

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



ANTEPROYECTO PARA UNA PLANTA DE LECHE  
CONDENSADA Y LECHE EN POLVO, EN SEN-  
TISPAC, NAYARIT

TESIS QUE PARA OBTENER EL  
TITULO DE :

Ingeniero Químico

Presenta:

*Mra Teresa Osalde Rivera*

1973:

M-165614



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

JURADO ASIGNADO  
ORIGINALMENTE -  
SEGUN EL TEMA .

PRESIDENTE: ING. SANTIAGO DE LA TORRE GA-  
LINDO

VOCAL: ING. NICOLAS JAIMES VILLAF-  
ÑA

SECRETARIO: ING. GUILLERMO CARSOLIO PA-  
CHECO

1er. SUPLENTE: QUIM. JULIO CORDERO GARCIA

2° SUPLENTE: ING. JOSE LUIS PADILLA DE AL-  
BA

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: SENTISPAC, NAYARIT

Ma. TERESA OSALDE RIVERA.

I. Q. NICOLAS JAIMES VILLAFÑA.

Con admiración y respeto  
a la memoria de mi padre.  
Ing. Humberto Osalde Gil.

A mi madre con cariño y  
agradecimiento, por el  
apoyo que siempre me ha  
brindado.

Elena R. Vda. de Osalde.

Al recuerdo siempre  
querido de mi abue-  
lita.

Isolina M. de Rivera.

A mi querido abuelito.  
Carlos Rivera Castillo.

A mis hermanos deseando que  
todos realicen sus aspira--  
ciones.

## I N D I C E

- I) Introducción.
- II) Generalidades.
- III) Proceso de Fabricación.
- IV) Cálculo técnico del principal equipo.
- V) Evaluación económica de los procesos:
  - a) Leche concentrada.
  - b) Leche en polvo.
- VI) Conclusiones.
- VII) Bibliografía.

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

Una de las causas principales para la elaboración de esta tesis, sobre la leche, es que la misma es absolutamente esencial para el bienestar de la raza humana, ya que se considera uno de los elementos básico para la nutrición y México se encuentra entre los países que adolecen de una alimentación deficiente.

Actualmente en muchos de los diferentes estados de la República y por lo general en época de lluvias, la producción de leche se incrementa de tal modo que los usuarios no alcanzan a consumirla en su totalidad, desperdiciándose gran parte de esta producción, ya que se carece de los medios necesarios para su conservación e industrialización.

En el Edo. de Nayarit, por ejemplo, en los meses de Julio a Octubre, el precio de la leche decrece en forma notable alcanzando un valor de \$0.60 lt., debido a que, como ya se mencionó anteriormente hay sobre producción, este precio se encuentra 333% inferior al precio que alcanza en el mes de mayo que es de \$2.60 lt.

En lo que se refiere a las condiciones de higiene que rigen en los establos del país en general, son sumamente precarias, lo que provoca una serie de enfermedades en los animales, que tiene como resultado que la leche producida por los mismos tenga una elevada cuenta bacteriana y dado que la paste-

rización de la leche requiere una inversión que los pequeños ' productores no pueden realizar, los consumidores de leche no to man un alimento sano y pueden contraer enfermedades.

Como ejemplo, en el Edo. de Nayarit, las condiciones generales de crianza para el ganado lechero son favorables, sin embargo no son aprovechadas, debido a la falta de una planta in dustrial de dimensiones suficientes como para cubrir el total ' de la producción de leche que podría obtenerse, ya que los gana deros al no contar con un mercado seguro y estable para su pro ducto no se preocupan por la alimentación y mejoramiento del ga nado.

El presente anteproyecto se ha realizado con el fin' de proponer una solución a este problema en Nayarit, mediante - la industrialización de la leche para la producción de leche -- concentrada y leche en polvo que representarían ramas novedosas en el campo de la industria lechera y contribuirían al desarro llo industrial de esta región. ]

## GENERALIDADES

En el pasado la industria lechera era demasiado rudimentaria, existían pocos productos lácteos; esencialmente estaban constituidos por la leche entera y desnatada, la mantequilla y los quesos. Se desconocían los métodos para conservar la totalidad de los componentes de la leche y solamente los elementos insolubles (caseína y grasa) podían conservarse bastante -- tiempo en forma de queso o mantequilla, pero la parte soluble se desperdiciaba o se utilizaba mal.

En el presente, la conservación de una parte importante de la leche producida en las regiones lecheras es una necesidad económica y social; y como consecuencia, la regulación de mercados y la posibilidad de surtir las zonas deficientes. Esta conservación puede realizarse, hoy en día por diversos métodos que permiten conservar casi indefinidamente la leche íntegra ó privada de su agua de constitución.

La lista de los productos lácteos y de los productos derivados de la leche aumenta cada día; en la actualidad se -- pueden resumir de la siguiente manera:

Las leches de consumo, no modificadas, excepto por la influencia del calentamiento y a veces por un desnatado parcial (leche cruda y leche pasteurizada y esterilizada).

Las leches concentradas por la acción del calor y -- excepcionalmente por liofilización (leche humana).

Las leches modificadas (leches medicamentosas, aromatizadas esterilizadas, leches fermentadas ó acidificadas).

La crema que es una parte de leche muy rica en materia grasa y separada de la leche desnatada mediante reposo ó -- centrifugación.

La crema helada; la mantequilla obtenida por batido' de la crema, en donde la materia grasa ya no se encuentra en su estado original puesto que se le ha separado del llamado secero de mantequilla, que tiene una composición parecida a la leche - desnatada.

La caseína que se obtiene por coagulación de la le-' che desnatada.

Los subproductos obtenidos de los sueros (lactosa y' ácido láctico, alcohol y alimentos diversos tales como queso de suero ó requesón, concentrado proteínico, productos vitaminados, etc.)

Las transformaciones a que se somete la leche tien-' den en general a la reducción del contenido de agua, lo que dá' productos de mejor conservación y más fáciles de transportar.

La propiedad fundamental de la leche es la de ser -- una mezcla, tanto física cómo químicamente.

La leche es una mezcla de sustancias definidas: Lac- tosa, glicéridos de ácidos grasos, caseína, albúminas, sales, - etc. Desde el punto de vista físico coexisten varios estados;'

emulsión, suspensión y solución.

La leche que permanece a la temperatura ambiente se separa progresivamente en tres partes, la crema que es una capa de glóbulos grasos reunidos por efecto de la gravedad, la cuajada que consiste en caseína coagulada como consecuencia de la acción microbiana y el suero que contiene los productos solubles y que se separa de la cuajada.

De ésta concepción de la leche, considerada como mezcla, se derivan importantes consecuencias y son las siguientes:

1.- Las proporciones de los componentes de la mezcla pueden variar ampliamente.

2.- Cada uno de éstos elementos pueden aislarse de la mezcla sin modificación.

3.- Las modificaciones experimentadas por uno de ellos pueden influir sobre el estado del otro. Existe por lo tanto, un estado de equilibrio en la leche que puede romperse por acciones diversas, circunstancia en extremo importante para la tecnología lechera.

Por todo lo anterior, podemos concluir que cuando se pretende aplicar un tratamiento a la leche es necesario pensar en los cambios que puede provocar en el estado de uno ó varios de sus componentes y las repercusiones secundarias que se derivan y que en ocasiones son inesperadas. Normalmente se trata de cambios previsibles de las cualidades físicas de la leche y

los productos lácteos, que deben conocerse.

PROCESOS DE FABRICACION

*de leche concentrada  
y leche en polvo.*

Los principios generales que se siguen al evaporar la leche son más o menos idénticos a los que se emplean para generar vapor a partir de agua. Sin embargo, debe considerarse en forma especial que, al evaporarse el agua de la leche, la temperatura debe conservarse lo suficientemente baja para no sobrecalentar los sólidos de la leche, lo que produciría la inevitable coagulación y una disminución considerable del sabor.

La temperatura permitida, tal como sucede en la pasteurización, depende del tiempo de exposición. Pueden usarse evaporadores, para evaporar la leche, hasta una temperatura tan alta como los 245°F (118°C), pero el tiempo de exposición al calor es cuestión de unos cuantos segundos.

La concentración ó evaporación de la leche, que consiste en quitar un gran porcentaje de agua a la misma, se hace en un evaporador de éste tipo, pero actualmente se están usando los evaporadores con vacío, en este tipo de evaporador, la leche hierve a baja temperatura debido al alto vacío, de manera que en la práctica, la temperatura no excede de los 150°F - - - (65.5°C). Para la realización de la evaporación ó concentración de la leche se usarán en este trabajo evaporadores del último tipo. )

Breve descripción de los equipos que se usan para evaporar ó concentrar leche.

Evaporador Atmosférico.— El evaporador atmosférico, tal como se construye generalmente, consiste en un cilindro rodeado de espacio para el vapor, en el cual un aspa gira a alta velocidad. Cuando la leche penetra en un extremo circula gradualmente hasta el punto de descarga en una delgada película que gira rápidamente. El calor proveniente del vapor ocasiona una evaporación sumamente rápida de la humedad, que sale por el ventilador bajo forma de vapor y se descarga en la atmósfera. La densidad del producto que se descarga se controla por el ritmo de alimentación de la leche y también por la temperatura del vapor en el espacio circundante. Se obtiene una transferencia de calor muy alta debido al movimiento rápido de la película de leche sobre la superficie de calentamiento. La evaporación se efectúa a la presión atmosférica y a una temperatura de un poco más de 212°F (100°C). La eficiencia térmica es sumamente alta.

Evaporadores de vacío.— Este tipo de evaporadores se pueden construir de diferente manera (evaporadores de efecto sencillo, de efecto doble, etc.), en cualquiera de los modelos, la leche se somete a alto vacío. En un evaporador de doble efecto, la leche se mueve sobre la superficie de calentamiento a una velocidad sumamente alta, lo que evita que se queme en la superficie de calentamiento y produce una mayor eficiencia de calentamiento. Para el presente trabajo se usará un evaporador de doble efecto.

Las partes principales del evaporador son:

- 1) El cuerpo del evaporador
- 2) La superficie de calentamiento
- 3) El condensador y la trampa
- 4) La bomba de vacío

Durante la operación, el evaporador puede emplearse con determinada capacidad ó con el sistema de corriente continua. Para la corriente continua, se necesita una bomba de succión positiva muy eficiente para poder sustraer la leche concentrada desde la parte inferior del evaporador.

La acción del evaporador consiste en lo siguiente: la leche previamente calentada, entra por las boquillas de chorro del cuerpo principal del evaporador, cae hasta la parte inferior del mismo y se mezcla con la leche que ya esté en el aparato; circula alrededor de la superficie de calentamiento y es calentada de tal manera que el agua se vaporiza.

Este vapor de agua sube y entra en contacto con una superficie fría ó un chorro de agua fría en el condensador, donde se condensa y se extrae bajo forma de agua por medio de una bomba o de otro medio. La bomba de vacío se emplea para conservar la temperatura abajo de la atmosférica en el sistema, para que la leche se evapore más rápidamente y a baja temperatura.

Existen diferentes tipos de condensadores, uno de ellos es el condensador del tipo de superficie (en este trabajo se usarán condensadores de este tipo) en el cual los vapores se condensan en tuberías enfriadas de manera que la condensación no se mezcle con el agua de condensación.

