

**UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
INCORPORADA A LA U. N. A. M.  
ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**"ESTUDIO COMPARATIVO PARA MODIFICAR LAS OPERACIONES  
DE FILTRACION Y SECADO EN UNA PLANTA DE PINTURAS  
Y PRODUCTOS QUIMICOS"**

**TESIS PROFESIONAL**

que para obtener el título de

**INGENIERO QUIMICO**

presento:

**JOSE MANUEL VILLASEÑOR CABRAL**



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.

**A MIS PADRES :**

**A MI ESPOSA :**

**A LA EMPRESA DU-PONT, S. A. DE C. V.**

**A MIS MAESTROS:**

## **INDICE**

- I.- INTRODUCCION**
- II.- DESCRIPCION DEL EQUIPO EXISTENTE**
- III.- CAPACIDAD PRESENTE Y FUTURA**
- IV.- FILTRO CONTINUO DE VACIO DE TAMBOR ROTATORIO**
- V.- SECADOR POR ASPERSION**
- VI.- ANALISIS ECONOMICO PARA LA PRIMERA SELECCION**
- VII.- SUBSTITUCION DEL FILTRO PRENSA POR EL FILTRO CONTINUO DEL TAMBOR ROTATORIO.**
- VIII.- CONCLUSIONES**
- IX.- BIBLIOGRAFIA.**

## I.- INTRODUCCION

Actualmente en la Fábrica de Pinturas y Productos Químicos de la Lu-Font, S. A. de C. V., ubicada en Barrientos, Tlalnepantla, - Estado de México, como una parte del proceso se tienen las operaciones de filtración y secado.

Para llevar a cabo la filtración se utiliza un filtro prensa y para el secado, un secador de charolas y carros.

Con el equipo existente el costo de mano de obra directa es muy elevado, por el hecho de necesitar varios operadores para manipularlo. Por este motivo se hace el presente estudio, en el cual se substituye el equipo existente por otro tipo de equipo, operando a más bajo costo de mano de obra directa.

Esta substitución se hace con el objeto de reducir el costo de mano de obra directa, pero para reducir dicho costo se necesitaría una inversión, por el hecho de requerir la compra del equipo; entonces, se estudiará si dicha inversión es justificable, pues se puede dar el caso de que sea más costeable continuar con el equipo existente.

Como existen diferentes tipos de este equipo, hay varias alternativas para la substitución, por lo cual al ver las características del material por tratar y que sea diferente al existente en cuanto al costo de mano de obra directa, se selecciona equipo que opere en forma continua. Para el caso del filtro se substituirá por un filtro continuo de vacío de tambor rotatorio y el secador, por un secador de aspersión.

Antes de proceder al cálculo del costo de equipo, es necesario estudiar la demanda futura de los productos, para ver si con la capacidad del equipo existente es suficiente para cubrir esta demanda, o se requiere uno de mayor capacidad, con lo cual sería necesario substituir el equipo existente, o aumentar su capacidad.

Primeramente se hará el estudio calculando el costo del equipo a partir de libros; posteriormente, seleccionando la forma más costeable, se procederá a pedir cotizaciones al fabricante y se hará el estudio más completo.

Respecto a las substituciones del equipo, se escogen dos alternativas para el estudio y se vé la más costeable, Una de ellas es substituyendo el secador y el filtro, y la otra substituyendo solamente uno de ellos, continuando con el otro.

Además, basándose en los turnos, se estudiará la forma más costeable de trabajar, esto es, la conveniencia de trabajar dos o tres turnos. En el caso de dos turnos, se requerirá una inversión mayor por requerirse un equipo de capacidad más grande, pero por otro lado, se reduce aún más el costo de la mano de obra directa.

Para decidir la forma más costeable, se calcularán las rentabilidades y el tiempo en el cual se paga la inversión; con estos dos indicadores se decidirá lo que resulte más conveniente.

## II.- DESCRIPCION DEL EQUIPO EXISTENTE

El equipo para las operaciones de filtración y secado, es -- respectivamente un filtro prensa de marcos y placas fabricado por la T. Shriver and Company Inc., y un secador de charolas y carros fabricado por la National Drying Machinery, Co.

A continuación se describe dicho equipo:

### a) - Filtrado

La finalidad del filtrado es eliminar parte del agua -- que trae consigo el material, y la eliminación de las sales solubles, ya que el producto terminado debe tener un valor máximo de 9% para el material A y de 2.5% para el material B. Para disminuir las sales solubles, después de bombear el material al filtro se le pasa agua, hasta tenerlo dentro del límite fijado.

Las características de los materiales por filtrar son las siguientes:

#### Material "A":

Volumen total	2270 Lts.		
Proporción del líquido	2,437.5 Kgs.	91.4%	
Proporción de sólidos en suspensión	<u>250. Kgs.</u>	<u>8.6%</u>	
Total:	2,667.5 Kgs.	100.0%	

#### Características del líquido:

Solución de sales inorgánicas en agua al 5% aproximadamente:  
te:

Densidad de 1.037 gr/cm<sup>3</sup> a la temperatura de 25°C.

Viscosidad similar a la del agua.

PH de 9

Características del sólido:

Polvo químico orgánico

Densidad de 1.85 gr/cm<sup>3</sup>

Tamaño promedio de partícula 3.5 micrones

Velocidad de asentamiento de 5 cm. por minuto

Material "B"

Volumen total 1,500 Lts.

Proporción del líquido 1,613. Kgs. 93.1%

Proporción de sólidos en suspensión 120 Kgs. 6.9%

Total: 1,733 Kgs. 100.0%

Características del líquido:

Solución de sales inorgánicas en agua al 4% aproximadamente

Densidad de 1.037 gr/cm<sup>3</sup> a la temperatura de 25°C.

Viscosidad similar a la del agua

PH de 3

Características del sólido:

Polvo químico orgánico

Densidad de 1.75 gr/cm.<sup>3</sup>

Tamaño promedio de partícula 3 micrones

Velocidad de asentamiento 4 cm. por minuto.

El Filtro Prensa de marcos y placas consta de una serie de -  
placas sólidas verticales, hechas de madera de pino de primera y -  
marcos huecos también de madera de pino de primera. Los marcos y  
las placas tienen orejas de fierro fundido en las orillas, median  
te las cuales se montan en dos barras paralelas horizontales uni-  
das.

Como medio filtrante se utiliza lona de algodón, la cual se coloca sobre las placas.

El filtro, como se verá en los dibujos 2-1 y 2-2 tiene un -- cierre hidráulico para darle la presión necesaria; para que no va ya a haber fugas de material, al estar filtrando.

Los marcos utilizados (dibujo 2-3), son cuadrados, y tienen agujeros en las cuatro esquinas. En la parte inferior del lado de recho (para esta anotación como para las subsiguientes, se en -- cuenta uno colocado viendo de frente a la alimentación del fil -- tro) tienen una abertura, la cual comunica al agujero con la parte interior del marco y es por donde entrará la mezcla por filtrar formándose la torta en el marco.

Existen dos tipos de placas, las cuales tienen agujeros en las cuatro esquinas. Los dos tipos de placas están acanaladas de las caras.

Un tipo de placas tiene aberturas en la parte superior del -- lado izquierdo y en la inferior de ese mismo lado. Estas abertu -- ras, comunican los agujeros con el interior.

El otro tipo de placas tiene abertura en la parte inferior -- del lado derecho.

Todas las placas se cubren con lona. Esta lona tiene ocho -- agujeros, de tal manera que al colocarse doblada sobre las placas, cada lado de ellas coincida con los agujeros de las placas y los de los marcos.

Para filtrar, se bombea el material al filtro y por medio de la presión fuerza el líquido a través de la lona, depositándose el

sólido en los marcos.

Después de terminar la filtración se procede a lavar el material con agua, para eliminar parte de las sales solubles.

Terminado el lavado, se procede a dejar escurrir el filtro -- para que salga la mayor cantidad posible de agua.

Después de que se escurre, se sopla con aire para forzar la salida de más agua.

Los pasos que se siguen para la filtración son:

- 1) Se monta el filtro colocándo los marcos y las placas alternados.
- 2) Se le dá una presión de 6 kgs/cm<sup>2</sup> con el cierre hidráulico
- 3) Por medio de una bomba se alimenta la mezcla, manteniendo una presión de 2.5 kgs/cm.<sup>2</sup>
- 4) Se extrae el filtrado y se regresa a la fuente abastecedora; cuando ya está claro, pasa a una trampa, para recuperar lo que quede de material, por medio de asentamiento.
- 5) Se le pasa agua manteniendo una presión de 1.5 a 2 kgs/cm<sup>2</sup>
- 6) Se deja escurrir el agua.
- 7) Se le pasa aire a una presión de 2 kgs/cm<sup>2</sup>, y se extrae el aire junto con el agua que arrastra.
- 8) Se descarga el material en chardas para secarlo posteriormente

#### B.- Secado

El proceso del secado, consiste en este caso, esencialmente en la vaporización del agua dentro del aire caliente en movimiento. El aire en movimiento tiene la finalidad de llevarse el vapor y evitar

que alcance el punto de saturación, en el cual se pararía la vaporización.

El secador (dibujo 2-4) utilizado es del tipo de charolas y carros, fabricado por la National Drying Machinery, Co.

Este tipo de secador es el de contacto directo con el medio de calefacción, debido a que el aire caliente empleado para el secado se encuentra en contacto directo con el material. En el interior tiene tres carriles en donde se colocan los carros con las charolas. El secador tiene capacidad para secar tres lotes simultáneamente.

El tiempo que tarda el material A en secarse (figura 2-1) a  $105^{\circ}\text{C}$  es de  $2\frac{1}{2}$  hrs. aproximadamente, y el del material B (figura 2-2) es de 6 hrs. aproximadamente. La razón por la cual el secado se lleva a cabo a esta temperatura y no a una más alta, es por las características del producto, pues a temperaturas superiores existe el peligro de incendio.

En las figuras 2-1 y 2-2 se observa la velocidad del secado de los dos materiales, o sea la humedad que se va eliminando al transcurrir el tiempo. Las determinaciones de humedad se hicieron en una balanza de humedad Cenco.

El secador consta de dos compartimientos, uno inferior y el otro superior. En el inferior es donde se encuentran los carriles para colocar los carros; el superior está vacío y en un extremo están dos ventiladores de 3 HP. y 1,800 RPM. Estos pasan al aire por dos hileras de tubos de acero inoxidable 316, por cuyo interior pasa vapor a una presión de: 7 a 8 kgs./cm<sup>2</sup>. Continúa al aire caliente por el espacio vacío y llega hasta la orilla, en donde están co

locadas unas aspas ajustables que orientan el aire hacia el compartimiento inferior. En la parte inferior se encuentran unas boquillas ajustables para controlar el aire caliente; éste entra entonces al compartimiento donde se encuentra el material por secar. Pasa por los carros que sostienen las charolas y sale por el otro extremo. Para desalojar el aire se encuentra un extractor con un motor de 1 HP. y 1,800 PRM. Los gases salen a una temperatura de --- 85°C y el extractor los descarga a la atmósfera.

Cerca de la salida del aire húmedo en el interior del secador, se encuentra localizada una entrada de aire fresco que tiene un fitro lavable.

Para controlar la temperatura, el secador está provisto de un regulador automático, controlado por medio de aire comprimido. Un tablero registra y controla la temperatura a la cual se quiere --- trabajar, que en este caso es de 105°C. Para regular esta temperatura, el tablero tiene una válvula automática que se abre o se --- cierra según la cantidad de vapor requerido. La temperatura que se tiene durante la operación se va graficando y al finalizar la operación se observa en estas gráficas si el secador funcionó bien. - Además se debe verificar constantemente la temperatura para prevenir cualquier defecto del secador.

Durante una operación normal se conoce aproximadamente el - - tiempo de secado, pero antes de llegar a este tiempo se muestrean los carros para determinar la humedad del material y comprobar que el secado lleva un curso normal.

Se continua muestreando hasta el momento en que ya están dentro de límites, siendo estos de 8% máximo para el material A y de 2% máximo para el material B. Las determinaciones de humedad se -

hacen en una balanza de humedad Cenco.

Los pasos que se siguen para secar el material son:

1) Se drene la tubería de vapor para extraer el condensado y se abren las válvulas de vapor.

2) Se conecta el extractor.

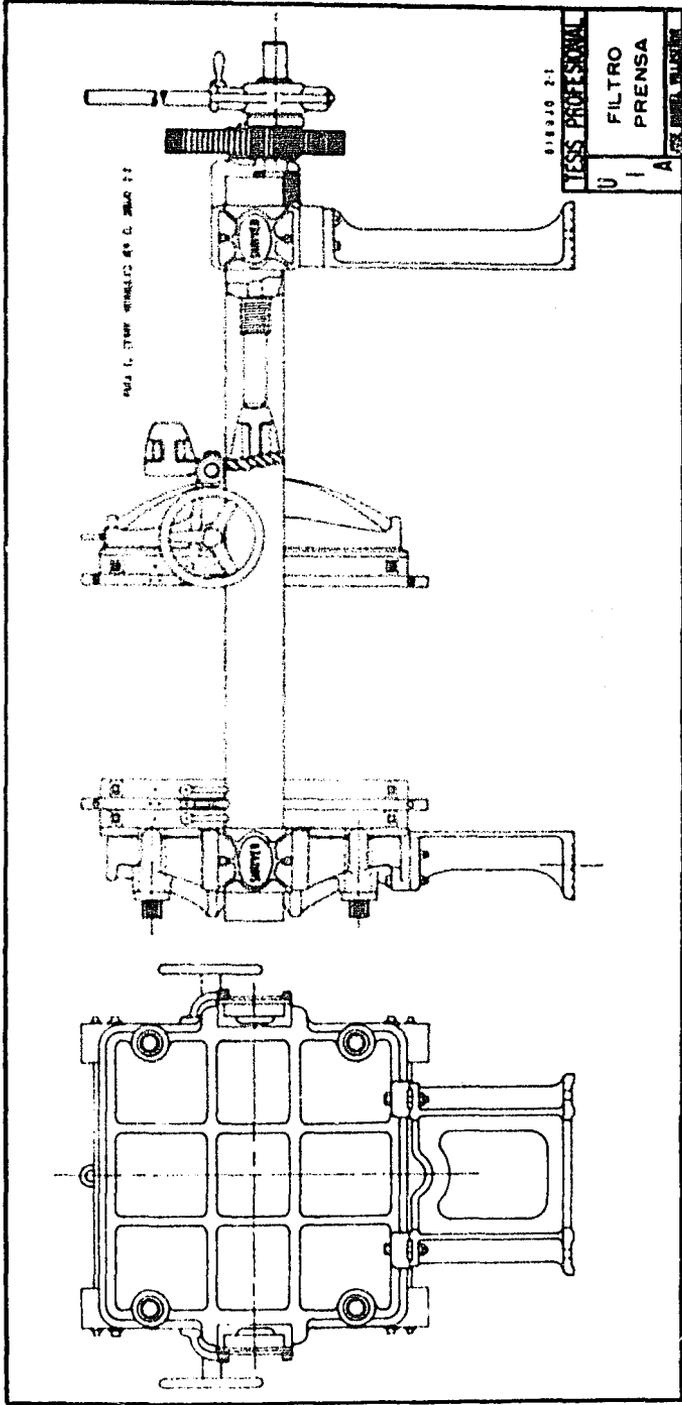
3) Se conectan los ventiladores.

