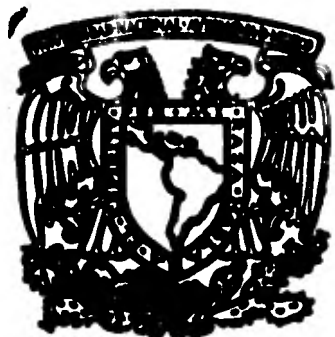


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO PARA OPTIMIZAR LAS OPERACIONES EN
UNA PLANTA PRODUCTORA DE PASTAS PARA SOPA

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A:

MARIA DE JESUS BRIONES MARQUEZ

MEXICO, D. F.

1982



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Contenido:

Introducción	3
Cap. I Descripción de la Fábrica	9
Cap. II Análisis de los principales problemas de la Fábrica	32
Cap. III Evaluación de alternativas de solución	62
Cap. IV Programa de Implantación	88
Cap. V Conclusiones y Recomendaciones	111
Apéndice	116
Bibliografía	124

INTRODUCCION

Las noticias que se tienen hasta ahora es que los primeros productos de pasta para sopa fueron hechos en China y no se conoce realmente cómo llegaron a Europa.

A principios del siglo XIX los productos de pasta todavía eran hechos en casa. Alrededor de la mitad de este siglo, se construyó para este fin, la primera máquina movida por animales y fué hasta el final de este siglo cuando la primera máquina movida mecánicamente fue usada en la Industria en procesos intermitentes.

En 1935 se introdujo en el mercado la prensa contfnua, y desde entonces no ha habido cambios, excepto en que la capacidad de estas máquinas ha sido incrementada, y que en 1950 un nuevo -- aparato de vacío fue añadido.

Actualmente el consumo per-caput en México es de 3.6 kgs. al - año y en Italia que es el país de mayor consumo es de 29.5 kgs.

Los consumos aproximados per-caput pueden verse en la tabla 1 - del apéndice.

El rápido desarrollo que tuvo Italia en la elaboración de estos productos fue ocasionado por los siguientes factores :

- a) El trigo duro apropiado para la manufactura de pastas para sopa era cultivado en el sur.
- b) El clima alrededor de Nápoles fue el más apropiado para sacar los productos de pasta al aire libre, el cuál era el único método conocido anteriormente.

Ahora bien, en los últimos años ha habido un incremento en el consumo de pastas para sopa. Este incremento puede ser atribuido a:

- a) Incremento del consumo por segmento de población no italiana .
- b) Incremento en el mercado y esfuerzos promocionales por la industria de pastas.
- c) La pasta puede ser almacenada después del secado por largos períodos de tiempo, con poca o sin ninguna deterioración.

Los principales productores en México y el valor y volumen de la producción de los últimos años en México, pueden observarse en las tablas 2, 3 y 4 del apéndice.

Las pastas alimenticias son obtenidas por el mezclado homogéneo de (sémola, harina, semolina o cualquier combinación de ellas) con agua. La masa obtenida es entonces extruida ó la-

minada y cortada en formas familiares y finalmente es secada - hasta quedar con un contenido de agua de 11 al 13%. Algunas veces se les añaden enriquecedores de albúmina. Son capaces de conservarse durante largo tiempo (un año ó más) sin cambiar sus propiedades nutritivas y gustativas, poseen gran capacidad alimenticia y asimilativa. Además se cocinan relativamente fácil y pronto. Debido a estas cualidades, con razón suelen llamarlas conservas de pasta.

Básicamente todos los productos son similares en formulación - y difieren principalmente en forma, las cuales se pueden agrupar de la siguiente manera:

Macarrones.- Tubos huecos de varios tamaños y diámetros.

Espagueti.- Varillas sólidas generalmente de diámetros pequeños.

Fideos y tallarines.- Tiras planas o redondas enroscadas.

Diversos.- Figuras estampadas y moldeadas en distintas formas y tamaños.

Los productos de pasta pueden ser procesados de casi cualquier tipo de trigo, aunque el trigo duro es la materia prima preferida. En Francia e Italia la Ley requiere que la pasta se elabore sólo de sémola de trigo duro. En países como Brasil, Colombia y otros es común la práctica del uso de harina en lugar

de sémola de trigos duros. Aditivos de color y/o ingredientes como huevos, son usados para obtener un producto de pasta con color amarillo.

Los productos de pasta con colorante son aceptados en ciertos países, mientras que en algunos países el uso de colorante artificial está estrictamente prohibido.

El color de la pasta es importante en términos de atracción -- por parte del consumidor, debido a que éste considera que el tono amarillo es un parámetro de calidad.

El tamaño y uniformidad de partícula de la materia prima em -- pleada, afecta el tiempo de mezclado y la cantidad de agua que absorbe la masa, ya que desde el punto de vista uniformidad, si se tienen partículas de diferentes tamaños, las partículas finas tienen la tendencia de absorber más agua que las partículas burdas, provocando una hidratación no uniforme que requiere -- más tiempo de homogenización, asimismo, si se tienen partículas uniformes pero muy finas, se requerirá mayor cantidad de agua y consecuentemente más tiempo y energía para ser removida ésta cantidad, durante la etapa de secado. Es por estos factores -- que es necesario tener una materia prima con partículas unifor -- mes y granulometría adecuada.

Otro factor importante que debe ser mencionado referente a la -- materia prima, es el contenido de salvado. Una buena materia -- prima debe estar libre de todas las partículas de salvado, ya

que de lo contrario éstas aparecen como manchas cafés en el -- producto final. La temperatura del agua usada en el mezclado, también tiene importancia. Con materias primas de fina granulación, la temperatura del agua puede ser menor que con materias primas de granulación burda. Las temperaturas recomendadas para este propósito, son las que caen dentro del rango de 40 a 60°C. El agua caliente hace una masa más suave que la -- hecha con la misma cantidad de agua caliente, y las masas suaves son extruídas con una presión ligeramente menor, dando como resultado que la superficie de la pasta esté lisa y libre -- de asperezas.

Otro requisito indispensable es que el agua utilizada en la -- preparación de la pasta cumpla las normas que se exigen del -- agua potable y contenga la mínima cantidad de sales minerales. Es preferible el agua blanda o con una dureza moderada (no ma -- yor de 15 a 20 p.p.m. de dureza total). La dureza excesiva -- del agua contribuye al rápido desgaste de las matrices y dis -- minuye la plasticidad de la pasta. Por último cabe mencionar -- que la cantidad de agua tiene que ser mezclada en cierta pro -- porción preescrita. La proporción de agua depende de las ma -- terias primas y del tipo de pasta que va a ser producida.

Los mejores productos de pasta son translúcidos, duros y hasta cierto punto elásticos. Las piezas de pasta larga, en particular -- el espagueti, son capaces de resistir algunas flexiones -- sin romperse y cuando llegan a romperse muestran una fractura -- limpia y cristalina.

Cuando son cocinadas, las pastas se hinchan y absorben agua. Los productos de buena calidad, absorben aproximadamente el doble de su peso en agua. Por último la prueba que indica si una pasta es buena, es a la hora de comerse.

Ahora bien, en los párrafos anteriores, se expuso un breve resumen de la elaboración de las pastas para sopa y la importancia que tienen y han tenido en los últimos años en la alimentación humana, sin embargo debe de hacerse énfasis en que el estudio de la tecnología de elaboración de pastas no es el objetivo de esta tesis y sólo servirá como base ó soporte.

