



**ANTEPROYECTO DE UNA ESTACION  
DE RECIBO PARA ENFRIAMIENTO  
DE LECHE FRESCA**

**TESIS PROFESIONAL**  
**EDUARDO LANDA DE LA ROSA**  
**MEXICO, D. F. 1960**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA**

---

**FACULTAD DE QUIMICA BERZELIUS**

Incorporada a la U. N. A. M.



**ANTEPROYECTO DE UNA ESTACION DE RECIBO  
PARA ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA**

**T E S I S**

Que para obtener el título de:

**INGENIERO QUIMICO**

Presenta:

**EDUARDO LANDA DE LA ROSA**

A mis queridos padres  
con gratitud y cariño .

A Don Luis Verea  
con agradecimiento

A mis hermanos  
y  
familiares

A mis maestros, compañeros  
y amigos

A mi novia  
Srita. Rosa Ma. Perera

Al personal del  
Laboratorio de productos  
Nestlé (México, D. F.)

**RECONOCIMIENTO:**

QUIERO HACER PATENTE MI AGRADECIMIENTO  
AL PERSONAL TECNICO DE LA COMPAÑIA  
NESTLE Y MUY ESPECIALMENTE A SU GEREN-  
TE DE PRODUCCION SR. THOMAS BLOOMFIELD  
A CUYA GENTILEZA SE DEBE LA REALIZACION  
DE ESTE TRABAJO.

S U M A R I O :

- I.- INTRODUCCION.
- II.- GENERALIDADES.
- III.- ASPECTOS ECONOMICOS.
- IV.- ESTUDIO ALTERNATIVO TECNICO ECONOMICO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION Y SELECCION DEL MAS INDICADO.
- V.- ASPECTOS TECNICOS.
- VI.- CALCULO DE COSTOS.
- VII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- VIII.- BIBLIOGRAFIA.

# C A P I T U L O I.

## I N T R O D U C C I O N .

Indiscutiblemente puede decirse, que el desarrollo de la industria alimenticia en un País es una necesidad de primordial importancia, todavía más en aquellos países que como México, año tras año, aumentan su población a un ritmo acelerado. Este problema siempre ha preocupado a nuestro gobierno, el que para su resolución ha creado organizaciones tendientes a suministrar alimentos de primera necesidad al menor precio posible para la población humilde.

Como sabemos, entre los alimentos de primer orden se encuentra la leche, dotada por naturaleza con todas las propiedades necesarias para el desarrollo y crecimiento normal del individuo. Así pues, la industria lechera tiene una responsabilidad bien definida en el abastecimiento del mercado de consumo de la población, por los productos derivados de leche.

La industria de los derivados de leche data del siglo pasado, empezándose a desarrollar en Suiza, Holanda y Estados Unidos; siendo el primer País el que a través del tiempo ha venido investigando y desarrollando los mejores métodos de fabricación, que han sido introducidos en el mundo entero por la acreditada firma NESTLE.

Siendo la leche la materia prima fundamental en la elaboración de los productos lácteos, se tiene la necesidad de un suministro continuo, para lo cual es necesario proveer el establecimiento de estaciones de recepción cercanas a la planta, que hagan efectivo el abastecimiento de leche en función de las exigencias de capacidad de la fábrica.

Ahora bien, el gran incremento de consumo que se ha venido observando en los productos Nestlé y viéndose superada la capacidad de producción de las tres fábricas con que actualmente se cuenta, han obligado a la Compañía a recurrir a la ampliación de sus diferentes áreas de proceso dentro de las fábricas ya establecidas, pero también se ha visto la necesidad de proyectar una fábrica más, para así de esta manera abastecer la demanda de sus productos.



Antes de realizar el proyecto, como sabemos es necesario hacer un estudio económico exhaustivo; con objeto de localizar industrialmente la planta, pero en la industria de derivados de leche, además como una medida previsora primeramente conviene establecer un depósito de enfriamiento dentro del área elegida -- para la futura erección de la fábrica. Esto tiene por objeto evaluar exactamente las entradas de leche, ya que la capacidad de la planta será dependiente de la producción lechera, la cual en nuestro País es necesario incrementar y mejorar.

Por todo lo anteriormente dicho, en el presente trabajo se hará primeramente un estudio económico que abarque toda la Zona de la Huasteca Potosina, -- región que se ha encontrado preliminarmente adecuada para su explotación y seguidamente el anteproyecto de un depósito de enfriamiento, localizado industrialmente según factores económicos y que servirá de base para la realización de la nueva planta de derivados de leche.

Así bien, se sabe que por medio del control de la temperatura es posible regular la actividad de los microorganismos en la leche, lo que es muy necesario, ya que a bajas temperaturas se paraliza su acción y consecuentemente la fermentación; este control de temperaturas sólo es posible obtenerlo mediante la intervención planeada de la refrigeración.

Por tanto la refrigeración en la conservación y almacenamiento de la leche, es 100% necesaria.

GENERALIDADES.

A.- Propiedades de la leche.

- 1.- Físicas.
- 2.- Químicas.
- 3.- Organolépticas.

B.- Usos a los que está destinada.

C.- Sistemas de Refrigeración.

- 1.- Sistema de absorción.
- 2.- Sistema de compresión.
- 3.- Sistema de eyectores de vapor de agua.

D.- Refrigerantes.

## CAPITULO II .

### GENERALIDADES.

**DEFINICION:** La leche es el fluido opaco y blanquecino secretado por las glándulas mamarias de los mamíferos para la alimentación de sus hijos recién nacidos.

La complejidad de su composición y naturaleza, es resumida en el cuadro siguiente, el que presenta los constituyentes nutrientes y las sustancias accesorias contenidas en una leche normal.

#### CONSTITUYENTES DE LA LECHE.

- |                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| 1.- Agua.               | } | a).- Mezcla de glicéridos conteniendo cuando menos 11 ácidos grasos conocidos.  |
|                         |   | b).- Contiene vitamínico liposoluble.   |
| 2.- Grasa de leche.     | } | Vitamina A, provitamina A (caroteno)  |
|                         |   | Vitamina D, provitamina D (colesterol)  |
|                         |   | Vitamina E y los fosfolípidos lecitina y cefalina.  |
| 3.- Proteínas de leche. | } | Caséina. Estas son proteínas completas  |
|                         |   | Lactoalbúmina. conteniendo todas 20 o más --  |
|                         |   | Lactoglobulina. aminoácidos conocidos.  |
| 4.- Carbohidratos:      |   | Lactosa o azúcar de leche.  |
| 5.- Cenizas de leche:   |   | Constituidas principalmente por calcio, potasio y fósforo; en menor cantidad por cloro, sodio, magnesio, azufre y fierro; en pequeñas cantidades por zinc, yodo, cobre, selenio, fluor y manganeso; y trazas de aluminio, boro, litio, rubidio, estroncio, titanio y vanadio. |
| 6.- Pigmentos.          |   | Caroteno, xantofila y lactocromo.   |

- 7.- Enzimas: Amilasa, catalasa, diastasa, galactasa, lipasa, peroxidasa, fosfatasa y reductasa.
- 8.- Gases: Anhídrido carbónico, nitrógeno y oxígeno.
- 9.- Materis celular. Leucocitos y células epiteliales.

La composición cuantitativa de la leche de vaca, depende principalmente de la raza del ganado y del tipo de alimentación que este lleve. Sin embargo Farrington propone la siguiente composición, resultado de un promedio de --- 5552 análisis:

H 20	Sólidos Totales.	Grasa.	Proteínas totales.	Caseína.	Albúmina.	Lactosa.	Cenizas.
87.4%	12.60%	3.7%	3.2%	2.7%	0.5%	5.0%	0.7%

Propiedades Químicas: Las propiedades químicas de la leche debido a --- su composición y a las propiedades de los constituyentes individuales, son -- sin duda numerosas, pero la reacción química que más interesa para su aprovechamiento industrial en los procesos de deshidratación y evaporación, es su -- estado de acidez o alcalinidad.

La acidez en la leche es natural y desarrollada.

La primera es aquella que se presenta en la leche recién ordeñada debido a la caseína ácida, a los fosfatos ácidos, a los citratos y al CO<sub>2</sub> presente. Esta tiende a aumentar con los sólidos no grasas de la leche.

La acidez desarrollada es producida después que la leche es ordeñada y -- su causa es la fermentación provocada por el contenido de levaduras y bacte -- rias.

La acidez total será pues, la suma de las dos anteriores, la cual puede -- ser determinada por titulación con rosa en presencia de fenolftaleína.

El desarrollo de acidez en la leche provocado por el contenido bacteria -- no es un factor de suma importancia, ya que a mayor acidez es menor la estabi -- lidad de ésta a la temperatura. Así si una leche con una acidez titulable de -- 0.29% (como ácido láctico) es estable a 65°C. Con una acidez titulable de --- 0.56% la leche se coagula a temperatura ambiente.

El valor del p.H o concentración de ión hidrógeno, es otra medida de la -- acidez de la leche; sin embargo mientras la acidez titulable mide el volumen -- de acidez, el p.H. expresa la intensidad o fuerza de los ácidos presentes. En -- los ácidos orgánicos débiles tales como los de la leche, la concentración de -- ión hidrógeno, no es muy grande, siendo del orden de 6.6

## Propiedades Físicas.

Así como las químicas, las propiedades físicas de la leche, son dependientes de su composición y de las propiedades físicas de sus constituyentes individuales.

**Gravedad Específica:** Es obvio que esta es función del contenido en grasa y sólidos no grasos de la leche, aumentando cuando los sólidos no grasos aumentan y disminuyendo al incrementarse el contenido en grasa, pues este último constituyente es el único que tiene menor gravedad específica que el agua. A continuación se da una tabla que ilustra las gravedades específicas de los constituyentes de la leche.

Constituyentes de la Leche.	Gravedad Específica a 15°C Richmond
Grasa.	0.93
Sólidos no grasos.	1.616
Lactosa.	1.66
Proteínas.	1.35
Cenizas.	4.12

Existe pues, una relación entre el contenido de grasa y de sólidos no grasos con la gravedad específica de la leche. Esta relación se encuentra en la fórmula de Fleischmann.

$$STF = 1.2 F_p + 2,665 \frac{100 GF - 100}{G_p}$$

Siendo:

$ST_F$  = % sólidos totales en la leche fresca.

$F_p$  = % en grasa de leche fresca.

$GF$  = Peso específico.

La relación anterior es de suma importancia para la fabricación de productos lácteos, ya que del conocimiento de los 3 datos anteriores depende la estandarización de éstos.

**Calor Específico:** El calor específico de una sustancia depende de su naturaleza química y su estado físico. En los procesos de condensación y secado de leche que requieren calentamientos en un amplio rango de temperaturas, el calor específico es de importancia económica. Conociendo así la cantidad de calor que se requiere en la fabricación, sobre la base del peso y calor específico de los productos manejados.

El calor específico de la leche y derivados fué experimentalmente estudiado por Hammer y Johnson, quienes dan los resultados siguientes:

PRODUCTO.	CALORES específicos en			
	B. S. U. lb ° F			
	0°C	15°C	40°C	60°C
Leche entera.	0.920	0.938	0.930	0.918
Leche descremada.	0.940	0.943	0.952	0.963
Mantequilla.	0.512	0.527	0.556	0.580
Crema con 60% grasa.	0.560	1.053	0.721	0.737

Punto de ebullición: Es sabido, que la presencia de soluto aumenta el punto de ebullición de una solución. El punto de ebullición de la leche y derivados a diferentes presiones, fué estudiado por Munsiker y Messen. A presión atmosférica al nivel del mar, los resultados de los puntos de ebullición son como sigue:

PRODUCTO.	GRAVEDAD Específica a 15°C	Punto de ebullición.
Leche entera.	1.032	100.17° C
Leche condensada.	1.3085	103.2° C
Leche evaporada.	1.0913	100.5° C

Punto de Congelación: La presencia de sustancias disueltas, baja el punto de congelación de una solución. Las principales sustancias disueltas en la leche son el azúcar y las sales. Estas sustancias disueltas son mantenidas en equilibrio con las mismas en la sangre de la vaca y por tanto son los constituyentes mas constantes de la leche. Por tanto el punto de congelación de la leche es su propiedad física más constante. Así, determinaciones crioscópicas de la leche, constituyen centinelas para la detección de adulteraciones de la misma con agua.

El valor general aceptado para el punto de congelación promedio de leche normal es - 0.55°C con variaciones normales de - 0.53°C a - 0.57° C; observándose por regla general que por cada 0.01°C arriba de - 0.53°C, la leche es adulterada con un 2% de agua.

#### PROPIEDADES ORGANOLEPTICAS:

Color en la leche: El color en la leche fresca, es influenciado por varios constituyentes y reacciones. El color blanco es producido por la caseína dispersa. La opacidad es causada por las diminutas partículas de las suspensiones coloidales de caseína y por los glóbulos de grasa, los cuales obstruyen el paso de la luz y acentúan el color blanco. Otros colores aparte del blanqueci-

no, son producidos por la presencia de dos tipos separados de pigmentos, lactocromo y caroteno.

El lactocromo es soluble en agua y se encuentra en el suero de la leche y los carotenos pertenecen al grupo de las provitaminas A y se encuentran en las plantas junto con la clorofila. Ellos son solubles en la grasa. Los dos anteriores pigmentos comunican a la leche un color amarillento.

Sabor y olor en la Leche: Las más recientes investigaciones sobre sabor en la leche, han revelado que el gusto a cocido de leche calentada, es debido a la liberación de los sulfuros. En los procesos de fabricación de leches deshidratadas en que el calentamiento es imprescindible, se ha demostrado que, de la relación tiempo, temperatura, el primero es el que tiene mayor influencia en el sabor a cocido y obacurecimiento del producto terminado.

#### B.- USOS A LOS QUE ESTA DESTINADA:

La leche enfriada en la estación de recibo que previamente se construirá, antes de realizarse el proyecto de la Planta, se destinará a la Fábrica de Lagos de Moreno, pero una vez que se llegue a comprobar con certeza, que es conteable el establecimiento de la nueva unidad industrial, ésta sufrirá los diferentes procesos de deshidratación en el mismo lugar de almacenamiento al convertirse el depósito en planta.

Las principales leches estabilizadas que se fabricarán en dicha planta, serán: leche condensada azucarada, leche evaporada y leche entera en polvo. - Obteniéndose además, las especialidades dietéticas y los derivados como mantequilla y crema.

El trabajo en una Fábrica de leches conservadas, empieza con la recepción, el enfriamiento y la estandarización de la leche. Después sigue el precalentamiento y la evaporación al vacío, que es el proceso principal en la elaboración.

La leche concentrada mediante la evaporación al vacío puede tener cuatro destinos:

1o.- Puede ser empleada para la fabricación de leche azucarada. En este caso se inyecta mediante el vacío, la cantidad de jarabe de azúcar que corresponde a una cocción, o sea que tiene que ser aproximadamente al rededor de 16% de azúcar, en relación con la cantidad de leche empleada. La solución de azúcar es preparada en un recipiente especial y es filtrada antes de mezclarla con leche en un evaporador. Cuando se alcanza el contenido de sólidos totales deseado, la mezcla se lleva a un enfriador. El enfriamiento se controla de tal manera de provocar una cristalización de lactosa. Luego de esto, la leche azucarada está lista para su envase en latas.

2o.- Cuando se fabrica leche evaporada, el producto semievaporado se --

homogeniza, se enfría y estandariza y luego se envasa en latas, volviéndose a esterilizar ésta.

Je.- La leche neulevaporada, puede ser llevada a una cámara de pulverización para su desecación como leche en polvo entera o descremada por medio del sistema de pulverización Spray e Roller.

### C.- Sistemas de Refrigeración.

En el presente inciso, se describirán brevemente los ciclos de refrigeración, así como los refrigerantes más comunes.

Esto se hace con objeto de tener presente las condiciones bajo las cuales se efectúa el proceso y el equipo que requiere cada uno de ellos.

De esta manera tendremos la base para poder efectuar el estudio alternativo técnico económico, que nos es necesario en la elección del proceso más adecuado y del refrigerante más propio para el sistema elegido.

Definición de Refrigeración: Es la acción encaminada a sustraer calor de un medio determinado, teniendo como consecuencia la reducción de su temperatura.

La unidad para designar el calor removido es la tonelada de refrigeración que se define, como la cantidad de calor necesario para fundir una tonelada de 2000 lbs. de hielo de 0°C a agua de 0°C en un tiempo de 24 horas.

Añadiendo el calor de fusión del hielo es 144 Btu., una tonelada de refrigeración será igual a  $144 \times 2000 = 288000$  Btu. lbr.

Esta unidad (288000 Btu) es llamada una tonelada estándar de refrigeración por la A.S.M.E. y se acepta internacionalmente en la designación y cálculos de equipo.

Los principales sistemas de refrigeración, se agrupan en el cuadro siguiente:

SISTEMAS DE REFRIGERACION.	{	Refrigeración por compresión mecánica.	{	Expansión directa.
		Refrigeración por compresión térmica.		Expansión indirecta.
				Sistema de refrigeración por absorción.
				Sistema por eyectores de vapor de agua.

#### Sistema de Refrigeración por compresión mecánica.

El sistema de refrigeración por compresión mecánica con sus variantes, es el más usado industrialmente, debido a las ventajas que presenta.

Consta esencialmente de un compresor, un condensador, un receptor del líquido refrigerante, una válvula de expansión y un evaporador.

Además de equipo accesorio como un separador de aceite y un acumulador del líquido.

Todo este equipo desempeña una función importante y es necesario para cerrar el ciclo de refrigeración. ( Ver dibujo ).



La descripción del proceso es como sigue:

El líquido refrigerante, substancia activa del sistema, pasa a través -- de un circuito el cual es dividido en porción de alta presión y porción de baja presión. La presión es mantenida a diferentes niveles en las dos partes del sistema por la válvula de expansión en un punto y por el compresor en otro.