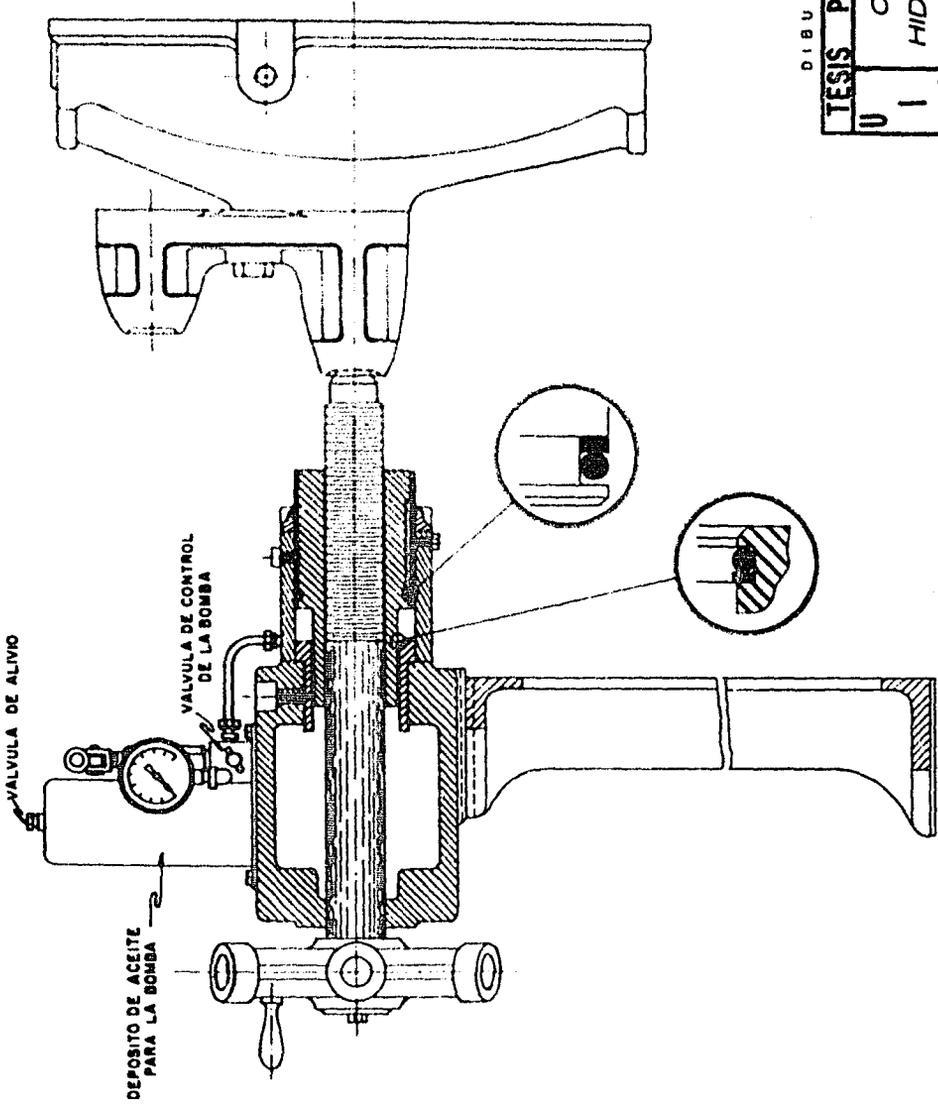
4) Se ajusta la temperatura a la cual se quiere trabajar - - -  
(105°C)

5) Cuando se alcanza la temperatura deseada, se introducen -- los carros con el material.

6) Al llegar a la humedad que se desea (valor máximo de 8% -- para el material A y 2% para el B) se sacan los carros del secador.

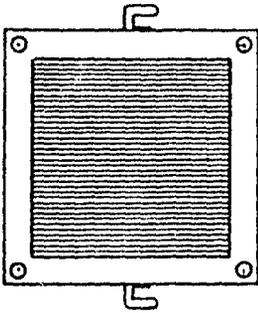
Una vez que ha terminado el secado se descarga el material en una tolva para ponerlo en tambores y continuar la operación hasta obtener el producto terminado.



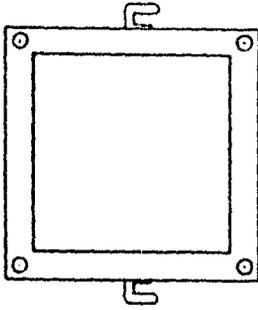


DIBUJO 2-2

U	TESIS PROFESIONAL
I	CIERRE HIDRAULICO
A	JOSE MANUEL VILLASENOR



PLACA



MARCO

DIBUJO 2-3

TESIS PROFESIONAL

MARCOS Y PLACAS  
PARA EL FILTRO  
PRENSA

A JOSE MANUEL VILLASENOR

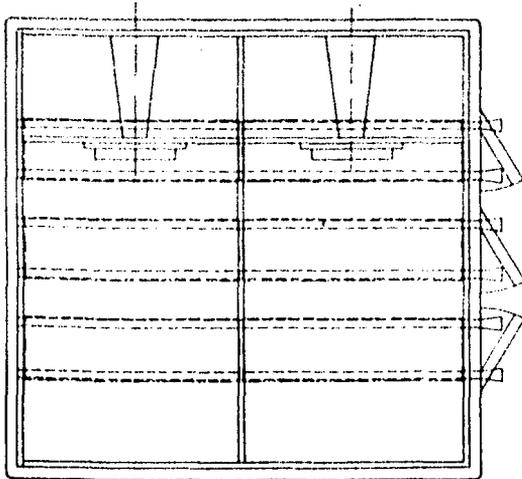
TESIS PROFESIONAL

U - A

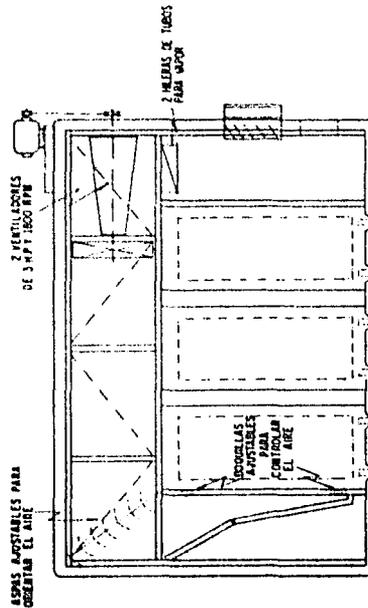
SECADOR DE CHAROLAS Y CARROS

JOSE MANUEL VILLASECA

3180125 2-4



PLANTA



ELEVACION DE FRENTE

EXTRACCION MOTOR 1 HP 11000 RPM

2 VENTILADORES MOTOR 3 HP 11000 RPM

2 MEDIDAS DE TUBOS PARA VAPOR

ASPERAS AJUSTABLES PARA ORIENTAR EL AIRE

SALIDA DE CAJONES

AIRE FRESCO

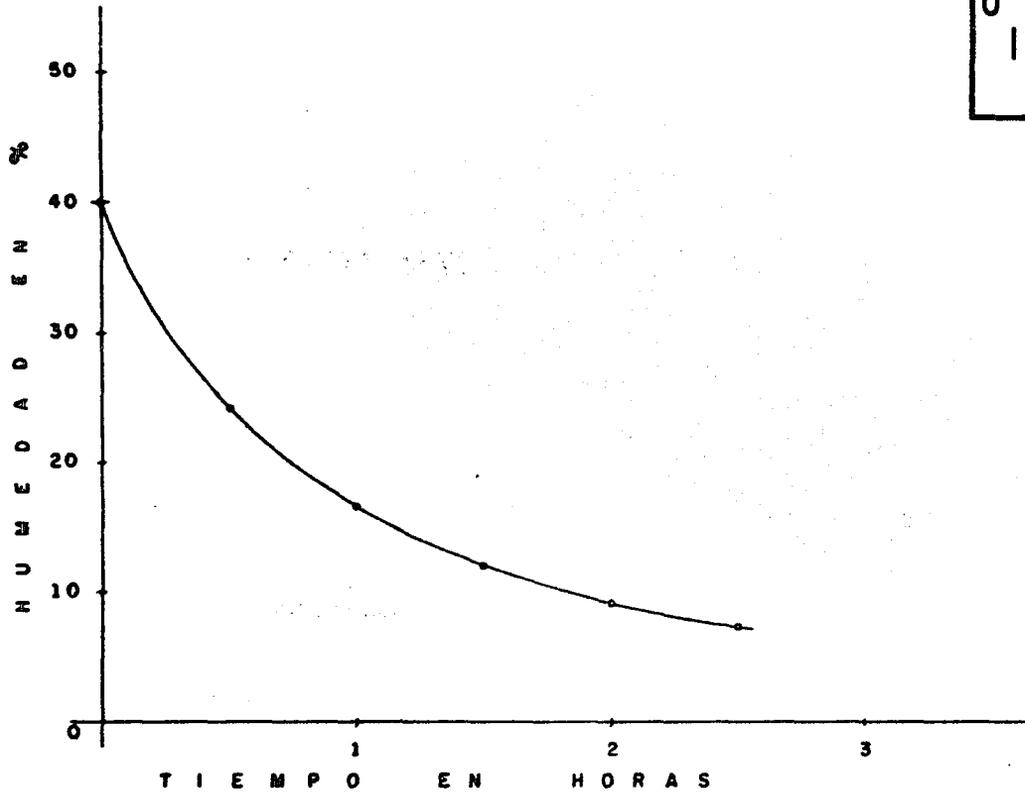
TESIS PROFESIONAL

U  
I  
A

SECADO DEL  
MATERIAL "A"

JOSE MANUEL VILLASEÑOR

FIGURA 2-1



TESIS PROFESIONAL

U

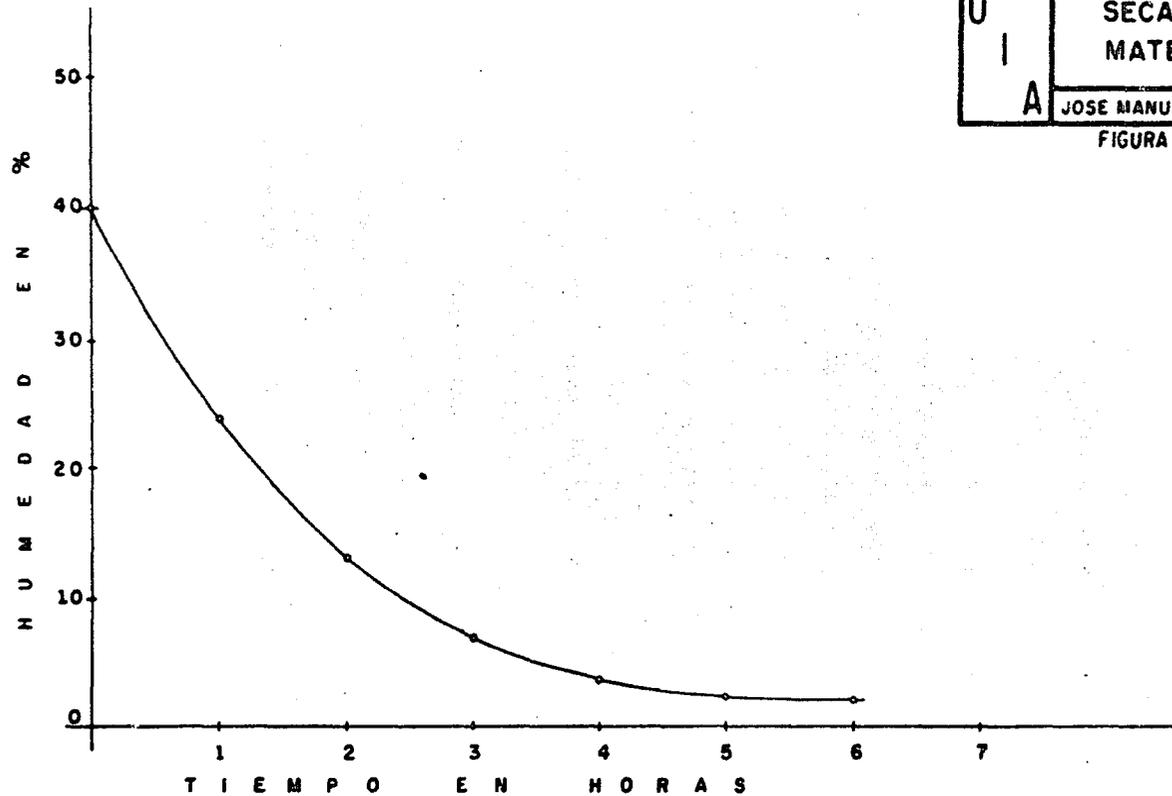
I

A

SECADO DEL  
MATERIAL "B"

JOSE MANUEL VILLASEÑOR

FIGURA 2-2



### III.- CAPACIDAD EXISTENTE Y FUTURA

La finalidad de este capítulo es calcular primero la capacidad de producción con el equipo actual y ver la demanda hacia el futuro, o sea los probables requerimientos del producto. Sobre esta base se sabrá si la capacidad actual es suficiente para abastecer a la demanda o si se precisan modificaciones.