Por todo lo expuesto anteriormente, el objetivo básico de esta tesis es, el análisis de problemas y toma de decisiones -- que debe efectuarse para abatir las pérdidas de veintinueve millones de pesos que está registrando una fábrica de estos productos y pueda además obtener una utilidad neta mínima - del 10% sobre las ventas. Por lo tanto, esta tesis tendrá un enfoque sistemático para encontrar los problemas que están ocasionando dicha pérdida, evaluación de alternativas de selección con sus respectivas necesidades de inversión y rentabilidad, e implantación y control de las actividades para que esta fábrica pueda seguir operando sin presentar la situación económica planteada ó en caso de no ser posible esto, pueda ser declarada en quiebra y cierre la fábrica.

CAPITULO I

DESCRIPCION DE LA FABRICA

Actualmente la fábrica de pastas tiene cinco líneas de producción. Dos líneas producen pasta corta (letras, corbatita, --plumita, conchitas, etc.), una línea produce pasta larga (espagueti y macarrón) y dos líneas producen pasta roscada (fi--deos).

Capacidad de la Planta

La capacidad de diseño garantizada por el fabricante del equipo, cuando se adquirieron las líneas de producción fue de:

Línea de Producción	Capacidad de diseño
PL (Pasta Larga)	700 Kg/Hr = 16.8 ton/día
PCI (Pasta corta)	800 Kg/Hr = 19.2 ton/día
PRI (Pasta roscada)	1,000 Kg/Hr = 19.2 ton/día
PRII (Pasta roscada)	1,000 Kg/Hr = 24 ton/día
PCII (Pasta corta)	2,200 Kg/Hr = 55.8 ton/día
TOTAL	5,500 Kg/Hr = 132 ton/día

La producciones antes mencionadas, nunca se han alcanzado, ni

aún en las pruebas de arranque inicial. En un ritmo de producción sostenido y operando las máquinas en condiciones óptimas, se ha llegado a obtener los siguientes promedios pico:

Línea de Producción	Capacidad máxima alcanzada
PL (Pasta larga)	480 Kg/Hr = 11.52 ton/día
PCI (Pasta corta)	600 Kg/Hr = 14.4 ton/día
PRI (Pasta roscada)	600 Kg/Hr = 14.4 ton/día
PRII (Pasta roscada)	700 Kg/Hr = 16.8 ton/día
PCII (Pasta corta)	1,800 Kg/Hr = 43.2 ton/día
TOTAL 4,180 Kg/Hr = 100.32 ton/día	

Al mencionar condiciones óptimas, se está haciendo referencia, al estado mecánico de las líneas

La capacidad anteriormente mencionada es la que se va a tomar como real y suponiendo que en un futuro se trabaje en forma óptima con un 80% de eficiencia se espera obtener:

Línea de Producción	Capacidad esperada
PL (Pasta larga)	382 Kg/Hr = 9.16 ton/día
PCI (Pasta corta)	480 Kg/Hr = 11.52 ton/día
PRI (Pasta roscada)	480 Kg/Hr = 11.52 ton/día
PRII (Pasta roscada)	580 Kg/Hr = 13.40 ton/día
PCII (Pasta corta)	1,440 Kg/Hr = 34.56 ton/día
TOTAL 3,444 Kg/Hr = 80.16 ton/día	

El porcentaje de eficiencia que se menciona es el estandar e incluye el tiempo necesario para efectuar los cambios de moldes.

Actualmente sólo cuatro líneas se encuentran en operación, ya que la línea de producción de pasta roscada (PRI), se encuentra fuera de servicio desde hace un año aproximadamente.

La producción promedio que se obtuvo por mes, durante el año - que se registraron las pérdidas fue de:

\bar{X} corta	=	321.6 ton/mes	\bar{S}	=	128.71 ton/mes
\bar{X} larga	=	77.5 ton/mes	\bar{S}	=	40.68 ton/mes
\bar{X} roscada	=	80.5 ton/mes	\bar{S}	=	45.56 ton/mes
\bar{X} TOTAL	=	479.66 ton/mes	S	=	71.65 ton/mes

El tiempo programado de operación de las líneas, es de las 6.00 A.M. del lunes a las 2.00 P.M. del viernes. Esto significa un factor de operación neto del 59.27%, ya que el arrancar las líneas los lunes y dejarlas en operación normal, se lleva un tiempo aproximado de cuatro horas.

El factor de operación se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$F.O. = \frac{H_o}{H_t} \times 100$$

donde F.O. es el factor de operación en %;
H_o, el número de horas a la semana que trabajan normalmente las líneas;
H_t, número de horas totales que tiene una semana.

Es importante mencionar que aunque las líneas de producción -- trabajan sólo hasta las 2.00 P.M. de los viernes, la fábrica opera hasta las 9.30 P.M. de los sábados. El objeto de parar las líneas los viernes se debe a que la pasta tarda en secarse hasta 24 horas y hay que esperar a que salga toda la producción para empaque.

El factor de operación programado, actualmente no se cumple, - debido a tiempos muertos muy elevados. El tiempo de operación real promedio que se ha estado registrando, es de aproximadamente el 20%.

Materias Primas

Las materias primas que se utilizan en la elaboración de pastas son:

- Harina de trigo y/o sémola con 14% de humedad y densidad de 450 Kg/M³
- Agua potable

Es importante mencionar que a pesar de que la sémola es la materia prima más adecuada para la fabricación de pastas, e inclusive en algunos países como Francia e Italia sólo está permitido su elaboración con este ingrediente. En México casi ningún fabricante utiliza sémola; esto es debido a que la sémola es más cara que la harina y a que casi no contamos con el tipo de trigo apropiado para su elaboración. Lo anterior ha traído como consecuencia que la población que consume estos productos no sea muy exigente con respecto a la calidad de los mismos, además de que casi no tiene opciones de elección ó comparación de productos existentes en el mercado.

Balance de Materias Primas

En el proceso de elaboración de pastas para sopa, las materias primas que se utilizan son sémola y agua. La sémola tiene una humedad inicial del 14%, la cual se mezcla con agua hasta obtener una masa homogénea con una humedad aproximada del 30%. Durante la etapa de secado, esta masa pierde la mayor parte de humedad dando como resultado un producto con una humedad final del 9%.

Debido a que en la fábrica no se cuenta con sistema de medición de materias primas, los consumos se calcularán con el siguiente balance:

BASE = 1,000 Kg de pasta para sopa.

$$S_r + A_r = P_r + E_r \dots \dots \dots (1)$$

donde $S_r =$ Sémola en Kg

$A_r =$ Agua añadida durante el amasado en Kg.

$P_r =$ Producto final en Kg.

$E_r =$ Agua evaporada durante el secado en Kg.

$$A_r = S_r \frac{H - h}{100 - H} \dots \dots \dots (2)$$

donde H es la humedad que deberá tener la masa en %;

h la humedad de la harina en % .

Si se sustituye la ecuación (2) en la (1) queda la siguiente expresión:

$$S_r \frac{H - h}{100 - H} + S_r = P_r + E_r \dots \dots (3)$$

Sustituyendo valores;

$$S_r \left\{ \frac{30-14}{100-30} \right\} + S_r = 1000 + E_r$$

Simplificando;

$$E_r = 1.229S_r - 1000 \dots \dots \dots (3')$$

Debido a que se tiene una ecuación con dos incógnitas, es necesario plantear otra ecuación, la ecuación que se plantea es:

$$S_r h + S_r \frac{H - h}{100 - h} = P_r h_1 + E_r$$

donde h_1 es la humedad del producto final

$$0.140 S_r + 0.229 S_r = 90 + E_r$$

$$E = 0.369 S_r - 90 \dots \dots \dots (4)$$

igualando 3 y 4

$$0.369 S_r - 90 = 1.229 S_r - 1000$$

$$0.86 S_r = 910$$

$$S_r = 1058 \text{ Kg}$$

$$A_r = 242 \text{ Kg}$$

$$E = 300 \text{ Kg}$$

Materiales de empaque

La pasta para sopa se empaqueta en paquetes individuales de 200 gramos en celofán ó polietileno. El material empleado depende del tipo de pasta y máquina envasadora que se está utilizando, debido a que en la planta se cuenta con máquinas envasadoras que pueden trabajar con celofán y/o polietileno. En la tabla de envases se puede observar la manera en que se opera actualmente.