El condensador de chorro ó de tipo húmedo deja caer la condensación y el agua de enfriamiento en una llamada bomba' de vacío de humedad que puede manejar simultáneamente el aire y el agua.

Se pueden hacer grandes ahorros de operación en grandes instalaciones al emplear el evaporador de efectos múltiples, por ejemplo, en una unidad de doble efecto, el consumo de vapor y de agua es más o menos la mitad de lo que se necesita en una' unidad de efecto sencillo. Las unidades que tienen hasta cua- tro efectos necesitarán solamente la cuarta parte de vapor y -- agua de lo que usaría una unidad de efecto sencillo.

Las ventajas de los evaporadores son las siguientes:

- 1) Mayor economía.
- 2) Menos alteraciones del sabor.
- 3) Amplia variación de temperatura de operación.
- 4) Flexibilidad de operación.
- 5) No se requiere ninguna fuente de calor, solamente la electricidad para accionar las compresoras.

6) Todo el vapor condensado de agua se recupera.

Secado de la leche ó leche en polvo.— El secado de la leche consiste en quitar humedad suficiente de la leche de manera que quede solamente la materia sólida con un pequeño porcentaje de humedad. Esto debe consistir sin detrimento del sabor' del color ó de la solubilidad cuando el agua se vuelve a añadir al polvo seco, se obtiene un producto muy similar a la leche -- original.

Uno de los principales requisitos de un secador de leche es que debe remover la humedad sin dar como resultado una -- deteioración apreciable del sabor, del color y de la solubilidad del producto terminado. En la mayor parte de los secadores un porcentaje de la humedad se quita primero por medio de un -- evaporador.

En el secado la leche se expone a altas temperaturas' en muy corto lapso de tiempo, puesto que de otro modo las pro-' teinas se coagularían y se dañarían por el mismo calor.

Secador de Tambor Atmosférico.— Este secador consiste de dos rodillos grandes calentados por vapor; estos rodillos -- son recubiertos con leche por medio de aspersión o proveniente' de un tanque y a medida que dan vuelta, se produce la evapora-' ción de la humedad y la película de la leche seca llega a un lugar donde se raspa por medio de cuchillos bien ajustados.

Secador por aspersión.- Este secador es ventajoso - - cuando se requiere producir un polvo de máxima solubilidad, ya' que el secado es sumamente rápido y no hay reducción de solubilidad. El principio general de este secador consiste en la atomización de una corriente de leche, la cual se atomiza después' en una corriente de aire caliente. La superficie presentada -- por las gotas de leche produce una evaporación casi instantanea de la humedad, dejando los sólidos bajo forma de un polvo seco' que se separa entonces del aire. Todos los secadores están - - provistos de atomizadores de presión y otros de atomizadores rotativos. La forma de la cámara de secado puede ser cónica, de' canal o rectangular.

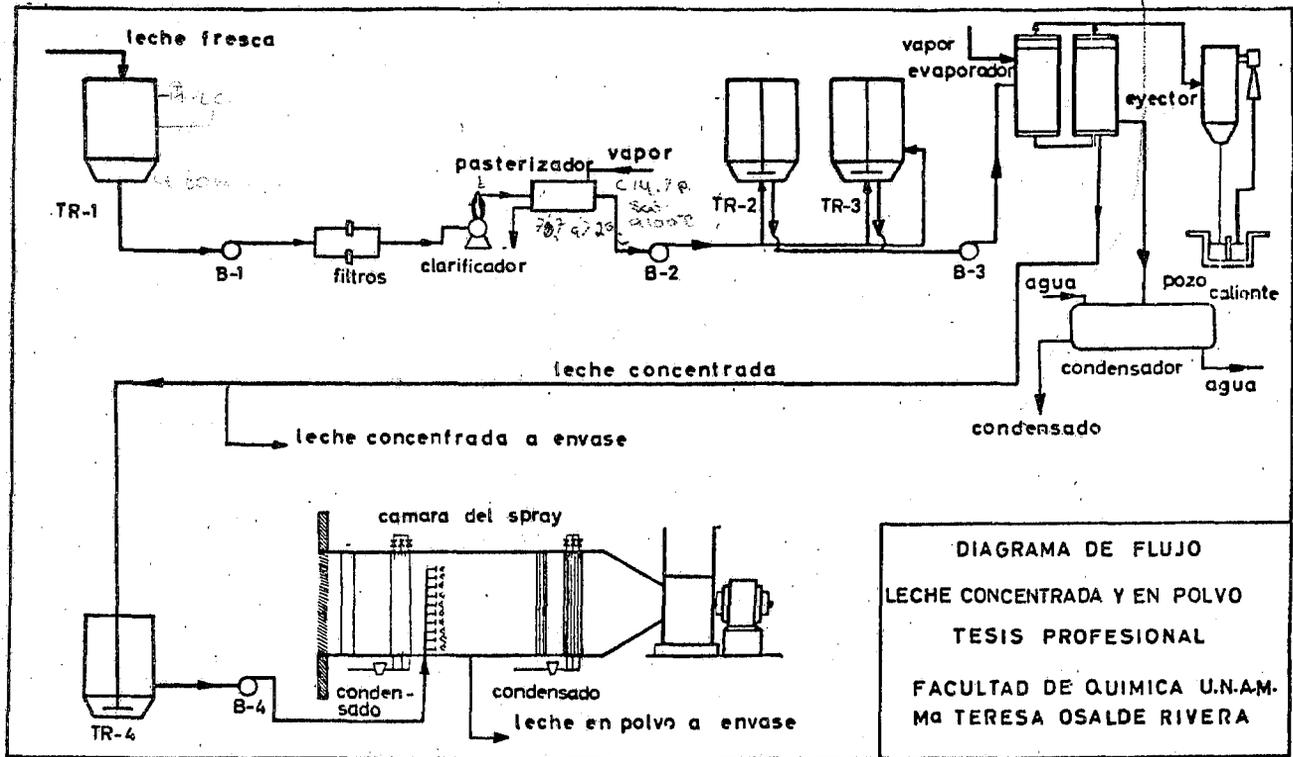


DIAGRAMA DE FLUJO  
 LECHE CONCENTRADA Y EN POLVO  
 TESIS PROFESIONAL  
 FACULTAD DE QUIMICA U.N.A.M.  
 Ma TERESA OSALDE RIVERA

CALCULO TECNICO DEL EQUIPO

Datos: contenido medio de la grasa, sólidos no grasos y sólidos totales de la leche.

Grasa:	5.14 %
Sólidos no grasosos:	9.43 %
Sólidos totales:	14.57 %
Agua:	85.43 %
Densidad específica:	1.032
Punto de ebullición:	100-101.1°C
Viscosidad:	1,2 cps
Punto de congelación:	0.6°C
Densidad de la grasa:	0.93
Densidad de los sólidos no grasosos:	1.616
Proteínas:	Caseína y Albúmina
Minerales:	Calcio y Fósforo (principalmente)
Azúcar:	Lactosa.

Vitaminas: todas las conocidas aunque en pequeña proporción. Grasa de la leche: glicerol y una mezcla variable de ácidos grasos.

Tanque del proceso (tanque receptor de leche):

Cálculo del Tanque T-1: El proceso constante y con el fin de evitar desequilibrios en la planta, se da un tiempo de residencia en el tanque de 30 minutos.

Para dimensionar el tanque tomamos la relación  $L/D = 1.0$  donde:

L = Altura del tanque

D = Diámetro del tanque

Como el recipiente será cilíndrico se usará la ecuación

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

Pero como  $L = D$ ; entonces

$$\frac{\pi D^2}{4} \times L = \frac{\pi D^3}{4}$$

y como el volumen del tanque será de 10 000 l. ( $10 \text{ m}^3$ ).

$$\frac{\pi D^3}{4} = 10 \text{ m}^3$$

$$D^3 = \frac{10 \text{ m}^3}{0.785} = 12.75 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{12.75 \text{ m}^3} = 2.34 \text{ m}$$

2.34 m = Diámetro del tanque

La altura del tanque será también  $L = 2.34$  m

Para el cálculo de la presión interna se usará la ecuación:

$$P = L \times \rho$$

donde  $\rho$  es la densidad ( $\rho = 1.032$  g/cm<sup>3</sup>)

$$P = 234 \text{ cm} \times 1.032 \text{ g/cm}^3 = 235 \text{ g/cm}^2 = .235 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$$

El radio del tanque será

$$r = \frac{D}{2} = \frac{2.34}{2} = 1.17 \text{ m.}$$

El material de construcción de este tanque es acero - inoxidable tipo 316 y se dispone de la siguiente ecuación de diseño para su cálculo.

$$S_c = \frac{Pr}{h} = \text{esfuerzo circunferencial} = 1770 \frac{\text{Kg.}}{\text{cm}^2}$$

$$S_e = \frac{Pr}{2h} = \text{esfuerzo longitudinal.}$$

Se diseñará con la ecuación que nos representa el mayor esfuerzo, la cual se corrige para tomar en cuenta la soldadura:

$$h = \frac{Pr}{S_c \epsilon} + C = \text{espesor de la pared}$$

donde:

C representa la constante de corrosión que se toma en cuenta para calcular el espesor.

$\xi$  = Eficiencia de la soldadura, por tanto

$$\xi = 0.60$$

$$C = 0.158 \text{ cm.}$$

entonces

$$h = \frac{0.235 \text{ kg/cm}^2 \times 1.17 \text{ m.}}{1770 \text{ kg/cm}^2 \times 0.6} + 0.00158 \text{ m.}$$

$$h = 0.001838 \text{ m.}$$

$$h = 1.838 \text{ mm.}$$

Cálculo de los tanques homogenizadores para una capacidad de 15 000 l. Estos tanques tienen la función de ajustar el contenido de grasa a las especificaciones requeridas en el proceso.

Aquí se dará un tiempo de residencia de 30 minutos, - se tomará una relación L/D = 1.0 para dimensionar los tanques.

$$\frac{\pi D^3}{4} = 15 \text{ m}^3$$

$$D^3 = \frac{15 \text{ m}^3}{0.785} = 19.1 \text{ m}^3$$

$$D^3 = \sqrt[3]{19.1 \text{ m}^3} = 2.67 \text{ m} = \text{diámetro de los tanques.}$$

$$L = 2.67 = \text{altura de los tanques.}$$

Cálculo de la presión interna

$$P = L \times f$$

$$\begin{aligned} P &= 267 \text{ cm} \times 1.032 \text{ g/cm}^3 \\ &= 268.5 \text{ g/cm}^2 = 0.2685 \text{ Kg/cm}^2 \end{aligned}$$

el radio será:

$$r = \frac{D}{2} = \frac{2.67}{2} = 1.335 \text{ m.}$$

el material de construcción será acero inoxidable tipo 316. El espesor de la pared de estos tanques será:

$$h = \frac{Pr}{S_c \epsilon} + C$$

$$h = \frac{0.2685 \text{ Kg/cm}^2 \times 1.335 \text{ m.}}{177 \text{ Kg/cm}^2 \times 0.60} + 0.00158 \text{ m.}$$

$$h = 0.001918 \text{ m.}$$

$$h = 1.918 \text{ mm.}$$

Para el cálculo de los tanques de enfriamiento, cálculo lo que por razones prácticas y para 50,000 l. de leche que se procesarán se efectuará en dos tanques, o sea se hará, un cálculo para 2 tanques, con una capacidad de 25,000 l. cada uno.