Para los cálculos de la capacidad y la demanda se toma como base el Material A, o sea que se transformará el B. a A. Por experiencia previa se sabe que el Material B tiene una velocidad de producción tres veces menor que la de A. (Esto se debe a que los lotes son más pequeños y el secado de este material tarda más). Se hace lo anterior con el objeto de simplificar los cálculos y porque la mayor producción es de A pues B tiene poca demanda y tiende a desaparecer en el futuro.

Para tratar los puntos mencionados, el capítulo se divide en los siguientes incisos:

a).- Capacidad con el equipo actual

Este estudio se hace a partir de los tiempos que tarda en obtenerse cada lote, para lo cual se hace el diagrama de tiempos (figura 3-1).

Los tiempos tomados para tal finalidad son los siguientes:

- 1.- Pasos preparatorios consistentes en pesar, preparar el equipo, etc. = 20 min.
- 2.- Precipitación = 60 min.
- 3.- Añejar = 10 min.
- 4.- Bombeo del material al filtro, hasta que quede el filtro-

con la torta lista para lavar = 55 minutos.

5.- Lavado de la torta = 20 minutos.

6.-Escurrido = 10 minutos.

7.- Soplado con aire= 20 minutos

8.- Descarga del filtro = 65 minutos.

A partir de los datos anteriores se hace el diagrama de la figura 3-2 y se calculan los lotes que se pueden obtener. Antes de empezar a lavar el lote, transcurren 145 minutos y a partir de ese tiempo se puede empezar el siguiente, pero como se muestra en el diagrama, por estar ocupado el filtro hay que esperar 25 minutos para poder bombear el siguiente lote.

Resumiendo, el tiempo necesario para tener un lote listos -- de 170 minutos; o sea, 145 minutos empleados en las operaciones 1, 2 3 y 4, más los 25 minutos de espera a que se desocupe el filtro.

Diariamente se producen 8 lotes en 22 horas 40 minutos, sobrando una hora con 20 minutos. El sobrante se debe a diferentes pérdidas de tiempo ocasionadas por: comida de los operarios, tiempo dedicado a fumar, preparación de equipo y reposición de marcos, placas, lonas, etc.

Cada lote es de 230 kgs. aproximadamente; por lo tanto, la capacidad diaria es de 1840 kgs.

Capacidad anual:

Los sábados únicamente se obtienen seis lotes, pues no se trabajan los tres turnos; los domingos no se trabaja. Por lo tanto, la producción semanas es de:  $5 \times 1840$  (los 5 días de la semana) +  $1380$  (la producción de 6 lotes en sábado) = 10,580 kgs/semanas.

El año tiene 52 semanas y 1 día para obtener los 365 días, lo cual hace un total de kilos de:  $52 \times 10,500 + 1,840 = 552,000$ .

En esta cantidad no se toman en consideración los días de descanso obligatorio y paros imprevistos; por este concepto se descontarán 15 días. Tomando en cuenta el tiempo perdido en pasar de un producto a o.ro, ya que para hacerlo es necesario lavar el equipo, entonces hay que descontar otros días por pérdida de tiempo. Con cuatro veces al año que se pase a fabricar el producto B es suficiente para surtir la demanda. Entonces, la pérdida es de 8 días - pues se requiere un día para lavar el equipo; con lo cual son 4 -- días antes de fabricarlo por las 4 veces y otros 4 días para volver al producto A.

Lo anterior y los días de descanso hacen un total de 23 días - al año, por lo cual la capacidad anual es de:  $552,000 - 23 (1840) = 509,680$ , aproximadamente 510,000 Kgs.

B. - Requerimientos para el futuro.

Teniendo los datos de la capacidad con el equipo existente, - se procede a calcular los probables requerimientos para el futuro y ver si con este tipo de equipo se puede surtir la demanda o son necesarias algunas modificaciones o substituciones por otra clase de equipo.

Para calcular los requerimientos futuros se utiliza la línea de tendencia, la cual se calcula sobre la base de las ventas en -- años pasados, que fueron:

Año de 1960:

Producto A = 140,150 Kgs.

Producto B = 12,975 Kgs.

Año de 1961:

Producto A = 131,415 Kgs.

P Producto B = 41,040 Kgs.

Año de 1962:

Producto A = 85,500 Kgs.

Producto B = 38,240 Kgs.

Año de 1963:

Producto A = 174,166 Kgs.

Producto B = 39,529 Kgs.

Pasando toda el producto A, se le suma a A tres veces B, ob--  
teniéndose los siguientes resultados:

1960:

$140,150 + 3 (12,975) = 179,075$  Kgs.

1961:

$131,415 + 3 (41,040) = 254,535$  Kgs.

1962:

$85,500 + 3 (38,240) = 200,220$  Kgs.

1963:

$174,166 + 3 (39,529) = 292,753$  Kgs.

Con los datos anteriores se procede a calcular la ecuación para la línea de tendencia. El método empleado es el de mínimos cuadrados.

La línea de tendencia de mínimos cuadrados tiene las siguientes propiedades:

1.- La suma de las distancias verticales de los valores actuales a la línea de tendencia, es igual a cero.

2.- La suma de los cuadrados de las distancias verticales de los valores actuales a la línea de tendencia, es un mínimo.

La ecuación de la línea recta es:

$$Y_T = A + B X \quad (1)$$

$Y_T$  = valores de ventas en la línea de tendencia.

$X$  = número de períodos antes o después del período base.

Expresando matemáticamente las dos propiedades de la línea de mínimos cuadrados tenemos:

$$\sum (Y - Y_T) = 0 \quad (2)$$

$$\sum (Y - Y_T)^2 = \text{mínimo} \quad (3)$$

Para determinar los valores de A y B que satisfagan estas relaciones, multiplicamos la ecuación de la línea recta (1) por el coeficiente de A y sumamos cada término.

El coeficiente de A es 1, entonces multiplicando la ecuación (1) por esto y sumando cada término obtenemos:

$$\sum Y = NA + B \sum X \quad (4)$$

en donde:

$N$  = Número de valores actuales o años.

El coeficiente de B es X, entonces multiplicando la ecuación (1) por X y sumando cada término obtenemos:

$$\sum XY = A \sum X + B \sum X^2 \quad (5)$$

Para resolver estas dos ecuaciones de A y B, necesitamos conocer los valores de Y, X, XY, y  $X^2$ .

Se selecciona el punto medio de X entre los dos años de enne-

dio para obtener un  $X = 0$ , entonces X estará centrada en el 1o. de enero de 1962.

Partiendo de la base de que el cero para la X se encuentra -- en el 1o. de enero de 1962, se hace la siguiente tabla que permite obtener los valores de Y, X,  $X^2$  y XY.

Año	Y (Ventas en kgs.)	X (Centrada en enero 1o. 1962)	$X^2$	XY
1960	179,075	-3	9	-537,225
1961	254,535	-1	1	-254,535
1962	200,220	1	1	200,220
<u>1963</u>	<u>292,753</u>	<u>3</u>	<u>9</u>	<u>878,259</u>
Total	926,583	0	20	286,719

Substituyendo Y y X en (4) tenemos:

$$926,583 = 4A + 0$$

$$\text{de donde } A = \frac{926,583}{4} = 231,645.75 \quad (6)$$

Substituyendo XY y  $X^2$  (en (5) obtenemos:

$$286,719 = A(0) + B(20)$$

$$\text{de donde: } B = \frac{286,719}{20} = 14,335.95 \quad (7)$$

Substituyendo (6) y (7) en (1) obtenemos:

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95X \quad (8)$$

A partir de esta ecuación se procede a calcular las ventas -- probables para cada año, lo cual se hace substituyendo X por su -- valor en la ecuación (8). Los resultados obtenidos hasta el año -- 1974 son los siguientes:

1960:

$$X = 3$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95 (13) = 188,637.90 \text{ kgs.}$$

1961:

$$X = 1$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95 (-1) = 217,300.80 \text{ kgs.}$$

1962:

$$X = 1$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(1) = 245,981.70 \text{ kgs.}$$

1963:

$$X = 3$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(3) = 274,653.60 \text{ kgs.}$$

1964:

$$X = 5$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(5) = 303,325.50 \text{ kgs.}$$

1965:

$$X = 7$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(7) = 331,997.40 \text{ kgs.}$$

1966:

$$X = 9$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95 (9) = 360,669.30 \text{ kgs.}$$

1967:

$$X = 11$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(11) = 389,341.20 \text{ kgs.}$$

1968:

$$X = 13$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(13) = 418,013.10 \text{ kgs.}$$

1969:

$$X = 15$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(15) = 446,685.00 \text{ kgs.}$$

1970:

$$X = 17$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(17) = 475,356.90 \text{ kgs.}$$

1971:

$$X = 19$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(19) = 504,028.80 \text{ kgs.}$$

1972:

$$X = 19$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(19) = 504,028.80 \text{ kgs.}$$

1972:

$$X = 21$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(21) = 532,700.70 \text{ kgs.}$$

1973:

$$X = 23$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(23) = 561,372.60 \text{ Kgs.}$$

1974:

$$X = 25$$

$$Y_T = 231,645.75 + 14,335.95(25) = 590,044.50 \text{ kgs.}$$

Aproximando tenemos:

$$1960 = 189,000 \text{ kgs.}$$

$$1961 = 217,000 \text{ "}$$

$$1962 = 246,000 \text{ "}$$

$$1963 = 275,000 \text{ "}$$

$$1964 = 303,000 \text{ "}$$

$$1965 = 332,000 \text{ "}$$

$$1966 = 361,000 \text{ "}$$

$$1967 = 389,000 \text{ "}$$

$$1968 = 418,000 \text{ "}$$

$$1969 = 447,000 \text{ "}$$

$$1970 = 475,000 \text{ "}$$

$$1971 = 504,000 \text{ "}$$

1972 = 533,000 Kgs.

1973 = 561,000 "

1974 = 590,000 "

En la figura 3-1 se encuentran graficados la línea de tendencia y los puntos de la producción en los años de 1960, 1961, 1962 y 1963.

C.- Modificaciones respecto a la capacidad.

Después de haber calculado la capacidad con el equipo existente y los requerimientos para el futuro, se procede a ver si esa capacidad es suficiente para surtir la demanda probable del producto en el futuro, o si se requieren modificaciones.

Como se calculó en el inciso (A), la capacidad del equipo actual es para una producción de 509,000 kgs. el año. Por lo tanto, para surtir la demanda bajo esas condiciones, la planta debería -- funcionar a los siguientes porcentajes de capacidad en cada año:

$$1965 = \frac{332,000}{510,000} \times 100 = 65\%$$

$$1966 = \frac{361,000}{510,000} \times 100 = 71\%$$

$$1967 = \frac{389,000}{510,000} \times 100 = 76\%$$

$$1968 = \frac{418,000}{510,000} \times 100 = 82\%$$

$$1969 = \frac{447,000}{510,000} \times 100 = 88\%$$

$$1970 = \frac{475,000}{510,000} \times 100 = 93\%$$

$$1971 = \frac{504,000}{510,000} \times 100 = 99\%$$

$$1972 = \frac{533,000}{510,000} \times 100 = 105\%$$

$$1973 = \frac{561,000}{510,000} \times 100 = 110\%$$

$$1974 = \frac{590,000}{510,000} \times 100 = 116\%$$

Observamos que no se podría surtir la demanda en las condiciones actuales del equipo, pues éste tendría que funcionar a una capacidad mayor del 100%, lo cual no es posible. De manera que son necesarias ciertas modificaciones, y con este propósito se hace un estudio a partir de los tiempos requeridos en los distintos puntos del proceso, para así determinar en dónde se necesitan estas modificaciones.

Debido a que con 8 lotes diarios no es posible surtir la demanda futura, se hace el cálculo con 10 lotes.

En día normal se obtienen 230 kgs. x 10 lotes = 2300 kgs.

En sábado se obtienen 7 lotes, resultando una producción de -  
230 x 7 = 1610 kgs.

Producción semanal = 2300 x 5 + 1610 = 13,110 kgs.

Producción anual = 13,110 x 52 (semanas) - 13 (días de descanso, lavado de equipo, etc.) x 2300 = 628,820 kgs.

El total aproximado será 629,000 kgs.

La capacidad a la cual funcionaría cada año sería:

$$1965 = \frac{332,000}{629,000} \times 100 = 53\%$$

$$1966 = \frac{361,000}{629,000} \times 100 = 57\%$$

$$1967 = \frac{389,000}{629,000} \times 100 = 62\%$$

$$1968 = \frac{418,000}{629,000} \times 100 = 67\%$$

$$1969 = \frac{447,000}{629,000} \times 100 = 71\%$$

$$1970 = \frac{475,000}{629,000} \times 100 = 75\%$$

$$1971 = \frac{504,000}{629,000} \times 100 = 80\%$$

$$1972 = \frac{533,000}{629,000} \times 100 = 85\%$$

$$1973 = \frac{561,000}{629,000} \times 100 = 89\%$$

$$1974 = 590,000 \times 100 = 94\%$$

Se observa que una producción de 10 lotes diarios es suficiente para surtir la demanda probable.