Los paquetes individuales se empaquetan después en cajas de --

cartón para su almacenaje y distribución a los consumidores. Cada caja de cartón contiene doce paquetes.

Las máquinas emparadoras que hay en la planta son las siguientes:

MAQUINA EMPACADORA	CAPACIDAD NOMINAL
PSC-1	45 PAQ/MIN
PSC-2	45 PAQ/MIN
ENVAFLEX	40 PAQ/MIN
PC-D1	90 PAQ/MIN
PC-D2	90 PAQ/MIN
PD-1	40 PAQ/MIN
PD-2	40 PAQ/MIN

(Ver tabla de envase de pastas)

Descripción del proceso

El proceso de elaboración de pastas para sopa es en términos generales el siguiente:

Recepción de harina: La harina de trigo ó sémola se recibe en sacos de 44 Kg. Manualmente se llenan cuatro silos metálicos y de ahí se transporta neumáticamente hasta las líneas de producción.

ENVASE DE PASTAS

APLICACION MATERIAL	SE USA EN			MAQUINAS ENVASADORAS								FACTOR DE CONSUMO (kgs/ton.pasta)
	P C	P L	P R	PCS-1	PC-S-2	ENVAFLEX	PC-D1	PC-D2	PD-1	PD-2	MANUAL	
CELOFAN 160 mm.		X							X	X		13.400
CELOFAN 220 mm.	X ⁽¹⁾						X	X				11.635 (promedio)
CELOFAN 280 mm.	X ⁽²⁾			X								
POLIETILENO 280 mm.	X ⁽³⁾				X	X						11.900
BOLSAS POLIETILENO			X								X	(e) 5150 pies/ton
POLIETILENO 160 mm.		X ⁽⁴⁾							X ⁽⁴⁾			13.020 (e)

NOTAS:

(1) .- CODITO; CODITO RAYADO; PIPAS; ESTRELLAS PUNTOS; ESTRELLAS PUNTOS; ANILLO LISO; ANILLO ESTRIADO.

(2) .- PLUMITA; TORNILLO; CODD LISO; LETRAS y NUMEROS; OJO DE PEZ; PIPIRIN; CONCHITA RAYADA.

(3) .- OJO DE PEZ; PIPIRIN; LETRAS y NUMEROS.

(4) .- ACTUALMENTE NO SE USA LA PD-1 EN POLIETILENO, PERO ESTA ADAPTADA UNA CABEZA.

(5) .- ESTIMADO, CONSIDERANDO GRAMAJE DEL POLIETILENO (80.639 gr/m²) EN RELACION AL GRAMAJE DEL CELOFAN (82.122 gr/m²).

(e) INCLUYE 3% DE MERMAS (DESPERDICIO).

TESIS PROFESIONAL
MARIA DE J. BRIONES M.

Amasado: El amasado consiste en mezclar la harina de trigo con agua para obtener una masa homogénea que pueda ser moldeada y cortada. La proporción de agua añadida durante el amasado, depende del tipo de materias primas y del tipo de pasta que se está produciendo.

La cantidad de agua de amasado para obtener la masa con la humedad de agua designada se puede calcular con la siguiente fórmula:

$$X = P_{\text{har}} \frac{H - h}{100 - H}$$

donde X es la cantidad de agua en l;

P_{har} , la cantidad de harina en Kg;

H, la humedad que deberá de tener la masa en %;

h, la humedad de la harina en %

El proceso de amasado se lleva a cabo de la siguiente forma:

La harina almacenada en los silos de alimentación, pasa por una criba fina cuya función es la de extraer los cuerpos extraños. Después de cribada, la harina es transportada a un depósito conocido como depósito de amasado y ahí se cumplen las dos etapas de amasado. La primera etapa se cumple en el compartimiento superior mediante unos ejes con aspas tipo -- turbina, los cuales giran entre la masa a una cierta velocidad, los ejes y aspas son de acero inoxidable.

Este proceso se efectúa al vacío con el objeto de que la harina quede perfectamente saturada, no contenga burbujas de aire, la masa resulte homogénea y de mejor apariencia.

La segunda etapa de amasado se efectúa en el compartimiento anterior mediante un sistema similar al de la segunda etapa. El agua se añade por medio de un dosificador automático integrado al equipo.

Extrusión: De los depósitos de amasado descritos arriba, la pasta pasa por un receptáculo colocado en la parte inferior de dichos depósitos, el cual tiene un transportador sin fin helicoidal de acero inoxidable.

El moldeo de la pasta va de acuerdo al tipo de pasta que se está produciendo:

Pasta corta.

El transportador empuja y comprime la pasta dentro de un cono, del cual pasa a un conducto cilíndrico debajo del cual la pasta es cometida a la misma presión y antes de llegar a los moldes es laminada. Esta laminación tiene por objeto acomodar la estructura fibrilar del glúten, para mejorar la resistencia y elasticidad del producto terminado. Posteriormente la pasta laminada pasa a los moldes, dependiendo estos del tipo de producto que se está fabricando y por extrusión

se da forma a la pasta, la cual se distribuye en la banda -- transportadora que va a la sección de secado.

Pasta rosca y pasta larga

El transportador empuja y comprime la pasta dentro de un cono que da la forma a la pasta que se está produciendo, acomodándola en las varillas que la van a transportar durante el secado.

Inmediatamente después de obtener su forma, la pasta es sometida a una corriente de aire caliente que elimina casi el -- 1% de agua y contribuye a darle solidez a la forma.

Secado: El secado consiste en eliminar el exceso de agua para obtener un producto firme y duro que pueda durar almacenado por largos períodos de tiempo. Esta etapa es la más crítica y debe ser controlada para no obtener productos fracturados y/o estrellados.

El secado varía ligeramente en cada línea, debido a que la forma de la pasta exige distintas condiciones de secado.

Pastas cortas

Presecado- Se tiene la pasta con una humedad de 23.55% la cual se reduce a 19% mediante la exposición de aire caliente entre 50° y 60°C, por un tiempo que varía entre 25 y 50 minu

tos.

Secado.- En éste, la pasta reduce su humedad hasta 12.5% por medio de calor radiado. La función completa de secado se cumple en un tiempo mínimo de 16 horas.

Esta pasta necesita posteriormente un tiempo de estabilización que se lleva a cabo en las tolvas de almacenamiento. Estas tolvas también sirven para almacenar el producto y poder reducir la mano de obra empacando el producto en un turno. Actualmente se empaqa en tres turnos.

Pastas largas

Presecado.- La pasta entra con 30% de humedad y después de una exposición de 60 a 90 min. a 90°C, sale del tunel de presecado con una humedad de 20%

Pasterizado y secado adicional.- Se utiliza el sistema conocido como rototermo, en el cual, mediante la exposición lenta de la pasta a calor radiado, a temperatura de 80°C, pasteriza el producto, acelera el proceso de secado y contribuye a la orientación uniforme de la estructura filiforme del gluten, haciendo más resistente el producto.

El tiempo de exposición al calor en el rototermo es de dos horas, en las cuales el contenido de humedad de la pasta ba-

ja de 20% a 15%. De aquí la pasta pasa al túnel de secado - en el cual se completa el proceso lentamente. Esta fase tiene una duración de 20 horas y al final sale la pasta con una humedad de 12.5% y debidamente estabilizada, lista para empaquetarse. El ciclo completo de secado dura 24 horas.