Se tomará un tiempo de residencia de 24 horas y como en los casos anteriores una relación  $L/D = 1.0$ , así como el mismo material de construcción empleado anteriormente (acero inoxidable tipo 316)

Cálculo del diámetro:

$$\frac{\pi D^3}{4} = 25 \text{ m}^3$$

$$D^3 = \frac{25 \text{ m}^3}{0.785} = 31.8 \text{ m}^3$$

$$D = \sqrt[3]{31.8 \text{ m}^3} = 3.13 \text{ m.}$$

Como la relación  $L/D = 1$  entonces la longitud será --  
igual a :

$$L = D = 3.13 \text{ m.}$$

Cálculo de la presión interna.

$$P = l \times d$$

$$P = 3.13 \text{ cm.} \times 1.032 \text{ g/cm}^3$$

$$= 315 \text{ g/cm}^2 = 0.315 \text{ Kg/cm}^2$$

3.13 m 100cm  
0.1m

el radio de cada uno de los tanques será de: <sup>0.323016</sup>

$$r = \frac{D}{2} = \frac{3.13 \text{ m}}{2} = 1.565 \text{ m}$$

el espesor de la pared de cada uno de los tanques será

$$h = \frac{Pr}{S_c \epsilon} + C$$

$$h = \frac{0.315 \times 1.565}{1770 \times 0.6} + 0.00158$$

$$h = 0.002043 \text{ m.}$$

$$h = 2.043 \text{ mm.}$$

$$h = \frac{0.315 \times 1.565}{1770 \times 0.6} + 0.00158$$

$$h = 0.002043 \text{ m.}$$

$$h = 2.043 \text{ mm.}$$

Cálculo de la bomba No. 1.- Esta bomba, construida en acero inoxidable y de tipo centrífuga se calcula para una capacidad de 20,000 lts., que es capacidad de sobra y sirve para -- bombear la leche del tanque de recepción al pasteurizador.

Se tomaron en cuenta los siguientes datos:

2 Válvulas de globo de 2 pulgadas = 5.08 cm.

1 Válvula Check de 2 pulgadas = 5.08 cm.

4 Codos de 90° de 2 pulgadas = 5.08 cm.

Diferencia de altura entre la succión y la descarga = 3 m.

Eficiencia del motor-bomba = 60 %

Díametro interno de la tubería de 2 pulg.=2.067 (ced.40)5.25 cm.

Distancia total incluyendo las longitudes equivalentes de los accesorios:

2 Válvulas de Globo = 300 x 2 = 600 veces el diámetro  
= 30.50 mts.

1 Válvula Check = 60 x 2 = 120 veces el diámetro  
= 3.04 mts.

4 Codos de 90° = 32 x 4 = 128 veces el diámetro

$$= 6.50 \text{ mts.}$$

Distancia total = (30.80 + 3.04 + 6.50) = 40.04 de acceso-  
rios

Longitud total = 40.04 + 10.00 = 50.04 m.

Cálculo del número de Reynolds para saber el tipo de  
flujo.

$$N_{Re} = \frac{DV\rho}{\mu}$$

donde:

D = Diámetro = 5.25 cm.

V = Velocidad = ?

$\rho$  = Densidad = 1.032 g/cm<sup>3</sup>

$\mu$  = Viscosidad = 1.2 cps

← Cálculo de la velocidad:

$$q = V \times A$$

donde:

$$q = \text{gasto} = 20\,000 \text{ lts/hora} = 20\,000\,000 \text{ cm}^3/\text{hr}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 0.785 \times (2.067 \times 2.54)^2 = 21.2 \text{ cm}^2$$

$$V = \frac{20\,000\,000}{21.2} = 945\,000 \frac{\text{cm.}}{\text{hr.}} = 2.63 \frac{\text{mts.}}{\text{seg.}}$$

$$N_{Re} = \frac{5.21 \times 263 \times 1.032}{0.012}$$

$$N_{Re} = 115\,000$$

Con este número de Reynolds, se encuentra la fricción, como una función del factor de fricción (Mc CABE, pág. No. 68).

Se tomó un factor de rugosidad (K) = 0.00085 por ser el material de acero inoxidable siendo K/D = 0.0051, con el número de Reynolds y K/D conocidos, el factor de fricción resultó ser = 0.008.

Cálculo de las pérdidas por fricción:

$$H_{fs} = \frac{4 f L \bar{V}^2}{2 D g_c}$$

donde:

f = factor de fricción = 0.008

L = Longitud total = 40.04 m.

$\bar{V}$  = Velocidad media = 2.63 m/seg.

D = Diámetro = 5.08 cm.

$g_c$  = Constante de Newton =  $9.81 \frac{\text{Kg-m}}{\text{Kg-sec.}^2}$

$$H_{fs} = \frac{4 \times 0.008 \times 40.04 \times (2.63)^2}{2 \times 9.81 \times 0.0508} = 9.18 \frac{\text{Kg.} \times \text{m.}}{\text{Kg.}}$$

Cálculo de la potencia requerida:

Ecuación de cálculo:

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g}{g_c} Z_a + \frac{V_a^2}{2 \alpha_a g_c} - W_s h = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g}{g_c} Z_b + \frac{V_b^2}{2 \alpha_b g_c} + H_{fs}$$

donde:

$P_a$  = Presión atmosférica = presión en el tanque de almacenamiento

$\alpha$  = Coeficiente para corregir velocidades = 1 (a este  $N_{Re}$ )

$P_b$  = Presión de descarga atmosférica

$Z_a$  = Altura de referencia = 0

$Z_b$  = Altura de descarga = 3 mts.

$\bar{V}_a$  = Velocidad en el tanque de recepción = 0

$\bar{V}_b$  = Velocidad de descarga = 2.63 m/seg.

por tanto:

$$- W_s h = \frac{\rho}{\rho_c} Z_b + \frac{\bar{V}_b^2}{2 \alpha \rho_c} + H_{fs}$$

$$- W_s h = 3 + \frac{(2.63)^2}{2 \times 9.81} + 9.18 = 12.53$$

$$- W_s = \frac{12.53}{h} = \frac{12.53}{0.60} = 20.8 \frac{\text{Kg.} \cdot \text{m.}}{\text{Kg.}}$$

Cálculo del gasto en masa:

$$W_G = \frac{20\,000 \times 1.032}{3\,600} = 5.7 \frac{\text{Kg.}}{\text{Seg.}}$$

Cálculo de la Potencia:

$$P = W \frac{W_s}{76} = \frac{5.7 \times 20.8}{76} = 1.56 \text{ HP}$$

Por lo tanto se selecciona una bomba de 2 caballos, -  
iones de seguridad y para preveer expansiones futuras.

Cálculo de la bomba No. 2. - Esta bomba es del tipo de  
bomba No. 1 (construida en acero inoxidable y de tipo centrí

fuga).

Datos:

3 Válvulas de globo de 2 pulgadas = 5.08 cm.

4 Codos de 90° de 2 pulgadas = 5.08 cm.

1 Válvula Check de 2 pulgadas = 5.08 cm.

1 Unión T de 2 pulgadas = 5.08 cm.

Eficiencia del motor-bomba = 60%

Diámetro interno de tubería de 2 pulg. Ced. 40= 5.25  
cm.

Cálculo de la distancia total:

3 x .300 = 900 veces el diámetro = 45.80 mts.

4 x .32 = 128 veces el diámetro = 6.50 mts.

1 x 60 = 60 veces el diámetro = 3.04 mts.

1 x 60 = 60 veces el diámetro = 3.04 mts.

Distancia total= (45.80 + 6.50 + 3.04 + 3.041) = 58.38 mts.

Cálculo del número de Reynolds:

$$N_{Re} = \frac{D U \rho}{\mu}$$

donde:

D = 5.25 cm.

V = 263 cm/seg.

$\rho = 1.0005 \text{ gr/cm}^3$

$$\mu = 1.19 \text{ cps} = \frac{0.0119 \text{ gr.}}{\text{cm-seg.}}$$

$$N_{Re} = \frac{5.25 \times 263 \times 1.0005}{0.0119} = 116\ 000$$

Con este número de Reynolds y K/D

el mismo de la bomba No. 1

$$f = 0.0081$$

Cálculo de las pérdidas por fricción:

$$H_{fs} = \frac{4f L \bar{V}^2}{2 D g_c}$$

donde:

$$f = 0.0081$$

$$L = 58.38 \text{ mts.}$$

$$\bar{V} = 2.63 \text{ m/seg.}$$

$$D = 0.0525 \text{ mts.}$$

$$g_c = 9.81 \frac{\text{Kg-m}}{\text{Kg seg.}^2}$$

$$H_{fs} = \frac{4 \times 0.0081 \times 58.38 \times (2.62)^2}{0.0525 \times 2 \times 9.81}$$

$$H_{fs} = 13.1 \frac{\text{Kg-m}}{\text{Kg.}}$$

Cálculo de la potencia requerida:

$$\frac{P_a}{\rho} + \frac{g}{g_c} z_a + \frac{\bar{V}_a^2}{2 \alpha_a g_c} - \frac{W_s h}{\rho} = \frac{P_b}{\rho} + \frac{g}{g_c} z_b + \rightarrow$$

$$\frac{\bar{V}_b^2}{2\alpha_j g_c} + Hfs$$

donde:

$$\alpha = 1$$

$$Pa = \text{Presión atmosférica} = 1.033 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Pb = \text{" en el fondo del tanque} = 1.033 + 0.2685 \\ = 1.3015 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Za = Zb = 0$$

$$\bar{V}_a = \bar{V}_b = 2.63 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{Pa}{\rho} - W_s h = \frac{Pb}{\rho} + Hfs$$

$$- W_s h = \frac{(0.2685 \times 1000 \times 13.1)}{1.0005 \times 100} \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$- W_s h = 15.7 \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$- W_s = \frac{15.7}{0.60} = 26.2 \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$W = \text{gasto en masa} = 5.7 \frac{\text{Kg.}}{\text{seg.}}$$

Cálculo de la Potencia:

$$P = W \frac{W_s}{76} = \frac{5.7 \times 26.2}{76} = 1.97 \text{ HP}$$

Se selecciona una bomba con capacidad nominal de 2.5' HP. previendo expansiones.

$$\frac{\bar{V}_b^2}{2\alpha_b \epsilon_c} + Hfs$$

donde:

$$\alpha = 1$$

$$Pa = \text{Presión atmosférica} = 1.033 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Pb = \text{" en el fondo del tanque} = 1.033 + 0.2685 \\ = 1.3015 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$Za = Zb = 0$$

$$\bar{V}_a = \bar{V}_b = 2.63 \text{ m/seg.}$$

$$\frac{Pa}{\rho} - W_s h = \frac{Pb}{\rho} + Hfs$$

$$- W_s h = \frac{(0.2685 \times 1000 \times 13.1)}{1.0005 \times 100} \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$- W_s h = 15.7 \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$- W_s = \frac{15.7}{0.60} = 26.2 \frac{\text{Kg. m}}{\text{Kg.}}$$

$$W = \text{gasto en masa} = 5.7 \frac{\text{Kg.}}{\text{seg.}}$$

Cálculo de la Potencia:

$$P = W \frac{W_s}{76} = \frac{5.7 \times 26.2}{76} = 1.97 \text{ HP}$$

Se selecciona una bomba con capacidad nominal de 2.5' HP. previendo expansiones.

