aflojamiento del filtro para asegurara una adecuada lubricación durante el inicio del arranque.

Chequear que los rodamientos sean pre-lubricados, aflojando sus respectivos niples. Hacer un chequeo final inyectando aceite de apoyo y rotar el aumento de presión en el calibrador de presión de aceite.

El suministro de energia al panel del compresor, permite al aceite en el "reservorio de aceite" calentar la temperatura de operación y ayudar a facilitar un uniforme arranque. De la Tabla 6.4 (Ver Anexo).

CAPITULO 7

ANALISIS DE COSTOS

CAPITULO 7

ANALISIS DE COSTOS

7.1 COSTO DEL PROYECTO

En este proyecto se dan los costos de equipos y accesorios de refrigeración, la construcción civil de las cámaras y el aislamiento térmico.

A) Costo de equipos y accesorios de refrigeración

1) COMPRESORES

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
A12L200	1	38,940.00	38,940.00
A12L200	1	38,940.00	38,940.00
A12L200	1	38,940.00	38,940.00
SUB - TOTAL			155,760.00

2) UNIDAD DE CONDENSACION

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
DVS-100	1	40,100.00	40,110.00
DVS-055	1	32,292.00	32,292.00
DVS-030	1	30,015.00	30,015.00
SUB - TOTAL			102,417.00

3) EVAPORADOR

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
LSA-183428	3	17,650.00	52,950.00
LSA-063528	1	18,330.00	18,330.00
LSA-122314	4	16,280.00	65,120.00
SUB - TOTAL			136,400.00

4) VALVULA DE EXPANSION

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
TCL(E)10HW	3	220.00	660.00
TER 26 HW	1	396.00	396.00
AFA(E)3HW	4	135.59	542.36
SUB - TOTAL			1,598.36

5) ACCESORIOS

a) FILTRO SECADOR

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
STAS-9611T	1	212.96	212.96
STAS-4811T	1	144.03	144.03
STAS-485T	1	106.03	106.03
SUB - TOTAL			463.02

b) VISOR DE LIQUIDO

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
AM1-1SS7	1	302.00	302.00
AM1-1SS7	1	181.00	181.00
AM1-1SS4	1	181.00	181.00
SUB - TOTAL			664.00

c) VALVULA SOLENOIDE

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
905-15	3	144.00	432.00
905-18	1	212.00	212.00
905-13	4	105.00	420.00
SUB - TOTAL			1,064.00

d) ACUMULADOR DE SUCCION

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
MN-3838	1	396.24	396.24
MN-3836	1	198.10	198.10
MN-3825	1	106.98	106.98
SUB - TOTAL			701.32

e) CONTROL DE TEMPERATURA

Modelo No.	Cantidad	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
(-15 a 15)°C	2	230.00	460.00
(-40 a 15)°C	2	320.00	640.00
SUB - TOTAL			1,100.00

f) TUBERIAS DE COBRE TIPO L

Tipo L	Longitud mts	Precio Unit. S/. /m	Precio Total S/.
1/2"	15.14	4.00	60.56
5/8"	21.67	5.00	108.35
7/8"	13.27	11.50	152.61
1 1/8"	3.90	23.36	91.10
1 3/8"	21.46	24.50	525.77
1 5/8"	25.65	36.34	937.25
2 1/8"	9.67	62.54	604.76
2 5/8"	10.79	72.32	780.33
3 1/8"	5.57	92.54	515.45
SUB - TOTAL			3,776.18

g) PUERTAS FRIGORIFICAS

Cantidad	Dimensiones mts	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
1	2.00 x 2.50	10,400.00	10,400.00
1	2.00 x 2.50	10,400.00	10,400.00
2	2.00 x 2.50	10,400.00	20,800.00
SUB - TOTAL			41,600.00

h) CORTINAS DE AIRE

Cant.	Descripcion	Precio Unit. S/.	Precio Total S/.
4	Cortina de aire	3,500.00	14,000.00
SUB - TOTAL			14,000.00

i) REFRIGERANTE R-22

Cant.	Descripcion	Precio Unit. S/. /Kg	Precio Total S/.
50	Refrigerante R-22	13.80	665.00
SUB - TOTAL			665.00

B COSTO DE CONSTRUCCION CIVIL DE LAS CAMARAS Y AISLAMIENTO TERMICO

1. CONCRETO ARMADO

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
1.01	Columnas F'c=175 kg/cm ² , 5% desperdicio	m ³	6.15	258.28	1588.48
1.02	Encofrado y desencofrado	m ²	59.00	12.79	754.38
1.03	Acero Fy=4200 kg/cm ²	kg	1054.00	1.93	2037.25
1.04	Vigas F'c=210 kg/cm ²	m ³	5.24	258.28	1353.37
1.05	Vigas encofrado y desencofrado	m ²	83.64	11.46	958.67
1.06	Vigas acero Fy=4200 kg/cm ²	kg	792.00	1.96	1552.22
1.07	Losas aligeradas F'c=210 kg/cm ²	m ³	30.47	199.80	6087.76
1.08	Encofrado/densofrado cimentación	m ²	348.20	6.88	2394.76
1.09	Losas aligeradas acero Fy=4200 kg/cm ²	kg	1800.70	1.90	3413.37
1.10	Losas aligeradas ladrillo techo 15x30x30	und	2950.00	1.32	3882.85
SUB - TOTAL					24022.88

2. MAMPOSTERIA

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
2.01	Muro ladrillo KK sogá	m ²	558.00	17.60	9822.85
SUB - TOTAL					9822.85