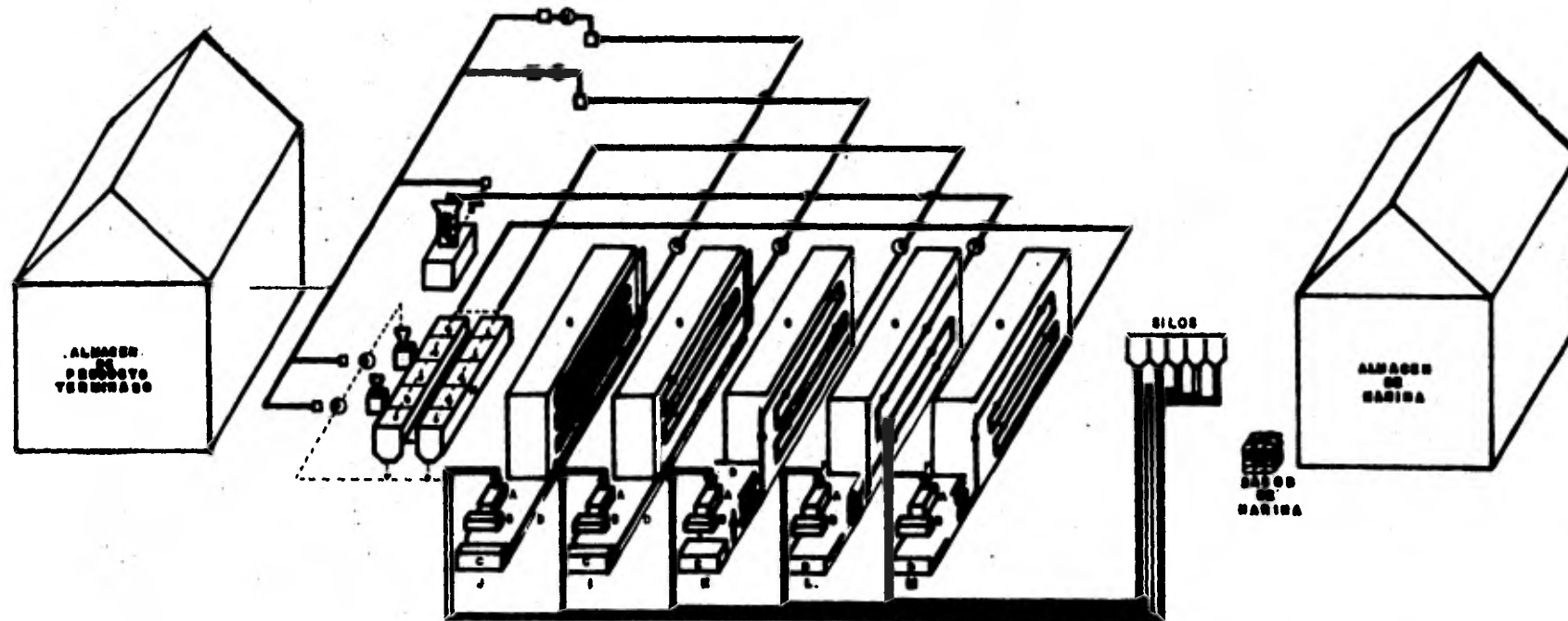
Pastas roscadas

Presecado.- Durante esta etapa la humedad de la pasta baja - de 27.7% a 20% mediante aire seco y caliente inicialmente. Posteriormente radiación de calor.

Secado.- En el túnel de secado se reduce la humedad hasta -- 12.5% mediante radiación de calor. El tiempo de secado puede ser de 7 hasta 14 horas, dependiendo del grosor de la pasta producida.

Empaquetado.- Ya seco y estabilizado el producto, pasa a las - empaquetadoras automáticas, las cuales llenan, cortan y cierran los paquetes de celofán y polietileno en las cantidades determinadas para su llegada al mercado. Normalmente se envasan en paquetes de 200 gramos. El material de empaque es polietileno o celofán con una película nitrocelulosa que permite la adherencia en los cierres a base de calor. Las pastas tipo roscada se empaquetan manualmente en bolsas de polietileno. Los paquetes individuales se empaquetan después en cajas de cartón para su almacenaje y distribución a los consumidores.

DIAGRAMA DE FLUJO (FABRICA DE PASTA)



A AMASADO
B PRESA
C ENHABAJADORA
D PRESECADOR
E SARANDA
F ROTOTERMO
G TUNEL DE SECADO

H PASTA CORTA TOLVAS DE PRODUCTO TERMINADO
I PASTA REDDA I
J PASTA REDDA II
K PASTA CORTA I
L PASTA LARGA
M PASTA CORTA II

Mano de obra

La fábrica opera actualmente tres turnos, utilizando personal de confianza (mano de obra indirecta) y personal sindicalizado de planta (mano de obra directa) el cual se encuentra distribuido de la siguiente forma:

Personal de confianza.-

No.	Puesto
1	Superintendente de Producción
1	Secretaria
9	Supervisores (3 por turno)

Personal Sindicalizado utilizado por turno.-

Z O N A	PUESTO	No. DE PERSONAS
Produccion	Sileros	1
	Ayudantes	2
	Harineros	1
	Molineros	1
	Prensistas	3
	Ayudantes de prensista	2
	Jefes de turno	1
	Trabajadores generales	1
Subtotal Producción		12
Envase de pasta corta	Atendedores	4
	Empacadores	4
	Selladores	2
	Formadores de cajas	1
	Tolveros	1
Subtotal env. pasta corta		12

Z O N A	PUESTO	No. DE PERSONAS
Envase de pasta larga	Atendedores	1
	Empacadores	1
	Selladores	2
	Llenadores de cangilones	2
	Formadores de cajas	1
	Subtotal envase pasta larga	
Envase de pasta roscada	Pesadores	9
	Llenadores	9
	Selladores	2
	Llenadores de cajas	1
	Pegadores y etiquetadores	2
	Fechador de cajas	1
Subtotal envase pasta roscada		24
Envase	Jefe de turno	1
	Acomodador de tarimas	1
	Limpieza	4
Subtotal		6
TOTAL		61

Horario de Trabajo

1º turno	6:00 A.M. - 14:00 P.M.	Lunes a sábado
2º turno	6:00 A.M. - 21:30 P.M.	Lunes a sábado
3º turno	21:30 P.M. - 6:00 A.M.	Lunes a viernes

Situación económica actual

Los costos de pasta para sopa se pueden observar en la tabla A. Los datos que aparecen en esta tabla, son los promedios - obtenidos por costeo directo. El hacer referencia de que son costos promedios es porque el costo de producción depende --

del tipo de pasta y material de empaque. La causa de que se es té utilizando costos promedio, se debe a que el Departamento - de Contabilidad, no tiene desglosados los costos de producción por tipo de pasta.

Es importante mencionar, que en algunos casos, un mismo tipo de pasta presenta costos de producción diferentes debido a que se empaca indistintamente en celofán ó polietileno (ver Tabla de envase de pastas) y el precio de estos materiales es muy diferentes. El celofán tiene un costo de 125 \$/Kg. y el costo del polietileno es de 55 \$/Kg. .

Respecto a las diferentes presentaciones, el Departamento de - Comercialización no ha encontrado problemas en la aceptación - del producto debido a que existen en el mercado ambas presentaciones.

En el aspecto de calidad del producto, cabe mencionar que el - hecho de empacar en polietileno, disminuye un poco la vida de anaquel del producto. Esto es debido a que el polietileno es - mas permeable que el celofán, sin embargo de acuerdo a la de-- manda y vida de anaquel tan prolongada del producto, hasta ahora, no se han registrado rechazos por este concepto, ya que el producto siempre se agota antes de presentar algun problema.