Cálculo del pasterizador:

El pasterizador es del tipo de placas, construido en acero inoxidable, su funcionamiento es como sigue:

Consta de 2 secciones, siendo la primera de ellas de precalentamiento de la leche fresca que se alimenta, aprovechando el calor de la leche pasterizada, en este paso la leche fresca alcanza una temperatura de 136.8°F (58.2°C) luego pasa a la sección de calentamiento que es la segunda parte donde alcanza la temperatura de pasterización 71.7 a 72.2°C (161°F - 162°F), en esta sección el calentamiento se efectúa con vapor de 14.7 Psia saturado (100°C) una vez que alcanzó esta temperatura, la leche pasa por el tubo de reposo, calculada para que tarde en recorrerlo 15 ó 16 segundos a una velocidad de flujo que oscila entre 1 y 2 pies/seg. (0.305 a 0.61 m/seg.) éste tubo termina en la válvula desviadora de flujo, la cual está activada por la temperatura, que permite el paso si dicha temperatura es correcta, en caso contrario la regresa al tanque de recepción.

Datos para la sección de precalentamiento.

Leche fresca:

Gasto en masa = 20 640 Kg/hr.

Temperatura de entrada = 20°C (68°F)

Temperatura de salida = 58.2°C (136.8°F)

Calor específico medio = 0.975 cal/g°C (0.975 BTU/lb.°F)

Leche pasteurizada:

Gasto en masa = 20 640 Kg/hr.

Temperatura de entrada = 72.2°C (162°F)

Calor específico medio = 0.973 cal/g°C (0.975 BTU/lb°F)

Temperatura de salida = ?

Balance de calor:

Calor ganado = calor perdido

Ecuación de balance:  $Q = m C_p \Delta T$

$$20\ 640 \times 0.975 (58.2 - 20) = 20\ 640 \times 0.975 (72.2 - X)$$

$$X = 33.8^\circ\text{C} (92.9^\circ\text{F})$$

Cálculo del área:

Ecuación de transmisión de calor:  $Q = u A (\Delta T)_{ml}$

donde:

$u$  = coeficiente total de transmisión de calor

$(\Delta T)_{ml}$  = la diferencia media logarítmica de temperatura

$$(\Delta T)_{ml} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2.303 \log \Delta T_1 / \Delta T_2}$$

$A$  = área de transmisión de calor

El coeficiente de transmisión de calor reportado en la literatura especializada de la leche del autor A. W. Farral es de 2 500 BTU/hr-pie<sup>2</sup>°F igual a 12 200 Kcal/hr-m<sup>2</sup>°C

Cuando son muy cercanas se toma la media aritmética.

$$\Delta T_1 = 14^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 13.8^\circ\text{C}$$

$$\overline{\Delta T} = \frac{14 + 13.8}{2} = 13.9^\circ\text{C}$$

$$Q = 20\,640 \times 0.975 \times 38.2 = 770\,000 \text{ Kcal/hr.}$$

$$A = \frac{770\,000 \text{ Kcal}}{12\,200 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}} \times 13.9^\circ\text{C}} = 4.45 \text{ m}^2$$

Las placas son de 60 x 40 cm.

El área por placa = 4 800 cm<sup>2</sup>

$$\text{Número de placas} = \frac{44\,500}{4\,800} = 9.26$$

Se seleccionan 10 placas

Cálculo de la sección de calentamiento:

Datos:

Gasto en masa = 20 640 Kg/hr.

Temperatura de entrada = 58.2°C (136.8°F)

Temperatura de salida = 72.2°C (162°F)

Calor específico medio = 0.973  $\frac{\text{cal}}{\text{g}\cdot^\circ\text{C}}$  (0.973  $\frac{\text{BTU}}{\text{lb}\cdot^\circ\text{F}}$ )

Coefficiente de transmisión de calor = 2 600  $\frac{\text{BTU}}{\text{hr}\cdot\text{pie}^2\cdot^\circ\text{F}}$

$$= 12\,700 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}\cdot\text{m}^2\cdot^\circ\text{C}}$$

Calor latente del vapor = 970.3  $\frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$  = 540 cal/g.

Cálculo del vapor de calentamiento:

$$Q = m C_p \Delta T = W \lambda$$

$$20\ 640 \times 0.973 (72.2 - 58.2) = W \times 540$$

$$W = 521 \text{ Kg/hr. de vapor}$$

Cálculo del área de transferencia:

$$Q = uA (\Delta T)_{ml}$$

$$\Delta T_1 = 100 - 58.2 = 41.80^\circ\text{C}$$

$$\Delta T_2 = 100 - 72.2 = 27.80^\circ\text{C}$$

$$(\Delta T)_{ml} = \frac{41.80 - 27.80}{2.303 \log \frac{41.80}{27.80}} = \frac{14}{0.406} = 34.5^\circ\text{C}$$

$$Q = m C_p \Delta T = 20\ 640 \times 0.973 \times 14 = 282\ 000 \text{ Kcal/hr.}$$

$$A = \frac{282\ 000}{12\ 700 \times 34.5} = 0.645 \text{ m}^2$$

Cálculo del número de placas:

$$N = \frac{6\ 450}{4\ 800} = 1.342$$

Se seleccionarán 2 placas

Cálculo del tubo de reposo:

Datos:

Velocidad = 2 pies/seg. = 61 cm/seg.

Gasto en volumen = 20 000 L/hr

Ecuación del cálculo

$$q = V \times A$$

$$20\ 000\ 000 = 61 \times A$$

$$A = 91 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\pi D^2}{4} = 91$$

$$D = 10.8 \text{ cm.}$$

Se seleccionará un tubo de 5 pulg. cédula 40 y con esto nos resulta una velocidad de 1.28 pies/seg. ó sea 39 cm/seg.

$$\text{La longitud será: } 39 \times 16 = 6.22 \text{ m.}$$

Cálculo de la fuerza centrífuga. - Para el cálculo de esta fuerza se usará la siguiente ecuación:

$$F_c = \frac{m v^2}{r}$$

donde:

v = Velocidad en m/seg = velocidad tangencial

m = Masa

r = Radio = 10 cm. = 0.10 m = radio de giro

La masa de un kilogramo peso se encontrará de la siguiente forma:

$$m = \frac{P}{G}$$

donde:

P = Peso en Kg.

G = Constante de gravedad = 9.81 m/seg<sup>2</sup>

por tanto:

$$m = \frac{1}{9.81} = 0.102 \text{ Kg-masa}$$

Para encontrar la velocidad se usará la siguiente ecuación:

$$V = \frac{2\pi rN}{60}$$

donde:

$$N = 5\ 000\ \text{rpm}$$

por tanto:

$$V = \frac{2 \times 3.1416 \times 0.10 \times 5\ 000}{60}$$

$$V = 52.4\ \text{m/seg.}$$

Con lo anterior ya se podrá calcular la fuerza centrífuga necesaria:

$$F_c = \frac{0.102 \times 52.4^2}{0.10} = 2\ 700\ \text{veces la fuerza de la gravedad.}$$

Como se tiene un flujo de 20 000 l. y se supone que se forma un sedimento de 0.01%, por tanto:

$$20\ 000\ \text{l} \times 1.032\ \text{Kg/l.} = 20\ 640\ \text{Kg.}$$

La cantidad de sedimentos se encontrará como sigue:

$$20\ 640 \times 0.0001 = 2.0640\ \text{Kg.}$$

La centrífuga, que está construida en acero inoxidable y en motor de 1 HP de 50-60 ciclos, tiene una capacidad para separar 7 Kg. de sólidos, por lo que se ve que la centrífuga calculada es la indicada.

#### Cálculo de Motores para los agitadores de los Tanques

#### Homogeneizadores.

Para números de Reynolds mayores de 10 000 se dispone de la siguiente ecuación de diseño.

$$P = \frac{K_t h^3 Da^5 \rho}{gc}$$

siendo:

P = Potencia

$K_t$  = Constante empírica = 1

$h$  = Revoluciones por segundo

$Da$  = Diámetro del agitador en ft

$\rho$  = Densidad en lbs/ft<sup>3</sup>

$gc$  = Constante de Newton = 32.17  $\frac{\text{lb} \times \text{ft}}{\text{lb} \times \text{seg}^2}$

Datos de Diseño:

$$h = 1$$

$$Da = 3 \text{ ft}$$

$$\rho = 63.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\mu = 1.2 \text{ cps} = 8.1 \times 10^{-4} \frac{\text{lb}}{\text{ft} \cdot \text{seg}}$$

$$N_{Re} = \frac{Da^2 h \rho}{\mu} = \frac{9 \times 1 \times 63.4}{8.1 \times 10^{-4}} = 7.05 \times 10^5$$

$K_t = 1$  para agitadores de 3 hélices

$$P = \frac{1 \times 1 \times 243 \times 63.4}{32.17} = 480 \frac{\text{lb} \times \text{ft}}{\text{seg}}$$

$$P = \frac{480}{550} = 0.87 \text{ HP se elige un motor de 1 HP}$$

El factor de transformación es:

$$\frac{1 \text{ HP}}{\frac{\text{ft-lb}}{\text{seg}}} = 550$$

#### Cálculo del evaporador de doble efecto:

El tipo de evaporador seleccionado fué el de circulación forzada por tener las siguientes ventajas: el tiempo de residencia en los tubos es de unos tres segundos, el más usado para líquidos viscosos ya que mejora el coeficiente de transmisión de calor, es recomendado para manejar líquidos que al hervir forman espuma, la cual es rota por la circulación del líquido, ya que este emerge a velocidades considerables. Los tubos son de acero inoxidable, estando acoplado al evaporador en sistema de vacío.

#### Cálculo del área de transferencia térmica del evaporador de doble efecto:

##### Literales y su significado:

$T_f$  = Temperatura del líquido en la alimentación

$T_1$  = Temperatura de ebullición en el primer efecto

$T_2$  = Temperatura de ebullición en el segundo efecto

$T_s$  = Temperatura de saturación del vapor en el primer efecto.

$w_f$  = Leche fresca

$W_1$  = Leche concentrada en el primer efecto.

$W_2$  = Leche concentrada en el segundo efecto.

$W_5$  = Vapor vivo al primer efecto.

$(W_2 - W_1)$  = Vapor generado en el primer efecto.

$(W_f - W_2)$  = Vapor generado en el segundo efecto.

Balance de Materiales:

Para obtener una leche concentrada se toma una relación 3:1, es decir se evaporan las 2/3 partes.

Datos de la leche:

Gasto en masa = 20 640 Kg/hr.

Gasto en volumen = 20 000 lts/hr.

Densidad = 1.032 gr/cm.<sup>3</sup>

Agua evaporada =  $20\ 640 \times \frac{2}{3} = 13\ 760$  Kg/hr.

Leche concentrada =  $20\ 640 - 13\ 760 = 6\ 880$  Kg/hr.