TESIS PROFESIONAL

U

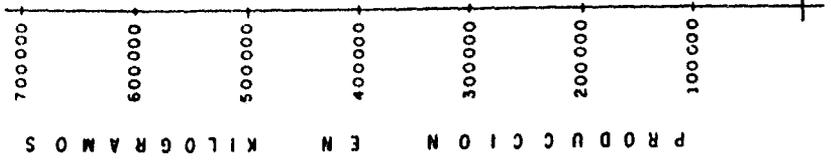
I

A

JOSE MANUEL VELAZQUEZ

FIGURA 3-1

+ PRODUCCION EN ESOS AÑOS



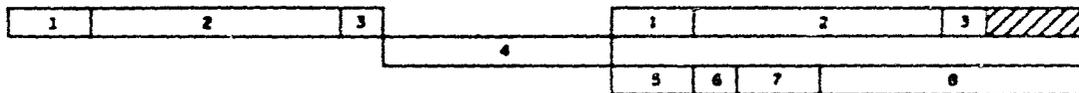
TESIS PROFESIONAL

U  
I  
A

DIAGRAMA  
DE TIEMPOS

JOSE MANUEL VILLASEGOR

FIGURA 3-2



- 1 PASOS PREPARATORIOS (20 min)
- 2 PRECIPITACION (60 min)
- 3 AÑEJAMIENTO (10 min)
- 4 BOMBEO (55 min)
- 5 LAVADO (20 min)
- 6 ESCURRIDO (10 min)
- 7 SOPLADO (20 min)
- 8 DESCARGA DEL FILTRO (65 min)
- TIEMPO DE DESPERDICIO ANTES DE PODER EMPEZAR A BOMBEAR EL LOTE (25 min)

ESCALA DE TIEMPO  
0 10 20 30 40 50 60  
MINUTOS

#### IV.- FILTRO CONTINUO DE VACIO DE TAMBOR ROTATORIO.

##### a) Breve descripción del Filtro:

El filtro continuo de vacío de tambor rotatorio, consta de un cilindro soportado en la orilla y girando sobre su eje. El cilindro está montado sobre una flecha horizontal e introducido dentro de un tanque donde se encuentra la mezcla por filtrarse. En esta mezcla se sumerge el tambor a alturas variables. La superficie del cilindro está hecha de compartimientos huecos que terminan en una tubería, la cual va primero radialmente y luego voltea por la flecha, para alcanzar la parte estacionaria de la válvula automática. Cada compartimiento está conectado en esta forma y ofrece numerosos puntos de soporte al medio filtrante que cubre en una pieza la superficie total del tambor.

Cuando un compartimiento del tambor entra en la mezcla, la válvula automática lo conecta con la línea de succión, el filtrado es después succionado hacia el interior y llevado a un separador y receptor. La torta se deposita en la superficie. Esto continúa mientras el compartimiento está sumergido; la succión permanece conectada por una corta distancia después que emerge, con la finalidad de que todo el filtrado se succione hacia el interior. Una aspersión de agua cae al compartimiento al subir lentamente del tanque. La succión se aplica nuevamente por la válvula automática; el agua del lavado se succiona hacia el interior se extrae a través de otra línea, a otro separador, receptor y bomba. Al aproximarse la torta a la cuchilla de descarga, una línea da presión positiva soplando aire, lo cual le forma una protuberancia al medio filtrante aflojando la torta de tal manera que cuando llegue a la cuchilla se desprenda con facilidad.

El funcionamiento de este filtro es posible solamente, a causa de la válvula automática, que coloca el compartimiento bajo succión alternada para filtrado, lavado y desprendimiento de la torta. Consiste en una parte rotatoria que gira con el cilindro y tiene una abertura para cada hilera de compartimientos y en una parte estacionaria, la cual acomoda los puntos que dividen. Un perno con un resorte sostiene la parte estacionaria apretada contra la parte rotatoria. Las dos partes están maquinadas y forman un ajuste perfecto.

La alimentación de la mezcla al tanque debe ser un poco más rápida que la filtración, para que el nivel permanezca constante. Esto se logra adicionando una tubería que permite el flujo por la parte superior. Se dispone de un agitador para evitar el asentamiento. En este caso se recomienda un nivel alto, para evitar el asentamiento, para tener en la formación de la torta una capa de 1/8 de pulgada. Dicho espesor es el que se recomienda para el lavodo con agua que se le dará posteriormente (1) el cual no solamente se puede regular con la altura, sino que también con la velocidad del cilindro y la succión.

#### B).- Cálculos para el costo del Filtro:

En este capítulo se hace primero un cálculo aproximado para el área filtrante y luego por medio de libros se calcula el costo del filtro.

Tenemos como base para los cálculos del área, un espesor de la torta de 1/8 de pulgada (1) y que opere a una revolución cada 6 minutos (1).

Producción diaria: 2300 kgs.

Como se explicó en el capítulo II, la densidad del material es de  $1.85 \text{ gr/cm}^3$ , entonces obtenemos:

$$\frac{2300 \text{ kgs/día} \times 1000 \text{ gr.}}{1.85 \text{ gr/cm}^3} = 1,242,000 \text{ cm}^3/\text{día}$$

$$1,242,000 \text{ cm}^3/\text{día} \times \frac{1 \text{ in.}^3}{16.4 \text{ cm}^3} = 75,800 \text{ in}^3/\text{día}$$

como la torta tiene un espesor de  $1/8$  de pulgada:

$$\frac{75,800 \text{ in}^3/\text{día}}{0.125 \text{ in}} = 606,000 \text{ in}^2/\text{día}$$

Como el filtro opera a una revolución cada 6 minutos, el área del filtrado será:

$$1 \text{ rev}/6 \text{ min} = 240 \text{ rev/día.}$$

$$\text{Área de filtrado} = \frac{606,000 \text{ in}^2/\text{día}}{240 \text{ rev/día}} = 2520 \text{ in}^2/\text{rev}$$

$$2520 \text{ in}^2 \times 6.45 \text{ cm}^2 = 16,200 \text{ cm}^2 = 1.62 \text{ m}^2$$

Con esta área de filtrado pasamos al Vibrandt y Dryden (2) página 222 y leemos en la línea 5 de la gráfica que es para filtros continuos de vacío y obtenemos el costo instalado, que es de - - - Dols. 7,000.00.

Para esta gráfica se tiene un ENR de 750, el cual es el número del índice del Engineering News Record. Este índice nos sirve para que, partiendo de él, podamos obtener el costo actual. Por el mismo motivo, en la página 236 del mismo libro encontramos el valor de 862 para 1964.

Aplicando la fórmula:

$$C_X = C_K \frac{I_X}{I_K} \quad (\text{Vibrandt y Dryden, página 220})$$

En donde:

$I_K$  = Valor conocido del índice para la fecha K

$I_X$  = Valor conocido del índice para la fecha X

$C_K$  = Costo conocido del equipo para la fecha K

$C_x$  = Costo conocido del equipo para la fecha X

$I_x$  = 862

$I_k$  = 750

$K$  = Dols. 7,000.00.

Substituyendo en la fórmula:

$$CX = 7,000.00 \left( \frac{863}{750} \right) = 8,060 \text{ dólares} = \$ 101,000.00 \text{ M.N.}$$

Este costo del filtro es puesto e instalado en Estados Unidos, por lo cual es necesario calcular el costo del mismo aquí en México. Por experiencia del Departamento de Fomento Industrial de la Compañía, se sabe que cargándole un 20% a ese costo se obtienen los gastos de transporte e importación.

Entonces tenemos:

Costo del Filtro instalado y puesto en la planta en Barrientos Tlalnepantla, Edo. de México:

$$\$ 101,000.00 \times 12 = 121,000.00$$

Después del cálculo anterior, para el cual asumimos que la planta trabaja tres turnos, se procede a calcular el costo del filtro, trabajando dos turnos.

Primero, es necesario ver si es posible obtener los 10 lotes en dos turnos, para lo cual se pasa a la figura 3-2. En ella se observa que eliminando el filtro prensa antes de estar listo para filtrar el lote, tardamos 90 minutos. Tomando 5 minutos para bombear el lote al filtro continuo, sumamos un total de 95 minutos por lote, o sea, un total de 950 minutos para los 10 lotes.

Trabajando dos turnos, que sería un total de 16 horas (16 hrs. x 60 min. = 960 minutos) vemos que sí es posible obtener los 10 lotes 1hrs.

Producción diaria = 2300 kgs.

Los kilos obtenidos por hora trabajando dos turnos serían:

$$\frac{2300 \text{ kgs.}}{16 \text{ hrs.}} = 144 \text{ kgs/hr}$$

Como el filtro opera a 1 rev/6 min. = 10 rev./hr.

$$\frac{144 \text{ kgs./hr.}}{10 \text{ rev/hr.}} = 14.4 \text{ kgs./rev.}$$

Como la densidad del material es 1.85gr/cm<sup>3</sup>

$$\frac{14.4 \text{ kgs/rev.}}{1.85 \text{ gr/cm}^3} \times 1000 \text{ gr.} = 7,800 \text{ cm}^3/\text{rev.}$$

$$7,800 \text{ cm}^3/\text{rev} \times \frac{\text{lin}^3}{16.4 \text{ cm}^3} = 475 \text{ in}^3/\text{rev}$$

Como el espesor de la torta es 1/8 de pulgada, el área filtrante sería:  $\frac{475 \text{ in}^3}{0.125 \text{ in}} = 3,800 \text{ in}^2$

$$3,800 \text{ in}^2 \times \frac{6.45 \text{ cm}^2}{1. \text{in}^2} = 24,500 \text{ cm}^2 = 2.45 \text{ m}^2$$

Con esta área de filtrado pasamos al Vibrandt y Dryden (2) -- página 222 y leemos en la línea 5 de la gráfica correspondiente a los filtros continuos de vacío, y obtenemos el costo instalado, -- que es de Dlls. 8,500.00.

Como ya se vió el ENR para esta gráfica es de 750 y el ENR -- para 1964 es de 862. Entonces, substituyendo en la ecuación:

$$CX = \frac{IX}{IK}$$

en donde:

$$CK = \text{Dlls. } 8,500.00$$

CX = 750

CK = 862

CX = 8,500.00  $\frac{(862)}{(750)}$  = Dlls. 9,800.00 = 122,000.00 M.N.

Sumándole el 20% para obtener el costo puesto en planta:

Costo del filtro instalado y puesto en Barrientos, Tlalnepan-  
tla, Ego. de México:

122,000 x 1.2 = \$ 146,000.00.

V.- SECADOR POR ASPERSION.

Debemos obtener el material del filtro a una humedad mejor -- del 40%, necesaria para que se pueda manejar en el secador, pues a una humedad menor no se podría llevar a cabo la atomización. En el secador se elimina el agua para que el producto terminado se obtenga con una humedad máxima de 8%, que es el límite para el producto terminado.

Para substituir el secador de charolas existente se prefiere el secador por aspersión sobre los demás tipos, puesto que tiene las ventajas que se enumeran a continuación:

- 1.- Operación de un solo paso
- 2.- El proceso es continuo
- 3.- Costo de mantenimiento bajo, puesto que no tiene partes móviles.
- 4.- La corrosión se reduce
- 5.- Poco material en proceso
- 6.- posibilidad de cubrir los materiales
- 7.- Seguridad al manejar materiales sensibles al calor.

a).- Breve descripción del Secador:

El Secador por aspersión consiste fundamentalmente:

- 1.- Cámara de secado
- 2.- Medio de atomización
- 3.- Medios para mover el aire de calentamiento
- 4.- Medios para recobrar el producto.

El funcionamiento del secador consiste fundamentalmente en la

atomización que se lleva a cabo en una cámara cerrada. una corriente de aire caliente se encuentra con las gotas y viaja con ellas, o a través de ellas, evaporando el agua simultáneamente, de manera que cuando llegue al fondo, ya está seco el material. El flujo de aire puede ser paralelo al flujo de las gotas y hacia abajo, lo que permite el completo secado del material en el tiempo que alcanza el fondo. Las partículas secas son tan ligeras que siguen las corrientes de aire. El polvo es extraído por medio de aire, que se escapa y lo entrega a un colector y una tolva. El aire con la humedad sigue el mismo camino, y es descargado del colector a la atmósfera.

El método de atomización más conveniente se selecciona de acuerdo con las características del material. Existen cuatro maneras de llevar a cabo la atomización:

- 1.- Método centrífugo; este es, orificios de presión del tipo de espiral.
- 2.- Atomización neumática o por flujo de gas, en la cual un chorro de líquido se desintegra por la alta velocidad del gas.
- 3.- Atomización por disco giratorio.
- 4.- Por medio de golpeo, en donde dos flujos se golpean o un solo flujo golpea sobre una superficie sólida.

El método que conviene más en nuestro caso es el de atomización por disco giratorio, por el cual se obtiene una alimentación uniforme.

Las características del material alimentado son de tipo pasta, con un porcentaje de humedad aproximado de 40%.

El calor para la evaporación es transferido por conducción y

convección dentro del flujo de aire, La velocidad total de secado es función de la temperatura de la humedad y propiedades de transporte del aire, del diámetro, temperatura y velocidad relativas entre la gota y sus alrededores y de la naturaleza del material sólido suspendido en el líquido.

En el caso del material que se va a secar, que es el de gotas conteniendo sólidos, disminuye la presión de vapor normal del líquido, las diferencias de presión de vapor de temperatura que causa la transferencia de calor y de masa disminuyen, y la velocidad de evaporación es menor que para gotas de líquido puro.

La evaporación y secado de gotas en el Secador por Aspersión, lleva generalmente un período de evaporación superficial, comparable a la evaporación de gotas de líquido puro a temperatura constante, seguido por un período en el cual la velocidad y la fuerza directriz del aire decrecen rápidamente, Hay tres clasificaciones fundamentales del flujo, a saber:

- 1.- Flujo en corriente paralela
- 2.- Flujo en contra corriente
- 3.- Flujo mixto

Cada una de ellas se subdivide a su vez en:

- a) Flujo en línea recta
- b) Flujo en espiral

Se cree que la primera clasificación (flujo en corriente paralela) es la más indicada, pues además de que no se requiere una característica específica del producto respecto a la densidad, es posible obtener un tiempo de secado más rápido y mejor manejo del

producto, por extraerse éste junto con el aire, pasando directamente a un ciclón.

Respecto a la subdivisión del flujo, ya sea en línea recta o en espiral, todavía no es posible hacer una selección, pues se requieren pruebas con un secador por aspersion piloto, las cuales no conviene hacer hasta saber si se justifica la substitución del Secador de Charolas.