TABLA A
COSTO REAL PROMEDIO DE LA PASTA PARA SOPA*

<u>ELEMENTO DE COSTO</u>	<u>(\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200G.)</u>
<u>Directos variables</u>	
Materia Prima (Sémola)	10.63
<u>Indirectos variables</u>	
Material de empaque	4.90
Agua	0.15
Energía eléctrica	0.48
Vapor	0.48
Costo variable total	16.64
Costo fijo directo	12.24
Costo de Producción	28.88
Gastos de venta	1.76
Gastos de administración	1.96
COSTO TOTAL REAL	32.60

* LIBROS DE CONTABILIDAD

La producción durante el año en que se registraron las pérdidas fue de 2'398,284 cajas con 12 paquetes de 200 gramos cada uno.

Gastos Fijos* = 38'276,612.24 \$/año

De lo anterior se deduce:

Gastos Fijos/caja = $\$38'276,612.24 / 2'398,284 \text{ cajas} = 15.26 \text{ \$/caja}$

Gastos Variables = \$ 16.64/caja

GT = \$ 38'276,612.64 + 16.64 n (1)

CTU = \$ 16.64 + $\frac{38'276,612.64}{n}$ (2)

En las que,

GT = Gastos totales anuales;

n = Producción (cajas de 2.4 kgs/año)

CTU = Costo total unitario (\$/caja de 2.4 Kgs.)

GT = \$ 78'184,058.40

CTU = \$ 16.64 + 15.96 = 32.60

Precio de venta = \$ 20.40

Pérdida por caja = 32.60 - 20.40 = 12.20

I = nv

En las que,

I = Ingresos obtenidos (\$/año)

V = Precios de venta

*Libros de Contabilidad.

$$I = 2'398,284 \times 20.40 = 48'924,993.60$$

$$P = GT - I$$

En la que;

$$P = \text{Pérdidas totales anuales}$$

$$P = 78'184,058.40 - 48'924,933.60 = 29'259,064.80$$

Para calcular la gráfica del punto de equilibrio se tomó como base la capacidad real de la fábrica (80.16) y un factor de operación teórico del 100%.

$$\text{Capacidad teórica} = 80.16 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 29,258.4 \frac{\text{ton}}{\text{año}}$$

$$29,258.4 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 12'191,000 \frac{\text{cajas}}{\text{año}}$$

$$\text{Gastos fijos} = \$ 38'276,612.64$$

$$\text{Costos variables} = 16.64 \times 12'191,000 = \$202'858,240.00$$

$$\text{Gastos totales} = \$ 241'134,852.64$$

$$\text{Ingresos por venta} = 20.40 \times 12'191,000 = \$ 248,696,400.00$$

$$\text{Ganancias anuales} = \$7'561,547.36$$

De acuerdo al factor de operación programado se tendría:

$$\begin{aligned} \text{Producción Programada} &= 80.16 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 0.5927 = \\ &17,341.45 \frac{\text{ton}}{\text{año}} = 7'225,605 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} \end{aligned}$$

$$\text{Gastos fijos} = \$ 38'276,612.64$$

$$\text{Gastos variables} = 16.64 \times 7'225,605 = 120'234,067.20$$

Gastos totales = \$ 158'510,679.84

Ingresos por venta = $20.40 \times 7'225,605 = \$147'402,342.00$

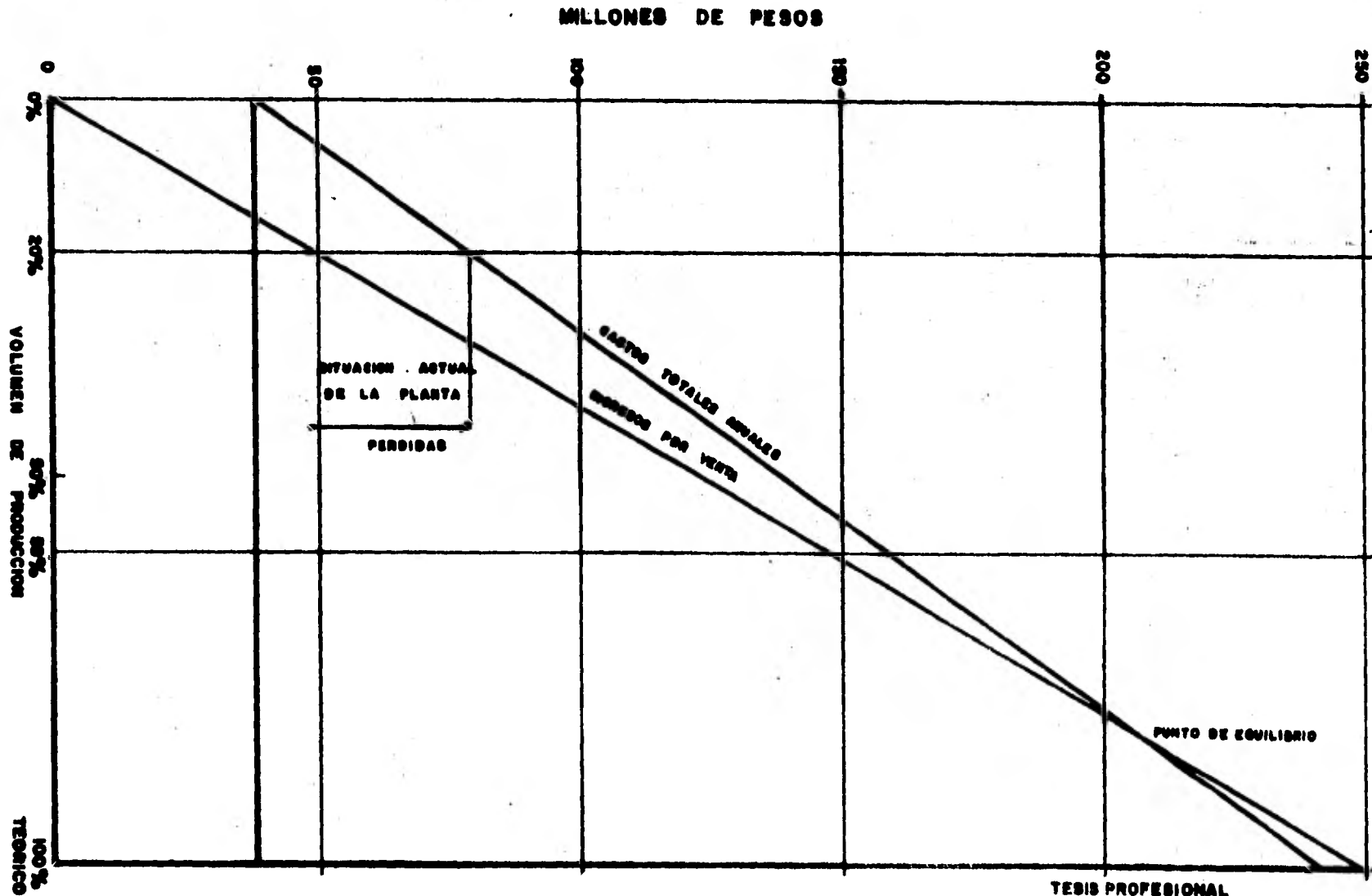
Pérdidas anuales = \$11'108,337.84

En la gráfica se observa que con el factor de operación programado (59.27%), capacidad real de las líneas de producción y precio de venta actual, no se puede llegar al punto de equilibrio, presentándose pérdidas de \$ 11'108,337.84 .

Ahora bien, el punto de equilibrio se presenta con un factor de operación del 83.5%. Sin embargo obtener esta producción es muy difícil, debido a que los fabricantes de equipo recomiendan que las líneas trabajen con un factor de operación máximo del 80% y el resto de tiempo se dedique a dar mantenimiento.