ANALISIS DE LA LECHE CONCENTRADA:

$$\% \text{ de Grasa} = \frac{20\ 640 \times 0.0514 \times 100}{6\ 880} = 15.50\%$$

$$\% \text{ de Sólidos no grasos} = \frac{20\ 640 \times 0.0943 \times 100}{6\ 880} = 28.50\%$$

$$\% \text{ de Agua} = 100 - 15.5 - 28.5 = 56\%$$

Por economía se busca que los evaporadores tengan la misma área y que los colores transmitidos en los efectos sean -- cercanos.

así:

$$q_1 u_1 (\Delta T) m_{l_2} = q_2 u_2 (\Delta T) m_{l_2}$$

Los valores reportados para coeficientes totales de transmisión de calor en este tipo de equipos va de los - - - - -

$$\frac{400 \text{ BTU}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} = \frac{1\,940 \text{ Kcal}}{\text{hr. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \quad \text{hasta} \quad \frac{3\,000 \text{ BTU}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} = \frac{14\,710 \text{ Kcal}}{\text{hr. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

Los valores prácticos de la literatura recomiendan - -

$$\frac{2\,700 \text{ BTU}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \text{ y } \frac{2\,500 \text{ BTU}}{\text{hr. ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}} \left( \frac{13\,200 \text{ Kcal}}{\text{hr. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \text{ y } \frac{12\,210 \text{ Kcal}}{\text{hr. m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \text{ respectivamente.} \right)$$

El acomodo de los evaporadores es a contracorriente. '

El segundo efecto trabaja a una presión absoluta de 0.8 Psia - - (0.0 541 atm.), siendo la temperatura de ebullición de 95°F - - (35°C) y se dispone de vapor a 220°F, (104.5°C) para la alimentación del primer efecto.

Balance de calor para los 2 efectos.

$$1.- \quad Q_1 = W_s \lambda_f = (W_2 - W_1) \lambda_1 + W_2 C_p 2 (T_1 - T_2)$$

$$2.- \quad Q_2 = (W_2 - W_1) \lambda_1 = (W_f - W_2) \lambda_2 + W_f C_{pf} (T_2 - T_f)$$

datos:

$$C_p = 0.975 \text{ BTU/lb} \cdot ^\circ\text{F} = 0.975 \text{ cal/gr.} \cdot ^\circ\text{C}$$

$$T_1 = 160^\circ\text{F} = 71^\circ\text{C}$$

$$T_s = 220^\circ\text{F} = 104.5^\circ\text{C}$$

$$T_2 = 95^\circ\text{F} = 35^\circ\text{C}$$

$$T = 92.9^{\circ}\text{F} = 33.8^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda = 965.2 \text{ BTU/lb} = 501 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$\lambda_1 = 1002.3 \text{ BTU/lb} = 522 \text{ Kcal/Kg.}$$

$$\lambda_2 = 1045 \text{ BTU/lb} = 580 \text{ Kcal/Kg.}$$

Substituyendo valores en la ecuación 2 y despejando ..

$W_2$  se tiene:

$$(W_2 - 6880 \times 2.2) 1002.3 + (20640 \times 2.2 - W_2) (0.45 + 20640 \times 2.2 \times 2.1 \times 0.975)$$

$$W_2 = 30500 \text{ lbs} = 13800 \text{ Kg.}$$

Vapor generado en el segundo efecto:

$$= 20640 - 13800 = 6840 \text{ Kg/hr.}$$

Vapor generado en el primer efecto:

$$= 13800 - 6880 = 6920 \text{ Kg/hr.}$$

Cálculo del vapor vivo al primer efecto.

$$q_1 = W_s \lambda_1 = (W_2 - W_1) \lambda_1 + W_2 C_{p2} (T_2 - T_1)$$

Substituyendo valores y despejando:

$$W_s \times 965.2 = 6920 \times 2.2 \times 1002.3 + 30500 \times 0.975 (160 - 95)$$

$$W_s = \frac{15200000 + 2210000}{965.2} = \frac{17410000}{965.2}$$

$$W_s = 18100 \text{ lbs/hr} = 8300 \text{ Kg/hr.}$$

Cálculo del área de transferencia térmica para el primer efecto.

$$q_1 = u_1 A_1 (\Delta T) \text{ ml.}$$

$$A_1 = \frac{16\ 640 \times 965.2}{2\ 700 \times 60} = 100 \text{ pies}^2 = 9.26 \text{ m}^2$$

Cálculo del área de transferencia térmica para el segundo efecto.

$$q_2 = u_2 A_2 (\Delta T) \text{ ml}$$

$$A_2 = \frac{6\ 920 \times 1\ 002.3 \times 2.2}{2\ 500 \times 65} = 95 \text{ pies}^2 = 8.85 \text{ m}^2$$

$$\text{Se estima el área media: } \frac{9.26 + 8.85}{2} = 9.05 \text{ m}^2$$

Cálculo del número de tubos. - Se usarán tubos de 1 - -

pulg.

Datos:

Tubos de 1 pulg. BWG No. 10

Longitud de tubo = 20 pies = 6.10 m.

Área de cada tubo = 5.2360 pies<sup>2</sup>/tubo = 0.485 m<sup>2</sup>/tubo

$$\text{Número de tubos} = N = \frac{9.05}{0.485} = 18.7$$

Se usarán 19 tubos por efecto.

Cálculo del condensador para el vapor del segundo efecto.

Balace del calor

$$q = (W_f - W_2) \lambda_2 = 6\ 840 \times 2.2 \times 1\ 045 = 15\ 610\ 000 \text{ BTU/hr}$$

$$= 3930000 \text{ Kcal/hr}$$

$$q = m C_p \Delta T$$

Datos para el agua:

$$T_1 = \text{Temperatura entrada} = 20^\circ\text{C}$$

$T_2 =$  Temperatura salida  $30^\circ\text{C}$

$C_p = 1 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$

Sustituyendo valores y despejando

$$m = \frac{q}{C_p \Delta T} = \frac{3\,930\,000}{1 \times 10} = 393\,000 \text{ kg/hr. de agua fresca}$$

$$q = uA (\Delta T)_{ml}$$

$$\frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2.3 \log \frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}} = (\Delta T)_{ml}$$

$$\Delta T_{ml} = \frac{19.42 - 5}{2.3 \log \frac{19.42}{5}} = \frac{14.42}{2.3 \times 0.59} = 10.6$$

$$A = \frac{q}{u (\Delta T)_{ml}} = \frac{3\,930\,000}{14\,700 \times 10.6} = 25.3 \text{ m}^2 = \text{área de enfriamiento}$$

se usarán tubos de 1 pulg. BWG No. 10

longitud de tubo = 20 pies = 6.10 m.

área de cada tubo =  $5.2360 \text{ pies}^2/\text{tubo} = 0.485 \text{ m}^2/\text{tubo}$

número de tubos =  $N = \frac{25.3}{0.485} = 52.2$  tubos.

Se usarán 53 tubos para este condensador.

Cálculo del secador por aspersión.

Cálculo de la cámara.— Para obtener la leche en polvo se recomienda una temperatura lo más cercana a  $37^\circ\text{C}$ , por esta razón la deshidratación se efectúa en condiciones de humidifica-

ción adiabática.

Condiciones de operación:

Temperatura de la leche a la entrada =  $37^{\circ}\text{C} = 98.6^{\circ}\text{F}$

Temperatura del aire a la entrada =  $100.55^{\circ}\text{C} = 213^{\circ}\text{F} = T_{G_1}$

Temperatura del aire a la salida =  $39.1^{\circ}\text{C} = 102.6^{\circ}\text{F} = T_{G_2}$

Humedad del aire a la entrada =  $y'_1 = \frac{0.0132 \text{ lbs. de agua}}{\text{lbs. de aire seco}}$

Humedad del aire a la salida =  $y'_2 = \frac{0.040 \text{ lbs. de agua}}{\text{lbs. de aire seco}}$

Coeficiente de transferencia de calor =  $h_{Ga} = \frac{85 \text{ BTU}}{\text{hr. pie}^3\text{F}}$   
 $= \frac{1.36 \text{ cal}}{\text{hr. cm}^3\text{C}}$

Ecuación del diseño:

$$G'_s C_{s_1} (T_{G_1} - T_{G_2}) = h_{Ga} Z (\Delta T)_{av}$$

siendo

$$(\Delta T)_{av} = \frac{(T_{ar} = (T_G - T_{as} - (T_{G_2} - T_{as})))}{\ln (T_{G_1} - T_{as}) / (T_{G_2} - T_{as})}$$

La ecuación de diseño tuvo que ser resuelta por tanteos, la temperatura del aire que se anota a la salida, fue calculada con esta ecuación.

datos:

$$C_{s_1} = 0.24 + 0.013 (0.45) = \frac{0.246 \text{ BTU}}{\text{lbs. de aire seco}} = \frac{0.137 \text{ cal}}{\text{gr. de aire seco}}$$

$$T_{G_1} - T_{G_2} = 213 - 102.6 = 110.4^\circ\text{F} = 43.3^\circ\text{C}$$

$$T_{G_1} - T_{as} = 114.4^\circ\text{F} = 45.51^\circ\text{C}$$

$$T_{G_2} - T_{as} = 4^\circ\text{F} = 2.22^\circ\text{C}$$

sustituyendo los datos obtenemos

$$1\ 450 \times 0.246 \times 110.4 = \frac{85 \times 14 \times 110.4}{2.3 \log. \frac{114.4}{4}} = 39\ 200$$

la altura ó largo se escogió de 14 pies = 4.26 m. porque la literatura recomienda que el largo sea aproximadamente igual al diámetro.

Cálculo de la sección de la cámara:

Balance de materia:

$$G'_s A (y'_2 - y'_1) = 6\ 680 \times 2.2 \times (1 - 0.56)$$

$$\text{masa velocidad} = G'_s = \frac{1\ 450 \text{ lbs. de aire seco}}{\text{hr. pies}^2} = \frac{708 \text{ gr.}}{\text{hr. cm}^2}$$

despejando A:

$$A = \frac{6\ 680 \times 2.2 \times 0.44}{1\ 450 \times (0.04 - 0.0132)} = 167 \text{ pies}^2 = 15.42 \text{ m}^2$$

para calcular el diámetro de la cámara se usará la siguiente ecuación:

$$\frac{\pi D^2}{4} = 15.42$$

$$D = 4.43 \text{ m. de diámetro.}$$

el largo de esta cámara se recomienda sea igual al diámetro por tanto

$$\frac{L}{D} = 1$$

y entonces:  $L = 4.43$  m. largo de la cámara.

La humedad del aire a la salida se leyó de la carta de humedad a la presión de una atmósfera, ya que Sentispac, Nayarit está al nivel del mar.

Calentamiento del aire.