La función de la válvula de expansión, es admitir el líquido refrigerante de alta presión, para pasar a una velocidad controlada a la parte de baja presión del sistema. Algo de líquido se evapora en el momento que pasa por la ---- válvula de expansión, la cual es mantenida por la succión del compresor.

Cada libra de líquido refrigerante al pasar por los serpentines del ---- evaporador, absorbe su calor latente de vaporización, produciendo el enfria --- miento en el medio exterior que los rodea.

La función del compresor, es aumentar la presión del vapor refrigerante - y descargarlo en el condensador.

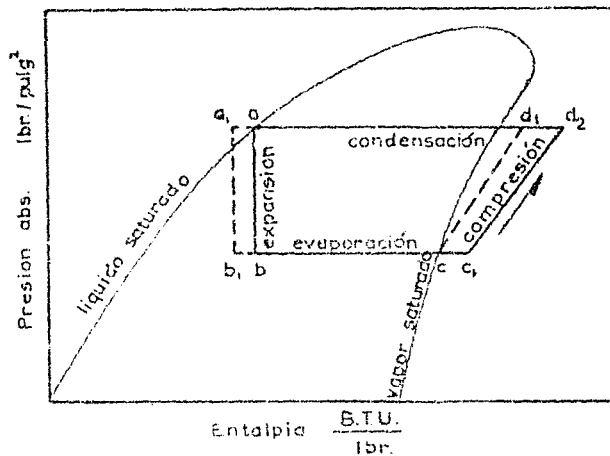
Al pasar a través del condensador, el refrigerante cede el calor de va - porización absorbido en el evaporador, además del calor equivalente al trabajo - que el compresor efectúa sobre él. Este calor es transferido a través de tubos - al aire o al agua, según sea el medio empleado para producir la licuefacción -- del refrigerante.

El refrigerante ya líquido y con alta presión vá al acumulador y de ahí a la válvula de expansión donde se completa el ciclo:

Concretando:

- 1.- Vapor de alta presión y temperatura sale del compresor.
- 2.- Pasa al condensador en donde por medio de aire de enfriamiento o agua, según el caso, se reduce su temperatura hasta el punto de licuefacción, en alta presión.
- 3.- El líquido refrigerante de alta presión, es almacenado temporalmente en el receptor, el cual no tiene ningún propósito termodinámico.
- 4.- Del receptor, el líquido es conducido al evaporador, pasando la vál - vula de expansión donde tiene lugar la reducción de presión, para au - mentar la capacidad de absorción de calor en el refrigerante.
- 5.- Al absorber su calor latente de vaporización, el líquido se vaporiza; - tiene lugar el efecto refrigerante; es succionado nuevamente ya en - forma de vapor por el compresor, repitiéndose nuevamente el ciclo.

Los diferentes procesos termodinámicos, que son comprendidos en el ciclo de refrigeración por compresión, son mostrados sobre el diagrama de presión - entalpia, con el fin de completar la idea.



Los procesos de condensación y evaporación ocurren ambos a presión constante y a temperatura constante. Líneas  $b - c - c_1$ ,  $d_2 - d_1 - a - a_1$

El proceso de compresión es isentrópico y variará según las condiciones del compresor y del grado de sobrecalentamiento con que el vapor refrigerante entra al compresor. La válvula de expansión es operada de tal forma que el vapor salga del evaporador con pocos grados de sobrecalentamiento,

El vapor comprimido siempre entra al condensador con considerable sobrecalentamiento y la condensación se completa en el punto "A"; pero el líquido debe ser subenfriado a una temperatura abajo de la de saturación como lo muestra el punto  $a_1$ .

La línea  $a - b$  corresponde a un proceso a entalpía constante durante el cual se efectúa el estrangulamiento del líquido por medio de la válvula de expansión, lográndose el descenso de presión.

Así tenemos que; en el ciclo de refrigeración por compresión, la evaporación tiene lugar en baja presión y baja temperatura. La condensación ocurre a temperatura y presión altas y energía debe ser suministrada de alguna fuente.

#### Expansión directa.

Este sistema de refrigeración obedece al mismo principio del ciclo de refrigeración descrito anteriormente, únicamente que se le denomina de expansión directa, porque el evaporador se coloca precisamente en el espacio a mediar por enfriar. ( Ver dibujo ).

#### Expansión indirecta.

Por lo contrario del anterior, en este sistema el evaporador es colocado en un recipiente donde existe otro refrigerante o salmuera. Este ya enfriado es bombeado al recinto o cámara que se pretende refrigerar, observiéndose el efecto apetecido. ( Ver dibujo ).

## Sistema de refrigeración por compresión

### Térmica:

Todos los ciclos de refrigeración por compresión mecánica considerados anteriormente, operan debido al suministro de energía en forma de trabajo mecánico. En ciertas circunstancias es económico y provechoso usar calor directo como energía operante en el sistema, por ejemplo en una planta cuando hay sobranes de vapor.

Entonces la diferencia que existe entre los sistemas de compresión mecánica y térmica, estriba en la forma de energía operante.

### Sistemas de absorción.

Los sistemas de refrigeración por absorción emplean una fuente calerífica con el objeto de llevar la presión de vapor del refrigerante que es alternadamente absorbido por, y liberado del absorbente.

Industrialmente existen 2 sistemas por absorción para grandes toneladas de refrigeración y son los siguientes:

- a - Sistema por absorción de amoníaco en agua.
- b - Sistema por absorción de agua en una sal de Bromuro de litio.

El primero es el más comunmente usado y consta de los siguientes elementos:

Una fuente de calor o generador, un condensador de agua, un recibidor - una válvula de expansión, un evaporador, un absorbedor y una bomba. ( Ver dibujos ).

El compresor del sistema de compresión mecánica es substituido por el absorbedor, una bomba y el generador.

El principio operante en este sistema es absorber el refrigerante después de dejar el evaporador, en una solución que está relativamente a baja presión y temperatura; bombear esta solución así formada a un generador a alta presión y destilar el refrigerante de la solución, por la aplicación de calor en el generador. De esta manera tendremos el refrigerante que en forma de vapor va a condensarse en el condensador.

La solución débil en refrigerante, retorna al absorbedor, mientras que el refrigerante en forma líquida irá al recibidor y de allí, nuevamente al evaporador, previo paso por la válvula de expansión.

La única energía mecánica es la requerida para operar la bomba, sin embargo como el fluido manejado es líquido, esta energía es muy pequeña comparada con la requerida en forma de calor, suministrada en el generador para la destilación del refrigerante.

Además del equipo principal tenemos como auxiliar el siguiente:

Un cambiador de calor, colocado entre el absorvedor y el generador con el fin de enfriar la solución débil que retorna al absorvedor y de calentar la solución fuerte que va al generador.

Un analizador y un rectificador que tienen como fin liberar al vapor de amoniaco producido en el generador, del vapor de agua que también se produce. El analizador está en contacto directo con el cambiador de calor y consiste de una serie de mamparas, montadas arriba del generador. La solución fuerte del absorvedor fluye hacia abajo a través de estas mamparas para producir un efecto de enfriamiento sobre los vapores salientes del generador.

En el rectificador o deshidratador se reduce finalmente el porcentaje de vapor de agua en el vapor de amoniaco. En un condensador de tubos de agua el cual condensa el vapor de agua que retorna al generador.

Sistema de refrigeración por absorción de agua en bromuro de litio:

Se basa en el mismo principio que el anterior, pero usa equipo más complicado y en la cámara de evaporación es necesario mantener un vacío.

Su principal aplicación es el enfriamiento de agua para acondicionamiento de aire, pues este sistema se limita a producir enfriamiento arriba de 4 a 5°C

Generalmente estos sistemas vienen compactados en una sola unidad que consta de un generador ( concentrador del bromuro de litio), un condensador, un evaporador donde se produce el enfriamiento y un absorvedor.

Sistema de refrigeración por eyectores de vapor de agua: (Ver dibujo).

Los equipos de refrigeración por el sistema de eyectores de vapor de agua usando agua como refrigerante, se basan en <sup>el</sup> principio siguiente:

El vapor de agua, al pasar por las boquillas de un primer eyector, adquiere gran velocidad y aspira el vapor y gases de una cámara de evaporación, produciendo en el interior de ésta, una presión muy baja. El agua caliente, retornando de un anillo de enfriamiento, es pulverizada en pequeñas gotas dentro de la cámara de evaporación y una pequeña porción de ella, usualmente menos del 1% convertida en vapor. El resto de agua se enfría, perdiendo una cantidad de calor sensible; igual al calor latente tomada por el vapor que es formado. Como resultado es posible enfriar agua a 5°C cuando se mantiene un vacío de -- 740 mms. de Hg. ( referidos a una presión barométrica de 760 mms) en el interior de la cámara de evaporación.

El vapor que pasa a través del primer eyector y el vapor tomado de la cámara de expansión o evaporador, son condensados en el primer condensador, en el cual el vacío también es mantenido. Para mantener una baja presión en el primer condensador, un segundo eyector de vapor se usa para remover el aire y

gases no condensables existentes dentro de él.

La presión de vapor de los syctores varía entre 12 a 15 lbs./in<sup>2</sup>

### REFRIGERANTES.

**Definición:** Los refrigerantes son compuestos químicos, cuyas propiedades físicas y químicas los hacen adecuados para producir un enfriamiento.

Entre los refrigerantes más comunes tenemos a los siguientes:

**Amoniaco.** Es el refrigerante de mayor uso, en estado natural es gaseoso; es soluble en agua, muy volátil a temperaturas ordinarias, inflamable a altas temperaturas.

A 87°C se descompone en sus elementos constituyentes, formando una mezcla explosiva de mayor violencia cuando existen gases de aceite.

**Freon 12:** El diclorodifluoroetano ( $\text{CCl}_2\text{F}_2$ ), es también muy usado. No es tóxico ni irritante ni tampoco inflamable.

Su punto de ebullición es - 27°C, lo que permite que se alcancen bajas temperaturas.

Es incoloro, inodoro y muy estable y en instalaciones pequeñas y medianas se le usa, dando resultados satisfactorios.

Existen además como refrigerantes, los derivados fluorinados, clorados del metano y del etano, siguientes:

**Freon 22:** Monocloro difluoroetano ( $\text{CHClF}_2$ ).

Puede ser usado en sistemas donde se pretendan alcanzar muy bajas temperaturas en el evaporador; requiriéndose vacío para ello.

**Freon 11:** Tricloromonofluorometano  $\text{CCl}_3\text{F}$ :

Se le llama también Cerrano 2. Requiere vacío en el evaporador para lograr bajas temperaturas. Es un refrigerante comúnmente usado en compresores centrífugos.

**Freon 21:** Dicloromonofluorometano  $\text{CHCl}_2\text{F}$ :

Se usa en compresores centrífugos y debido a que su temperatura de saturación a presión atmosférica es 9°C no requiere vacío en el evaporador.

**Freon 13:** Monoclorotrifluorometano,  $\text{CHClF}_3$ :

Fue desarrollado especialmente para uso en los sistemas que producen una temperatura de enfriamiento demasiado baja. No es explosivo y ha substituído al etano en este tipo de servicio.

**Freon 113:** Triclorotrifluoroetano  $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ :

Tiene un peso molecular muy alto, por lo que se le usa en los compresores centrífugos.

**Freon 114:** Diclorotetrafluoroetano  $\text{C}_2\text{Cl}_2\text{F}_4$ .

Su vapor tiene una resistencia dieléctrica que lo hace muy adecuado para

ser usado en unidades herméticamente selladas.

Cloruro de Metilo  $\text{CH}_3\text{Cl}$ :

Es un líquido incoloro, no irritable. Puede ser usado satisfactoriamente en compresores recíprocos e rotativos. Es muy inflamable y por esta razón ha venido siendo reemplazado por refrigerantes del grupo del Fraén.

Anhidrido sulfuroso  $\text{SO}_2$ :

Es un gas de olor característico, incoloro, irritante y tóxico. No es explosivo. Debido a su baja temperatura de ebullición de  $-10^\circ\text{C}$ , es necesario el uso de presiones mayores que la atmosférica, por lo que se recomienda su uso doméstico.

Anhidrido carbónico  $\text{CO}_2$ :

Es un gas en uso natural. No es inflamable, es inodoro por lo que no es posible detectar las fugas, las que se presentan con frecuencia. Se emplea generalmente en la manufactura de hielo seco ( $\text{CO}_2$  sólido).

Agua  $\text{H}_2\text{O}$ :

Debido a su calor latente de vaporización tan alto y a otras muchas propiedades, es un buen refrigerante. Sin embargo requiere un vacío perfecto en el evaporador, aún para una temperatura de ebullición de  $5^\circ\text{C}$  por lo que no se le usa en sistemas de compresión mecánica.

Salmueras:

Existen en el uso como refrigerantes, tres clases de salmueras, las cuales son:

Cloruro de calcio. ( $\text{Ca Cl}_2$ )

Cloruro de sodio. ( $\text{Na Cl}$ )

Cloruro de magnesio. ( $\text{Mg Cl}_2$ )

La más usada de las tres, es la de cloruro de calcio, en atención a que tiene un buen precio y su temperatura de congelación es de  $18^\circ\text{F}$ .

Una desventaja que presenta el uso de salmueras, es la corrosión, ocasionada con este trastorno en las tuberías y equipo.

ser usado en unidades herméticamente selladas.

Cloruro de Metilo  $\text{CH}_3\text{Cl}$ :

Es un líquido incoloro, no irritable. Puede ser usado satisfactoriamente en compresores recíprocos o rotativos. Es muy inflamable y por esta razón ha venido siendo reemplazado por refrigerantes del grupo del Freón.

Anhidrido sulfuroso  $\text{SO}_2$ :

Es un gas de olor característico, incoloro, irritante y tóxico. No es explosivo. Debido a su baja temperatura de ebullición de  $-10^\circ\text{C}$ , es necesario el uso de presiones menores que la atmosférica, por lo que se recomienda en usos domésticos.

Anhidrido carbónico  $\text{CO}_2$ :

Es un gas en odo. natural. No es inflamable, es inodoro por lo que no es posible detectar las fugas, las que se presentan con frecuencia. Se emplea generalmente en la manufactura de hielo seco ( $\text{CO}_2$  sólido).

Agua  $\text{H}_2\text{O}$ :

Debido a su calor latente de vaporización tan alto y a otras muchas propiedades, es un buen refrigerante. Sin embargo requiere un vacío perfecto en el evaporador, aún para una temperatura de ebullición de  $5^\circ\text{C}$  por lo que no se lo usa en sistemas de compresión mecánica.

Salmueras:

Existen en el uso como refrigerantes, tres clases de salmueras, las cuales son:

Cloruro de calcio. (  $\text{Ca Cl}_2$  )

Cloruro de sodio. (  $\text{Na Cl}$  )

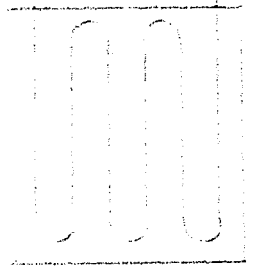
Cloruro de magnesio (  $\text{Mg Cl}_2$  )

La más usada de las tres, es la de cloruro de calcio, en atención a que tiene un buen precio y su temperatura de congelación es de  $18^\circ\text{F}$ .

Una desventaja que presenta el uso de salmueras, es la corrosión, ocasionando en este trastorno en las tuberías y equipo.

VALVULA DE EXPANSION

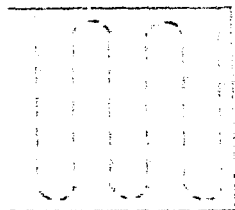
CAMARA DE ENFRIAMIENTO



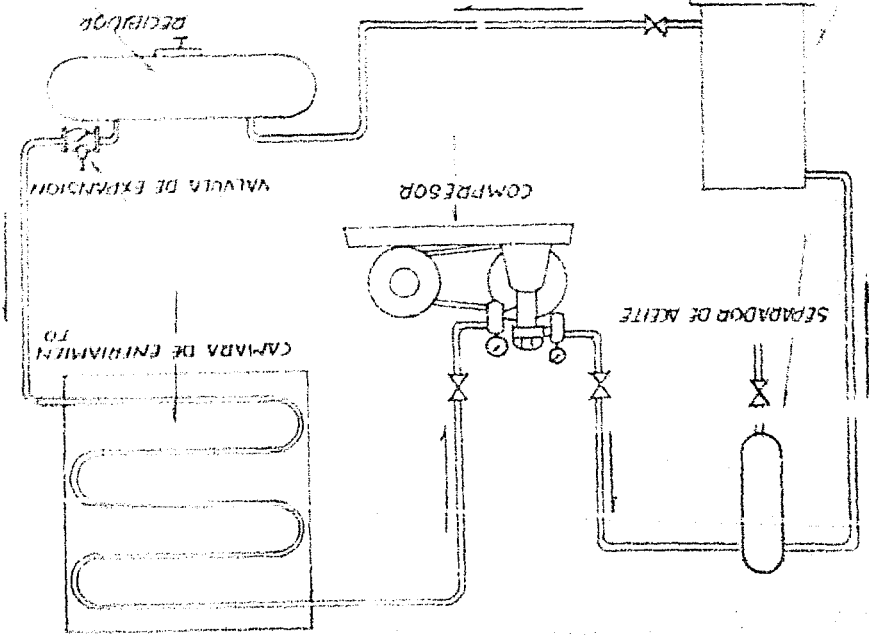
EXPANSION DIRECTA

CAMARA DE ENFRIAMIENTO

TUBO DE FICHERO Y SU VALVULA



EXPANSION INDIRECTA

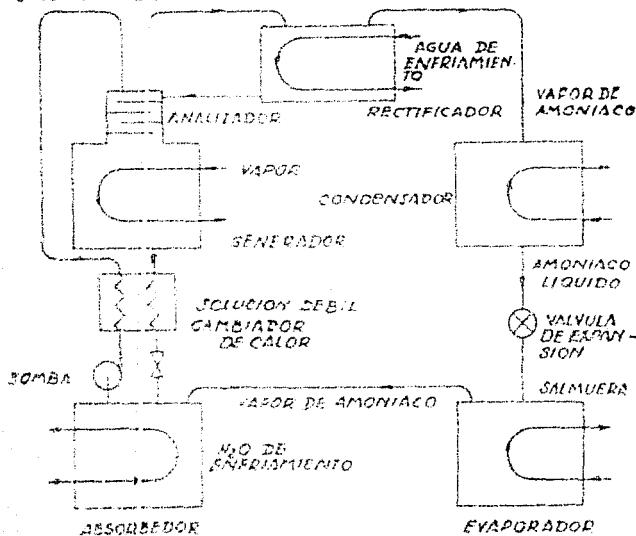


ELIJS PROFESIONAL  
E. LANDA DIE. 1

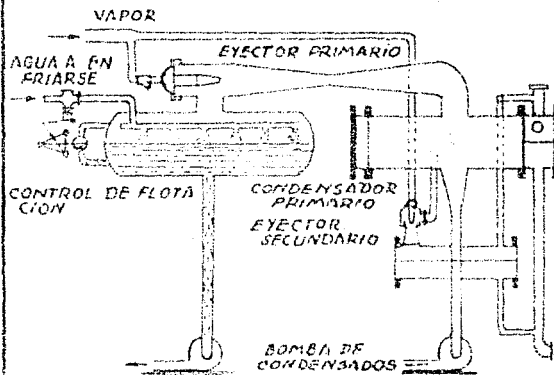
SISTEMA DE REFRIGERACION POR COMPRESION MECANICA



SOLUCION FUERTE



SISTEMA DE REFRIGERACION  
POR ABSORCION DE AMONIACO  
EN AGUA



H<sub>2</sub>O FRIA A 5 °C  
A SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

SISTEMA DE REFRIGERACION  
USANDO EYECTORES DE  
VAPOR

TESIS PROFESIONAL

E. LANZA DIB. 2

ASPECTOS ECONOMICOS.