El método más adecuado para el calentamiento del aire parece ser como el del Secador de Charolas utilizado actualmente, que lo hace pasar dentro de unos tubos que llevan vapor. Una vez caliente el aire entra a la cámara donde se lleva a cabo la atomización.

Después de la descripción del Secador, se procede a calcular su costo.

B) Cálculos para el costo del Secador.

Se asumirá que operará dos y tres turnos.

Para los cálculos se tomará como base que entra el secador con 40% de humedad, y que se evapora 38% de agua, quedando en 2% de humedad, lo cual queda dentro del límite de 8% máximo.

Para obtener una producción diaria de 2300 kgs. debe entrar al Secador 3680 kgs. de los cuales 1400 corresponden al agua evaporada (el 38%) kgs. de agua evaporada = 1400

En caso de trabajar el equipo tres turnos:

Kgs. de agua evaporada por hora =  $\frac{1400 \text{ kgs.}}{24} = 58.3 \text{ kgs/hr.}$

$\frac{58.3 \text{ kgs.}}{\text{hr.}} \times \frac{2.2 \text{ lbs.}}{\text{kgs.}} = 128.2 \text{ lb/hr.}$

Con este dato se pasa a la página 847 del Perry (4) y se lee

en la figura 45 para el costo instalado del Secador, obteniéndose - 50 dólares/lb. agua evaporada/hr.

128.2 lbs.de agua evaporada/hr. x 50 dólares/lb. agua evapora-  
da/hr. = 6410 dolares.

En la misma figura hay una nota indicando que para obtener el  
costo en 1948, se debe multiplicar por 1.2. Entonces tenemos:

Costo del Secador en 1948 = 6.410 x 1.2 = 7,692 dolares = ---  
\$ 96,000.00 M.N.

Para actualizar el costo se utilizará el índice de Marshall &  
Stevens (MS). El valor de este índice para 1948 se obtiene en la -  
página 239 del Wilbrandt y Dryden (2) y es de 160. En la revista -  
Chemical Engineering (3) se obtiene el valor del índice actual que  
es de 239.2 para el costo de equipo en la industria química:

Aplicando la fórmula vista en el capítulo IV:

$$CX = CR \frac{IX}{IK}$$

En donde:

$$CK = \$ 96,000.00 \text{ M.N.}$$

$$IX = 239.2$$

$$IK = 160$$

$$CX = 96,000 \left( \frac{239.2}{160} \right) = \$ 144,000.00 \text{ M.N.}$$

Sumándole el 20% para el costo de importación y transporte, te  
nemos:

Costo del Secador instalade y puesto en Barrientos, Tlaine---  
tia, Edo. de México = \$ 144,000 x 1.2 = \$ 170,000.00 M.N.

En caso de trabajar el equipo dos turnos, la cantidad de agua  
evaporada por hora sería:

$$\frac{1400 \text{ kgs.}}{16 \text{ hrs.}} = 87.2 \text{ kgs/hr.}$$

$$\frac{87.2 \text{ kgs.}}{\text{hr.}} \times \frac{2.2 \text{ lbs.}}{\text{kg.}} = 191.8 \text{ lbs/hr.}$$

En la figura 45 de la página 847 del Perry (4) se lee:  
41 dolares/lb. agua evaporada/hr.

En donde:

$$191.8 \text{ lbs. de agua evaporada/hora} \times 41 \text{ dolares/lb. agua evaporada/hr.} = 7,850 \text{ dolares} = \$ 98,000.00 \text{ M.N.}$$

Como en el caso de tres turnos, se multiplica por 1.2 para obtener el costo en 1948.

$$\text{Costo del Secador en 1948} = 98,000 \times 1.2 = \$ 118,000.00 \text{ M.N.}$$

Aplicando la fórmula para actualizar el costo:

$$C_X = C_K \frac{I_X}{I_K}$$

En donde:

$$C_K = \$ 118,000.00$$

$$I_X = 239.2$$

$$I_K = 160$$

Y Substituyendo:

$$C_X = 118,000.00 \frac{(239.2)}{160} = \$ 176,000.00 \text{ M.N.}$$

Sumándole el 20% para importación y transporte, tenemos que el costo del Secador instalado y puesto en Barrientos, Tlalnepan-tla, Edo. de México, es:  $176,000 \times 1.2 = \$ 210,000.00 \text{ M.N.}$

VI.- ANALISIS ECONOMICO PARA LA PRIMERA SELECCION.

Basándose en los datos obtenidos de los capítulos anteriores de ventas probables y costo del equipo, se procede a hacer un análisis económico, para ver cual es la substitución más conveniente.

Para éste análisis económico se determina la diferencia de -- los costos, (variables y fijos) de cada substitución con respecto a la operación actual, a partir de esta diferencia se calcula la Rentabilidad y el Tiempo en que se paga la inversión.

Para el caso de la diferencia de costos se tomará la siguiente base:

I.- Costos variables

- a).- Materia prima. Igual en los dos casos.
- b).- Mano de obra directa. Es en donde se obtiene el ahorro principal por lo cual se calculará la diferencia.
- c).- Servicios. Despreciable la diferencia de ambos casos.
- d).- Mantenimiento. Se calculará para cada caso.
- e).- Supervisión directa. Igual en los dos casos.
- f).- Laboratorio. Igual en los dos casos.
- g).- Empaque y cargos de almacenamiento, igual en los dos casos.

II.- Costos fijos.

- a).- Depreciación. Se calculará para cada caso.
- b).- Seguros. Despreciable la diferencia.
- c).- Intereses en inventarios, etc. Igual en cada caso.
- d).- Técnicos. Igual en cada caso.
- e).- No Técnicos. Igual en cada caso.
- f).- Renta. Igual en cada caso.
- g).- Gastos de Administración y Ventas. Igual en cada caso.

Para la substitución se estudian dos alternativas:

a).- Substituir el filtro prensa y el secador de charolas y carros, por un filtro continuo de vacío de tambor rotatorio y un secador por aspersión.

B) Substituir el filtro prensa por un filtro continuo de vacío de tambor rotatorio, continuando con el secador de charolas y carros.

En cada caso se hará el estudio para dos y tres turnos.

Primeramente se pondrán los resultados obtenidos en cada caso, y posteriormente se narra como se llegó a estos resultados.

Caso A (Substitución del filtro prensa y el secador de charolas por filtro continuo y secador de aspersión).

Inversión requerida caso tres turnos	= \$ 291,000.00
Inversión requerida caso dos turnos	= 356,000.00
Ahorro de Mantenimiento caso tres turnos	= 9,000.00/año
Ahorro de Mantenimiento caso dos turnos	= 8,000.00/año
Depreciación caso tres turnos	= 29,000.00/año
Depreciación caso dos turnos	= 36,000.00/año

El ahorro de mano de obra directa será:

Año	Caso tres turnos	Caso dos turnos
1965	40,000	49,000
1966	44,000	54,000
1967	47,000	58,000
1968	51,000	63,000
1969	54,000	66,000
1970	58,000	71,000
1971	61,000	75,000

Año	Caso tres turnos	Caso dos turnos
1972	65,000	80,000
1973	68,000	84,000
1974	71,000	88,000

A partir de los costos anteriores y la inversión calculará las Ganancias, Rentabilidad y el Tiempo en que se paga la inversión.

Año	Ganancias Netas antes de Impuestos		Ganancias Netas		Rentabilidad	
	Caso de tres turnos	Caso de dos turnos	Caso de tres turnos	Caso de dos turnos	Caso de tres turnos	Caso de dos turnos
1965	20,000	21,000	10,000	10,000	3.5	2.8
1966	24,000	26,000	12,000	13,000	4.1	3.6
1967	27,000	30,000	13,000	15,000	4.5	4.2
1968	31,000	35,000	15,000	17,000	5.2	4.7
1969	34,000	38,000	17,000	19,000	5.8	5.3
1970	38,000	43,000	19,000	21,000	6.5	5.8
1971	41,000	47,000	20,000	23,000	6.9	6.4
1972	45,000	52,000	22,000	26,000	7.6	7.2
1973	48,000	56,000	24,000	28,000	8.3	7.8
1974	51,000	60,000	25,000	30,000	8.6	8.4

Tiempo en que se paga la inversión trabajando tres turnos = 6.8 años

Tiempo en que se paga la inversión trabajando dos turnos = 6.8 años

Caso B (Substitución del filtro prensa por filtro continuo, - continuando con el secador de charolas):

Inversión requerida en caso de tres turnos = \$ 121,000.00

Inversión requerida en caso de dos turnos	= \$ 146,000.00
Ahorro de Mantenimiento en caso tres turnos	= \$ 9,000.00/año
Ahorro de Mantenimiento en caso dos turnos	= \$ 8,000.00/año
Depreciación caso de tres turnos	= \$ 12,000.00/año
Depreciación caso de dos turnos	= \$ 15,000.00/año

Ahorro por concepto de Manode Obra Directa:

Año	Caso tres turnos	Caso dos turnos
1965	24,000	66,000
1966	26,000	69,000
1967	28,000	72,000
1968	31,000	75,000
1969	32,000	77,000
1970	34,000	80,000
1971	36,000	83,000
1972	39,000	85,000
1973	41,000	88,000
1974	42,000	90,000

A partir del ahorro, los costos anteriores y la inversión, se calculan las ganancias, rentabilidad y tiempo en que se paga la -- inversión:

Año	Tres Turnos	Dos Turnos	Tres Turnos	Dos Turnos	Tres Turnos	Dos Turnos
1965	21,000	59,000	10,000	29,000	8.3	19.9
1966	23,000	62,000	11,000	31,000	9.1	21.2
1967	25,000	65,000	12,000	32,000	9.9	21.9
1968	28,000	68,000	14,000	34,000	11.5	23.2
1969	29,000	70,000	15,000	35,000	12.4	24.0
1970	31,000	73,000	16,000	36,000	13.2	24.7
1971	33,000	76,000	17,000	38,000	14.0	26.0

Año	Tres Turnos	Dos Turnos	Tres Turnos	Dos Turnos	Tres Turnos	Dos Turnos
1971	36,000	78,000	18,000	39,000	14.9	26.7
1973	38,000	81,000	19,000	40,000	15.7	27.4
1974	39,000	83,000	20,000	41,000	16.5	28.2

Tiempo en que se paga la inversión caso de tres  
turnos = 5 años

Tiempo en que se paga la inversión caso de dos  
Turnos: = 3.2 años

Cálculos para la obtención de Ganancias Netas, Rentabilidad y  
Tiempo en que se paga la inversión:

Caso "A":

La inversión requerida fué calculada en los capítulos IV y V  
con los siguientes resultados:

1).- Caso de tres turnos:

Filtro continuo de Vacío	\$ 121,000.00
Secador por Aspersión	<u>170,000.00</u>
Inversión Total	\$ 291,000.00

2).- Caso de dos turnos:

Filtro continuo de Vacío	\$ 146,000.00
Secador por Aspersión	<u>\$ 210,000.00</u>
Inversión total	\$ 356,000.00

Ahorro por concepto de Mantenimiento:

Primeramente es necesario calcular el Mantenimiento con el -  
equipo existente, por lo cual:

Area de Filtrado del Filtro Prensa = 58 m<sup>2</sup>

En la página 257 del Vilbrandt (2) obtenemos el costo anual  
del Mantenimiento por m<sup>2</sup>, siendo para el Filtro Prensa de 11.85 -  
dolares/m<sup>2</sup>.

Este costo es para el año de 1951, per lo tanto se actualiza - utilizando el M.S. para 1951 el índice  $I_k$  es 174 (Vilbrandt pág. 236) (2) el índice actual  $I_x$  es de 239.2 )3).

Aplicando la formula  $C_x = C_k \frac{I_x}{I_k}$  Obtenemos:

$$C_x = \$ 8,600.00 \frac{(239.2)}{174} = \$ 11,800.00/\text{año, aprox. } \$ 12,000.00$$

1).- Caso de tres turnos:

Mantenimiento del Filtro continuo:

$$\text{Area de filtrado} = 1.62\text{m}^2$$

$$\text{Costo anual} = 100 \text{ dolares/m}^2.$$

$$\text{Costo de Mantenimiento} = 100 \text{ dolares/m}^2 \times 1.62\text{m}^2 = 162 \text{ dls/año}$$

$$= \$ 2,000.00/\text{año.}$$

Actualizando el costo, basándose en los índices utilizados para el filtro prensa, obtenemos:

$$C_x = \$ 2,000.00 \frac{(239.2)}{(174)} = \$ 2,800.00/\text{año aprox. } \$ 3,000.00$$

$$\text{Ahorro} = \$ 12,000.00 - \$ 3,000.00 = \underline{\underline{\$ 9,000.00/\text{año}}}$$

2).- Caso de dos turnos.

Mantenimiento del filtro continuo:

$$\text{Area de filtrado} = 2.45 \text{ m}^2$$

$$\text{Costo anual} = 100 \text{ dolares/m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de mantenimiento} &= 100 \text{ dls/m}^2 \times \\ &2.45\text{m}^2 = 245 \text{ dls/año} \\ &= \underline{\underline{\$ 3,100.00/\text{año}}} \end{aligned}$$

Actualizando el costo:

$$C_x = \$ 3,100.00 \frac{(239.2)}{(174)} = \$ 4,300.00/\text{año aprox. } \$ 4,000.00$$

$$\text{Ahorro} = \$ 12,000.00 - \$ 4,000.00 = \underline{\underline{\$ 8,000.00/\text{año}}}$$

Depreciación:

Se tomará como base que el equipo se deprecia en diez años, por lo tanto, será un costo de 10% de la inversión, para cada año, siendo de:

1).- Caso de tres turnos = \$ 29,000.00/año

2).- Caso de dos turnos = \$ 36,000.00/año

Ahorro por concepto de Mano de Obra directa:

Para este ahorro se calcula el Costo de Mano de Obra directa, con el equipo existente y posteriormente con la substitución, la diferencia será el ahorro. Para estos cálculos, primeramente se calcula el costo por kilogramo y después el costo anual, de acuerdo con la producción.