Este calentamiento se efectúa por medio de resistencias eléctricas, donde el aire alcanza la temperatura final de  $100.55^{\circ}\text{C}$  ( $213^{\circ}\text{F}$ )

Balance de calor:

$$q = m C_p \Delta T$$

$$q = 1\,450 \times 167 \times 0.2485 \times (213 - 98.6)$$

$$= 6\,900\,000 \text{ BTU/hr.} = 1\,740\,000 \text{ Kcal/hr.}$$

cómo la literatura recomienda un 50% en exceso de aire el calor será entonces:

$$q = 10\,390\,000 \text{ BTU/hr.} = 2\,600\,000 \text{ Kcal/hr.}$$

El factor de transformación que se usó es:

$$\frac{1 \text{ Kw} - \text{hr.}}{\text{BTU}} = 3\,412.75$$

Cálculo de la potencia eléctrica requerida:

$$P = \frac{10\,390\,000}{3\,412.75} = 3\,020 \text{ Kw} - \text{hr.}$$

El tanque de recepción para la leche concentrada tendrá una capacidad de 10,000 l., tendrá las mismas especificaciones y medidas que el tanque de recepción de la leche.

La bomba No. 3 será también de las mismas especificaciones que la bomba No. 2, con el fin de hacerlas intercambiables.

Cálculo de la bomba No. 4:

Esta bomba construida con las mismas especificaciones que las bombas anteriores se calculará para una capacidad de - - 6 880 Kg/hr. y servirá para bombear la leche evaporada al secador para obtener la leche en polvo.

Se tomarán en cuenta los siguientes datos:

1 conexión T de 1 pulg. = 2.54 cm.

4 codos de 90° de 1 pulg. = 2.54 cm.

1 válvula Check de 1 pulg. = 2.54 cm.

2 válvulas de globo de 90° de 1 pulg. = 2.54 cm.

Diferencias de altura 3 m.

Presión de succión = atmosférica

Presión de descarga = 3 000 lbs/pulg. = 205 atm.

Distancia total incluyendo las longitudes equivalentes de los accesorios.

Tubería = 10 m.

1 unión T: 60 veces el diámetro

4 codos de 90°:  $32 \times 4 = 128$  veces el diámetro.

1 válvula Check: 60 veces el diámetro.

2 válvulas de globo:  $300 \times 2 = 600$  veces  
el diámetro.

TOTAL:  $60 + 128 + 60 + 600 = 848$  pulg. = 21.5 m.  
+ 10 = 31.5 m.

Diámetro interno de la tubería de 1 pulg.

Cálculo del número de Reynolds.

$$N_{Re} = \frac{DV\rho}{\mu}$$

Cálculo de la velocidad.

$$q = V \times A$$

$$V = \frac{q}{A} = \frac{6\,880\,000 \text{ cm}^3/\text{hr.}}{5.02 \text{ cm}^2} \times \frac{1 \text{ hr.}}{3\,600 \text{ seg.}}$$

$$= 378 \text{ cm/seg.}$$

$$N_{Re} = \frac{DV\rho}{\mu}$$

$$\rho = 1.006 \text{ g/cm}^3$$

$$\mu = 50 \text{ cps.} = 0.5 \text{ g/cm. seg.}$$

$$N_{Re} = \frac{2.54 \times 378 \times 1.006}{.5} = 1\,920$$

Con este número de Reynolds se encuentra la fricción -  
como una función del factor de fricción. Se toma un factor de  
rugosidad  $k = 0.00085$  por ser material de acero inoxidable, sien  
do  $K/D = 0.0102$  con el  $N_{Re}$  y  $K/D$  ya conocidos, el factor de fric

ción es igual a 0.018.

Cálculo de las pérdidas por fricción.

$$H_{fs} = \frac{4 f L \bar{V}^2}{2 D gc} = \frac{4 \times 0.018 \times 31.5 \times 3.78^2}{2 \times 0.0254 \times 9.81}$$
$$= 65 \frac{\text{Kg. m.}}{\text{Kg.}}$$

Cálculo de la potencia requerida.

$$- Wsh = \frac{Pb}{\rho} + \frac{g}{gc} Zb + \frac{Vb^2}{2 \alpha_{bgc}} + H_{fs}$$

$$Pb = 211 \text{ Kg/cm}^2 = 2\,110\,000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$h = 60\% = 0.6$$

$$\rho = 1.006 \text{ g/cm}^3 = 1\,006.0 \text{ Kg/m}^3$$

$$- Wsh = \frac{2\,110\,000}{1\,006} + 3 + \frac{14.1}{2 \times 9.81} + 65 = 2\,178.8$$

$$\frac{\text{Kg. m.}}{\text{Kg.}} ; W_s = \frac{2\,178.8}{.60} = 3\,650$$

Gasto en masa:

$$W = \frac{6\,880}{3\,600} = 1.91 \text{ Kg/seg.}$$

Potencia:

$$P = W \frac{W_s}{76} = 1.91 \times \frac{3\,650}{76} = 91.8 \text{ HP}$$

por lo tanto se escoge un motor de 100 caballos.

Cálculo del número de espreas.

Con el fin de hacer la distribución más homogénea, las espreas se colocan sobre un anillo tubular que dista medio pie de la pared interna de la cámara, el perímetro de dicho anillo es de 45 pies = 13.67 m. y la capacidad de cada boquilla es de 525 l/hr., sin embargo con el fin de obtener mayor seguridad se seleccionaron 13 boquillas. Se escogió una presión de descarga de 3,000 lbs/pulg<sup>2</sup> (205 atm.) para obtener el menor tamaño de partícula y de esta manera tener la suficiente área de contacto, estas boquillas corresponden al modelo 57 SL del catálogo No. 108 de la Spraying Systems Co., dichas boquillas tienen un diámetro de orificio de 0.043 pulg. = 1.075 cm. construidas en acero inoxidable.

El motor del ventilador resultó ser de 50 HP y en su cálculo se usó la siguiente ecuación para gases que tienen variaciones altas de temperatura.

$$P_b - P_a + \frac{g(Z_b - Z_a)}{gc} + G^2 \left[ \frac{1}{P_b} - \frac{1}{P_a} + \frac{2 G^2 f L_b}{gc D \rho} \right] = 0$$

en donde el significado de las literales es ya conocido.

EVALUACION ECONOMICA DE LOS DOS PROCESOS

El costo del equipo se obtuvo por cotización directa y por la literatura especializada, siendo en algunos casos actualizada usando los índices de Marshall y Stevens.

Para el cálculo de la inversión requerida, se consideró el siguiente criterio: establecer la planta, efectuar el arranque y mantener en operación normal los equipos correspondientes.

También se tomó en cuenta la siguiente ecuación:

$$\text{Capital total} = \text{Capital fijo} + \text{Capital de trabajo.}$$

El capital fijo puede ser definido como el costo total de las instalaciones de proceso, construcción, servicios auxiliares e ingeniería requerida en la creación de una nueva planta. La siguiente tabla muestra los detalles del capital fijo y sus subdivisiones primarias.

CAPITAL FIJO:

Equipo adquirido	\$ _____
Instalación de equipo	_____
Tubería	_____
Instrumentación	_____
Aislamiento	_____
Electricidad	_____
Edificio	_____

Terreno	\$ _____
Servicios	_____
<u>COSTO FISICO DE LA PLANTA:</u>	
Ingeniería y construcción	\$ _____
Costos directos de planta	_____
Honorarios del contratista	_____
Imprevistos	_____
Capital fijo	_____

El costo físico de la planta más los gastos de ingeniería y construcción forman el costo directo de la planta, si a éste se le añaden los honorarios del contratista y los imprevistos resulta el costo de capital fijo, para plantas de \$1'250,000.00 hasta \$6'250,000.00 los gastos de ingeniería y construcción son de 30% respecto al costo físico y baja a 25% para inversiones mayores.

Los honorarios del contratista pueden ser estimados como 4 a 10% de los costos directos de planta, éstos dependen del tamaño, complejidad y localización de la planta.

Imprevistos.- Son los gastos que se cargan para compensar por cambios de precio, errores de estimación, cambios menores de proceso, etc., se aplica normalmente como un 15% en promedio del costo directo de la planta.

Capital de trabajo.- Se puede definir como los fondos

necesarios para el manejo del negocio y en general será una cantidad oscilante entre el 10 y 15% del capital fijo invertido, ó el 25% de las ventas anuales de producto. La siguiente tabla muestra sus componentes:

Inventario de materia prima	_____
Inventario de producto en proceso	_____
Inventario de producto terminado	_____
Crédito extendido	_____
Caja	_____
Capital de trabajo	\$ _____

Inventario de materia prima.- Se puede estimar como la materia necesaria para operar un día.

Inventario de producto en proceso.- Se puede estimar como la mitad de los gastos totales de manufactura ocurridos durante un período equivalente al tiempo requerido para procesarlo.

Inventario de producto terminado.- Se puede tomar como un mes de producción valuado al costo de manufactura.

Crédito extendido.- Se puede estimar como un mes de producción valuado al precio de venta o al doble del costo de manufactura.

Caja.- Se toma como un mes de los gastos de manufactura.

Si el costo de una pieza dada se conoce a determinada - capacidad, el costo de una unidad similar X veces mayor puede ser calculado con la ecuación del factor 0.6.

Esta ecuación se aplica para capacidades mayores de 10' veces como límite.

PROCESO DE LECHE CONCENTRADA ✓

Equipo adquirido:

<u>UNIDADES</u>	<u>EQUIPO</u>	<u>COSTO</u>
3	Bombas centrífugas	\$ 70,000.00
1	Clarificador centrí fugo	\$ 75,000.00
1	Condensador tubular	\$ 10,000.00
1	Evaporador de doble efecto circulación' forzada	\$ 430,000.00
1	Pasterizador	\$ 45,000.00
3	Tanques de proceso	<u>\$ 350,000.00</u>
		\$ 980,000.00

Instalación del equipo.- Se toma el 43% referido al costo del equipo: \$ 422,000.00 ✓

Tubería.-Para calcular los costos de instalación se utilizaron las gráficas de la figura 65 del libro "Aries and

Newton", calculados para un diámetro de 2 pulg. de acero inoxidable tipo 316 de peso estandar siendo 3% para tubos, 25% para conexiones y 10% para válvulas. \$ 250,000.00

Instrumentación.- Para equipos con pocos controles específicos se tomó un 15% como promedio: \$ 147,000.00

Aislamiento.- Se tomó el 8% del equipo adquirido: \$ 78,500.00

Electricidad.- Los gastos de subestación, alimentadores y alumbrado se estiman como un 10% referidos al costo del equipo, por concepto de motores \$10,000.00, para la instalación de los mismos el 100% de su valor, dándonos un valor total de: \$ 118,000.00

Edificios.- Se tomó el 40% referido al costo del equipo: \$ 392,000.00

Terrenos y mejoras del mismo.- Se calcula como un 20% del costo del equipo: \$ 196,000.00

✓ Servicios.- Incluyen vapor y agua en este proceso. De acuerdo con el

balance de material hecho se necesitan en total 8 821 Kg/hr. de vapor a un -- costo de \$134.00 el Kg. por hora dándo nos:

\$ 1'186,000.00

Agua.-- No se hizo ningún car go por este concepto, ya que en Sentis pac hay exceso de agua y solamente se' pagará costo de bombeo.

Costo físico de la planta:

\$ 3'769,500.00

Ingeniería y Construcción.--

Se tomó el 15% del costo físico:

\$ 565,000.00

Costo directo de la planta:

\$ 4'334,500.00

Honorarios del contratista.--

Se tomó el 5% del costo directo de la' planta:

\$ 216,725.00

Imprevistos.-- Se tomó el 15% del costo directo de la planta:

\$ 650,000.00

Capital fijo:

\$ 5'201,225.00

Costo de producción.-- Es la' suma de los costos directos, indirec-- tos y fijos: la planta trabaja dos tur nos al día.