- A.- Exportación e importación de leche y derivados desde 1953.
- B.- Producción de leche y derivados.
- C.- Situación de la industria en cuanto a su capacidad de producción, calidad de producción, y calidad de producto.
- D.- Localización industrial de la planta de acuerdo con los --- factores que la definen.
- E.- Capacidad de la planta.

A S P E C T O S E C O N O M I C O S .

El desarrollo de este capítulo tiene por objeto en su parte fundamental, hacer ver la importancia que tiene el desarrollo de la Industria Lechera en --- nuestro País.

Con tal fin, primeramente se hará mención a aquellos aspectos económicos que atañen a la Industria Lechera Nacional.

En segundo término, se expondrán los factores económicos de localización de la Planta y por último, se fijará la capacidad de ésta de acuerdo con la --- disponibilidad de materia prima.

A.- EXPORTACION E IMPORTACION DE LECHE Y DERIVADOS A PARTIR DE 1953.

Actualmente aunque han bajado las importaciones de leche y productos --- lácteos, debido al incremento en la producción, todavía éstas se realizan al --- amparo de las fracciones arancelarias y cuota de la vigente tarifa general de --- importación:

FRACCIONES.	TEXTO DE LA FRACCION.	C U O T A S :	
		ESPECIFICA.	AD. VALOREM.
0.30.00.00	Leche fresca.	\$ 0.10 Kg. B.	25%
0.30.00.02	Leche condensada.	\$ 0.10 Kg. B.	25%
0.30.00.03	Leche evaporada.	\$ 0.40 Kg. L.	25%
0.30.00.04	Leche en polvo o en pastilla.	\$ 0.40 Kg. L.	15%
0.30.01.00	Mantequilla natural.	--	--
0.30.01.01	Margarina y oleomargarina.	--	--
0.30.01.02	Crema de leche.	--	--
0.30.02.00	Queso de cualquier clase.	--	--

IMPORTACION DE LECHE Y DERIVADOS.

A N O S .	TONELADAS				MILLARES DE PESOS.	
	FRACCIONES.					
	0.30.00.00	0.30.00.02		0.30.00.03		
53	292	626	1.5	8.7	71.9	373.8
54	53	195	0.9	4.5	25.8	74.8
55	37	113	3.3	11.9	62.9	198.1
56	116	291	472	1587.2	1131.4	3712.9
57	90	262	2.6	13.5	40.4	115.8

58	51   156	0.3   1.2	51.2   162.7
59	69   188	0.1   0.7	58.4   185.3

LETS.	0.10.00.04		0.10.01.00+0.10.01.01+0.10.01.02+0.10.02.00	
53	8068.7	88780.2	791.9	6981.2
54	2883.6	11843.7	424.3	4341.4
55	2950.6	13221.7	318.5	4075.2
56	5912.8	22594.0	408.7	5170.3
57	6718.1	24284.5	456.1	5177.5
58	7744.5	22441.8	430.1	4931.0
59	9503.9	28617.1	352.3	4915.7

T O T A L E S : ( VER GRAFICA ).

53	9228.9	36689.9
54	3387.6	16458.4
55	3372.3	17619.9
56	8041.0	33363.4
57	7315.2	29053.3
58	8277.1	27693.9
59	9983.7	31706.8

La interpretación de la tendencia de la gráfica de importación, como puede observarse, muestra una pendiente más o menos pronunciada.

Esta pendiente es debida principalmente, a las grandes importaciones de leche en polvo, hechas por las plantas rehidratadoras, ya que las importaciones de leche fresca, leche condensada y leche evaporada han disminuido como lo demuestran los datos tabulados anteriormente.

El mercado de los productos de importación de competencia ha ido desapareciendo con el tiempo, debido a que la calidad de los nacionales ha igualado y en algunos superado a aquellos. Al mismo tiempo que el precio de venta es más bajo en los de carácter nacional.

IMPORTACION.		NACIONAL.	
KLIM - 1 lbr. -	\$ 14.00	NIDO - 1 lbr. -	\$ 8.45
BIOLAC "	\$ 16.55	S.M.A. "	\$ 15.60
VOKRA 28% grasa.	\$ 17.65	ALACTA "	\$ 15.55
VOKRA 12% "	\$ 12.95	EVAPORADA ALPINE	\$ 1.05
		EVAPORADA CLAVEL.	\$ 2.00
		CONDENSADA REGINA.	\$ 2.65

## EXPORTACION.

Las exportaciones de laticinios nacionales, se efectúan principalmente a Centro y Sud América, donde han encontrado buena aceptación.

La exportación se efectúa al amparo de la fracción 63.42 y el movimiento seguido se muestra en el cuadro siguiente:

<u>A Ñ O S.</u>	<u>TONELADAS.</u>	<u>MILLARES DE PESOS.</u>
53	2.4	13.6
54	3.1	17.8
55	2.6	14.7
56	1.8	10.9
57	2.4	14.7
58	3.4	19.6
59	4.2	21.8

Según los datos anteriores puede decirse que la exportación que hace México en laticinios es despreciable, comparada con la gran importación que es necesario efectuar, para abastecimiento del consumo nacional.

### B.- PRODUCCION DE LECHE Y DERIVADOS INDUSTRIALES.

Los datos de producción de leche en la república consignan:

1o.- Vacas Lecheras estabuladas: 926,428 con un promedio de 6.25 litros al día, o sea 5,790,175 litros en total por día.

2o.- Vacas de campo: 298,726 vacas de campo con un promedio de 2.5 lts./día, o sea 746,815 lts. en total por día.

O sea que la producción diaria de leche promedio será:

$$5,790,175 + 746,815 = 6,536,990 \frac{\text{lts.}}{\text{día.}}$$

De este total más o menos el 10% es recolectado por las diferentes industrias para la elaboración de sus productos.

Acercos de la producción de derivados de leche, únicamente se encuentran datos registrados en la Secretaría de Estadística, del año 55 al 58 y son los siguientes:

<u>LECHE CONDENSADA.</u>			<u>LECHE EVAPORADA.</u>		
<u>A Ñ O S.</u>	<u>TONELADAS.</u>	<u>MILLARES DE PESOS.</u>	<u>A Ñ O S.</u>	<u>TONELADAS.</u>	<u>MILLARES DE PESOS.</u>
55	7,776.6	39,162.1	55	9,984.3	38,311.9
56	9,437.3	49,910.9	56	11,682.3	47,527.9
57	10,291.5	58,896.5	57	13,426.5	56,155.1
58	11,963.8	71,325.4	58	15,621.4	65,229.6

LECHE EN POLVO.			O T R O S .		
AÑOS.	TONELADAS.	MILLARES DE PESOS.	AÑOS.	TONELADAS.	MILLARES DE PESOS.
55	3,344.6	48,697.2	55	--	49,960.3
56	4,307.4	66,245.3	56	--	55,866.8
57	5,097.6	81,165.7	57	--	78,040.9
58	6,211.9	101,795.1	58	--	92,727.2

C O N S U M O :- La estimativa con relación al consumo de leche fresca en toda la república, arroja 65.6 litros por cápita al año.

El consumo teórico (hipotético), tomando como base la dieta particular - de 1/2 litro, fijada por los nutriólogos alcanzaría en 1960 la cifra de:

34.295,658 habitantes X 0.5  $\frac{\text{litro}}{\text{habitante}}$  = 17.147,829 litro.

O sea que teóricamente existe un déficit de:

17.147,829 - 6.536,990 = 10.610,839 lts. diarios.

C.- SITUACION DE LA INDUSTRIA EN CUANTO A SU CAPACIDAD DE PRODUCCION, -- CALIDAD DE PRODUCCION Y CALIDAD DE PRODUCTO.

La industria de los derivados de leche, es de reciente creación en nuestro País y ha obsecido sin duda, a la demanda cada vez mayor de estos productos - en los centros urbanos e industriales más densamente poblados.

La producción vá en aumento, pero aún está muy lejos de ser suficiente --- para cubrir la demanda interior.

Factor determinante en el aumento de la producción, es la materia prima, - pues sin duda alguna depende fundamentalmente de la leche fresca que se pueda adquirir de los productores.

Hay que insistir como hecho de extrema significación, en que la producción de leche y laticinios que abastece el consumo de la República, para cubrir la demanda, es insuficiente. La capacidad de la producción de la Industria Leche ra en el país no ha crecido al mercado, sino que está todavía por debajo del mismo, como queda demostrado en el análisis de la capacidad de consumos.

Sería excelente constatar un paralelismo entre la producción y consumo.

Corroborar lo antes dicho el análisis de las importaciones.

Las empresas que actualmente manufactura productos lácteos en nuestro -- país, han recibido fuerte protección arancelaria, para evitar la importa --- ción. Así mismo las plantas rehidratadoras que consumen materia prima ( leche en polvo ), con características que no se elabora en el país, han gozado de - la misma conceción.

En cuanto a la calidad de producción, podemos decir, que se encuentra al mismo nivel que las industrias extranjeras ya que la maquinaria y equipo, son

en su mayoría modernos y apropiados para los procesos de fabricación más --- recientes.

La calidad de los productos es excelente, pues cabe decir que la producción se lleva bajo un control estricto, tanto bacteriológico como químico.

#### D.- LOCALIZACION INDUSTRIAL.

Como se dijo en la introducción, después de haberse efectuado, un estudio económico general, en toda la República, la región que ofrecía mayores posibilidades para el establecimiento de la nueva planta, era la perteneciente a la Huasteca Potocina.

Así que la revisión de las áreas de localización, se llevaron a efecto dentro de esta región.

Para tal fin, fué necesario efectuar una visita a toda la región escogiendo como centro de informaciones económicas, las entidades más populosas - en donde probablemente se podrían conjugar los factores necesarios para justificar la construcción de la planta.

Dichas entidades fueron en orden de importancia las siguientes:

- 1.- Ciudad Valles, S. L. P.
- 2.- Tempoal, Veracruz.
- 3.- San Vicente, S. L. P.

De cada uno de estos tres puntos se hicieron visitas a los ganaderos - con el objeto de promover una campaña de producción lechera, así como de estimar la capacidad potencial de esta producción.

Para facilitar el estudio agrológico ganadero de la región se le denominó a esta, distrito lechero de Valles, comprendiendo este distrito las Zonas de Valles, Tempoal y San Vicente ( Ver dibujo ).

Después de un recorrido por el distrito de Valles y de efectuar reconocimientos, las zonas más ricas en ganado, siendo además aptas desde el punto de vista agrícola para el desarrollo de la producción lechera son las siguientes:

#### ZONA I.- Valles:

Los terrenos que están alrededor no presentan posibilidades de acercamiento a la ciudad. Hacia el Oeste, a una distancia aproximada de 20 Kms., se encuentra una cadena de colinas y montañas, las comunicaciones son bloqueadas por el Rio Valles y por la ausencia de rutas. En el Noro Oeste la Ciudad de Valles se encuentra limitada por dos valles en los que se localizan los pueblos de Nuevo Morelos y Naranjos, pero también estos son aislados por el río.

Sobre las otras direcciones por el contrario, a partir de una distancia de 15 Kms. de la ciudad y para un sector de 180°, las posibilidades son muy buenas.

Al Este, después de 10 Kms. después de Tamuín, la ruta hacia Ebano, -- atraviesa una región demasiado rica en pasturas y en ganado, que se extiende sobre 40 Kms. de la ruta, e igualmente al Norte de Tamuín. Esta zona parece -- estar destinada para cría de ganado de engorda.

Al Sur y Sureste de Valles, a dos costados del río Tampaón, la región es demasiado interesante. Hasta una distancia de menos de 40 Kms. sobre el -- Sur, la agricultura es demasiado desarrollada, y son suficientes los caminos y rutas. Sobre los dos costados de los ríos Tampaón y Coy se nota mucho ganado.

Si la planta se construyera en Ciudad Valles, la leche producida, sobre la zona antes dicha, debe ser evaluada sobre la superficie de 145,000 hectáreas, para ser entregada directamente de los camiones a la fábrica.

Al Suroeste, a partir de 50 Kms. de Valles es diferente, ya que en dirección de Tamasuchale, la zona no presenta interés por ser demasiado montañosa, existiendo cultivos de café.

#### ZONA II.- TEMPOAL, VERACRUZ:

El Norte de Tempoal no ofrecería muchas posibilidades de recolección -- por estar próxima la Ciudad de Pánuco, que a su vez es cercana a Tampico, -- donde se encontrarían competencia debido al consumo.

Por otra parte toda la zona del Este y en parte del Oeste hasta el río Tempoal, de la ruta. El Higo - Tempoal - Tautoyuca hasta 20 Kms. al sur de --- Tautoyuca, es demasiado buena. A 15 Kms. más o menos del sur de El Higo se -- nota una agricultura demasiado desarrollada, muchos establos y buenas pasturas.

La más grande cantidad de ganado, se encuentra al Este de la ruta entre El Higo y Tempoal. La superficie de la Zona que interesa es la del río Tempoal y es aproximadamente de 140,000 hectáreas.

Esta zona presenta el peligro de inundaciones, sobre todo en los territorios al Este de El Higo y los alrededores de Tempoal.

Es evidente que se podría construir en este municipio un depósito de -- enfriamiento para transportar la leche refrigerada a Ciudad Valles.

#### ZONA III.- SAN VICENTE:

Esta zona comprende los alrededores de la ruta desde Tampamolón a San Vicente. Aquí es susceptible de producirse mucha leche, las pasturas y ganado son abundantes y muchos los pequeños granjeros.



Se estima esta zona en 50,000 hectáreas y a los dos costados de la ruta San Vicente Tamuín, existen espesuras, capaces de producir pastos y potreros de reciente construcción.

El único inconveniente presentado por esta Zona, son las inundaciones, por tanto considerando la fábrica en Ciudad Valles, deberá preverse un centro de refrigeración en San Vicente y no mandar la leche a la Fábrica directamente.

Por tanto según las explicaciones someras del Distrito de Valles en cuanto a la potencialidad de producción, caminos e interconexiones y brechas, es posible localizar la planta en Cd. Valles, estableciéndose también dos centros de refrigeración en Tempoal y en San Vicente respectivamente.

Habiendo hecho mención a los factores económicos principales que determinan la posición de una planta de laticinios; toca ahora pues, discutir los factores accesorios correspondientes a toda unidad industrial.

#### Ciudad Valles:

Agua Potable. Existen actualmente galerías filtrantes en mantos acuiferos en las márgenes del río Valles. Hay varios mantos de esta calidad, de los cuales el mayor está destinado para el abastecimiento de agua potable a Cd. Valles, debiendo tener una capacidad de 100 lts./seg.

Los otros mantos tienen una capacidad de 40 lts./seg.

No existen actualmente datos acerca de investigaciones en el subsuelo para encontrar mantos acuíferos que pudieran ser explotados mediante pozos profundos, siendo todas las captaciones del tipo de norias.

Energía.- Atendiendo a la demanda de energía eléctrica de la Zona de las Huastecas, la Comisión Federal de Electricidad conjuntamente con la Secretaría de Recursos Hidráulicos, han iniciado la construcción de las plantas hidroeléctricas del "Salto" con una capacidad de 15,000 Kw. y la del "Meco" con una capacidad de 12,000kw. Además atendiendo al control de avenidas, la presa de Fujal en construcción también, controlará el 60% de escurrimiento del río Tampacán, el cual es el más caudaloso y el que hasta ahora ha provocado las mayores crecientes de todos los afluentes del Pánuco. Con la construcción de esta presa, será factible la instalación de una planta hidroeléctrica al pie de la cortina, con una capacidad aproximada de 32,000 Kw.

Por tanto la electrificación de Valles será constante y suficiente para el gasto de energía eléctrica que pueda demandar cualquier industria.

Comunicaciones:- Cd. Valles es punto de reunión entre las carreteras México-Laredo, Tampico- San Luis Potosí. Además existe la vía férrea entre

México y Tampico.

Drenajes:- De acuerdo con las autoridades municipales y con la Secretaría de Recursos Hidráulicos, es posible llevar los desagües industriales -- hasta el río Valles y usar las aguas de éste, para fines industriales. El -- aforo normal del río Valles es de  $6.5 \frac{m^3}{seg.}$  sin precipitación de aguas -- cas.