Cálculo del Costo de Mano de Obra directa con el equipo existente:

Para la fabricación de 8 lotes diarios en tres turnos, se requieren 2.5 hombres trabajando en cada turno, los cuales descargan el filtro, ponen el material en charolas, lo introducen al Secador, secan el producto, del Secador al estar en límites de humedad y lo descargan en tambores.

Horas Hombre = 24 horas x 2.5 hombres = 60 hrs. hombre

El salario de estos operadores es de \$ 4.60/hr.

Salario diario = \$ 4.60/hr. 8 hrs. = \$ 36.80

Salario Semanal = \$ 36.80 x 7 = \$ 257.60

Para efectos del Seguro Social, este trabajador se clasifica en el grupo L y corresponde a la compañía pagar \$ 18.38 semanales. Por lo tanto, el costo asciende a un total de:

257.60 + \$18.38 = 275.98, aproximadamente \$ 276.00

Como se trabajan 45 horas a la semana, el costo por hora-hombre será:

$$\frac{\$276.00}{45 \text{ hr-hombre}} = \$ 6.12/\text{hr.-hombre}$$

El costo de la mano de obra directa por kg. con el equipo existente es:  $\frac{60 \text{ hrs.-hombre} \times \$ 6.12/\text{hr.-hombre}}{1840 \text{ kgs.}} = \$ 0.20/\text{kg.}$

Multiplicando el costo/kg. por la producción anual, obtenemos el costo con el equipo existente, el cual es:

Año	Costo
1965	67,000
1966	73,000
1967	79,000
1968	85,000
1969	90,000
1970	96,000
1971	102,000
1972	108,000
1973	114,000
1974	119,000

Cálculo del costo de Mano de Obra directa substituyendo el equipo:

1).- Caso de tres turnos:

Para operar el Filtro continuo y el Secador por Aspersión se requiere un operario para el Secador y 1/4 para el Filtro (5).

Horas hombre = 24 hrs. x 1.25 hombres = 30 horas-hombre.

$$\frac{30 \text{ horas-hombre} \times 6.12/\text{hr.hombre}}{2300 \text{ kgs.}} = \$ 0.08/\text{kg.}$$

Multiplicando esto por la producción anual, obtenemos el costo anual del Filtro continuo y el Secador por Aspersión, y restándosele al costo con el equipo existente obtenemos el ahorro, los resultados son los siguientes:

AÑO	Costo caso tres turnos	Ahorro
1965	27,000	40,000;
1966	29,000	44,000
1967	32,000	47,000
1968	34,000	51,000
1969	36,000	54,000
1970	38,000	58,000
1971	41,000	61,000
1972	43,000	65,000
1973	46,000	68,000
1974	48,000	71,000

2).- Caso de dos turnos:

Horas-hombre = 16 hrs. x 1.25 hombres = 20 hrs.-hombre

$\frac{20 \text{ horas-hombre} \times \$6.12/\text{hr-hombre}}{2,300 \text{ kgs.}} = \$ 0.053/\text{kg.}$

Aparte del ahorro obtenido por la diferencia de costos se obtiene otro, debido a la eliminación del 3er. turno, consistente en dos operadores, siendo:

El salario de estos operadores es de \$ 4.60 la hora para uno y de \$ 6.43 para el otro.

El operador de \$ 4.60/hora, como ya se calculó, representa un costo semanal de \$ 276.00 y anual de \$ 276.00 x 53 = 14,600.00 --- aprox. \$ 15,000.00

Para el operador de \$ 6.43/hora, el salario diario es de:

$\$6.43 \times 8 = \$ 51.44$

Salario semanal = \$ 51.44 x 7 = \$ 360.08

Este operador corresponde al grupo H en la clasificación del Seguro Social, por lo cual la Compañía paga una cuota semanal de --- \$ 31.50, por lo tanto el costo semanal es de:

$\$ 360.08 + \$ 31.50 = \$ 391.58$

Costo anual:

$\$ 391.58 \times 53 = \$ 20,700.00$  aprox. 21,000.00

El ahorro anual eliminando los dos operadores es de:

$\$ 15,000.00 \div 21,000 = \$ 36,000.00$

Calculando el costo de Mano de Obra directa, multiplicando el costo por kg., por la producción anual; restando el resultado al costo con el equipo existente y sumándole los  $\$ 36,000.00$  obtenemos:

Año	Costo caso dos turnos	Ahorro
1965	18,000	49,000
1966	19,000	54,000
1967	21,000	58,000
1968	22,000	63,000
1969	24,000	66,000
1970	25,000	71,000
1971	27,000	75,000
1972	28,000	80,000
1973	30,000	84,000
1974	31,000	88,000

Tiempo en que se paga la inversión:

Se hará a partir de la ecuación de la línea recta, para esto, primero se van tomando las Ganancias Netas más Depreciación Acumulada:

Ganancias Netas más Depreciación Acumulada:

Año	Trabajando tres turnos	Trabajando Dos turnos
1965	30,000	46,000
1966	71,000	95,000
1967	113,000	146,000
1968	157,000	199,000
1969	203,000	254,000

Año	Trabajando	Trabajando
	Tres turnos	Dos turnos
1970	251,000	311,000
1971	300,000	370,000
1972	351,000	431,000
1973	404,000	494,000
1974	458,000	559,000

1.- Caso de tres turnos:

La inversión requerida es de \$ 290,000.00, por lo tanto se pagaría entre los años de 1970 y 1971.

Aplicando la ecuación:  $Y - Y_1 = M(X - X_1)$  (1)

En donde:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = 1$$

$$M = \text{desconocido}$$

$$X = 251$$

$$X_1 = 300$$

Substituyendo en (1):

$$0 - 1 = M(251 - 300)$$

$$1 = M(300 - 251) = 49M$$

$$\text{De donde } M = 1/49$$

Utilizando los siguientes valores:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = \text{desconocido}$$

$$X = 251$$

$$X_1 = 290$$

$$M = 1/49$$

Substituyendo en (1):

$$0 - Y_1 = 1/49(251 - 290)$$

$$Y_1 = 1/49(290 - 251) = 39/49 = 0.8$$

Por lo tanto el tiempo en el cual se paga la inversión para el caso de tres turnos es de 6.8 años.

2.- Caso de dos turnos:

La inversión requerida es de \$ 360,000.00, por lo cual se paga entre 1970 y 1971.

$$\text{Utilizando la ecuación } Y - Y_1 = M(X - X_1) \text{ (1)}$$

En donde:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = 1$$

$$M = \text{Desconocido}$$

$$X = 311,000$$

$$X_1 = 370,000$$

Substituyendo en (1):

$$0 - 1 = M(311 - 370)$$

$$1 = M(370 - 311) = 59M$$

$$M = 1/59$$

Utilizando los siguientes valores para saber en que tiempo dentro de esos dos años se paga:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = \text{desconocido}$$

$$X = 311,000$$

$$X_1 = 360,000$$

Substituyendo en (1):

$$0 - Y_1 = 1/59 (311 - 360)$$

$$Y_1 = 1/59 (360 - 311) = 1/59 (49)$$

$$Y_1 = 49/59 = 0.83$$

Por lo tanto el tiempo en el cual se paga la inversión trabajando dos turnos es de 6.83 años.

La Rentabilidad para cada caso se obtiene dividiendo las Ganancias Netas entre la inversión, siendo los resultados:

Año	Tres turnos	Dos turnos
1965	3.5	2.8
1966	4.1	3.6
1967	4.5	4.2
1968	5.2	4.7
1969	5.8	5.3
1970	6.5	5.8
1971	6.9	6.4
1972	7.6	7.2
1973	8.3	7.8
1974	8.6	8.4

Caso B:

La inversión requerida fué calculada en el Capítulo IV, con el siguiente resultado:

1).- Caso de tres turnos:

Filtro continuo de vacío = \$ 121,000.00

2).- Caso de dos turnos:

Filtro continuo de vacío - \$ 146,000.00

Ahorro por concepto de Mantenimiento:

Igual que en el caso de sustitución del filtro prensa y el secador de charolas, siendo de:

1).- Caso de tres turnos - \$ 9,000.00/año

2).- Caso de dos turnos - \$ 8,000.00/año

Depreciación:

Se tomará como base que el equipo se deprecia en diez años, - por lo tanto será un costo de 10% de la inversión para cada año, - siendo de:

- 1).- Caso de tres turnos - \$ 12,000.00
- 2).- Caso de dos turnos = \$ 15,000.00

Ahorro por concepto de Mano de obra directa:

Cálculo del Costo de Mano de Obra directa con el equipo existente:

Igual que el calculado en el caso A.

Cálculo con el equipo modificado:

- 1).- Ahorro caso de tres turnos:

Para operar el Filtro continuo y el Secador de Charolas, son necesarios 2 hombres en cada turnos, siendo las horas-hombre - 24 hr. x 2 hombres = 48hr-hombre.

El costo por hora-hombre ya fué calculado, siendo de \$ 6.12/hr-hombre.

Costo por kg. es de:

$$\frac{48 \text{ horas-hombre} \times \$6.12/\text{hora-hombre}}{2,300 \text{ kgs.}} = \$ 0.13/\text{kg.}$$

Se multiplica el 0.13 por la producción anual y se resta el -- costo con el equipo existente, obteniéndose el ahorro:

Año	Costo	Ahorro
1965	43,000	24,000
1966	47,000	26,000
1967	51,000	28,000
1968	54,000	31,000
1969	58,000	32,000
1970	62,000	34,000
1971	66,000	36,000
1972	69,000	39,000
1973	73,000	41,000
1974	77,000	42,000

2).- Ahorro caso de dos turnos:

Para operar el filtro continuo y el secador de charolas, se requieren 2.5 hombres en cada turno.

$$16 \text{ horas} \times 2.5 \text{ hombres} = 40 \text{ horas-hombres}$$

Costo por kg.:

$$\frac{40 \text{ horas-hombre} \times \$ 6.12/\text{hora-hombre}}{2.308 \text{ kgs.}} = \$ 0.11/\text{kg.}$$

El ahorro se obtiene multiplicando el 0.11 por la producción anual, lo obtenido se resta del costo con el equipo existente y posteriormente se le suma \$ 36,000.00 por concepto de la eliminación de dos operadores, obteniéndose:

Año	Costo	Ahorro
1965	37,000	66,000
1966	40,000	69,000
1967	43,000	72,000
1968	46,000	75,000
1969	49,000	77,000
1970	52,000	80,000
1971	55,000	83,000
1972	59,000	85,000
1973	62,000	88,000
1974	65,000	90,000

Tiempo en que se paga la inversión:

Ganancias netas más Depreciación Acumulada

Año	Tres turnos	Dos turnos
1965	22,000	44,000
1966	45,000	90,000
1967	69,000	137,000
1968	95,000	186,000
1969	122,000	236,000

Año	Tres turnos	Dos turnos
1970	150,000	287,000
1971	179,000	340,000
1972	209,000	394,000
1973	240,000	449,000
1974	272,000	505,000

Para el caso de tres turnos:

La inversión es de \$ 121,000.00, por lo tanto se paga entre -  
los años 1968 y 1969.

Aplicación la ecuación  $Y - Y_1 = M (X - X_1) (1)$

En donde:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = 1$$

$$M = \text{desconocido}$$

$$X = 95$$

$$X_1 = 122$$

$$0 - 1 = M(95 - 122)$$

$$1 = M(122 - 95) = 27M$$

$$\text{De donde } M = 1/27$$

Substituyendo en la ecuación (1) los siguientes valores:

$$Y = \text{Fracción del año en que se paga la inversión}$$

$$Y_1 = 1$$

$$X = \$ 121$$

$$X_1 = 122$$

Substituyendo en (1):

$$Y - 1 = 1/27(121 - 122)$$

$$Y = 1/27(122 - 121) = 1 - (1/27) = 1 - 0.037 = 0.963$$

Tiempo en que se paga la inversión trabajando tres turnos de  
5 años:

Para el caso de dos turnos:

La inversión que se requiere es de \$ 146,000.00, por lo tanto se paga entre los años 1967 y 1968.

Aplicando la ecuación (1) para los siguientes valores:

$$Y = 0$$

$$Y_1 = 1$$

$$X = 137$$

$$X_1 = 186$$

Obtenemos:

$$0 - 1 = M(137 - 186) = 49$$

$$M = 1/49$$

Dando los siguientes valores para la ecuación (1):

Y = Fracción del año en que se paga la inversión.

$$Y_1 = 1$$

$$M = 1/49$$

$$X = 146$$

$$X_1 = 186$$

Substituyendo estos valores en (1):

$$Y - 1 = 1/49(146 - 186)$$

$$Y = 1 - 1/49(186 - 146) = 1 - 1/49(40) = 1 - 0.82 = 0.18.$$

Tiempo en que se paga la inversión = 3.2 años.

Rentabilidad (%) para cada año serán:

Año	Tres turnos	Dos turnos
1965	8.3	19.9
1966	9.1	21.2
1967	9.9	21.9
1968	11.5	23.2
1969	12.4	24.0
1970	13.2	24.7
1971	14.0	26.0
1972	14.9	26.7

Año	Tres turnos	Dos turnos
1973	15.7	27.4
1974	16.5	28.2

## VII.- Substitución del filtro Prensa por el Filtro Continuo de Vacío de Tambor Rotatorio.

En los capítulos anteriores se llevó a cabo un estudio preliminar, consistente en calcular aproximadamente el costo del equipo a partir de libros.

Dispeniendo de este costo y el costo de la mano de obra directa, se calcularon la rentabilidad y el tiempo en el cual se paga la inversión. A partir de estos resultados se observa que lo más conveniente es substituir el Filtro Prensa por el Filtro continuo de Vacío, trabajando dos turnos.

El presente capítulo tiene como finalidad, el hacer el estudio de la substitución del Filtro, de una manera más completa, para lo cual se harán pruebas de Filtración, con el objeto de que a partir de ellas se calcule el área filtrante y determinar las condiciones de operación del Filtro Continuo. Con estos datos el fabricante de dichos filtros nos hace la cotización.

Las pruebas se hacen en una hoja para pruebas de filtración, (ver dibujo 7-1) en dicha hoja se coloca el medio filtrante y posteriormente se acopla a un sistema (dibujo 7-2), aplicándole vacío para formar la torta.