BASE 1 TONELADA DE PRODUCTO.

Materia prima.- Del balance -  
de materia se requieren 3 toneladas de  
leche fresca a (1.60 \$/lt.) para obte--  
ner una de producto, siendo la densidad  
de 1.032 g/cm<sup>3</sup>: \$ 4,656.00

Mano de obra.- Se requieren -  
10 obreros por un turno con un salario'  
de \$30.00 diarios, se consideró, además,  
un 35% para prestaciones, resultando: \$ 23.00

Supervisión.- Se requieren 2'  
pasantes de Ingeniería Química con un -  
sueldo de \$5,000.00 mensuales y además,  
se tomó un 20% por cargos indirectos, -  
se obtuvo: \$ 25.00

Mantenimiento.- Se requieren'  
4 obreros y un maestro con sueldos de -  
\$30.00 y \$50.00 al día, respectivamente  
más 35% de prestaciones y un 50% más --  
por concepto de materiales: \$ 13.50

Materiales de planta.- Lo - -  
constituyen aquellos materiales con uso  
específico en mantenimiento, tales como  
empaques, grasas lubricantes, etc., se'  
tomó un 15% de los costos anuales de --  
mantenimiento: \$ 6.75

Regalías y patente .- Se estimó en 1% sobre el precio de venta del producto: \$ 65.65

Servicios.- Están constituidos por vapor, agua y electricidad.

Vapor.- Se requieren 1.28 toneladas de vapor por tonelada de producto a un costo de \$25.00 obteniéndose: \$ 32.00

Agua.- El gasto de agua para limpieza se consideró de 3 m<sup>3</sup>/hr. y para reponer pérdidas en los equipos se consideró 1 m<sup>3</sup>/hr. con un costo de \$0.35 el m<sup>3</sup> resultando un costo de: \$ 1.40

Electricidad.- La potencia requerida para todo el proceso es de 50 Kw-hr. al costo de \$0.35 el Kw-hr. resultando un costo de: \$ 17.50

Costos indirectos de producción.

Laboratorio.- Se requieren los servicios de 2 obreros calificados por cada turno y un químico con sueldos de \$2,000.00 y de \$4,000.00 respectivamente, además de un 15% para materiales: \$ 36.00

Envase.- El producto para su venta, es envasado en latas de 1/4 de litro, teniéndose por este concepto: \$ 1,200.00

Costos fijos.- Son aquellos cargos que reflejan el capital fijo invertido y los gastos asociados que permanecen constantes con el tiempo, independientes de producción, incluyendo mano de obra.

Depreciación.- Se tomó el método de depreciación lineal directa con un cargo del 10% del capital fijo: \$ 82.25

Impuestos.- Se tomó el 1 % anual del capital fijo por impuestos prediales: \$ 8.25

Seguros.- Se consideran dentro de los costos fijos, sin embargo el valor del mismo varía dependiendo del riesgo de los equipos.

Se tomó el 1% con respecto al capital fijo: \$ 8.25

Gastos generales.- Los gastos en que incurre una compañía, por otras funciones no incluidas en los costos de

producción, son llamados gastos generales. Estos cubren los costos de administración, ventas, investigación e intereses.

Gastos de administración.- En los gastos administrativos de una compañía, están comprendidos los salarios de la gerencia, administración, honorarios legales y auditoría. Se requieren un gerente general con un sueldo de - - - - \$10,000.00, un contador con \$4,000.00 -- mensuales, un auxiliar de contador con \$2,000.00 mensuales y una secretaria con \$1,500.00 mensuales: \$ 52.38

Gastos de venta.- Son variables, dependiendo del producto y se considera un 2% sobre el precio de venta: \$ 131.30

Investigación.- No se hizo cargo por este concepto.

Intereses.- Se supone que están dentro de las utilidades y no se hizo ningún cargo por este concepto.

Costo total del producto a 100% de capaci-

dad.

Materia prima	\$ 4,656.00
Mano de obra	\$ 23.00
Supervisión	\$ 25.00
Mantenimiento	\$ 13.50
Materiales de planta	\$ 6.75
Regalías y patentes	\$ 65.65
Servicios	\$ 50.90
Laboratorio	\$ 36.00
Envase	\$ 1,200.00
Depreciación	\$ 82.50
Impuestos	\$ 8.25
Seguros	\$ 8.25
Administración	\$ 52.38
Ventas	\$ <u>131.30</u>
Costo total de producción:	\$ 6,359.48 Ton.

Determinación del capital de trabajo.

Inventario de materia prima.--

Debido a la descomposición que sufre la leche en condiciones normales la que se recibe durante el día es la que se procesa obteniéndose:

\$ 80,000.00

Inventario de producto terminado.--

do.- Se tomaron 15 días de producción:

\$1'640,000.00

Se tomaron 15 días de producción, independientemente de la disponibilidad del suministro, ya que es producto terminado y se tomó un costo promedio de los tiempos de abundancia y de escasez.

Inventario de producto en proceso.- Se tomó un día valuado al costo de producción: \$ 110,000.00.

Crédito extendido.- Se tomó un mes de producción al precio de venta: \$ 3'727,500.00

Fondos de caja.- Se tomó un mes de producción al costo de manufactura: \$ 3'339,000.00

Capital de trabajo: \$ 8'896,500.00

Utilidad y Rentabilidad.

El costo del producto es la suma del costo de manufactura y los gastos generales, la diferencia entre las ventas netas y el costo total de producción nos da la utilidad bruta, por concepto de ingresos mercantiles se paga un 3% de las ventas brutas, la diferencia nos da los ingresos netos, la utilidad bruta resulta de restar a los ingresos netos el costo total de producción y esta utilidad se encuentra gravada con el 42% por concepto de im-

puestos, restándolos nos resulta la utilidad neta.

Ventas brutas:	\$ 44'730,000.00
Ingresos mercantiles:	- " 1'341,900.00
Ventas netas:	\$ 43'388,100.00
Costo total de producción:	- " 40'068,000.00
Utilidad bruta:	\$ 3'320,100.00
Impuestos:	- " 1'394,442.00
Utilidad neta:	\$ 1'925,658.00

Rentabilidad.- Es la relación en por ciento, entre la --  
utilidad anual y la inversión total.

$$R = \frac{1'925,658}{14'097,725} \times 100 = 13.6\%$$

Tiempo de retorno de la inversión.- Es el tiempo en el  
que la utilidad regresa la inversión, se expresa mediante la si-  
guiente ecuación:

$$T = \frac{It}{Un + Dep}$$

donde:

T = Tiempo en años

It = Capital total de inversión

Un = Utilidad neta total

Dep = 10% del capital fijo

$$T = \frac{14'097,725}{1'925,658 + 520,122} = \frac{14'097,725}{2'445,780}$$

T = 5.76 años.

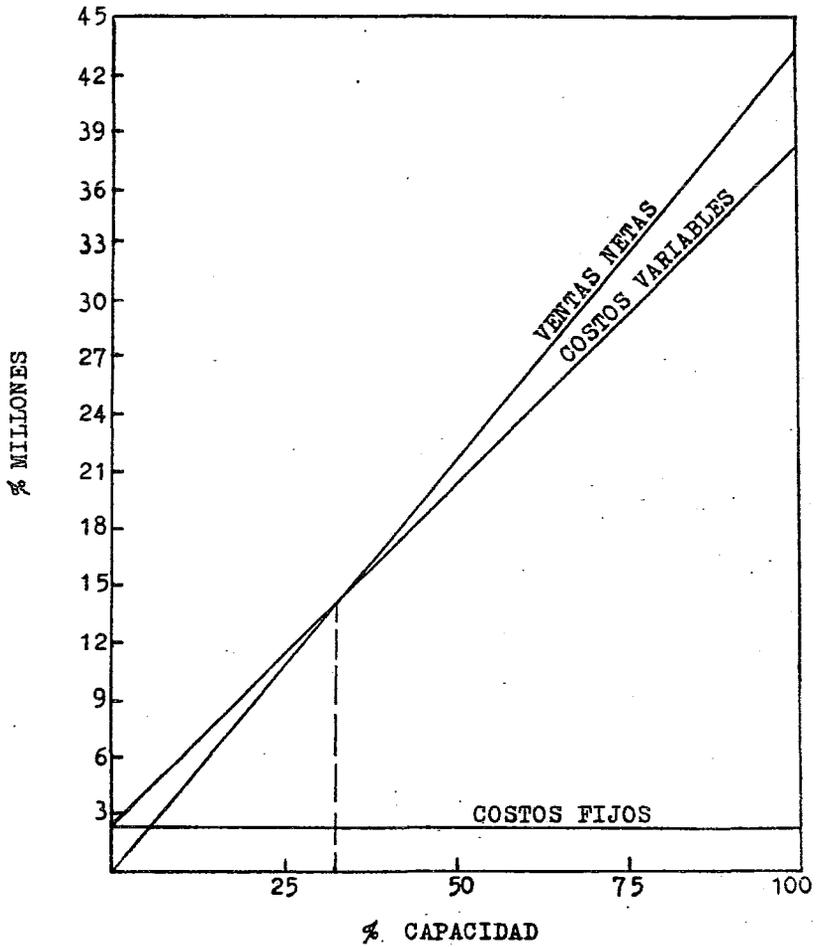


DIAGRAMA DE PUNTO DE EQUILIBRIO

PROCESO: LECHE CONCENTRADA

CAPACIDAD: 6,300 TON/AÑO.

PROCESO DE LECHE EN POLVO

Equipo adquirido:

<u>UNIDADES</u>	<u>EQUIPO</u>	<u>COSTO</u>
4	Bombas centrífugas	\$ 88,000.00
1	Clarificador centrí- fugo	\$ 75,000.00
1	Condensador tubular	\$ 10,000.00
1	Evaporador de doble efecto, circulación forzada	\$ 430,000.00
1	Pasterizador	\$ 45,000.00
1	Secador por asper- sión	\$1,100,000.00
4	Tanques de proceso	\$ 426,000.00
		<u>\$2,174,000.00</u>

Instalación del equipo.-Se to-  
mó el 43% referido al costo del equipo: \$ 934,820.00

Tubería.- Para un diámetro de  
2" = 5.08 cm de acero inoxidable tipo -  
316 de peso estandar, se tomó 3% para  
tubos, 25% para conexiones y 10% para -  
válvulas, como gastos de instalación: \$ 300,000.00

Instrumentación.- Por reque-

rir el proceso de poco control, se estimó en un 15% del costo del equipo: \$ 326,000.00

Aislamiento.- Se calculó en un 9% referido al costo del equipo: \$ 195,600.00

Electricidad.- Los gastos de subestación, alimentadores y alumbrado, se estimaron como un 10% referido al costo del equipo, por concepto de motores \$55,000.00 y para su instalación el 100% de su valor: \$ 327,400.00

Edificios.- Se tomó el 40% referido al costo del equipo: \$ 870,000.00

Terrenos y mejoras del mismo.- Se estimó en un 20% referido al costo del equipo: \$ 435,000.00

Servicios.- Para el presente anteproyecto incluyen vapor y agua.