Clima .- Los datos climatológicos fueron tomados de la estación -- del Servicio Meteorológico Mexicano en Ciudad Valles.

Estación:	Ciudad Valles, S. L. P.
Localización:	Lat. 21°59'; Long. 99°01'
Altura sobre el nivel del mar:	765 m.
Evaporación anual:	2391 mm.
Temperatura seca:	25.2°C (promedio anual)
Precipitación Pluvial:	991 mm. (promedio).

Terrenos:- La configuración geológica del subsuelo en la región de Va -- lles, está formada por 6 capas que son las siguientes:

- 1.- Roca caliza.
- 2.- Migaja Arcilloso.
- 3.- Migajón
- 4.- Conglomerado calcáreo.
- 5.- Choy.-
- 6.- Arcilla.

El terreno es muy duro y difícil de perforar.

Por lo que toca a considerar la posibilidad de construir la planta en -- Tempoal, se resumen brevemente los factores de más importancia:

Tempoal :- Tiene 10,000 habitantes y está situada sobre la Ca -- rretera Tampico-Tuxpan a la altura del kilómetro 160 de Tampico.

Esta población tiene como única vía de comunicación la carretera Tampico- -- Tuxpan, carece de vía de ferrocarril, carece de servicio de agua potable y dre -- naje. El agua es bombeada del río Tempoal que queda a las orillas de la pobla -- ción.

No existen mantos acuíferos de importancia. Tiene servicio de alumbrado -- de 10 meses a la fecha, viniendo la corriente desde la Ciudad de Pánuco.

El principal y por decirlo así, único factor favorable es que Tempoal, -- es el centro de la zona ganadera de la Huasteca Veracruzana.

Conclusión:- Por todo lo anteriormente dicho, la solución -- más favorable para la explotación de las zonas ganaderas de las Huastecas Poto -- sina y Veracruzana sería:

Inicialmente: establecer 2 centros de refrigeración uno en Ciudad Va -- lles y el otro en Tempoal.

Esto tendrá por fin, desarrollar la capacidad de los distritos leche -- ros, estableciendo servicios de agricultura y efectuar una campaña para cambiar

ganado de carne a ganado de producción. Se levantarían también censos exactos de los agricultores y ganaderos tomando en consideración la extensión de sus terrenos. En fin, en un lapso de tiempo de más o menos un año, se lograría dar entrada a la cantidad de leche necesaria que justifique la inversión en la nueva planta; obteniéndose el equilibrio en la curva de capacidades.

La leche recolectada en un principio por Valles, sería enviada a la fábrica de Lagos de Moreno, Jal., distante a la primera por 535 Kms.

En cambio la de Tempal a la fábrica de Coatepec a 592 Kms. de distancia.

Estos envíos se harían en camiones con tanques pipa, recubiertos con material aislante térmico, para conservar la leche refrigerada.

Una vez desarrollados los distritos lecheros, la planta de refrigeración de Ciudad Valles pasaría a ser el block de enfriamiento en la nueva fábrica de proceso y el depósito de Tempal suministraría materia prima a Valles.

#### B.- CAPACIDAD DE LA PLANTA.

La capacidad de la planta es dependiente exclusivamente de la leche que puede recolectarse.

Los otros factores para estimar la capacidad tienen una importancia secundaria, ya que como quedó demostrado en el análisis de consumos y en el registro de importaciones, es necesario desarrollar la industria lechera en nuestro País.

Como origen de las cuantías lecheras para la planta de Ciudad Valles:

#### Zona de Temal al

Hacia el Sur: Tontoyuca - Ilut - Sánchez a 40 Kms.	4,000 Lts.
" " Orizaba - Amacagó - Omitlán a 45 "	3,000 "
" " Orientes a 43 "	1,000 "
" " Norte a 46 "	2,000 "
Alrededores : Tempal.	7,000 "
Hacia Huauco a 58 "	3,000 "

---

20,000 Lts.

Hacia el Poniente: Tampanolón - Tanquián - San Vicente vía El Higo a 130 Kms. 12,000 Lts.

De la región de Valles - Tamuín Vía Pañuco, Veracruz a 190 " 6,000 "

---

18,000 Lts.

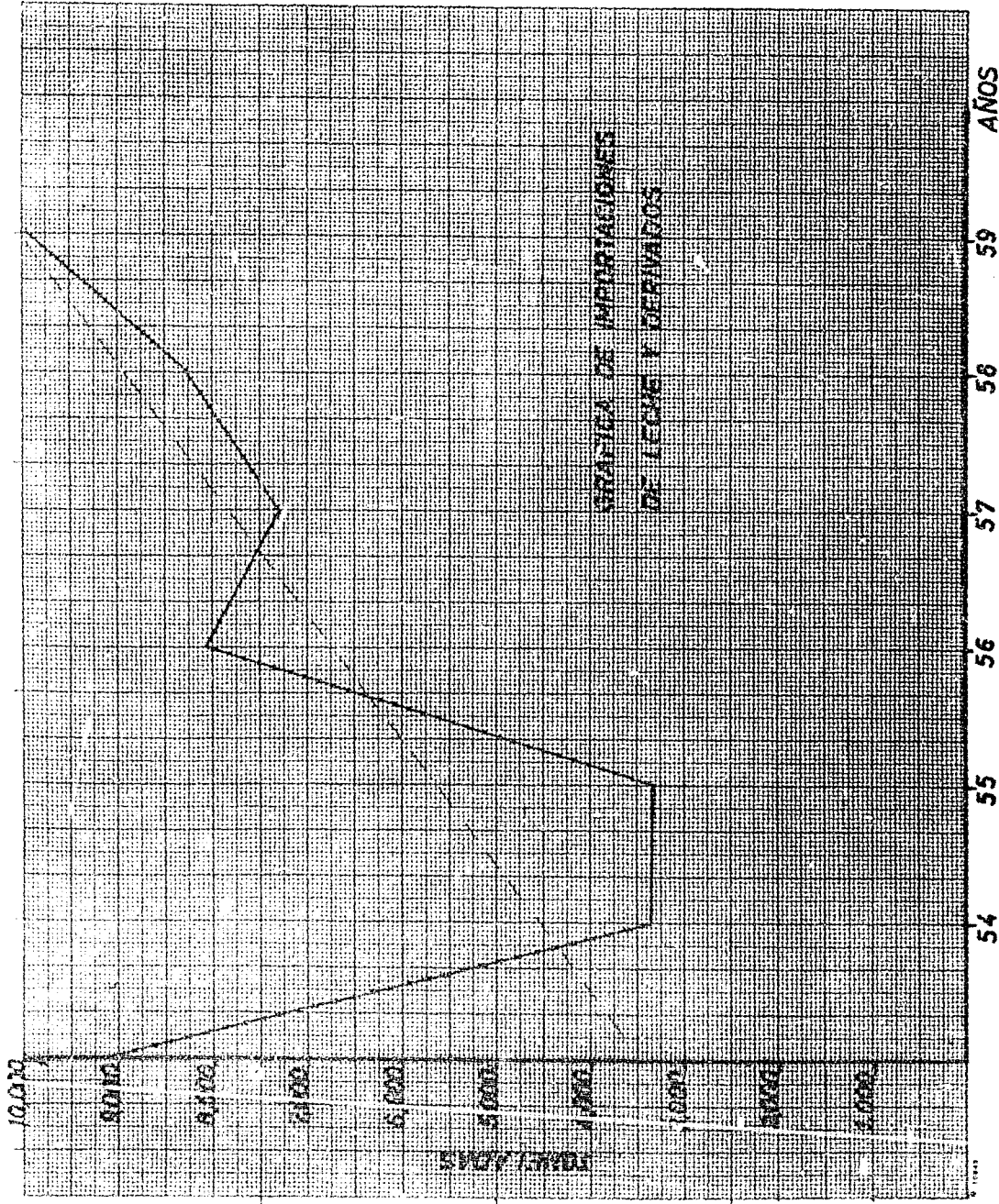
El total de leche que se puede recolectar diariamente al inicio, será entonces:  $20,000 + 18,000 = 38,000$  litros diarios.

Se tendrán que recorrer para esta recolección 675 kms. diarios, requiriéndose para la transportación de la leche, 10 camiones en un viaje por día.

Por tanto conviene proyectar la estación de refrigeración para una capacidad de enfriamiento de 10,000 litros por hora por las razones siguientes:

- 1o.- Prever un rápido desarrollo de las cuencas lecheras.
- 2o.- Trabajar diariamente a una capacidad desahogada.
- 3o.- Dar facilidad durante el día a las labores de mantenimiento del equipo.
- 4o.- Procurar un rápido enfriamiento en la leche, con el fin de evitar sorpresas desagradables, tales como separación del suero, provocadas por el desarrollo de acidez, que es favorecido por la temperatura.





## CAPITULO IV.

### ESTUDIO ALTERNATIVO TECNICO ECONOMICO DE LOS SISTEMAS DE REFRIGERACION Y SELECCION DEL MAS INDICADO.

Descritos anteriormente los diversos sistemas de refrigeración y habiendo citado los refrigerantes más comunes, es necesario presentar un breve estudio técnico económico, que conduzca a la elección del ciclo más indicado, del equipo más económico a usarse en el sistema y del refrigerante más apropiado.

#### Mejor ciclo de Refrigeración.

El mejor ciclo de refrigeración para dadas condiciones especiales, deberá reunir las siguientes características.

- 1a.- Ser el más eficiente.
- 2a.- Demandar menores requerimientos (Combustible, - agua, refrigerante, potencia) para completar el ciclo.
- 3a.- Dependiente de la anterior menores costos en la inversión y en la operación.

#### Análisis de las características anteriores:

1a.- Como sabemos, el ciclo reversible más eficiente para producir trabajo a partir de calor es el ciclo ideal de Carnot.

Por tanto, si se comparan los refrigerantes sobre una misma base. Es decir sus eficiencias con la ideal en el ciclo de Carnot, podremos conocer cuáles son los refrigerantes más convenientes.

Dado que el propósito de un sistema de refrigeración mecánica, es la transferencia de calor desde una baja temperatura a una más alta, a través del suministro de energía en la forma de potencia, y dado que la cantidad de calor transferida es usualmente más grande que el calor equivalente de la potencia suministrada, la ejecución de tal en un sistema, no puede ser expresada como una eficiencia, así el término llamado "Coeficiente" de Ejecución" (COP), es ordinariamente aplicado para expresar la eficiencia de operación.

El "COP" se define como la relación del calor absorbido por el refrigerante a su paso por el evaporador, al calor equivalente de la energía suministrada al compresor.

En el ciclo de Carnot el coeficiente de ejecución es:

$$COP = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

Siendo:  $T_2$  = temperatura absoluta a la que el calor es absorbido.

$T_1$  = temperatura absoluta a la que el calor es rechazado.

2a.- Los principales requerimientos en todo ciclo de refrigeración mecánica son:

- a).- Cantidad de refrigeración por tonelada de refrigeración.
- b).- Potencia al freno (BHP.) por tonelada de refrigeración.
- c).- Demanda de agua para el condensador del sistema.

Se ha preparado una tabla mostrando estos requerimientos para 6 de los refrigerantes más comunes en la Industria.

En esta tabla también se muestran, el coeficiente de ejecución (COP) y el porcentaje de eficiencia en el ciclo de Carnot.

La construcción de la tabla se ilustrará con un ejemplo:

1 - Temperatura del refrigerante en el evaporador.

Este dato se eligió de  $-1^{\circ}\text{C}$  porque para nuestro propósito, necesitamos enfriar la leche de 3 a  $5^{\circ}\text{C}$  para su almacenamiento.

2 - Presión del refrigerante en el evaporador:

Presión que corresponde a la temperatura del refrigerante líquido. En el caso del amoníaco la presión a  $-1^{\circ}\text{C}$  es  $59.74 \frac{\text{lbs.}}{\text{pulg.}^2}$  ab.

(Tablas de propiedades del amoníaco)

3 - Temperatura del refrigerante condensado.

Aquí se escogieron dos temperaturas con el fin de mostrar la diferencia en las eficiencias de un mismo refrigerante a dos niveles de temperatura. (Según sea la temperatura del agua que se dispone para el condensador).

Las temperaturas se eligieron de 30 y  $40^{\circ}\text{C}$ .

4 - Pies cúbicos por minuto de refrigerante por tonelada de refrigeración:

A fin de conocer la cantidad de refrigerante en circulación es necesario calcular primero el efecto neto de refrigeración de una libra de refrigerante.

Se entiende por efecto neto de refrigeración, a la cantidad de calor que absorbe una libra de flúida en su paso por el evaporador. Matemáticamente se expresa de la forma siguiente:

$$E. R. = H_{V_B} - H_{L_A}$$

Siendo:

$H_{V_B}$  - Entalpia del vapor saturado a la temperatura de baja (temperatura en el evaporador)

$H_{L_A}$  - Entalpia del líquido saturado a la temperatura de alta (Temperatura en el condensador).

En el caso del amoníaco: (Per tablas)

$$T_B = 30^{\circ}\text{F.} \quad P_B = 59.74 \frac{\text{lbs.}}{\text{pulg.}^2} \quad H_{V_B} = 620.5 \frac{\text{BTU}}{\text{lb.}}$$



Por tanto: E.R = 620.5 - 138.8 = 481.7  $\frac{\text{BTU}}{\text{ibr.}}$

una tonelada de refrigeración = 200  $\frac{\text{BTU}}{\text{min.}}$

volumen específico del vapor saturado a 30°F = 4.89  $\frac{\text{pies}^3}{\text{ibr.}}$

Luego el CFM por " TR " será:

$$\frac{\text{CFM}}{\text{"T.R."}} = \frac{200 \times 4.89}{481.7} = 2.02$$

5.- Potencia al freno por tonelada de refrigeración (BHP):

Para los fines de este cálculo, fué considerada una eficiencia total del compresor de 75%, y el proceso de compresión isentrópico:

Partimos de la expresión siguiente:

$$\text{B.H.P.} = \frac{(H_2 - H_1) \times 4.712}{\text{E.R.} \times 0.75}$$

Siendo:

$H_2 - H_1$  = Trabajo de la compresora.

E.R. = Efecto refrigerante.

4.712 = Factor de conversión.

0.75 = Eficiencia total del compresor (considerada)

En el caso del amoníaco:

$$H_1 = 620.5 \frac{\text{BTU}}{\text{lb.}}$$

$$H_2 = 680.0 \quad "$$

$$\text{E.R.} = 481.7 \quad "$$

Por tanto:

$$\frac{\text{B.H.P.}}{\text{T.R.}} = \frac{(680 - 620.5)}{481.7} \times \frac{4.712}{0.75} = 0.776$$

Hay que aclarar que habiendo tomado una eficiencia total de 75% en ambas temperaturas de 30 y 40°C, no se puede obtener un análisis exacto para el BHP por tonelada.

La eficiencia total depende de las características del compresor y del refrigerante; tales como peso molecular, calor específico del líquido y vapor, radio de compresión, calor latente de vaporización y presión crítica.

En general, la eficiencia total del compresor rápidamente decrece conforme la temperatura de condensación del refrigerante decrece conforme el BHP por tonelada de refrigeración aumenta y por consecuencia

6.- Coeficiente de ejecución por tonelada de refrigeración (COP).

rus calculado de la siguiente expresión:

$$\text{COP} = \frac{4.712}{\text{B.H.P.}}$$

Así para nuestro ejemplo:

$$\text{COP} = \frac{4.712}{0.776} = 6.1$$

7.- Por ciento de eficiencia en el ciclo de Carnot:

En el ciclo de Carnot:

$$\text{COP} = \frac{T_2}{T_1 - T_2}$$

$$T_2 = 86 + 460 = 546 \text{ } ^\circ\text{R}$$

$$T_1 = 30 + 460 = 490 \text{ "}$$

$$\text{Así: COP} = \frac{490}{546 - 490} = 8.8$$

Luego el porciento de eficiencia para el amoniaco en el ciclo de Carnot-será:

$$\frac{6.1 \times 100}{8.8} = 69.3\%$$

En el sistema de refrigeración por absorción de amoniaco, el COP se calculará con la siguiente ecuación:

$$\text{COP} = \frac{\text{Capacidad del evaporador.}}{\text{Combustible necesario para la energía del sistema.}}$$

El combustible necesario se encuentra por una gráfica, donde se han graficado los requerimientos de éste a varias temperaturas del evaporador (Ver - gráfica).

Para una tonelada de refrigeración y para 30°F (-1°C), el COP es:

$$\text{COP} = \frac{12000}{54500} \frac{\text{BTU/lbr.}}{\text{BTU/lbr.}}$$

$$\text{COP} = 0.22$$

La cantidad tan grande de combustible que es necesaria para la energía - del sistema en el ciclo de refrigeración por absorción, es la causa de su baja eficiencia.

3a.- Costos de inversión.

El costo de los sistemas de refrigeración varían con la maquinaria usada, disponibilidad de requerimientos, capacidad y nivel de temperaturas a las que la refrigeración es consumada.

A continuación se muestran en un cuadro las inversiones fijas para los - diferentes sistemas de refrigeración.

INVERSION FIJA PARA UNIDADES DE REFRIGERACION.

Sistema de Refrigeración.	Adecuada en un rango de capacidades de:	Temper. de enfriamiento.	Precio por "TR".	Equipo incluido en el precio.
Compresión de vapor compresor recíproco.	5 a	4°C	\$ 3000	Compresor con motor, evaporador, condensador tubería e interconexiones.
	150 TR		\$ 1350	
Compresión de vapor, compresor centrífugo	No está limitada.	4°C	\$ 2200 para 100 TR. \$ 1250 para 600 TR.	Compresor condensador, cambiador de calor, refrigerante, evaporador y controles
Absorción de amoníaco en agua.	50 a	4°C	\$ 18000	Generador, condensador, absorvedor, analizador, rectificador, bomba, evaporador, tubería y controles.
	150 TR		\$ 5000	
Absorción de agua en bromuro de Litio.	60 a	7°C	\$ 2800	Incluye toda la unidad.
	700		\$ 1400	
Eyectores de vapor de agua.	50	10°C	\$ 2500	Incluye todo el equipo principal pero no el control.
	700		\$ 1500	

En nuestro caso particular, antes de seleccionar el sistema de refrigeración, es necesario tomar en consideración las condiciones siguientes:

- a.- El tonelaje de refrigeración requerido para la capacidad de enfriamiento de la planta es de 16 TR.
- b.- La temperatura de enfriamiento necesaria para la conservación de leche -- almacenada es de 5°C.
- c.- El enfriamiento deberá hacerse de tal forma, de evitar contaminaciones -- con el refrigerante en caso de presentarse fugas en las instalaciones.