GRAFICA ACTUAL DEL PUNTO DE EQUILIBRIO

12



CAPITULO II

ANALISIS DE LOS PRINCIPALES PROBLEMAS DE LA FABRICA

Debido a que consideramos anteriormente el reconocimiento de un problema en la Fábrica de Pastas para Sopa objeto de este estudio, un problema se define como " Una desviación no -- deseada de una norma de funcionamiento." *Por lo tanto pa -- ra poder detectar un problema tiene que haberse establecido una norma del cual debiera ser el comportamiento o nivel --- de funcionamiento esperando en esta fábrica.

El problema en este caso específico es que la fábrica está registrando pérdidas de \$ 29'259,064.80 al año y la norma de funcionamiento es que no debe de haber pérdidas y sí obtener un mínimo del 10% de utilidad neta sobre las ventas totales para que esta fábrica sea rentable y pueda seguir operando.

No se menciona a que capacidad se desea obtener esta utili-- dad debido a que el porcentaje se fijo en base a la política en de la empresa.

Este capítulo tiene como objetivo analizar y cuantificar las causas que están dando origen al estado económico descrito - anteriormente. Estas causas son a su vez, desviaciones de - normas de comportamiento, que sumadas representan el proble- ma que se encuentra definido en los párrafos anteriores.

El comportamiento económico actual sólo puede ser consecuencia de costos de producción muy elevados y/o precio de venta muy bajo. Por lo tanto para detectar el ó los problemas, se procederá primero a analizar la forma en que se encuentran - relacionados los costos con el sistema de operación actual y posteriormente los ingresos por concepto de ventas.

Costos

Puesto que los datos que sirven de base en el estudio de análisis económico se toman de los registros de la contabilidad de costos, es importante conocer el significado y alcance de las diversas clases de costos que se consignan en dichos registros contables.

"Costo se define como el sacrificio, medido en términos monetarios incurrido o por incurrir, para lograr un objetivo específico".*

El término gastos se usa en el mismo sentido, para designar cierto tipo de costos que no tienen relación directa con la producción, tales como los gastos de mercadeo y administración.

En la tabla B se indica la clasificación de los costos que se tienen en la Fábrica de Pastas.

* Ref. Bibl. 9

TABLA B

COSTO POR CONCEPTO DE:	CLASIFICACION
1) Materias primas	Costo variable directo
2) Servicios (agua, vapor, electricidad), material de empaque	Costo variable indirecto
3) Depreciación, Mano de obra directa, gastos de mantenimiento, etc.	Costo fijo directo
4) Publicidad, muestras, fletes, etc.	Gasto de venta
5) Salarios de personal administrativo, gastos de auditoría, gastos legales, etc.	Gastos de Administración

Costos Fijos *

Estos costos tienden a mantenerse constantes cuando varía el volumen de producción y sus características más importantes son:

- a) Su monto global tiende a ser fijo
- b) Su monto por unidad de producto varía en forma inversa al volumen de producción
- c) Su asignación por departamento se hace por decisiones de la Gerencia, o por métodos convencionales.

Como en el capítulo anterior se hizo mención de una producción muy baja con respecto a la capacidad instalada y de acuerdo a las características y relación que existe entre --

*Ref. Bib.9

los costos fijos y volumen de producción, se puede deducir que el costo fijo unitario actual de pasta para sopa es muy elevado.

NOTA: La capacidad instalada que se ha estado tomando como referencia es la capacidad reportada como real, ya que se investigó que es la máxima capacidad que se puede alcanzar de acuerdo al diseño mecánico de las máquinas.

Ahora bien, con la deducción hecha anteriormente, se puede esperar, que al incrementar la producción de pastas para sopa, el costo fijo unitario disminuirá y consecuentemente también disminuirán las pérdidas en forma inversamente proporcional al incremento de producción.

La cantidad y forma en que disminuyen las pérdidas se puede observar en la gráfica del punto de equilibrio del capítulo 2.

Asimismo se observa que el punto de equilibrio se obtendría al alcanzar la producción de un factor de operación neto -- del 83.5%. Esto representa que para que en la fábrica no -- existan pérdidas ni ganancias, sin modificar ningún otro factor que el de la producción, se debe obtener 10'119,950 ca--

jas con 12 paquetes de 200 gramos cada uno de producto terminado.

Para obtener esta producción se necesitan 305 días de operación de la fábrica, pero esto no es posible debido a que las máquinas sólo pueden trabajar un máximo de 292 días efectivos al año, ya que de encontrarse dichas máquinas en perfecto estado mecánico se necesita parar la producción para dar mantenimiento preventivo.

Lo que si es muy importante recalcar es que si se utilizara la capacidad instalada hasta donde las máquinas lo permitieran, se disminuirían la gran mayoría de las pérdidas, por lo que puede concluirse que la baja productividad es una causa muy importante del estado económico actual.

Ahora bien, el hecho de que económicamente hablando se diga que al incrementar la producción disminuirán las pérdidas -- considerablemente, no quiere decir que esto sea posible, ya que pueden existir factores técnicos ó comerciales que impidan que esto se lleve a cabo, es por esta razón que es necesario conocer primero, cuáles son las causas por las que se obtiene una producción tan baja.

De las investigaciones y observaciones efectuadas, se detectó que la baja productividad se debe a que existe un alto --

porcentaje de tiempos improductivos por las siguientes causas:

- a) La falta de mantenimiento preventivo ha ocasionado que las líneas de producción se encuentren en muy mal estado, dando como resultado paros muy frecuentes en la producción - por fallas mecánicas.
- b) Hay un deficiente y tardado mantenimiento correctivo, por la falta de un adecuado lote de refacciones. Debido a que las líneas de producción son extranjeras, las piezas de recambio tienen plazos de entrega muy largos. Por esta razón es muy importante la programación y control del lote de refacciones que siempre debe de existir en el almacén.
- c) La línea de producción de pasta tipo roscada (PR1) se encuentra fuera de servicio por las causas que se mencionan en los incisos a) y b).
- d) El factor de operación programado
- e) Falta de capacitación del personal que opera la fábrica.

Anteriormente se analizó la forma en que disminuye el costo fijo unitario al incrementar la producción, pero no se mencionó si el monto del costo fijo total anual puede disminuir, ya que generalmente esto no sucede, porque los rubros clasificados como costos fijos son inevitables y son los mínimos -- que existen en cualquier fábrica independientemente de que obtenga o no producción.

En este caso, se va hacer una excepción, ya que la mano de obra directa que generalmente es considerada como costo variable aquí se tomó como costo directo, por lo que, se puede suponer que al modificar la cantidad de personal habrá -- también una modificación en los costos fijos.

La razón por la que se tomó la mano de obra directa como costo fijo, es que el personal contratado está en función de un factor de operación programado que no se cumple por causas ajenas a este personal, por lo tanto, el costo por mano de obra actual es constante e independiente del número de unidades producidas hasta cierto límite que sería el tomar la decisión de cambiar el factor de operación programado. La cantidad de personal requerido para tal caso y la forma en que se verían afectados los costos fijos se analizará en el capítulo de análisis de alternativas de solución.

La razón por la que se mencionarán los costos por concepto de mano de obra directa, es por la importancia que tiene el analizar si la cantidad de personal que labora actualmente es la realmente necesaria para operar la fábrica en las condiciones actuales, ya que en caso de ocurrir lo contrario, el tener personal insuficiente o excedido representa baja -- eficiencia en la producción ó costos innecesarios.