La hoja para las pruebas de Filtración, como se puede observar en el dibujo 7-1, consite fundamentalmente de un anillo, en el cual se coloca el medio filtrante. Esta hoja tiene un área de  $10\text{ft}^2$

El sistema al cual se acopla la hoja, como se observa en el dibujo 7-2, consiste de un recipiente el cual está conectado a la fuente de vacío por un lado y por el otro a un recipiente en el cual se recibe el filtrado y está provisto de un vacuómetro para medir la presión de vacío, por el otro lado éste recipiente se conecta a la hoja, por medio de la adaptación para la manguera.

Primeramente, para seleccionar el medio filtrante, se montó todo como está en el dibujo 7-2, y en la hoja se fueron cambiando los medios filtrantes, proporcionados por la Dorr Oliver, seleccionando con los que se obtuvieron mejores resultados.

Los medios filtrantes utilizados fueron:

Polimax B estilo B 3405, Saran estilo 102, Polimax B estilo D 2009, Nylon estilo 1001, Nylon estilo 1002, FF62DA spun Dacrón, - FFP28-42-0 Orlón y FF1286 Dacrón.

Resultados obtenidos:

Con el Polimax B estilo B 3405 y el Saran estilo 102 no se formaba torta, pasando muy sucio el filtrado, por lo cual se eliminaron estos medios filtrantes.

Con el Polimax B estilo D2009, Nylon estilo 1001 y Nylon estilo 1002 se formó un espesor muy delgado y pasó algo turbio el filtrado, además el material depositado tenía una humedad alta. Estos medios filtrantes también se eliminaron.

Con el FF62DA Spun Dacron, FFP28-42-0 Orlón y FF1286 Dacrón, los resultados fueron satisfactorios, obteniéndose buenos espesores de la torta, y una humedad mucho mejor que la de los casos anteriores,, al obtener estos resultados aceptables, se hicieron pruebas con esos tres medios filtrantes, para hacer la selección final entre ellos. En las pruebas preliminares con estos tres medios filtrantes se fueron seleccionando las condiciones de operación. En estas pruebas preliminares, se seleccionó el tiempo de tres minutos para secar la torta, esto es que después de haber lavado el material durante tres minutos se le continúa aplicando vacío, también se observó que el tiempo de formación de la torta fluctúa entre los 10 y los 15 segundos.

Basándose en lo anterior se hicieron las pruebas finales,--- para las cuales se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Montar el sistema, como se encuentra en la figura 7-2.
- 2.- Preparar la mezcla para filtrar.
- 3.- Preparar el agua para el lavado.
- 4.- Agitar la mezcla por filtrar.
- 5.- Sumergir la hoja aproximadamente 5cms. agitando constantemente.
- 6.- Conectar el vacío, anotar el tiempo que se deja sumergido y la presión de vacío obtenida.
- 7.- Después de dicho tiempo, sacar la hoja, dejarla el tiempo deseado en posición vertical, para que le pase aire.
- 8.- Sumergir la hoja en el agua para lavado, durante el tiempo deseado, anotando la presión.
- 9.- Al final del lavado sacar la hoja, colocarla en un anillo, dejándola el tiempo deseado anotando la presión.
- 10.- Medir el espesor de la torta.
- 11.- Quitar la torta de la hoja.
- 12.- Medir la cantidad de filtrado y el agua utilizada para filtrar.
- 13.- Pesar la torta húmeda obtenida.
- 14.- Determinar la humedad de la torta.
- 15.- Determinar el porcentaje de sales solubles.

Los resultados obtenidos con los tres medios filtrantes fueron:

1.- Pruebas con PFF62DA Spun Dacron:

Presiones de vacío:

Formación	=	430 mm de Hg.
Aire	=	220 mm de Hg.
Lavado	=	430 mm de Hg.

Basándose en lo anterior se hicieron las pruebas finales,--- para las cuales se siguieron los siguientes pasos:

- 1.- Montar el sistema, como se encuentra en la figura 7-2.
- 2.- Preparar la mezcla para filtrar.
- 3.- Preparar el agua para el lavado.
- 4.- Agitar la mezcla por filtrar.
- 5.- Sumergir la hoja aproximadamente 5cms. agitando constantemente.
- 6.- Conectar el vacío, anotar el tiempo que se deja sumergido y la presión de vacío obtenida.
- 7.- Después de dicho tiempo, sacar la hoja, dejarla el tiempo deseado en posición vertical, para que le pase aire.
- 8.- Sumergir la hoja en el agua para lavado, durante el tiempo deseado, anotando la presión.
- 9.- Al final del lavado sacar la hoja, colocarla en un anillo, dejándola el tiempo deseado anotando la presión.
- 10.- Medir el espesor de la torta.
- 11.- Quitar la torta de la hoja.
- 12.- Medir la cantidad de filtrado y el agua utilizada para filtrar.
- 13.- Pesar la torta húmeda obtenida.
- 14.- Determinar la humedad de la torta.
- 15.- Determinar el porcentaje de sales solubles.

Los resultados obtenidos con los tres medios filtrantes fueron:

1.- Pruebas con PFF62DA Spun Dacron:

Presiones de vacío:

Formación	=	430 mm de Hg.
Aire	=	220 mm de Hg.
Lavado	=	430 mm de Hg.

Secado = 220 mm de Hg.  
Tiempos:  
Formación = 15 segundos.  
Aire = 10 segundos.  
Lavado = 19 segundos.  
Secado = 180 segundos.  
Ciclo Total = 15 10 19 180 = 224 segundos.  
Espesor de la Torta = 3/8"  
Filtrado = 1500 ml.  
Agua para lavado = 880 ml.  
Peso torta húmeda = 83 grs.  
Peso torta seca = 57 grs.  
Humedad = 31.6%  
Sales solubles = 3 %  
Cuarteaduras = No hubo

2.- Pruebas con FFF 28-42-0 Orlon:

Presiones de vacío:

Formación = 420 mm de Hg.  
Aire = 180 mm de Hg.  
Lavado = 420 mm de Hg.  
Secado = 180 mm de Hg.  
Tiempos:  
Formación = 13.4 segundos.  
Aire = 10.0 segundos.  
Lavado = 19.0 segundos.  
Secado = 180.0 segundos.  
Ciclo Total = 13.4 + 10 + 19 + 180 = 222.4 segundos.  
Espesor de la torta = 3/8"  
Filtrado = 1400 ml.

Agua por lavar	=	940 ml.
Peso torta húmeda	=	65 gra.
Peso torta seca	=	43.5 gra.
Humidad	=	32.8%
Sales solubles	=	2.8%
Cuarteaduras	=	Sí hubo.

3/- Pruebas con Dacrón FF-1286:

Presiones de vacío:

Formación	=	420 mm. de Hg.
Aire	=	200 " " "
Lavado	=	420 " " "
Secado	=	200 " " "

Tiempos:

Formación	=	13.5 segundos
Aire	=	10.0 "
Lavado	=	15.0 "
Secado	=	180.0 "
Ciclo total	=	13.5 + 10 + 15 + 180 = 218.5 segundos
Filtrado	=	1100 ml.
Agua para lavar	=	715 ml.
Peso torta húmeda	=	90 gra.
Peso torta seca	=	64 "
Humidad	=	29%
Sales solubles	=	3%
Cuarteaduras	=	Ninguna

Con estas tres pruebas se vé que el medio filtrante más conveniente es el FF1286 Dacrón, debido a que se obtiene la mayor cantidad de torta seca por la unidad de tiempo, a una humedad mejor, por otro lado, no presenta cuarteaduras como en el caso del PFF -- 28-42-0 Orlón.

Finalmente se hacen pruebas únicamente con este medio fil --  
trante, obteniéndose los siguientes resultados:

	Prueba #4	Prueba # 5	Prueba #6
Presiones de vacío (mm de Hg)			
Formación	420	420	420
Aire	200	185	200
Lavado	420	420	420
Secado	200	185	200
Tiempos (segundos)			
Formación	10	7	13.5
Aire	10	10	10
Lavado	15	15	4
Secado	180	180	180
Ciclo total	215	212	207.5
Espesor de la torta	5/16"	1/4"	3/8"
Filtrado (ml)	1000	875	1150
Agua para lavar (ml)	670	820	200
Peso torta húmeda (grs)	84	55	89
Peso torta seca (grs)	55.8	36.6	64.2
Humedad (%)	33.6	41	29
Sales solubles (%)	3	3.1	5.5
Cuartheaduras	Ninguna	Ninguna	Ninguna

A partir de estas pruebas se seleccionan las condiciones de -  
operación del Filtro, siendo estas las de la prueba #6 por el hecho  
de obtener la mayor cantidad de torta seca por la unidad de tiempo,  
además una humedad mejor y finalmente para seleccionar estas condi-  
ciones por el hecho de tener mayor porcentaje de sales solubles, -  
pues en los demás casos, dicho porcentaje es demasiado bajo. Las-  
sales solubles deben tener un porcentaje máximo de 9%, por lo cual  
lo más cercano es el 5.5 y estas son las condiciones en las cuales

se está trabajando actualmente en la Planta.

A partir de la prueba #6 calculamos el área de filtrado, para lo cual aplicamos la fórmula:

$$\frac{\text{Peso torta seca (grs)} \frac{10}{454 \text{ (grs/lb)}}}{\text{ft}^2} \frac{3600 \text{ (seg/hr)}}{\text{Ciclo total (seg)}} = \text{lbs/ft}^2\text{hr.}$$

Substituyendo en esta fórmula, los datos obtenidos en la --- prueba #6 son:

$$\frac{(65.2 \text{ (10)})}{(454)} \frac{(3600)}{(207.5)} = 24.6 \text{ lbs/ft}^2\text{hr.}$$

El cálculo de 24.6 fué bajo condiciones ideales de operación, por lo cual para pasarlo ya a la operación del Filtro en la realidad, utilizamos el factor de 0.65(12), el cual es un factor que se por la experiencia tenida de la Dorr Oliver, al pasar los datos de pruebas experimentales a operación del Filtro.

$$(24.6) (0.65) = 16 \text{ lbs/ft}^2\text{hr.}$$

La cantidad de kilos secos que se necesita obtener diariamente los obtenemos multiplicando la producción diaria (2300 kgs.) -- por el valor máximo de la humedad a la cual se puede obtener el producto, este resultado se resta a los 2300, teniendo entonces los kilos secos:

$$\begin{aligned} (2300) (0.08) &= 184 \text{ Kgs de agua} \\ 2300 - 184 &= 2116 \text{ kgs secos/día.} \\ (2116 \text{ kgs}) (2.2 \text{ lbs/kg}) &= 4650 \text{ lbs.} \\ 4650 \text{ lbs/16 hrs} &= 290 \text{ lbs/hr.} \end{aligned}$$

Para obtener el área de filtrado se dividen las lbs/hr entre las 16 lbs/ft<sup>2</sup>hr calculadas y obtenemos:

$$290/16 = 18 \text{ ft}^2$$

Estos datos de las áreas de filtración, y las condiciones de operación se le proporcionaron a la Dorr Oliver, con lo cual la cotización del Filtro, para una área de filtrado de 18 ft<sup>2</sup>.

Para las condiciones del material por manejarse (pH de 3 a 9),

el Filtro adecuado para ésto es de plástico, el cual está hecho de fibra de vidrio reforzada (13). En el dibujo 7-3, se encuentra el esquema de dicho Filtro así como su disposición y accesorios.

La cotización del Filtro con todos los accesorios, tales como motores, agitador y bomba de vacío Nash H5 de 10 HP, con la que se obtiene un vacío de 20" de Hg fué de \$112,000.00, puesto en Estados Unidos.

Cargándole 20% por concepto del costo para traerlo a México, obtenemos:

$$\$112,000.00 (1.2) = \$ 134,000.00$$

Por otro lado también se le carga 20% por concepto del costo de instalación y obtenemos:

$$\$134,000.00 (1.2) = \$ 160,000.00$$

Con lo cual el costo del Filtro instalado y puesto en Planta es de: \$ 160,000.00.

Para el mantenimiento de este Filtro, por datos del proveedor tomaremos anualmente el 3% del costo del Filtro instalado y puesto en Planta, siendo de: \$4,800.00, aproximadamente \$5,000.00.

La depreciación al igual que en los otros casos se tomará como 10% del equipo instalado y puesto en Planta, al año es de: ---- \$16,000.00.

A partir de estos datos se calcula la rentabilidad y tiempo en que se paga la inversión.

Ahorro por concepto de mano de obra directa es igual que en el capítulo anterior, como B, siendo de:

Año	Ahorro
1965	66,000
1966	69,000
1967	72,000
1968	75,000

Año	Ahorro
1969	77,000
1970	80,000
1971	83,000
1972	85,000
1973	88,000
174	90,000

Ahorro por concepto de Mantenimiento:

Es igual a la diferencia del Mantenimiento del Filtro Prensa, del Continuo, siendo de:

$$12,000 - 5,000 = \$7,000.00/año$$

Se procede a calcular la Rentabilidad y el tiempo en que se paga la inversión.

para el caso de la Rentabilidad se obtiene dividiendo la inversión entre las Ganancias Netas. Las Ganancias Netas son el 50% de las Ganancias Netas antes de impuestos, y éstas se obtienen restandole el ahorro por concepto de mano de obra directa, la Depreciación, y sumándole el ahorro por concepto de Mantenimiento.

Para el caso del Tiempo en que se paga la inversión, a las Ganancias Netas se les suma la Depreciación, ésta se va acumulando en cada año y se calcula el tiempo en el cual se pagaría la inversión.