Así de esta manera, el sistema que reúne estas condiciones, al mismo --- tiempo que requiere menor inversión para la capacidad dada es el de compresión de vapor usando compresor recíproco.

Con respecto a los refrigerantes para tomar una decisión en la elección del más apropiado, es necesario tomar en cuenta sus características seleccionables que son las siguientes:

a).- Termodinámicas.

- 1.- Bajo punto de ebullición a presión y temperatura normal.
- 2.- Alto calor latente de vaporización.
- 3.- Presión de condensación moderada.
- 4.- Bajo volumen específico a baja presión.

b).- Otras.

- 1.- No atacar los metales o materiales del sistema.
- 2.- No ser inflamables o explosivos.
- 3.- Ser fácilmente detectable.
- 4.- De fácil adquisición.
- 5.- No ser tóxicos.
- 6.- Composición química estable.

Por tanto un refrigerante ideal sería aquel, que fuera químicamente estable, no tóxico, no explosivo cuando sea mezclado con aire, bajo en costo y tener propiedades termodinámicas tales, que dieran por resultado un mínimo en los requerimientos de potencia por efecto de refrigeración producido.

Los refrigerantes actuales no cubren todos estos requisitos, aunque hay unos mejores que otros, usándose ampliamente el amoníaco y el freón 12.

Nosotros decidimos escoger el amoníaco por las razones siguientes:

- 1a.- En el ciclo de Carnot experimenta mayor eficiencia.
- 2a.- Tiene excelentes propiedades termodinámicas para la temperatura de refrigeración que necesitamos.
- 3a.- Es relativamente barato.
- 4a.- Las fugas de amoníaco son fácilmente detectables debido a su fuerte y penetrante olor.
- 5a.- No tiene efectos sobre el aceite lubricante.

6a.- Cuando es puro no ataca al fierro, cobre y sus aleaciones (cuando existen vapores de agua, forma el hidróxido que ataca al cobre y aleaciones).

CONCLUSION:

Para el desarrollo del siguiente capítulo queda pues, establecido, que el sistema de refrigeración que se empleará para el enfriamiento de la leche será:

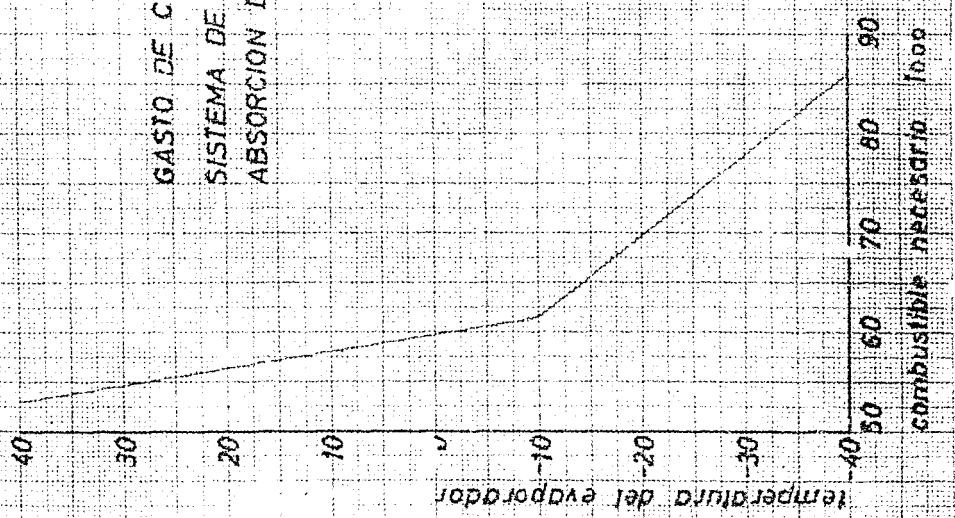
"Sistema de refrigeración por compresión de vapor, tipo expansión indirecta, usando compresor recíproco y como refrigerante el amoníaco."

TABLA DE REQUERIMIENTOS Y EFICIENCIAS EN EL CICLO DE CARROT PARA

6 REFRIGERANTES COMERCIALES.

Refrigerante.	Temperatura en evaporador $t_p = ^\circ C.$	Presión en el evaporador por. libra/ pulg. abs.	Temperatura del líquido condensado $t_c = ^\circ C.$	CPM de Refrigerante por tonelada de refrigeración	HP por tonelada de refrigeración.	Coefficiente de eficiencia (COP)	Requisitos de eficiencia en el ciclo de Carrot.
Amoníaco	$30^{\circ} F = 1^{\circ} C.$	59.74	85 - 90	2.02	9.77%	6.19	69.1
R 12	" "		105-110	2.19	1.641	6.43	68.6
Freón 11	" "	53.16	85 - 90	3.45	6.960	3.48	73.1
	" "		105-110	3.81	1.178	4.16	69.6
Freón 11	" "	51.55	85 - 90	3.91	6.979	3.46	73.1
	" "		105-110	4.26	1.179	4.32	69.7
Freón 12	" "	55.93	85-90	4.75	5.83	3.73	69.2
	" "		105-110	5.10	1.076	4.28	68.9
Freón 12	" "	55.77	85 - 90	5.18	5.805	3.63	69.0
	" "		105-110	5.53	1.080	3.80	68.5
Freón 12	" "	55.7	85-90	5.25	5.885	3.63	69.0
	" "		105-110	5.60	1.085	3.89	68.5

GASTO DE COMBUSTIBLE  
 SISTEMA DE REFRIGERACION POR  
 ABSORCION DE AMONIACO.



## ASPECTOS TÉCNICOS .

### A.- Proceso de enfriamiento.

- 1.- Descripción.
- 2.- Diagrama de flujo.
- 3.- Lista de equipo, especificaciones y materiales de --  
construcción.

### B.- Ciclo de Refrigeración.

- 1.- Diagrama de flujo.
- 2.- Lista de equipo, especificaciones y materiales de --  
construcción.

### C.- Diagrama de distribución.

### D.- Balace de energía.

### E.- Suministro de agua.



## CAPITULO V .

### ASPECTOS TECNICOS.

En la planta de enfriamiento de leche, ocurrirán principalmente dos operaciones.

Una por la cual se enfría la leche para almacenarla o sea el proceso de enfriamiento.

La otra, referente a la producción del agente frigorífico o sea el ciclo de refrigeración.

A-) Proceso de enfriamiento.

#### 1.- Descripción:

**Acarreo:** La leche es traída al depósito de las diferentes rutas lecheras, por fleteros que hacen el recorrido diariamente. La recolección se efectúa en perolas de 40 litros previamente lavadas y esterilizadas con vapor en la máquina lavacántaros de la planta.

**Recepción:** La leche es recibida en la plataforma, donde los cántaros son transportados hasta la báscula pesadora, por medio de una cadena transportadora, accionada por motor y sistema de engrenas. Allí se toman muestras de cada perola para efectuar los controles de calidad de la leche.

**Pesado:** La leche se pesa en una báscula especial, cuya escala está acondicionada para poder tomar la lectura en litros y facilitar el control. El tanque de la báscula tiene una compuerta en su parte inferior, que al abrirse permite vaciar cada pesada en un tanque llamado de recepción, desde el cual la leche es bombeada hasta la cortina de enfriamiento.

Antes de ser pesada la leche, se pasa por un tamiz de acero inoxidable con el objeto de filtrar todas las materias en suspensión que trae consigo.

**Enfriamiento:** Desde el tanque receptor, la leche se bombea hasta la cortina de enfriamiento (cambiador de calor), en donde su temperatura es reducida hasta 3 a 5°C. Se emplea como agente refrigerante agua helada que circula por dentro de los tubos de acero inoxidable.

La leche cae en forma de cascada formando una película fina en la superficie exterior, a un tanque que forma parte de la cortina, en donde por un dispositivo automático de nivel se controla el bombeo al tanque almacenador.

**Almacenamiento:** La leche se conserva refrigerada a 4°C en los tanques y de aquí es bombeada a los camiones pipa que acarrean la leche a la Fábrica, para ser procesada.

El proceso de enfriamiento es intermitente y tiene que efectuarse cada vez que alguna cantidad de leche es recibida en la plataforma.

## 2.- Diagrama de flujo .

En el dibujo podrá apreciarse el equipo y cada uno de los pasos que son necesarios para la consecución del proceso.

## 3.- Lista de equipo, especificaciones y materiales de construcción.

Las dimensiones del equipo están gobernadas por la capacidad de enfriamiento que ha sido establecida a ser de 10 000 lts/hr.

### Materiales de construcción:

Es bien conocido que muchos de los metales y sus aleaciones son más o menos solubles en los ácidos de la leche. Existe también la coincidencia que algunas de las sales minerales y aún los coloides de la leche son capaces de producir una corrosión sobre ciertos metales.

Las sales metálicas formadas por la reacción entre la leche y los metales son capaces de dañar el gusto de ésta, dándole sabor estingente. Así también las sales de algunos metales son activos oxidantes y catalizadores. El resultado de tal oxidación y su catálisis dan por resultado el mal sabor y olor en los productos terminados.

Los metales que pueden producir una oxidación en la grasa de la leche, tales como fierro, cobre y sus aleaciones, destruyen también ciertas vitaminas especialmente la vitamina C.

Por tanto los metales cobre, fierro, zinc (en la forma de fierro galvanizado), níquel; son inadecuados para ser usados en la construcción del equipo que tiene contacto directo con la leche.

Los metales que son adecuados para el manejo de leche son: acero inoxidable aleaciones cromo-níquel, aluminio y aleaciones, aluminio manganeso.

La composición de acero inoxidable que ha sido encontrada más adecuada para trabajar leche usada más comúnmente es la aleación conteniendo 18% de cromo y 8% de níquel que corresponde al acero inoxidable No. 316

### Lista de equipo:

Equipo de proceso: Para una capacidad de 10000 lts/hr. de enfriamiento se necesitan:

- 1.- 170 Rodillos para transportador de cántaros de 2 pulg. de diám. x 40 cms. de long.
- 2.- 250 perlas de aluminio con una capacidad de 40 lts/perola (transporte de leche)
- 3.- 1 máquina lavacántaros giratoria para lavar 4 a 5 cántaros por minuto.

5 x 40 x 60 = 12000  $\frac{\text{lts.}}{\text{hr.}}$  (cap. sobrada)

No requiere cálculo (Especificaciones del fabricante)

- 4.- 1 báscula para pesadas de 500 lts.

Una pesada se efectúa en 2 mins.

$$\frac{60 \times 500}{2} = 15000 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} \quad (\text{cap. sobrada}).$$

5.- 1 Tanque receptor de leche de acero inoxidable, con capacidad de -- 900 lts.

6.- 16 Tramos de tubería de acero inoxidable tipo sanitario, con conexiones y tuercas union. Con dimensiones de 2.0 pulg. de diám. nominal x 9 pies de long.

Cálculo del diámetro más económico:

$$d = 0.1 \sqrt{\frac{w}{\rho}} \quad (\text{para flujo turbulento})$$

d = diámetro de tubería en pulg.

w = flujo del líquido en lbs.

$\rho$  = densidad del líquido lbm/ft<sup>3</sup>.

$$\frac{\text{lbm}}{\text{hr.}} = \frac{10,000 \times 1.03}{0.454}$$

$$\frac{\text{lbm}}{\text{pie}^3} = \frac{1.03 \times 28.32}{0.454}$$

$$d = 0.1 \sqrt{\frac{10,000}{28.32}} = 1.9 \text{ pulg.}$$

7.- 2 bombas centrífugas tipo sanitario para manejar leche, para una capacidad de 10000  $\frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$  contra 3 metros de altura, de 1750 r.p.m. y acopladas a motor eléctrico de 1/2 H.P.

Cálculo del BHP de bombeo requerido:

Datos:

leche: flujo Q = 10000  $\frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$  ( isotérmico )

Viscosidad 2.0 centipoises.

Densidad 1.03

tubería: Material = Acero inoxidable.

diámetro D = 2 pulg.

longitud L = 36 pies.

rugosidad relativa  $\frac{e}{D} = 3\%$

Conexiones: 3 codos standard de 90°  
longitud equivalente = 15 pies.

$$N \cdot Re = \frac{\rho D V}{\mu} \quad (1)$$

$$\rho = \frac{1.03 \times 62.4}{32.2} = 1.99 \quad \frac{\text{lb sec}^2}{\text{pies}^4}$$

$$D = \frac{2.0}{12} = 0.166 \text{ pies.}$$

$$\mu = \frac{2.0}{47,800} = 4.18 \times 10^{-5} \quad \frac{\text{lb sec}}{\text{pies}^2}$$

$$N \cdot Re = 0.785 \times (2.0)^2 = 3.14 \text{ pulg.}^2$$

$$Q = \frac{10000 \times 1728}{3600 \times 28.32} = 169.4 \frac{\text{pulg.}^3}{\text{seg.}}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{169.4}{3.14 \times 12} = 4.49 \frac{\text{pies}}{\text{seg.}}$$

Sub. en (1)

$$\text{No. Re} = \frac{1.99 \times 0.166 \times 4.49}{4.18 \times 10^{-5}} = 35483.$$

con No. Re y  $\frac{e}{D}$  en tablas se encuentra el factor de fricción "f"

Para 35483 y  $\frac{e}{D} = 0.025$

Ecuación de Fanning para pérdida por fricción:

$$F = \frac{f L V^2}{2 g_c D}$$

$$F = \frac{0.025 \times 51 \times (4.49)^2}{64.4 \times 0.166}$$

$$F = 2.4 \frac{\text{lb pie}}{\text{lb}} = Lw$$

$$\text{trabajo: } W = Lw + \Delta h + \frac{V_2^2}{2 g_c}$$

$$W = 2.4 + 3 \times 3.28 + 0.313$$

$$W = 12.553 \frac{\text{lb pie}}{\text{lb}}$$

Potencia:

$$P = WQP$$

$$P = \frac{12.553 \times 169.4 \times 1.03 \times 62.4}{1728}$$

$$P = 79.06 \frac{\text{lb pie}}{\text{lb}}$$

$$\text{HP} = \frac{79.06}{570} = 0.138$$

Siendo la eficiencia del motor bomba de 40%

$$\text{BHP} = \frac{0.138}{0.4} = 0.34 \text{ HP.}$$

8.- Cortina de enfriamiento:

Tipo: Mojonnier (enfriamiento en cascada)

Operación: intermitente.

Trabajo: 1830 854 BTU Área exterior 204 pies<sup>2</sup>.

Interior de tubos: 1/2 in.

Fluido que se maneja: agua helada.

Rapidez de flujo: 42777 lbs/hr.

Temperatura: 4°C a 10°C.

Material de la cabeza: acero inoxidable.

Tubos: 1 pulgada de diámetro - 16 B.W.G.

140 tubos 5.5 pies largo.

7 hojas de 20 tubos.

Material de los tubos: acero inoxidable.

Exterior tubos: Fluido: leche.

Rapidez de flujo:  $10\ 000 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$

Temperaturas:  $25^{\circ}\text{C}$  a  $5^{\circ}\text{C}$ .

Control: La rapidez de bombeo al tanque almacenador se controla por un dispositivo automático de nivel.

Cálculo:

$$q = U_T \cdot A \cdot \Delta T \quad \dots (1)$$

$$q = \omega C_p (t_2 - t_1) \quad \dots (2)$$

Sobre área extremas:

$$\frac{1}{U_t} = \frac{D_2}{h_i D_1} + \frac{L}{K} + \frac{1}{h_2}$$

$$\Delta T_{\log} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2.3 \log \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}}$$

Ec 2 : Datos:

$$\omega = 10000 \times 1.03 \times 62.3 \times 0.0353 = 22648 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$C_p = 0.94 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb } ^{\circ}\text{F.}}$$

$$\text{Así: } q = 22648 \times 0.94 \times 86 = 1\ 830\ 864 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

Ec. 3: Datos:

Diámetro externo.  $D_2 = 1$  pulg.

Diámetro interno  $D_1 = 0.87$  pulg.

Conductividad térmica  $K = 9.5 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{pie hr } ^{\circ}\text{F}}$

espesor de la pared  $L = .065$  pulg. (16. B.W.G.)

Cálculo de  $h_i$ :

$$h_i = h_a \times F_t \times F_d.$$

$h_a$  = coeficiente laminar de la gráfica de Mc Adam's. Para flujo turbulento de líquidos calentándose en el interior de tubos horizontales.

Con la velocidad en el interior de los tubos calculada de:

$$1\ 830\ 864 = \omega C_p \Delta t$$

$$\omega = \frac{1\ 830\ 864}{42.8} = 42777 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$\frac{42777}{62.3 \times 3600} = 0.2 \frac{\text{min}^3}{\text{seg.}}$$

$$V = \frac{0.2 \times 144}{3.14 \times 0.75} = 12 \frac{\text{pies.}}{\text{seg.}}$$

Con  $V = 12 \frac{\text{pies.}}{\text{seg.}}$  sobre el parámetro #20

Tenemos: en la gráfica  $h_a = 2000 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{pie}^2 \text{ hr } ^{\circ}\text{F}}$

$F_t$  = corrección por temperatura media

$$F_t (46^\circ\text{F}) = 0.6$$

$F_d$  = corrección por diámetro.

$$F_d (0.87 \text{ pulg.}) = 1.03$$

Así  $h_i = h_o \cdot F_t \cdot F_d$

$$h_i = 2000 \times 0.6 \times 1.03 = 1230 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{pie}^2 \text{ hr.}^\circ\text{F}}$$

El coeficiente de película  $h_i$  de la leche en el exterior, puede considerarse despreciable en comparación con  $h_o$  del agua por las razones siguientes:

1.- El coeficiente de película es función de la turbulencia, en un cambio en el exterior la leche al caer en forma de cascada forma un flujo laminar.