Para saber si este era el caso, se hizo un estudio de funciou

nes y cargas de trabajo de los trabajadores y se obtuvieron los resultados de la siguiente tabla:

Z O N A	PUESTO	PERSONAL UTILIZADO	PERSONAL REQUERIDO	EXCEDENTE
Producción	Sileros	1	1	0
	Ayudantes	2	2	0
	Harineros	1	0	1
	Molineros	1	1	0
	Prensistas	3	3	0
	Ayudantes de prensistas	2	2	0
	Jefes de turno	1	1	0
	Trabajadores generales	1	1	0
Subtotal		12	11	1
Envase de Pasta Corta	Atendedores	4	3	1
	Empacadores	4	3	1
	Selladores	2	2	0
	Formadores de cajas	1	1	0
	Tolveros	1	1	0
Subtotal E.P.C.		12	9	3
Envase de Pasta Larga	Atendedores	1	1	0
	Empacadores	1	1	0
	Selladores	2	1	1
	Llenadores de cangilones	2	1	1
	Formadores de cajas	1	1	0
Subtotal E.P.L.		7	5	2
Envase de Pasta Roscada	Pesadores	9	6	3
	Llenadores	9	6	3
	Selladores	2	2	0
	Llenadores de cajas	1	1	0
	Pegadores y etiquetadores	2	1	1
	Fechador de cajas	1	1	0
Subtotal E.P.R.		24	19	5
Envase	Jefe de turno	1	1	0
	Acomodador tarinas	1	1	0
	Limpieza	4	4	0
Subtotal		6	6	0
T O T A L		61	48	13

De la tabla anterior se deduce que el excedente de personal contratado para operar esta fábrica está ocasionando un incremento en los costos fijos globales por la cantidad de:

No. de personal excedente: $13 \times 3 = 49$

Salario promedio por persona = \$ 5,868.00/mes

$$49 \times \frac{\$ 5,868.00}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 3'450,384.00$$

Costos Variables *

Estos costos tienden a variar en forma directamente proporcional al volumen de producción y sus características más importantes son:

- a) Su monto global varía en forma directamente proporcional al volumen de producción.
- b) Su monto, por unidad de producto, varía en forma inversa al volumen de producción.
- c) Se pueden asignar fácilmente a los diferentes departamentos operativos.

Costos directos variables.

Estos cargos son las erogaciones hechas por concepto de materias primas.

Las materias primas que se utilizan durante el proceso de elaboración de pastas para sopa son sémola y agua.

Hay una norma establecida por control de calidad, que dice que

el producto debe tener una humedad del 11%.* Actualmente los productos no cumplen esta norma, ya que están saliendo con una humedad del 9%. Esta disminución en el contenido final de humedad, implica que haya un mayor consumo de materias primas por tonelada de producto terminado.

El consumo teórico de sémola y agua que debería de haber en esta fábrica se puede calcular con el siguiente balance de materias primas, el cual es similar al descrito en el capítulo anterior.

Base: 1,000 Kg. de pasta para sopa

$$S_t + A_t = P_t + E_t \dots\dots\dots(1)$$

donde S_t = Sémola en Kg.;

A_t = Agua añadida durante el amasado en Kg.;

P_t = Producto final en Kg.;

E_t = Agua evaporada durante el secado en Kg.

$$A_t = S_t \frac{H - h}{100 - H} \dots\dots\dots(2)$$

donde H es la humedad que deberá tener la masa en %;

h la humedad de la harina en %.

Sustituyendo la ecuación 2 en la ecuación 1 tendremos:

$$S_t \frac{H - h}{100 - H} + S_t = P_t + E_t \dots\dots\dots(3)$$

* Investigación Directa.

Para simplificar esta ecuación sustituiremos los valores - - -

$$P_t = 1,000 \text{ Kg}; \quad H = 30\% \quad \text{y} \quad h = 14\%$$

$$S_t \left(\frac{30-14}{100-30} \right) + S_t = 1,000 + E_t$$

$$0.229 S_t + S_t = 1,000 + E_t$$

$$E_t = 1.229 S_t - 1,000 \dots (3')$$

Debido a que tenemos una ecuación con dos incógnitas es necesario plantear otra ecuación para poder solucionar este balance de materias primas. La ecuación que se puede plantear es:

$$S_t h + S_t \frac{H-h}{100-h} = P_t h_1 + E_t \dots (4)$$

donde h_1 es la humedad del producto final

Sustituyendo valores;

$$0.140 S_t + 0.299 S_t = 110 + E$$

$$E_t = 0.369 S_t - 110 \dots (4')$$

Igualando las ecuaciones 3' y 4' tenemos:

$$1.229 S_t - 1,000 = 0.369 S_t - 110$$

$$0.865 S_t = 890$$

Por lo tanto

$$S_t = 1,035 \text{ Kg.}$$

$$A_t = 237 \text{ Kg.}$$

$$E_t = 272 \text{ Kg.}$$

Con los datos obtenidos en los balances de materias primas se calculó el costo extra que representa el obtener un producto con una humedad inferior a la norma establecida por el departamento de control de calidad. Los resultados fueron los siguientes:

C O N C E P T O	C A N T I D A D
Consumo de sémola teórico (Kg/ton de producto terminado)	1,035
Consumo de sémola real (Kg/ton de producto terminado)	1,058
Diferencia entre el consumo real y teórico (Kg/ton de producto terminado)	23
Precio del Kg. de sémola (\$)	4.1864
Costo teórico de sémola/ton de producto terminado(\$)	4,332.9240
Costo real de sémola/ton de producto terminado(\$)	4,429.2112
Diferencia en costo (\$)/ton	96.2872
Diferencia en costo (\$)/caja	0.2311
$0.2311 \frac{\$}{\text{caja}} \times 2'398,284 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 554,243.43 \frac{\$}{\text{año}}$	

Por lo tanto, se están perdiendo 554,243.43 \$/año por no producir la pasta para sopa con las normas de calidad establecidas.

La desviación de esta norma también provoca que haya mermas considerables por rechazo de lotes de pastas. Esto se debe a -- que al obtener un producto con una humedad inferior a la establecida en los estándares de producción, ocasiona que el producto sea más frágil y presente fracturas y estrellamientos con mayor frecuencia. Los lotes de producción que tienen este proble

ma se vuelven a procesar y hasta ahora no se han cuantificado - las pérdidas por este concepto.

Esta desviación se debe a que no existe el control necesario de temperatura en la etapa de secado, ya que los instrumentos de medición de esta variable se encuentran descompuestos.

El costo del agua consumida para elaborar la masa no se tomó en cuenta, ya que para fines prácticos este valor es muy pequeño y puede considerarse despreciable.

Costos indirectos variables

Estos costos presentan las mismas características que los costos variables, pero son erogaciones hechas por consumo de bienes que intervienen en la elaboración del producto en forma indirecta, tales como servicios (agua, vapor, energía eléctrica, etc.) y material de empaque utilizado.

En el renglón de servicios no se detectaron anomalías, dado que los consumos corresponden a lo especificado para que opere la fábrica.

En las investigaciones efectuadas no se detectaron problemas operacionales en la zona de empaque. Lo que si llamó la aten-

ción, es el hecho de que se estén utilizando dos materiales de empaque con costos muy diferentes y el precio de venta al público es el mismo para ambas presentaciones.