Vapor.- De acuerdo con el balance de energía se requieren 8,821 -- Kg/hr. de vapor, a un costo unitario de \$134.00/Kg. por hora: \$ 1,186,000.00

Agua.- No se hizo ningún cargo por este concepto ya que en Sentis-

pac hay exceso de agua y solamente se pagará costo de bombeo.

<u>Costo físico de la planta:</u>	\$ 6,748,820.00
<u>Ingeniería y construcción.</u> - Se tomó el 15% del costo físico:	\$ 1,012,323.00
<u>Costo directo de la planta:</u>	\$ 7,761,143.00
<u>Honorarios del contratista.</u> - Se tomó el 4% del costo directo de la planta:	\$ 310,445.00
<u>Imprevistos.</u> - Se tomó el 15% del costo directo de la planta:	\$ 1,164,171.00
<u>Capital Fijo:</u>	\$ 9,235,314.00

Costo de Producción.

BASE 1 TONELADA DE PRODUCTO.

La planta trabaja 2 turnos al día.

Materia prima.- Del balance de materiales se requieren 6.67 toneladas de leche fresca para obtener 1 ton. con 3% de humedad, siendo la densidad de la leche 1.032 tenemos que 6,500 lt. de leche fresca al costo unitario de \$1.60/litro: \$ 10,400.00

Mano de obra.- Se requieren 10

obreros por turno con un salario de -  
\$30.00 al día, se consideró además un  
35% por concepto de prestaciones: \$ 104.00

Supervisión.- Se requieren  
2 ingenieros químicos con sueldos de  
\$5,000 mensuales y se tomó un 20% por  
cargos indirectos: \$ 51.00

Mantenimiento.- Se requie--  
ren 2 obreros y un maestro de manteni  
miento por turno, con sueldos de - --  
\$30.00 y \$50.00 respectivamente y 50%  
más por concepto de materiales: \$ 42.30

Materiales de planta.- Se -  
tomó un 15% de los costos anuales de  
mantenimiento: \$ 6.31

Regalías y patentes.- Se es  
timó en 1% sobre el precio de venta -  
del producto: \$ 150.00

Servicios.- Están constitui  
dos por vapor, agua, electricidad.

Vapor.- Se requirieron 2.76  
toneladas de vapor por tonelada de --  
producto a un costo de \$25.00/ton. \$ 69.00

Agua.- El gasto de agua para -  
limpieza se consideró de 3 m<sup>3</sup>/hr. con un  
costo de \$0.35 m<sup>3</sup>: \$ 1.05

Electricidad.- La potencia re-  
querida para el proceso, como promedio -  
nos da 333 Kw-hr. al precio de \$0.35 el'  
Kw-hr.: \$ 116.55

Costos indirectos de producción.

Laboratorio.- Se requieren los  
servicios de 2 obreros calificados y 2 -  
químicos para los 2 turnos, con sueldos'  
de \$2,000.00 y \$4,000.00 respectivamente,  
se tomó un 15% más, por concepto de mate-  
riales: \$ 59.00

Envase.- El producto para su -  
venta es envasado en latas de 1 litro de  
capacidad teniéndose por este concepto: \$ 800.00

Costos fijos.

Depreciación.- Se tomó el méto-  
do de depreciación lineal directa con un  
cargo del 10% respecto al capital fijo: \$ 327.49

Impuestos.- Se tomó el 1% del'

capital fijo: \$ 32.74

Seguros.- Se tomó el 1% del -  
capital fijo: \$ 32.74

Gastos generales.

Administración.- Se requiere'  
un gerente general con un sueldo de - -  
\$10,000.00, un contador de \$4,000.00, -  
un auxiliar con \$2,000.00 y una secreta  
ria con \$1,500.00 mensuales: \$ 74.46

Ventas.- Se tomó 2% sobre el'  
precio de venta: \$ 300.00

Investigación.- No se hizo --  
cargo por este concepto.

Intereses.- Se supone que es-  
tán dentro de las utilidades y no se --  
hizo cargo por este concepto.

Costo total del producto, a 100% de cap.

Materia prima	\$	10,400.00
Mano de obra	\$	104.00
Supervisión	\$	51.00
Mantenimiento	\$	42.30
Materiales de planta	\$	6.31
Regalías y patentes	\$	150.00

Servicios	\$	186.60
Laboratorio	\$	59.00
Envase	\$	800.00
Depreciación	\$	327.49
Impuestos	\$	32.74
Seguros	\$	32.74
Administración	\$	74.46
Ventas	\$	<u>300.00</u>
Costo total de producción	\$	12,536.64 T.

Determinación del capital de trabajo.

Inventario de materia prima.-

Debido a la descomposición que sufre la leche en condiciones normales, la que se recibe durante el día es la que se procesa:

\$ 80,000.00

Inventario de producto terminado.-

Se tomaron 15 días de producción valuados al precio de venta:

\$ 1,755,000.00

Inventario de producto en proceso.-

Se tomó un día valuado al costo de producción:

\$ 98,020.00

Crédito extendido.-

Se tomó un mes de producción valuado al precio de venta:

\$ 3,525,000.00

Fondos de caja.- Se tomó un -  
mes de producción, valuado al costo de'

manufactura: \$ 2,953,160.00

Capital de trabajo: \$ 8,411,180.00

Utilidad y Rentabilidad.

Calculado en la misma forma que en proceso anterior.

Ventas brutas \$ 42,300,000.00

Ingresos mercantiles - " 1,260,000.00

Ventas netas \$ 41,031,000.00

Costo total de producción - " 35,437,925.00

Utilidad bruta \$ 5,593,075.00

Impuestos - " 2,349,092.00

Utilidad neta \$ 3,243,983.00

Rentabilidad

$$R = \frac{3,243,983}{17,287,310} \times 100$$

$$R = 18.7\%$$

Tiempo de retorno de la inversión.

$$T = \frac{17,287,310}{3,243,983 + 923,531}$$

$$T = \frac{17,287,310}{4,167,514}$$

$$T = 4.14 \text{ años.}$$

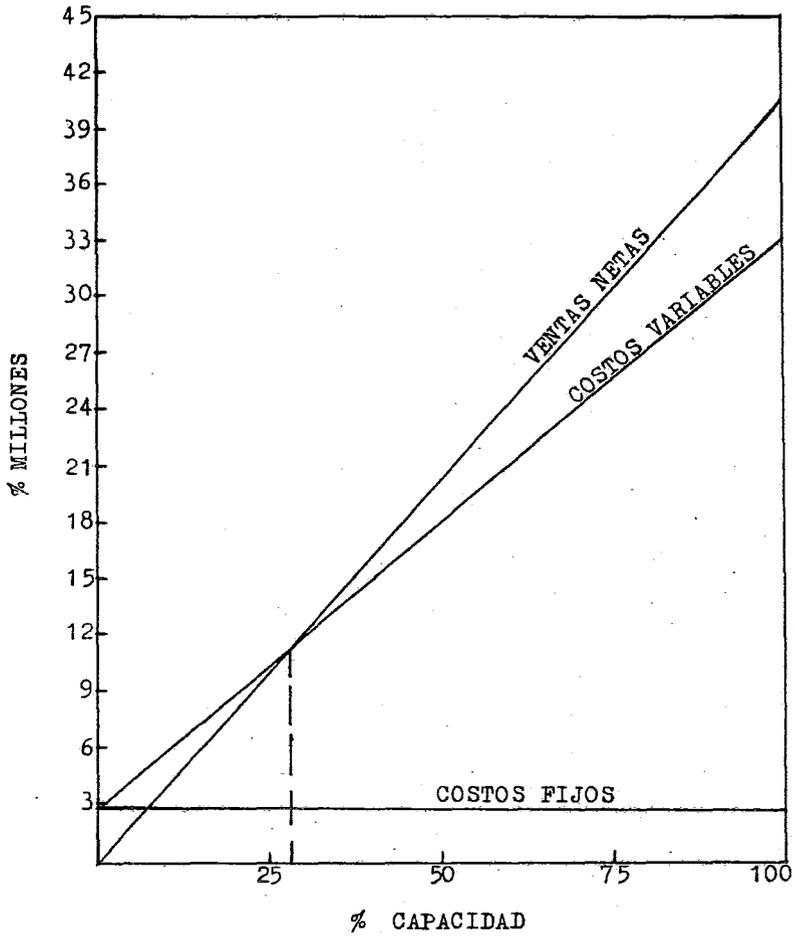


DIAGRAMA DE PUNTO DE EQUILIBRIO

PROCESO: LECHE EN POLVO

CAPACIDAD: 2,820 TON/AÑO.

## CONCLUSIONES

Al determinar la capacidad de esta planta se tomaron en consideración los siguientes factores:

- a) El mercado nacional, teniendo en cuenta que la leche es un producto de primera necesidad en la vida del hombre.
- b) La exportación de estos productos al mercado de la Asociación Latinoamericana de Libre Comercio (ALALC).
- c) La sustitución de productos sucedaneos, que actualmente son consumidos en gran escala en nuestro país.

En relación con las rentabilidades obtenidas en estos procesos, éstas son adecuadas, e incluso para casos de exportación podrían ser disminuidas con el fin de obtener precios de competencia internacional.

En base a lo antes expuesto se concluyó que la instalación de una planta para la elaboración de leche concentrada y leche en polvo, en el Edo. de Nayarit, resulta rentable y -- económicamente factible.

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

- 1.- Lillian Hoagland Meyer FOOD CHEMISTRY ED, Reinhold Booc Corp, New York Amsterdam London 1968..
- 2.- Diggins & Bundy VACAS LECHE Y SUS DERIVADOS trad, al español' por Alfonso Vasseur Walls Ed. Continental México España 1967.
- 3.- Henry F. Judkins & Harry A. Keener LA LECHE SU PRODUCCION Y PROCESOS INDUSTRIALES trad. al español por Alfonso Vasseur -- Walls Ed. Continental México, España, Argentina, Chile 1962.
- 4.- Foster, Nelson, Speck, Doetsch, Olson MICROBIOLOGIA DE LA LECHE trad. al español por Ramón Palazón Ed. Herrero 1957.
- 5.- ~~A. W. Farrell~~ INGENIERIA PARA LA INDUSTRIA LECHERA trad. al español por Jack M. Verrey Ed. Herrero 1963.
- 6.- Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology tome 4. (Cineoleto Destrose).
- 7.- Alan S. Foust, Leonard A. Wenzel, Curtis W. Clump, Ibubsyce Andersen PRINCIPLES OF UNIT OPERATIONS ed. John Wiley & Sons Inc. New York 1960.
- 8.- Kern, D. Q. PROCESS HEAT TRANSFER Ed. Mc. Graw Hill New York' 1950.
- 9.- Perry J. H. CHEMICAL ENGINEERING HAND BOOK Ed. Mc. Graw Hill- New York 1950.
- 10.- Robert S. Aries and Robert D. Newton CHEMICAL ENGINEERING - COST ESTIMATION ed. Mc. Graw Hill New York 1955.
- 11.- Eckhard H. Centrifugal Separator Costs Chemical Engineering - Mayo 1947.
- 12.- Tyler CHEMICAL ENGINEERING ECONOMICS Ed. Mc. Graw Hill New - York 1955.