2.- Este flujo laminar, precisamente es el factor principal en la alta eficiencia de los enfriadores de cortina.

Por tanto Subs. en la ec. (3)

$$\frac{1}{U_t} = \frac{1}{1230 \times 0.87} + \frac{0.065}{12 \times 9.5}$$

$$\frac{1}{U_t} = 15.04 \times 10^{-4}$$
$$U_t = 664.8 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{pie}^2 \text{ hr.}^\circ\text{F}}$$

Ec. 4 Datos:

$$AT_1 = 95 - 50 = 45^\circ\text{F}$$

$$AT_2 = 41 - 39.2 = 1.8^\circ\text{F}$$

$$AT_{\log} = \frac{45 \times 1.8}{2.3 \log \frac{45}{1.8}}$$

$$AT_{\log} = 13.5^\circ\text{F}$$

Ecs. (2), (3) y (4) en (1)

$$1830864 = 664.8 \times A \times 13.5$$

$$A = \frac{1830864}{664.8 \times 13.5} = 204 \text{ pies}^2$$

Para una longitud de tubo de 5.5 pies

$$\text{Area del tubo: } \frac{5.5 \times 3.14}{12} = 1.44 \text{ pies}^2$$

Hojas de 20 tubos:

$$20 \times 1.44 = 28.80$$

$$\text{No. de hojas} = \frac{204}{28.8} = 7$$

11-2 Tanques de almacenamiento para leche fría:

Material que maneja:  
Composición leche  
Temperatura: 5°C  
Capacidad: 12000 Lts.  
Agitación: Motor 1.5 H.P.

Densidad: 1.03  
Tiempo de retención 100% lleno: 6 hrs.

## B - Ciclo de Refrigeración:

1.- En el diagrama del flujo, se muestran los elementos necesarios para cerrar el ciclo y los diferentes cambios de estado que sufre el refrigerante dentro del sistema.

Estos elementos han sido elegidos de acuerdo con las características que debe reunir el sistema para las condiciones de enfriamiento; así como también de las consideraciones prácticas, que deben tomarse en cuenta para la selección de equipo.

### CAPACIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACION.

Si se pretenden refrigerar 40,000 lbs. diarias, el tonelaje de refrigeración será:

$Q = 1830 \text{ } 864 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$  calor rechazado en la serpentina para enfriar --  
10,000 litros.

Así  $1830 \text{ } 864 \times 4 = 7 \text{ } 323 \text{ } 456 \text{ B.T.U.}$  para 40 000 litros.

Trabajando 16 hrs. diarias ( 2 turnos de 8 hrs. c/u.)

$\frac{7 \text{ } 323 \text{ } 456}{16} = 457 \text{ } 716 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$

$\frac{457 \text{ } 716}{12 \text{ } 000} = \text{ " } 38 \text{ T. R. "}$

2.- Lista de equipo, especificaciones y materiales de construcción:

1.- Compresor. Como se muestra en el dibujo, se trata de una compresora vertical, de 2 cilindros, simple efecto.

Cálculo:

Presiones de trabajo.

Para el cálculo de la presión de alta, es necesario tomar en cuenta la temperatura del agua de condensación de que se dispone.

En nuestro caso se ha considerado de  $25^{\circ}\text{C} = 77^{\circ}\text{F}$ .

Además podemos decir empíricamente que la temperatura de licuefacción del amoníaco sea  $5^{\circ}\text{C}$  más arriba, resultando entonces una temperatura del líquido condensado de  $30^{\circ}\text{C} = 86^{\circ}\text{F}$ .

Para esta temperatura es necesario que el refrigerante llegue al condensador con una presión de  $169.2 \text{ lbs/pulg.}^2 \text{ ab.}$  (Tablas).

La otra presión y temperatura o sea los que corresponden al evaporador, para que necesitemos agua de  $2 \text{ a } 4^{\circ}\text{C} = 39^{\circ}\text{F}$  necesario que el amoníaco llegue al Serpentina evaporador con una temperatura de  $-1^{\circ}\text{C} = 30^{\circ}\text{F}$ , pues experimentalmente la diferencia de temperaturas debe fluctuar entre 5 y  $10^{\circ}\text{F}$ , a fin de que la transmisión de calor sea efectiva. Entonces a esta temperatura de  $30^{\circ}\text{F}$  corresponde una presión de  $59.74 \text{ lbs./pulg.}^2 \text{ ab.}$



Concretando:

Temperatura de alta  $T_A = 86^\circ\text{F}$  Presión de alta  $P_A = 169.2$  psia.

" de baja  $T_B = 30^\circ\text{F}$  " de baja  $P_B = 59.74$  psia.

Efecto Refrigerante.

$$E. R. = H_{V_B} - H_{L_A}$$

$H_{V_B}$  = Entalpia del vapor saturado a la temperatura de baja

$H_{L_A}$  = Entalpia del líquido saturado a la temperatura de alta

$$T_B = 30^\circ\text{F} \quad H_{V_B} = 620.5 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{ibr.}}$$

$$T_A = 86^\circ\text{F} \quad H_{L_A} = 138.8 \quad "$$

$$\text{Subs. } E.R. = 620.5 - 138.8 = 481.7 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{ibr.}}$$

AMONIACO NECESARIO.

$$W_R = \frac{Q}{E.R.}$$

Q = Calor que debe absorber el sistema

$W_R$  = Amoniaco en circulación

$$W_R = \frac{457716}{481.7 \times 60} = 15.84 \frac{\text{lbs.}}{\text{min.}}$$

El volumen teórico por circular será:

$$V_t = W_R \times v$$

v = volumen específico del vapor saturado

$$v = 4.89 \frac{\text{pies}^3}{\text{ibr.}} \quad (30^\circ\text{F})$$

$$V_t = 15.84 \times 4.89 = 77.46 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}}$$

Relación de compresión.

$$R_C = \frac{P_A}{P_B} = \frac{169.2}{59.74} = 2.83$$

Por tablas, para  $R_C = 2.83$  la eficiencia volumétrica

será:  $N_v = 81.95\%$

Ahora obtenemos el volumen de desplazamiento de la compresora.

$$V_D = \frac{V_t}{N_v} = \frac{77.46}{0.8195} = 94.52 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}}$$

Este volumen es el realmente recirculado por el compresor.

Diámetro del cilindro.

La relación de carrera a diámetro será 1 :  $\frac{L}{D} = 1$   
y las revoluciones por minuto 450.

ASI:

$$V_D = \frac{\pi D^2}{4} \times L \times 450 \times 2$$

como  $\frac{L}{D} = 1$  y  $V_D = 94.52 \frac{\text{pies}^3}{\text{min.}}$

Subs. y despejando D se tiene:

$$D = \sqrt{\frac{4 V_D}{\pi \times 450}}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 94.52}{300 \times 3.14}} = 0.51 \text{ pies.}$$

5 pulgadas.

Potencia requerida en el sistema.

La potencia teórica es:

$$\frac{HP_t}{T.R.} = \frac{H_2 - H_1}{E.R.} \quad 4.712$$

$H_2 - H_1$  = Trabajo de la compresora.  
E.R. = Efecto refrigerante.

4.712 = Factor de conversión para unidades.

$$H_2 - H_1 = 680.0 - 620.5 = 59.5 \frac{\text{BTU}}{\text{ibr.}}$$

$$ER = \frac{481.7 \text{ B.T.U.}}{\text{ibr.}}$$

$$\frac{H.P.}{T.R.} = \frac{59.5 \times 4.712}{481.7} = 0.582 \text{ H.P.}$$

La potencia teórica no es la que la compresora pone efectivamente en el fluido, sino que ésta se ve afectada de las eficiencias volumétricas, mecánicas, y la debida al volumen nocivo de los cilindros. Así tendremos que la potencia indicada será:

$$HP_i = \frac{HP_t}{\eta_v \times \eta_m \times \eta_c}$$

Para compresores recíprocos por especificaciones

$$\eta_m = 0.9 \text{ y } \eta_c = 0.9$$

$$HP_i = \frac{0.582}{0.82 \times 0.9 \times 0.9} = 0.816 \frac{\text{H.P.}}{\text{T.R.}}$$

Se requieren 38 toneladas de refrigeración, entonces la potencia indicada del compresor será:

$$38 \times 0.816 = 33.28 \text{ H.P.}$$

La potencia al freno será mayor, debido a las pérdidas por fricción que sufre la máquina.

Esta será B.H.P. =  $\frac{H.P.i}{R_m}$

$R_m$  = rendimiento mecánico que puede variar entre 0.9 a 0.95

$$\text{B.H.P.} = \frac{33.29}{0.9} = 36.97 \text{ H.P.}$$

Considerando un factor de servicio de 1.1, el motor eléctrico que ~~nueva~~ al compresor será de:

$$36.9 \times 1.1 = 40.59 \text{ H.P.} = 40 \text{ H.P.}$$

## 2.- Separador de aceite.

El separador de aceite es un dispositivo necesario en las instalaciones refrigeradoras. Su función como su nombre lo indica, es separar el aceite que ha sido arrastrado por el gas refrigerante al salir de la compresora.

La falta de este elemento, en los sistemas por compresión, origina que el aceite al llegar al condensador forme una película en los tubos, disminuyendo de esta manera la transmisión de calor. Además en caso que el arrastre sea todavía mayor, este puede llegar hasta el evaporador, en donde restaría eficiencia a todo el sistema.

El separador de aceite viene siendo una trampa al aceite vaporizado, el cual se condensa aquí y se separa del gas amoníaco. El aceite se va acumulando en el fondo del separador de donde es extraído por una llave de purga.

## 3.- Condensador:

Existen varios tipos de condensadores que pueden ser usados en los sistemas de refrigeración. Entre los más comunes se pueden citar los siguientes:

**Atmosférico:** Este es instalado generalmente en la parte alta de edificios. El gas refrigerante es condensado dentro de los tubos, por medio de agua que cae en forma de lluvia. Tiene un costo inicial muy elevado, pues requiere mucha superficie para una capacidad dada.

**Doble tubo:** Consiste de dos tubos concéntricos en donde el refrigerante circula en el interior y el agua por el espacio anular. Presenta el gran inconveniente de que en tiempo de frío el agua puede congelarse en el interior reventando la tubería.

**De Inmersión:** Fue de los primeros condensadores que se usaron. El refrigerante es condensado dentro de tubos que se alojan en el interior de un tanque con agua. Es necesario colocar agitadores para evitar la formación de película alrededor de los tubos.

**Tubos y coraza.-** Consiste de una coraza cilíndrica de acero, en cuyo interior se encuentran varios tubos rectos que van enrollados a las placas cabezales.

que forman parte de la envolvente.

El agua circula por el interior de los tubos, formando una película que obliga al empleo de deflectores originando un movimiento giratorio.

El amoníaco entra por la parte superior de la envolvente, y el líquido-condensado es drenado en la parte inferior.

Además de las entradas y salidas de agua y refrigerante, cuenta este condensador, con una llave de purga para gases no condensables y una válvula de seguridad contra grandes presiones.

Entre las ventajas que posee este condensador se encuentran, el espacio reducido que ocupa y su bajo mantenimiento.

Condensador evaporativo: Este condensador también llamado economizador, es un tipo artificial de torre de enfriamiento, lo que da por resultado que se obtenga una gran eficiencia en la transmisión de calor. En este condensador los vapores de refrigerante son alimentados a un banco de tubos encerrados en un gabinete metálico. Una bomba circula el agua de enfriamiento desde la base hasta una serie de chiflones colocados por encima de los tubos. Un ventilador colocado en la parte superior aspira grandes cantidades de aire al sistema, en donde está teniendo lugar la transmisión de calor. Este aire pasa a través de los tubos húmedos y una pequeña porción de agua es evaporada.

En estos aparatos debido al efecto combinado del rociado de agua y el paso forzado del aire, cada libra de agua que se rocía, absorbe alrededor de 1000 BTU, por lo que comparado con el condensador de coraza y tubos se necesita únicamente el 1.5% del agua que se utiliza en estos últimos.

Otra ventaja que presenta estos condensadores es la de ocupar menos espacio que una torre de enfriamiento de la misma capacidad.

Por todas las anteriores razones, siempre y cuando las condiciones climáticas lo permitan este condensador es el más conveniente a usarse en sistemas de refrigeración por compresión.

Sin embargo, en nuestro caso, no es muy conveniente seleccionar este tipo de condensador, debido a que las estaciones de recibo se encontrarán localizadas en regiones cálidas, donde abundan las lluvias; teniendo como consecuencia que el aire tenga un contenido muy alto de humedad disminuyendo considerablemente la eficiencia del equipo.

Hemos elegido un condensador de tubos y coraza.

CALCULO:

Superficie de enfriamiento:

$$A = \frac{Q}{UAT} \dots (1)$$

A = Superficie de enfriamiento ( pies <sup>2</sup> )

Q = Cantidad de calor por remover (  $\frac{BTU}{hr}$  )

U = Coeficiente total de transmisión de calor (  $\frac{BTU}{hr. pie^2 o. F}$  ).

$\Delta T$  = Temperatura media logarítmica ( ° F )

$$\Delta T = \frac{\Delta T' - \Delta T''}{2.3 \log. \frac{\Delta T'}{\Delta T''}} \dots \dots \dots (2)$$

$$\Delta T' = T_1 - t_1$$

$$\Delta T'' = T_2 - t_2$$

T<sub>1</sub> = Temperatura del amoníaco sobrecalentado,

t<sub>1</sub> = " del agua a la entrada.

T<sub>2</sub> = Temperatura del amoníaco condensado

t<sub>2</sub> = " del agua a la salida.

T<sub>1</sub> = 156°F ( Diagrama Molliere para H = 680  $\frac{BTU}{16}$  )

t<sub>1</sub> = 77°F

T<sub>2</sub> = 86°F

t<sub>2</sub> = T<sub>2</sub> - 1°F ( experiencias en condensadores de coraza y tubos )

t<sub>2</sub> = 85°F

$$\Delta T' = 156 - 77 = 79^\circ F$$

$$\Delta T'' = 86 - 85 = 1^\circ F$$

$$\Delta T = \frac{78}{2.3 \log 79} = 17.86^\circ F$$

El calor Q rechazado en el condensador es equivalente al calor absorbido en el evaporador mas el calor equivalente al trabajo del compresor.

$$Q = q_1 + q_2$$

q<sub>1</sub> = calor absorbido en el evaporador.

q<sub>2</sub> = " equivalente al trabajo del compresor.

$$q_1 = W_r (H_{V_B} - H_{L_A})$$

$$q_2 = W_r W_k$$

W<sub>r</sub> = amoníaco en circulación (  $\frac{lbros.}{min.}$  )

W<sub>k</sub> = Trabajo del compresor.

$$Q = W_r ( H_{V_B} - H_{L_A} + W_k )$$

o también: 
$$Q = \frac{200 T}{H_{V_B} - H_{L_A}} ( H_{V_B} - H_{L_A} + W_k )$$

$$Q = 200 T \left( 1 + \frac{W_k}{H_{V_B} - H_{L_A}} \right)$$

La relación  $\left( \frac{W_k}{H_{V_B} - H_{L_A}} \right)$ , varía con la efectividad del compresor y con la relación del compresor, así que realmente  $W_k$  excede al trabajo isentrópico, siendo aproximadamente mayor en 40%

$$Q = 200 T \left( 1 + \frac{1.4 (ah)_s}{H_{V_B} - H_{L_A}} \right)$$

podemos hacer el factor del paréntesis igual a una constante, ya que el valor de su segundo término fluctúa entre 0.1 y 0.4

$$\text{Así: } Q = 200 T K \dots (3)$$

$K = 1.1$  a  $1.4$   $K_n = 1.25$  (valor usado en estimaciones)

$$Q = 200 \times 38 \times 1.25 = 9500 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{Min.}}$$

$$Q = 570\,000 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

La cantidad de agua necesaria al condensador será

$$H_2O = \frac{570\,000}{8} = 71\,250 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$\frac{71\,250 \times 7.48}{60} = 142.8 \frac{\text{gal.}}{\text{min.}} = 540 \frac{\text{lbs.}}{\text{min.}}$$

La Acme Industries Inc., presenta en sus catálogos una curva experimental para el coeficiente total de transmisión de calor para una línea de condensadores de amoníaco de 4 pasos, con tubos de 1/2 pulg.  $\phi$  y 14 B.W.G. (Ver gráfica).

En esta curva se encuentra graficado el coeficiente total de transmisión de calor contra el flujo del agua en galones por minuto, circulando por cada tubo.

Tentativamente elegimos un condensador de 92 tubos.

Así:  $\frac{92}{4} = 23$  tubos por paso.

Flujo de agua por tubo:  $\frac{142.8}{23} = 6.2 \frac{\text{gal.}}{\text{min.}}$

Para este valor, leemos en la gráfica:  $U = 178 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr. pie}^2 \text{ } ^\circ\text{F}}$

Substituyendo en (1) tendremos:

$$A = \frac{570\,000}{178 \times 17.86} = 179 \text{ pies}^2$$

Para 179 pies<sup>2</sup> es apropiado un condensador modelo No. 125 (ver tabla), que provee un área de 215 pies<sup>2</sup> para el mismo número de tubos.

(4) RECIBIDOR.

El recibidor es un recipiente cuya función primordial es la de almacenar la carga del sistema, cuando en caso necesario tenga que efectuarse una reparación.

Así, su capacidad deberá ser la correspondiente a la carga de refrigerante, mas un tercio de este volumen; pues se recomienda que un sistema de refrigeración debidamente cargado y operado a toda su capacidad, el recipiente siempre conserve refrigerante al nivel de un tercio de su diámetro.