Los resultados son:

Año	Ganancias Netas		Rentabilidad
	antes de impuestos	Ganancias Netas	
1965	57,000	28,000	17.5%
1966	60,000	30,000	18.8"
1967	63,000	31,000	19.4"
1968	66,000	33,000	20.6"
1969	68,000	34,000	21.2"

**Ganancias Netas**

Año	antes de impuestos	Ganancias Netas	Rentabilidad
1970	71,000	35,000	21.8 %
1971	74,000	37,000	23.1 "
1972	76,000	38,000	23.7 "
1973	79,000	39,000	24.3 "
1974	81,000	40,000	25.0 "

Tiempo en que se paga la inversión:

Año	Ganancias Netas más depreciación	Ganancias Netas más De preciación Acumulada
1965	44,000	44,000
1966	46,000	90,000
1967	47,000	137,000
1968	49,000	186,000
1969	50,000	236,000
1970	51,000	287,000
1971	53,000	340,000
1972	54,000	394,000
1973	55,000	449,000
1974	56,000	505,000

La inversión es de \$160,000.00, por lo tanto se paga entre --  
los años 1967 y 1968.

Aplicando la ecuación

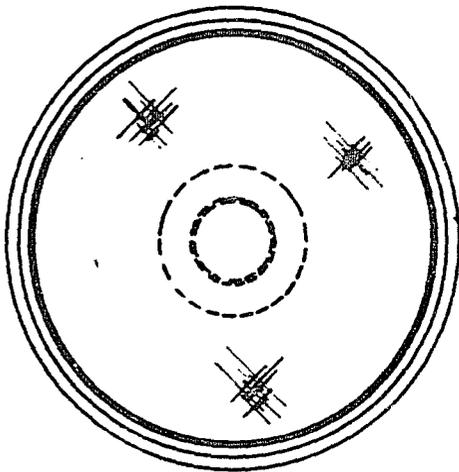
$$Y - Y_1 = M (X - X_1)$$

En donde:

Y	=	0
Y <sub>1</sub>	=	1
X	=	137
X <sub>1</sub>	=	186
M	=	Desconocido

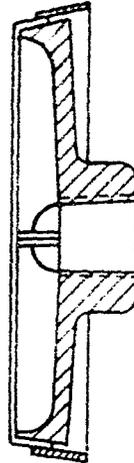
$$\begin{aligned} 0 - 1 &= M(137 - 186) \\ 1 &= M(186 - 137) = M(39) \\ M &= 1/39 \\ Y &= 0 \\ Y_1 &= \text{Desconocido} \\ M &= 1/39 \\ Y &= 0 \\ Y_1 &= \text{Desconocido} \\ M &= 1/39 \\ X &= 137 \\ X_1 &= 160 \\ 0 - Y &= 1/39(137 - 160) \\ Y_1 &= 1/39(160 - 137) = 1/39(23) = 0.59 \end{aligned}$$

Tiempo en que se paga la inversión = 3.6 años.



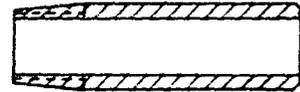
MEDIO FILTRANTE

ANILLO PARA SOSTENER  
EL MEDIO FILTRANTE

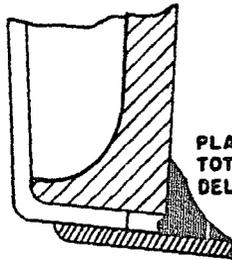


ROSCA PARA  
LA TUBERIA

ADAPTACION PARA  
LA MANGUERA



MEDIO  
FILTRANTE



PLASTICO COLOCADO  
TOTALMENTE AL REDEDOR  
DEL ANILLO

ANILLO PARA  
SOSTENER EL  
MEDIO FILTRANTE

METODO PARA SELLAR  
EL MEDIO FILTRANTE

FIGURA 7-1

TESIS PROFESIONAL

U  
I  
A HOJA PARA PRUEBAS DE  
FILTRACION DE 0.1 DE  
PIE CUADRADO

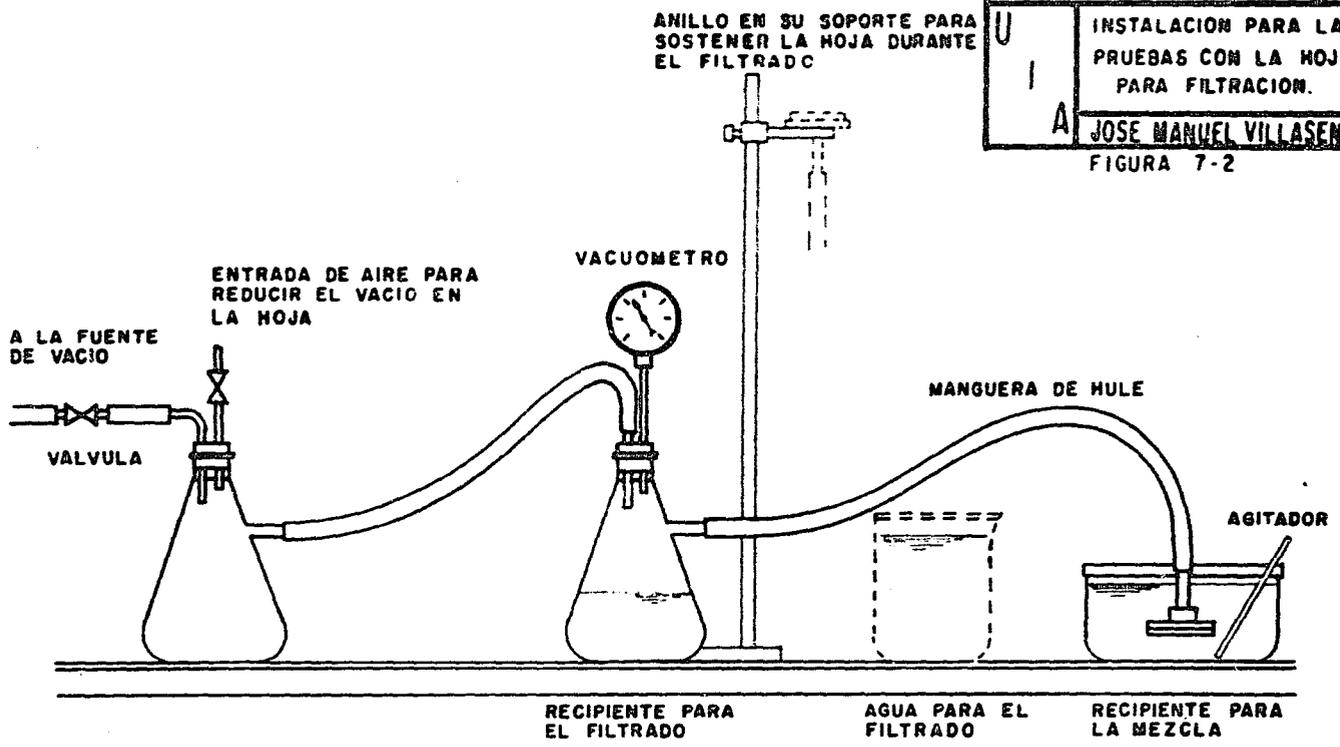
JOSE MANUEL VILLASENOR

**TESIS PROFESIONAL**

U  
I  
A  
**INSTALACION PARA LAS  
PRUEBAS CON LA HOJA  
PARA FILTRACION.**

**JOSE MANUEL VILLASENOR**

**FIGURA 7-2**



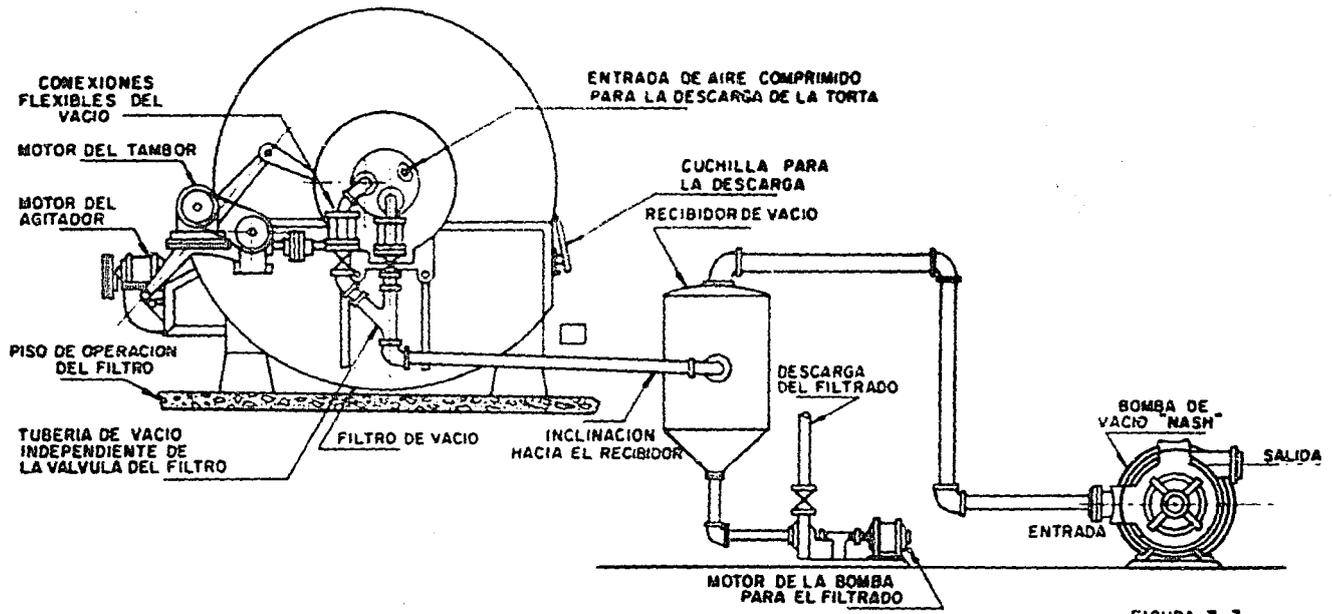


FIGURA 7-3

<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
U I A	<b>FILTRO CONTINUO DE VACIO DE TAMBOR ROTATORIO</b>
JOSE MANUEL VILLASEÑOR	

## VIII.- Conclusiones

1.- Continuando con el equipo actual, su capacidad no es suficiente para surtir la demanda futura, debido a que en el año de 1971 trabajaría a una capacidad de 99%, y en el año de 1972 a --- 105% lo cual no es posible.

2.- Con una producción de 2,300 kgs. al día, sí es suficiente para surtir la demanda futura, debido a que en el año de 1973- trabajaría a una capacidad de 89% y en 1974 a 94%.

3.- Actualmente lo que limita la capacidad es el Filtro Prensa, debido a que aún trabajando a su máxima capacidad, no es suficiente para surtir la demanda futura, sin embargo el Secador es capaz de secar más lotes, debido a tener una capacidad de tres lotes a la vez.

4.- En el caso de substituir el Filtro Prensa y el Secador de Charolas y carros, por el Filtro continuo y el Secador por Aspersión no es costoso, por ser una Rentabilidad demasiado baja- (3.5% para el caso de tres turnos y 2.8% para el caso de dos turnos) y el Tiempo en que se paga la inversión también es muy bajo- (6.8 años para cada caso.)

5.- Substituyendo solamente el Filtro Prensa por el Filtro continuo, la Rentabilidad para el caso de tres turnos de 8.3%, no es muy buena, sin embargo la del caso de dos turnos de 19.9%, sí es buena y el Tiempo en que se paga la inversión de 3.2 años también.

6.- Basado en lo anterior se hizo el estudio final, para --- substituir el Filtro Prensa por el Filtro continuo, trabajando -- dos turnos. En este estudio se llevaron a cabo pruebas de Filtración, con el objeto de determinar las condiciones de operación -- del Filtro continuo y la capacidad requerida.

La Rentabilidad obtenida de 17.5% y el tiempo en que se paga

la inversión de 3.6 años, son buenos.

7.- Debido al hecho de que continuando con el mismo Secador - es posible surtir la demanda futura y ser más costeable substituir exclusivamente el Filtro Prensa, se recomienda substituir el Filtro Prensa por el Filtro continuo, trabajando dos turnos.

8.- El hecho de trabajar dos turnos tiene la ventaja, aparte de ser más costeable, de que si en el futuro es necesario aumentar la capacidad, éste se logra simplemente trabajando tres turnos, -- sin necesidad de invertir en equipo.

## IX - Bibliografía

- 1.- Emil Raymond Riegel. Chemical Process Machinery. Reinhold Publishing Corporation, New York, 1960.
- 2.- Vilbrandt y Bryden. Ingeniería Química del Diseño de Plantas Industriales. Tratados y manuales Grijalbe, México, 1963.
- 3.- Chemical Engineering. Vol. 71 #9, McGraw Hill Publishing-Co., Inc. New York, Abril 27 de 1964.
- 4.- John H. Perry. Chemical Engineers Hand Book, McGraw Hill Book Co., Inc., New York, 1960.
- 5.- Arthur J. Weinberger. Calculating Manufacturing Costs, - Chemical Engineering, Vol. 70 #26, McGraw Hill Publishing Co., Inc. New York, 1955.
- 6.- Herbert E. Scheweyer, Process Engineering Economics, McGraw Hill Book Co., Inc. New York, 1955.
- 7.- Norman N. Barish, Economic Analysis for Engineering and - Managerial Decision Making, McGraw Hill Book Co., Inc. New York, - 1962.
- 8.- W. R. Marshall Jr. Atomization and Spray Drying, Vol. 50 - #2, American Institute of Chemical Engineers, New York, 1954.
- 9.- Robert E. Treybal Mass Transfer Operations, McGraw Hill - Book Co., Inc. New York 1955.
- 10.- D. W. Belcher, D.A. Smith, E.M. Cook, Design and use of - Spray Dryers, Chemical Engineering, Vol. 70 #20 McGraw Hill Publishing Co., Inc. New York, Septiembre 30 de 1963.
- 11.- W. C. Lapple and William E. Clark. Drying Methods and -- Equipment, Chemical Engineering, Vol. 62 # 10 y 11, McGraw Hill -- Publishing Co., Inc. New York, Octubre 1955 y Noviembre 1955.
- 12.- Filtration Leaf Test Procedures. Dorr Oliver Incorporated Stamford Connecticut, 1955.
- 13.- Dorr Oliver Plastic Filter for low cost corrosion resistant

operation, Dorr Oliver Incorporated, Stamford Connecticut, 1963.

14.-McCabe & Smith Unit Operations of Chemical Engineering,  
McGraw Hill Book Company Inc. New York, 1956.