3. AISLAMIENTO TERMICO

PARTIDA	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
3.01	Aislamiento térmico en piso (Tecn-5")	m ²	92.14	254.03	23406.65
3.02	Aislamiento térmico en piso (Tecn-8")	m ²	255.78	178.05	45540.48
3.03	Aislamiento térmico en pared (Tecn-4")	m ²	164.50	116.94	19236.96
3.04	Aislamiento térmico en pared (Tecn-7")	m ²	392.80	140.90	55346.31
3.05	Aislamiento térmico en techo (Tecn-4")	m ²	92.14	132.64	12221.82
3.06	Aislamiento térmico en techo (Tecn-7")	m ²	255.78	156.60	40056.17
SUB - TOTAL					195800.38

C. COSTO DE INSTALACION Y MONTAJE MECANICO

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
01	Compresores	U	03	1100.00	3300.00
02	Condensadores	U	03	800.00	2400.00
03	Evaporadores	U	08	500.00	4000.00
04	Accesorios	Lote	--	-----	1300.00
SUB - TOTAL					11000.00

D. SISTEMA DE RIELES (CAMARAS)

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
01	Canaleta ([]) 3 x 1 3/4 x 1/4	mt	196.5	43.56	8559.54
02	Roldanas	U	100	50.00	5000.00
03	Costo de fabricación y montaje	Lote	--	-----	2791.88
SUB - TOTAL					16751.42

E. COSTO DE PRUEBAS

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
01	Nitrógeno	m ³	6.00	15.00	90.00
02	R-22	Kg	13.30	50.00	665.00
03	Realización de pruebas	Día	03	180.00	540.00
SUB - TOTAL					1295.00

F. COSTO DE SUPERVISION

ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	UNITARIO	PARCIAL
01	Ingeniero Civil	Mes	03	850.00	2,550.00
02	Ingeniero Mecánico	Mes	03	850.00	2,550.00
SUB - TOTAL					5,100.00

CUADRO RESUMEN

ITEM	DESCRIPCION	SUB-TOTAL (S/.)
A	COSTO DE EQUIPOS Y ACCESORIOS	460,208.88
B	COSTO DE CONSTRUCCION CIVIL Y AISLAMIENTO TERMICO	229,654.11
C	COSTO DE INSTALACION Y MONTAJE MECANICO	11,000.00
D	SISTEMA DE RIELES	16,751.42
E	COSTO DE PRUEBAS	755.00
F	COSTO DE SUPERVISION	5,100.00
	TOTAL (S/.)	723,469.41
	DOLARES AMERICANOS	349,502.13

CONCLUSIONES

1. En cuanto a los cálculos, se han realizado contando con datos de los fabricantes de cámaras frigoríficas, fabricantes de equipos y organismos que rigen la refrigeración y aire acondicionado.
Así los aislantes que se han seleccionado son los que reúnen las mejores condiciones térmicas y económicas. Igualmente los equipos son los que actualmente existen en el mercado y cuyas características se adecúan para el proyecto realizado.
2. En este proyecto se tomó mucho énfasis, en la selección de compresores tipo tornillo-marcas SULLAIR: para lo cual los modelos seleccionados están sobredimensionados a la capacidad referida para cada cámara pero teniendo la ventaja que puedan trabajar a cargas parciales con buena eficiencia y en el futuro poder ampliar la planta, hasta cubrir la capacidad que tienen dichos compresores.
3. El proyecto de las cámaras frigoríficas daría más oportunidad de trabajo a la población en sus diferentes etapas de construcción, equipamiento y puesta en operatividad.
4. La ubicación de las cámaras frigoríficas se ha realizado considerando que estos se encuentran al final del proceso para su despacho de la res beneficiada y congelada.
5. ~~Contra la~~ formación de hielo bajo el piso de las cámaras de conservación de carne congelada y túnel de congelamiento se ha considerado tubos de ventilación.

6. La construcción de cámaras frigoríficas y túneles de congelamiento así como el montaje e instalación de los equipos, tuberías de refrigeración deben ser realizados por personal calificado.
Deben tener un programa de adiestramiento de personal de la zona para que se haga cargo de la operatividad y mantenimiento de las cámaras frigoríficas con sus respectivos equipos de refrigeración.

7. El sistema de descongelamiento que se emplea para eliminar la escarcha que se forma en el evaporador es mediante gas caliente que se logra mediante la inversión del sentido del flujo refrigerante.

BIBLIOGRAFIA

- (1) **Dossat J. Roy**
PRINCIPIOS DE REFRIGERACION
Editorial CONTINENTAL, S.A. Mexico
1,980.
- (2) **Rapin P. J.**
INSTALACIONES FRIGORIFICAS
Editorial BOXIAREU. Barcelona
1,979.
- (3) **Rudolf Plank**
EL EMPLEO DEL FRIO EN LA INDUSTRIA DE LA
ALIMENTACION
Editorial REVERTE S.A.
1,963.
- (4) **Daniel Collin**
LA CARNE Y EL FRIO
Editorial PARANINFO S.A.
1,977.
- (5) **Gordon J. Van Wylene y Richard E. Santay**
FUNDAMENTO DE TERMODINAMICA
Editorial LIMUSA S.A.
1,973
- (6) **Frank Kreith**
PRINCIPIOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR
Editorial HERRERA HERMANOS, SUCESTORES S.A.
1,970
- (7) **Carrier Air Conditioning Company System**
MANUAL DE REFRIGERACION
Editorial N.Y. - Mc Graw - Hill
1,965.
- (8) **T. Alarcon Creus**
TRATADO PRACTICO DE LA REFRIGERACION AUTOMATICA
Marcambo Boixareud Editores
1,978