Estos recipientes cuentan con sus dispositivos adicionales como son: nivel, llave de purga, válvula de seguridad, conexión para carga, etc.

(5) VALVULA DE EXPANSION:

Un dispositivo de expansión, siempre es necesario en todo sistema de refrigeración por compresión, para controlar el flujo del líquido refrigerante al evaporador.

Para lograr en un 100% la utilización del área de transmisión de calor en el evaporador, es necesario que el refrigerante se encuentre líquido dentro de los tubos.

Existen varios tipos de válvulas de expansión y entre las más comunes tenemos, la de expansión termostática, la de flotador y la de expansión a presión constante.

La primera es muy empleada, cuando se desea mantener un número constante de grados de sobrecalentamiento en el vapor succionado por el compresor.

La segunda mantiene siempre un nivel constante de refrigerante en el evaporador.

Por último, la válvula de expansión a presión constante, es operada por un elemento sensitivo de presión, localizado en el evaporador y su función, es mantener una presión constante en este.

(6) ACUMULADOR:

El acumulador es un recipiente cerrado, colocado entre la válvula de expansión y el evaporador, cuya función es la de evitar que las partículas líquidas de refrigerante, provenientes del evaporador pasen a la compresora y por otro lado, evitar que las partículas de vapor de amoníaco, que se forman al paso del refrigerante por la válvula de expansión, fluyan a los tubos del evaporador, disminuyendo así la eficiencia.

La mezcla de líquido y vapor provenientes del evaporador, descargan en el acumulador por la parte alta.

Así el líquido se vuelve a recolectar por unas manparas, para ser empleado nuevamente y el vapor ya sea saturado, sobrecalentado o humedo, es succionado por el compresor.

(7)

EVAPORADOR:

El serpentín evaporador estará formado por tubos de 2 pulgadas de diámetro externo, de acero reforzado (Por especificaciones, son las mejores dimensiones, para serpentines sumergidos en agua o salmueras)

Cálculo:

Al igual que en el condensador se trata de calcular la superficie de transmisión de calor.

$$A = \frac{Q}{UAT} \dots\dots (1)$$

Para calcular la diferencia de temperaturas, podemos considerar, la del agua dentro del tanque, como constante ya que la variación de un punto a otro no será mayor de 1°F. Así mismo la del refrigerante dentro del evaporador, será la correspondiente a la temperatura del vapor saturado.

$$\text{Temp. del agua; } t_2 = 4 \text{ (en el tanque) + 10 (retorno) } = 7^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 7^\circ\text{C} = 44.6^\circ\text{F.}^2$$

$$\text{Temp. vapor saturado; } t_1 = 30^\circ\text{F.}$$

$$\Delta T = 44.6 - 30 = 14.6^\circ\text{F.}$$

El calor por remover es:

$$Q = 457\,716 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

El valor de U lo calcularemos por los coeficientes de película.

$$\frac{1}{U} = \frac{D_2}{h_1 D_1} + \frac{1}{k} + \frac{1}{h_2} \quad (\text{sobre área externa}) \quad (2)$$

$h_1$  = coef. de película de vapor de amoníaco dentro de los tubos.

$h_2$  = coef. de película del agua fuera de los tubos.

$D_2$  = diámetro externo.

$D_1$  = diámetro interno.

$$h_1(\text{NH}_3) = 1.25 h_o \times F_t \times F_p$$

CASO: Evaporación de líquidos dentro de tubos.

$F_t$  = corrección por temp. media de la película.

$F_p$  = corrección por presión interna en los tubos.

$h_o$  = valor base al  $\Delta T$  entre la película y la pared de contención.

$$\text{ASZ: } h_o (14.6^\circ\text{F}) = 25$$

$$F_t (30^\circ\text{F}) = 3.3$$

$$F_p \left( 45.04 \frac{\text{lbm.}}{\text{pulg.}^2} \right) = 2.54$$

$$h_1(\text{NH}_3) = 1.25 \times 25 \times 0.8 \times 2.54 = 63.50 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr. pie}^2 \cdot \text{F}}$$

$$h_2(\text{H}_2\text{O}) = h_o \times F_t \times F_d$$



CASO: enfriamiento de líquidos fuera de tubos.

$$F_t (45^\circ F) = 0.70$$

$$F_d (2") = 0.74$$

$$h_c = 400$$

$$h_2 (H_2O) = 400 \times 0.70 \times 0.74 = 207.2 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr. pie}^2 \cdot F.}$$

L = espesor de la pared en pies = 0.007 pies.

$$K = \text{conductividad térmica del material} = 35 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr. pie}^2 \cdot F.}$$

Subs. en (2) :

$$\frac{1}{U} = \frac{2}{63.5 \times 1.834} + \frac{0.007}{35} + \frac{1}{207.2}$$

efectuando operaciones:

$$U = 45 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr. pie}^2 \cdot F.}$$

Subs. en la ec. (1)

$$A = \frac{457716}{45 \times 14.6} = 696.6 \text{ pies}^2$$

Para una longitud de tubo de 12 pies, el No. de estos será:

$$\text{No. tubos} = \frac{696.6 \times 12}{3.14 \times 2 \times 12} = 111 \text{ tubos.}$$

Con objeto de asegurar una transmisión de calor efectiva deberán repararse los tubos en 5 serpentines, que descargarán a un tubo cabezal de 3 pulg. de diámetro.

De esta manera cada serpentín estará constituido por 19 tubos.

Concretando:

$$\text{Calor absorbido en el evaporador} = 457776 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

$$\text{Área de transmisión del calor absorbido} = 696.6 \text{ pies}^2$$

$$\text{Serpentines evaporadores} = 6$$

$$\text{No. tubos por serpentín} = 19.$$

$$\text{Dimensiones de los tubos} = 2 \text{ pulg. } \phi \text{ ext. } \times 12 \text{ pies de long.}$$

Tanque de agua helada (ice builder):

Este deberá tener la capacidad suficiente para almacenar el agua de recirculación a la cortina,

$$\text{Agua de recirculación} = 42777 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} = 19445 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$$

Así la capacidad será

$$\text{Dimensiones} = 5 \text{ m. (long)} \times 1.70 \text{ (altura)} \times 2.35 \text{ (anchura).}$$

material = lámina de fierro de 1/4 de pulgada.

Aislantes = paredes laterales, con ladrillos de perlita.

(8) Bomba de agua helada:

Con el objeto de no repetir cálculos, únicamente damos las especificaciones a continuación:

Tipo: Bomba centrífuga.

Capacidad : 6 lts./seg. contra una altura de 30 mts.

Accionada por motor eléctrico de 5 H.P. 3/60/220-440.

Controles:

Los controles automáticos en los sistemas de refrigeración son indispensables, pues además de eliminar la necesidad del ajuste manual frecuente en las válvulas, también le dan más seguridad al sistema.

Aparte de la válvula de expansión, que es el elemento más importantes necesario dotar al sistema, de una válvula solenoide operada por un elemento térmico que se instala en el medio por refrigerar ( tanque de agua helada ) -- y de un control de arranque conectado a la compresora.

Al registrarse cambios en la temperatura del agua helada, el elemento térmico allí colocado, acciona la válvula solenoide, la que al operar permite o detiene el paso del refrigerante hacia la válvula de expansión.

Cuando se cierra la solenoide, no hay paso de líquido hacia la válvula de expansión, lo que motiva una elevación de la presión en la línea de -- alta, llegando a un punto en el que se acciona un control conectado con el arranque de la compresora deteniendo su funcionamiento. Cuando la solenoide se abre, baja la presión en la línea arrancando la compresora de nueva cuenta.

C.- DIAGRAMA DE DISTRIBUCION:

Como puede apreciarse en el dibujo, el equipo se ha distribuido dentro de las áreas de operación. de acuerdo con las reglas prácticas que hay que tomar en cuenta.

Se han planeado los espacios que deben guardarse entre uno y otro equipo con el fin de asegurar un fácil acceso a cada uno de ellos. De esta manera se facilitará el mantenimiento, la operación y se disminuirán los riesgos.

La construcción civil, abarca un área de 300 mts.2 (15x20), la que -- se ha repartido de la manera siguiente:

Recepción.....	66 m2.
Laboratorio y oficina.....	28 m2.
Departamento de enfriamiento.....	100 m2.
Sanitarios.....	16 m2.

Bodega.(varios).....	13 m2.
Sala de máquinas.....	<u>77</u> m2.
T O T A L:-	300 M2.

D.- BALANCE DE ENERGIA:

1.- Energía Calorífica.-

Las demandas de vapor en la planta son muy pequeñas y estas son, -- las debidas al consumo de la máquina lavacántaros más el vapor necesario para el agua caliente utilizada en la asepsia del equipo del departamento de enfriamiento.

Máquina Lavacántaros:

Vapor saturado de 1 Kgr/cm<sup>2</sup> de presión = 1.5  $\frac{\text{lbs.}}{\text{cántaro}}$

$$\frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} = 1.5 \frac{\text{lb.}}{\text{cántaro}} \times 15 \frac{\text{cántaros}}{\text{min.}} \times 60 \frac{\text{mins.}}{\text{hr.}} = 450$$

$$\frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}} = 450 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} \times 1150.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}} = 517.680$$

Agua caliente de 50°C:

Consumo = 200  $\frac{\text{lbs}}{\text{hr.}}$

$$\frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} = 200 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} \times 62.3 \frac{\text{lb.}}{\text{pie}^3} \times 0.0353 \frac{\text{pie}^3}{\text{lt.}} = 440 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$$

$$\frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}} = 440 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}} \times 1 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}^\circ\text{F}} \times 131^\circ\text{F} = 57640$$

$$\text{Consumo total} = 517.680 + 57.640 = 575.320 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

$$\text{Demás servicios } 10\% = \frac{57.532}{632.852}$$

$$\text{c.c.} = \frac{632.852}{33.475} = 18.9 \text{ c.c.}$$

$$33.475$$

Por consiguiente necesitamos una caldera de 20 c.c.

Combustible Diesel necesario:

$$C = w \frac{(H_2 - H_1)}{P.C.S. \times N_c}$$

w = libras por hora de vapor liberado por la caldera.

H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub> = en talpias inicial y final.

c = libras por hora del combustible.

P.C.S. = Poder calorífico del combustible

N<sub>c</sub> = eficiencia total de la caldera.

$$w = 450 + \frac{57640}{1150.4} = 500 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$$

$$H_2 = 1150.4 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

$$H_1 \text{ (agua de } 60^\circ\text{C)} = 107.89 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{hr.}}$$

$$\text{P.C.S.} = 18.500 \frac{\text{B.T.U.}}{\text{lb.}} \text{ ( peso específico } 0.94 \text{ )}$$

$$N_c = 75\%$$

$$C = \frac{500(1150.4 - 107.89)}{18500 \times 0.75} = 37.5 \frac{\text{lb.}}{\text{hr.}}$$

$$\frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}} = \frac{37.5 \times 28.32}{62.3 \times 0.94} = 18.13 \frac{\text{lbs.}}{\text{hr.}}$$

La cantidad de agua alimentada a la caldera será la misma que las libras de vapor generadas.

$$\frac{\text{lbs.}}{\text{min.}} = \frac{500 \times 28.32}{62.3 \times 60} = 3.78$$

## 2.- Energía Eléctricas:

Potencia total necesaria para la planta:

Motores de bombas sanitarias.....	1.75 H.P.
Motores para agitación tanques de almacenamiento.....	3.00 "
Motor del compresor.....	40.00 "
Motor para bomba de agua al condensador.....	8.00 "
Motor para bomba de agua helada.....	5.00 "
Motor para agitación del tanque de agua helada.....	2.00 "
Motor para el transportador.....	2.00 "
Motores para el sistema de agua.....	12.00 "
<b>T O T A L :-</b>	<b>73.75 H.P.</b>

Energía eléctrica necesaria:

$$\frac{73.75}{1.341} = 55 \text{ Kwatt hr.}$$

Para el alumbrado se estima en un 5% más.

$$\text{Total de energía eléctrica} = 1.05 \times 55 = \underline{57.75 \text{ Kwatt.hr.}}$$

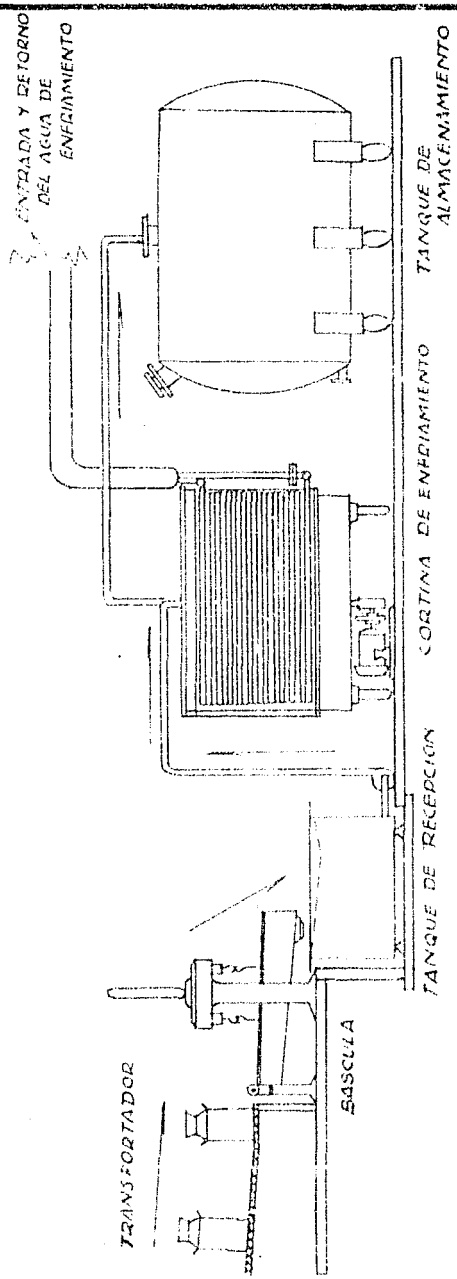
## E.- SISTEMA DE AGUA.

Los requerimientos principales de agua en la planta son:

a.- Agua para el condensador	540.00	<u>lbs.</u>
b.- Caldera.	3.78	min.
c.- Consumo agua caliente.	3.34	"
d.- Otros servicios.	<u>5.00</u>	"
<b>T O T A L :-</b>	<b>552.12</b>	"

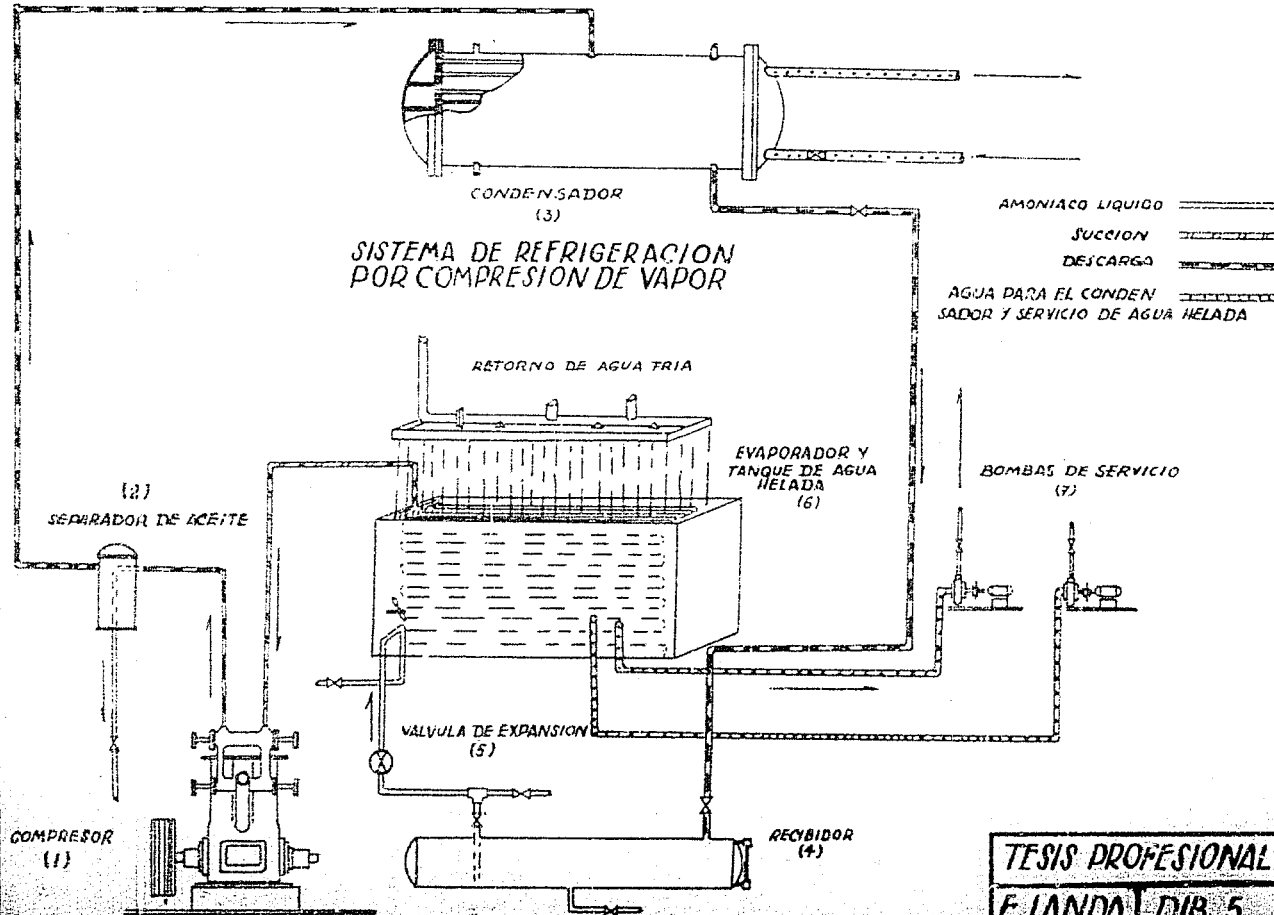
Es necesario entonces:

Una bomba de abastecimiento para 10 lts/seg. con motor de 10 H.P.  
Un tanque de almacenamiento para 100 m<sup>3</sup>.  
Una bomba de distribución (agua de caldera y para tanque de agua caliente) de 10 lts. /min. con motor de 2 H.P.



PROCESO DEL ENFRIAMIENTO DE LECHE FRESCA

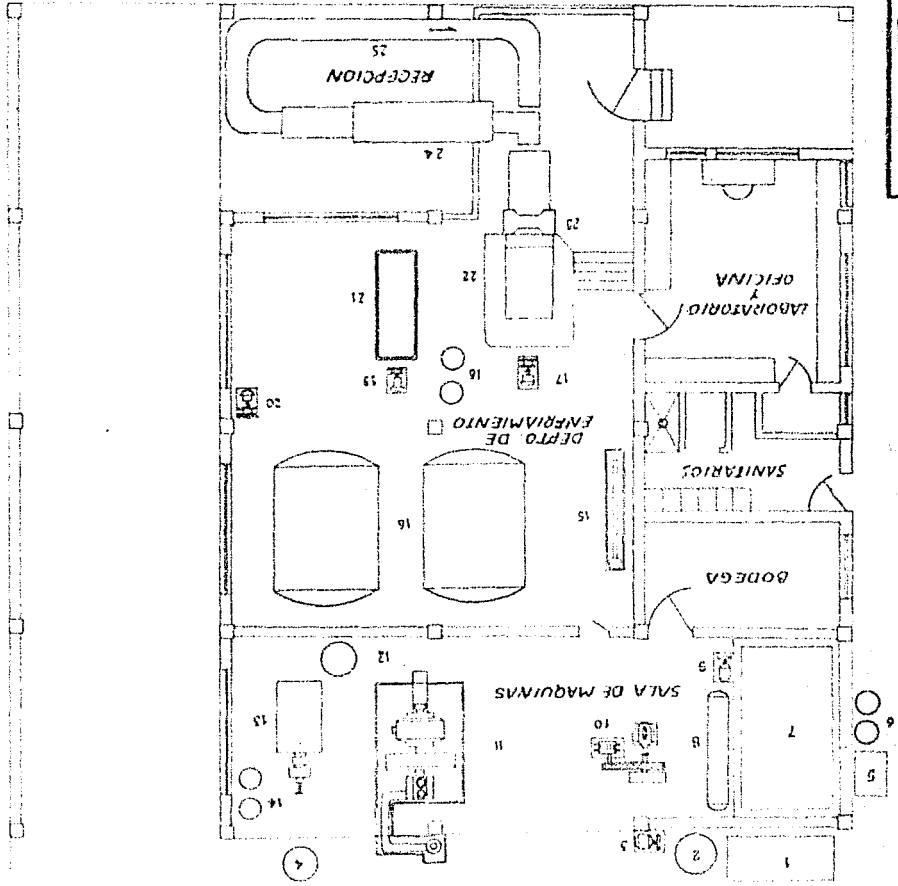
# SISTEMA DE REFRIGERACION POR COMPRESION DE VAPOR



TESIS PROFESIONAL  
F. LANDA DIB. 5

DIAGRAMA DE DISTRIBUCION DEL EQUIPO

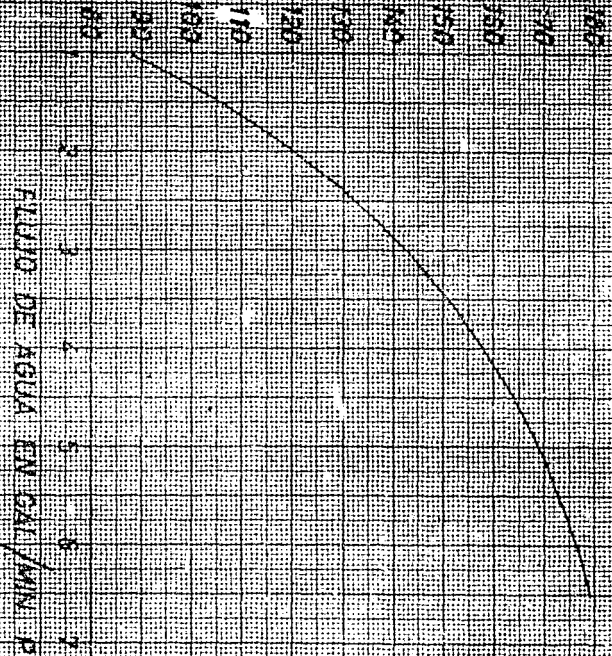
TESIS PROFESIONAL  
E. LANDA DIB. 6



- Equipo:
- 1- TANQUE COMPUESTO
  - 2- TANQUE HIDRONEUMATICO
  - 3- BOMBA DE AGUA GENERAL
  - 4- TANQUE PARA PURGA
  - 5- CONSERVADOR
  - 6- SECAVIDAOR
  - 7- ICE BUILDER
  - 8- RECIPIOR DE H2O
  - 9- BOMBA AGUA HELEDA
  - 10- COMPRESOR
  - 11- MASA
  - 12- CORONA ENRIADORA
  - 13- TANQUE RECIBOR
  - 14- BATERIA
  - 15- GARDERA
  - 16- LAVABO DE CANTAROS
  - 17- LAVABO
  - 18- LAVABO DE TUBOS
  - 19- TRANSPORTADOR
  - 20- JARQUES DE ALMACENAMIENTO PARALELO
  - 21- BOMBA SANITARIA
  - 22- FILTROS
  - 23- BOMBA SANITARIA
  - 24- BOMBA SANITARIA
  - 25- COMPRESOR



COEFICIENTE TOTAL U BTU/H/PIE<sup>2</sup>/°F



FLUJO DE AGUA EN GAL/MIN POR TUBO

GRABICA COEFICIENTE TOTAL DE TRANSMISION DE CALOR U PARA CONDENSADORES DE ACONDICIONAMIENTO DE AEROS

CONDENSADORES DE 32 TUBOS

Modelo N° Area total en ft<sup>2</sup>

124	169
125	215
126	260
127	306
128	352
129	397
316	443

C A L C U L O   D E   C O S T O S .

A.- Capital de inversión.

B.- Costo unitario de infriamiento.

ESTIMACION DE COSTOS.

Desde el punto de vista industrial son dos los costos principales:

1.- El costo de la inversión.

2.- El costo unitario del producto.

1.- El capital de inversión está formado por las erogaciones que se -  
deben hacer para construir y poner en marcha la planta.

A.- COSTO DEL EQUIPO COMPRADO Y ENTREGADO, CALCULADO POR COTIZACIONES:

I.- Sistema de Refrigeración:

<u>NUM.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>	<u>PROVEEDOR.</u>	<u>PRECIO.</u>
1	Compresor de amoníaco 6"x6"	"Worthington!"	\$ 32.800
2	Motor eléctrico para el compresor- de 40 H.P.	"	" 8.924
3	Arrancador manual 70 amperios para motor del compresor de 40 H.P.	"	" 5.133
4	Condensador de tubos y coraza con- bomba de alimentación de agua, mo- tor eléctrico de 8 H.P. y arranca- dor magnético de 40 amperios.	"	" 50.000
5	Tanque de agua helada para 20 m3. con válvula flotadora y tanque --- acumulador de líquido.	"	" 52.625
6	Recibidor de amoníaco para 550 li- tros, con conexiones, válvulas y - carga.	"	" 11.000
7	Bomba centrífuga para circulación- de agua helada para 6 <u>lts.</u> contra- una altura de -- <u>seg.</u> 30 mts. acoplada a motor eléctrico de 5 H.P. y con arrancador.	"Centro Industrial de Motores."	" 4.000
8	Tubería de amoníaco de 3 pulg. de- ".	"	" 3.000
9	Tubería de agua fría 2 pulg. de ø.	"	" 2.500
10	Aislamiento y cubierta Ice Builder.	"	" 8.500
		T O T A L I.	\$ 178.482

II.- Recepción de leche.

<u>NUM.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>	<u>PROVEEDOR.</u>	<u>P R E C I O.</u>
11	Báscula con tanque pesador 500 lts.	"Molina Font".	\$ 22.000
12	Tanque recibidor de 1,000 lts.	"	" 6.500
13	2 bombas sanitarias para 10,000 <u>lts.</u> con arrancadores magnéticos y mo- tores de $\frac{1}{2}$ H.P.	"Triclover"	" 8.955

14	Cortina enfriadora para 10,000 Lts/hr. "Equipos Indus - triales".	\$	90.000
15	Tanque lavador de tubos con moto - bomba de 1/2 H.P. y arrancador mag- nético.	"Girton"	" 6.000
16	2 tanques para almacenamiento de -- leche 12,000 Lts. con agitador y mo- tor de 1.5 H.P.	"William" Mayer".	" 120.000
17	Tubería sanitaria y conexiones.	"Cheny Burrel"	" 10.000
18	Máquina lavadora de cántaros gira- toria para 4 o 5 cántaros por min.		" 22.685
19	Bomba tipo sanitario para 20,000Lts/hr. con motor de 3/4 H.P. y arrancador - magnético.	"Triclover"	" 4.000
20	Transportador de cántaros (170 rodi- llos) con motor de 2. H.P.		" <u>60.000</u>

T O T A L II. \$ 350.140

III.- OFICINA Y LABORATORIO.

21.-	Equipo y útiles de laboratorio.	\$	5.000
22	Equipo de Oficina.		" <u>3.000</u>

T O T A L III. \$ 8.000

IV.- Planta de fuerza.

<u>NUM.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>	<u>PROVEEDOR.</u>	<u>P R E C I O.</u>
23	Electrogenerador Diesel de 60 Kw. 220/3/60.	"S.L.M."	\$ 150.000
24	Tablero de distribución 220 v.- 300 amperios.	"Square D. de México"	" 6.500
25	Caldera de 20 c.c.=	"Iron Works"	" 50.000
26	Planta de Luz 5 Kw. 3/fases -- con motor de gasolina de 15 H.P. 1,800 R.P.M.	"Machinery Co.	" 12.000
27	Equipo para tratamiento de H 20.	"Permutit"	" 6.000
28	Tanque para combustible Diesel - 5000 Lts.	"Metálica Azteca".	" 5.000
29	Equipo de alumbrado.	I.E.M.	" 2.000
30	Medidores de agua y combustible.		" <u>1.500</u>

T O T A L IV. \$ 233.000

IV.- Sistema de Agua.

31	Bomba de abastecimiento con motor, arrancador y línea de fuerza 10 -- lts, H-30 m) seg.	"Worthington"	\$ 20.000
----	--	---------------	-----------

32	Bomba de distribución con motor y -"Worthington" arrancador(12 litg. H- 30 m). min.	\$	4.000
33	Tubería conexiones y válvulas.	"	3.500
34	Tanque de fierro para almacenamiento de agua para 100 M3.	"Metálica Azteca"	<u>25.000</u>
TOTAL		\$	52.500

A.- COSTO TOTAL DEL EQUIPO ENTREGADO.

I.-	\$	173.482
II.-	"	350.140
III.-	"	8.000
IV.-	"	233.000
V.-	"	<u>52.500</u>
	\$	822.122

B.- INSTALACION DEL EQUIPO.

Se considera un 40% del costo total del equipo.

B.- \$ 328.849

C.- TERRENOS Y EDIFICIOS.

1.-	Terreno 5,000 M <sup>2</sup> .	a \$ 5.00/m <sup>2</sup> .	\$	25.000
2.-	Edificio 300 m <sup>2</sup> .	a \$ 450.00 m <sup>2</sup>		135.000
3.-	Casa habitación (encargado) 75m <sup>2</sup> .	a \$ 667/m <sup>2</sup> .	"	50.025
4.-	Bardas y puertas.		"	24.000
5.-	Caminos y patios.		"	38.000
6.-	Drenajes y registros.-		"	<u>10.000</u>
			\$	282.025

D.- HERRAMIENTAS Y MUEBLES.

1.-	Muebles del laboratorio.	\$	6.000
2.-	Herramientas del taller.	"	4.000
3.-	Equipo miscelaneo.	"	<u>5.000</u>
		\$	15.000

E.- IMPREVISTOS.

Se considera el 50% del costo total del equipo.

\$ 411.061

\$ 411.061

CAPITAL DE INVERSION FIJA.

A.-	\$	822.122
B.-	\$	328.849
C.-	\$	282.025
D.-	\$	15.000
E.-	\$	411.061
T O T A L .-		<u>\$ 1.859.057</u>

2.- COSTO ANUAL DE PRODUCCION.

En la planta de enfriamiento, no se obtiene ningún producto terminado. Así pues este renglón de costos será equivalente a calcular el costo anual de enfriamiento que será cargado al costo del producto elaborado en la fábrica de proceso propiamente dicha.

Tampoco se puede considerar un costo por materia prima, ya que este se ha de considerar para los productos finales.

De esta manera el costo anual de enfriamiento será la suma de los siguientes costos:

- A.- Cargas fijas anuales.
- B.- Costo anual de operación.

A.- CARGOS FIJOS ANUALES:

1.- Impuestos: 1% del capital invertido.	\$	18.590
2.- Seguros: 1% " " "	\$	18.590
3.- Depreciación:		
Equipo: 10% anual.	\$	83.712
Servicios: 10% anual.	\$	1.000
Inmuebles 5% anual.	\$	14.100
	<u>\$</u>	<u>135.992</u>

B.- COSTO ANUAL DE OPERACION.

Está formado por los siguientes costos anuales:

- 1.- Mano de obra directa.
- 2.- Energía.
- 3.- Mantenimiento.
- 4.- Supervisión.

1).- Mano de Obra directa ( Sueldos anuales).		
3 obreros(plataforma y departamento de enfriamiento).	\$	25.200
1 mecánico de la.	"	14.400
1 fogonero.	"	14.400
1 almacenista (Bodega de forrajes).	"	<u>12.000</u>
	\$	66.000

2).- Energía.

Suponemos trabajar al 100% de carga eléctrica durante 8 hs. al día.

Habrà entonces un gasto de 480 Kwatt hr. al día.

En el año seràn 172 800 Kwatt hr.

El costo promedio por Kwatt hora para fines industriales es \$0.05

ASI: 172.800 x 0.05 = 8.640

	Electricidad.	\$	8.640
Diesel \$ 0.32 a 1.45 lts. día	Combustible.	\$	16.704

3).- Mantenimiento ( Estimación) \$ 20.000

4).- Supervisión:

1.- Laboratorista.	\$	12.000
1.- Inspector lechero.	\$	18.000
1.- Inseminador.	\$	18.000
1.- Jefe de depósito.	\$	<u>21.600</u>
	\$	69.600

COSTO ANUAL DE OPERACION.-

1.-	\$	66.000
2.-	"	25.344
3.-	"	20.000
4.-	"	<u>69.600</u>
T O T A L.-	\$	180.944

Luego, el costo anual de enfriamiento será:

A.- Cargas fijas.	
.....	\$ 135.992
B.- Costo de operación.	\$ <u>180.944</u>
	\$ 316.936

El costo unitario de enfriamiento será dependiente de la cantidad de leche enfriada diariamente.

En un principio se recibiràn 39,000 litros diarios.

Anualmente.

13.680,000 litros.

Así el costo unitario será:

<u>316.936</u>	- 0.023;	COSTO UNITARIO 2.3	<u>¢</u>
13.680.000	-		ltr.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como conclusión a lo expuesto en este trabajo, surgen como elementos de interés:

1o.- Justificación de la erección de la planta, en Ciudad Vales, considerando primero el establecimiento de un depósito de enfriamiento.

2o.- Justificación de la elección del Sistema por compresión de vapor, usando compresor recíproco y como refrigerante el amoníaco.

3o.- Cabe finalmente indicar, que no tan solo los depósitos de enfriamiento de leche fresca son necesarios para las plantas industrializadoras sino también son indispensables en las plantas pausteurizadoras de leche, que necesariamente deben contar con sistemas de refrigeración para la conservación del producto almacenado.

Económicamente es recomendable antes de efectuar la inversión considerar los siguientes puntos:

1o.- Examinar los problemas para encontrar agua potable en el subsuelo y los terrenos a propósito,

2o.- Establecer un plan para colección de leche a lo largo de los principales caminos y brechas.

3o.- Establecer un servicio de agricultura para el buen desarrollo de los distritos lecheros.

B I B L I O G R A F I A :

JENNINGS AND LEWIS.

Air Conditioning and Refrigeration  
International text book Company ( 4a. edición 1958 )  
pags 550 a 554, 16-6 a 16-8

SPARKS and DILLIC

Mechanical Refrigeration.  
Mc Graw-Hill Book Company (2a. edición 1959)  
Capítulos III, V , VII y X

SEVERNS and FELLOWS.

Air Conditioning and Refrigeration  
John Wiley and Sons ( 1a. edición 1959 )  
Capítulo XVII

FAIRES

Applied Thermodynamics.  
The Macmillan Company ( (9a. edición 1952)  
Capítulo XXI

JOHN H. PERRY.

Chemical Engineers Handbook.  
Mc. Graw Hill Book Company ( 3a. edición 1950 )  
Secciones 5, 25 y 29

HUNZIKER

Condensed Milk and Milk powder  
publicado por el autor ( 6a. edición 1946 )  
Capítulos I, II y III

SERRANO CAMACHO.

Elaboración de leches estabilizadas  
Informe preliminar No. 29 Banco de México, S. A.  
Oficina de Investigaciones Industriales  
Capítulo X y XI

RUBLE L. HUFF.

Special Report on Refrigeration.  
Petroleum Refiner ( February 1959 )  
pags 111 a 130

ING. MANUEL PUEBLA.

Apuntes de Organización Industrial y Proyectos.

HERMAN J. STOEVER.

Transmisión de calor y sus aplicaciones.

Editorial Sudamerica ( Edición 1950 ).

Capítulos III y Iv.

ACME INDUSTRIES.

Catálogos y folletos.

FRICK.

Catálogos y folletos..