Los costos de los materiales de empaque son los siguientes:

- a) 125.00 \$/Kg de celofán
- b) 55.20 \$/Kg de polietileno

El utilizar dos materiales de empaque diferente no es un problema, ya que ambas presentaciones tienen aceptación en el mercado, sin embargo, como la diferencia en costo es muy grande, se investigaron cuáles son las causas de que se estén utilizando los dos tipos de material de empaque y se cuantificó la cantidad en que se reducirían los costos si sólo se utilizara polietileno. Esto se efectuó con el análisis que a continuación se muestra:

PASTA CORTA

MAQUINA EMPACADORA UTILIZADA	CAPACIDAD MAX TON / HR	% DE CAPACIDAD INSTALADA	MATERIAL DE EMPAQUE UTILIZADO	FACTOR DE CONSUMO KG / TON
PCS-1	0.54	14.52	celofán	11.635
PCS-2	0.54	14.52	polietileno	11.90
ENVAFLEX	0.48	12.90	polietileno	11.90
PL-D1	1.08	29.03	celofán	11.635
PL-D2	<u>1.09</u>	29.03	celofán	11.635
TOTAL	3.72			

En esta tabla se puede ver que el 72.58% de la capacidad instalada de empaque para pasta corta es en celofán y el 27.42% restante en polietileno y el utilizar celofán o polietileno depende sólo de la máquina que se está utilizando.

Asimismo se puede ver que la capacidad de empaque es mayor que la capacidad de producción real de pasta corta (2.4 ton/hr) esto es debido a que las máquinas empacadoras operan generalmente en un rango del 60-70% de su capacidad máxima.

Como la cantidad de pasta corta producida actualmente es muy inferior a la capacidad de envase actual, se puede suponer que si se decidiera utilizar únicamente polietileno como material de empaque, las máquinas existentes que trabajan con este material cubrirían las necesidades momentáneas.

Sin embargo esto no se hace y no se sabe con exactitud en que porcentaje se utilizan cada uno de estos materiales, ya que no se opera diariamente con las mismas máquinas. Por esta razón para calcular el costo de empaque promedio se utilizan los porcentajes existentes de capacidad máxima instalada.

El costo promedio de material de empaque de pasta corta es:

$$125.00 \frac{\$}{\text{Kg de cel.}} \times 11.635 \frac{\text{Kg de cel.}}{\text{ton de pasta}} + 55.20 \frac{\$}{\text{Kg pol.}} \times 11.90 \frac{\text{Kg pol.}}{\text{ton. pasta}} \times$$

$$0.2742 = 1,201.9231 \frac{\$}{\text{ton prod.}}$$

$$1,201.9231 \frac{\$}{\text{ton prod.}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{2-4 \text{ kg}}{1 \text{ caja}} = 2.8846 \frac{\$}{\text{caja}}$$

El costo es inferior al reportado en el capítulo 2, porque no se está tomando en cuenta el costo de la caja de cartón.

El costo por material de empaque si únicamente se utilizara polietileno sería:

$$55.20 \frac{\$}{\text{Kg de pol.}} \times 11.90 \frac{\text{Kg pol.}}{\text{ton de pasta}} = 656.88 \frac{\$}{\text{ton de pasta}}$$

$$656.88 \frac{\$}{\text{ton de pasta}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times 2.4 \frac{\text{Kg}}{\text{caja}} = 1.5765 \frac{\$}{\text{caja}}$$

La diferencia en costo sería de:

$$545.0431 \frac{\$}{\text{ton}} = 1.3081 \frac{\$}{\text{caja}}$$

Por lo tanto si empacamos toda la producción de pasta corta en polietileno se reducirían los costos en:

$$321.6 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} \times 545.0431 \frac{\$}{\text{ton}} = 2'103,430.33 \frac{\$}{\text{año}}$$

PASTA LARGA

MAQUINA EMPACADORA UTILIZADA	CAPACIDAD MAX TON/HR	%DE CAPACIDAD INSTALADA	MATERIAL DE EMPAQUE UTILIZADO	FACTOR DE CONSUMO KG/TON DE PRODUCCION
* PD-1	0.48	50	celofán	13.4
PD-2	0.48	50	celofán	13.4

* Actualmente no se usa la PD-1 en polietileno, pero está adaptada una cabeza.

El costo de material de empaque de pasta larga es:

$$125.00 \frac{\$}{\text{Kg. de celofán}} \times 13.4 \frac{\text{Kg. de celofán}}{\text{ton. de pasta}} = 1,675.00 \frac{\$}{\text{ton. de pasta}}$$

$$1,675.00 \frac{\$}{\text{Ton. de pasta}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{2.4 \text{ kg}}{1 \text{ caja}} = \$ 4.02 \frac{\$}{\text{caja}}$$

El costo de material de empaque si se utilizara polietileno en lugar de celofán sería:

$$55.20 \frac{\$}{\text{Kg. de polietileno}} \times 13.02 \frac{\text{Kg. de polietileno}}{\text{ton. de pasta}} = 718.7040 \frac{\$}{\text{ton de pasta}}$$

$$718.704 \frac{\$}{\text{ton de pasta}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{2.4 \text{ kg}}{1 \text{ caja}} = 1,7249 \frac{\$}{\text{caja}}$$

La diferencia en costo sería de:

$$956.296 \frac{\$}{\text{ton. pasta}} = 2.2951 \frac{\$}{\text{caja}}$$

Por lo tanto se reducirían los costos en:

$$77.5 \frac{\text{ton}}{\text{mes}} \times \frac{12 \text{ meses}}{\text{año}} \times 956.296 \frac{\$}{\text{ton}} = 889,355.28 \frac{\$}{\text{año}}$$

PASTAS ROSCADAS

La pasta del tipo roscada por su difícil manejo se empaqueta en bolsas de polietileno, teniendo un consumo de 5150 piezas por tonelada. El costo por millar de bolsas es de \$ 150.00, por

Lo tanto el costo de material de empaque es de:

$$150.00 \frac{\$}{1000 \text{ bolsas}} \times 5150 \frac{\text{bolsas}}{\text{ton de pasta}} = 772.50 \frac{\$}{\text{ton pasta}}$$

$$772.50 \frac{\$}{\text{ton. de pasta}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{2.4 \text{ kg}}{1 \text{ caja}} = 1.854 \frac{\$}{\text{caja}}$$

El costo total promedio actual de material de empaque es:

$$1,201.9321 \times 0.6705 + 1,675.00 \times 0.1616 + 772.50 \times 0.1679 = 1,205,8557 \frac{\$}{\text{ton}}$$

$$1,205.8557 \frac{\$}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}} \times \frac{2.4 \text{ kg.}}{1 \text{ caja}} = 2.8941 \frac{\$}{\text{caja}}$$

El costo total promedio si todo el material de empaque utilizado en la fábrica fuera polietileno sería de:

$$656.88 \times 0.6705 + 718.704 \times 0.1616 + 772.50 \times 0.1679 = 686.2834 \frac{\$}{\text{ton}}$$

$$686.2834 \frac{\$}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg.}} \times \frac{2.4 \text{ kg}}{1 \text{ caja}} = 1.6471 \frac{\$}{\text{caja}}$$

El ahorro que se obtendría al año sería

$$2'103,430.33 + 889,355.28 = \$ 2'992,785.61$$

Las causas por las que no se utiliza únicamente polietileno - es que gran parte de las máquinas están adaptadas para trabajar con celofán.

GASTOS DE VENTA, ADMINISTRACION Y FINANCIEROS

Como su nombre lo indica, estos gastos son erogaciones efectuadas por concepto de comercialización del producto y administración de la fábrica.

Estas erogaciones no se analizaron por los siguientes motivos:

- a) Serfa muy laborioso y tardado hacerlo, debido a que la fábrica de Pastas para Sopa, forma parte de un complejo industrial consistente de varias fábricas. Este complejo tiene un cuerpo administrativo y comercial integrado para todo el sistema y la forma en que se asignan estos gastos, es prorrateando su monto total en todas las fábricas.
- b) Las otras fábricas que forman parte del complejo industrial presentan estados económicos sanos, por lo tanto, se puede eliminar la sospecha de que el estado de pérdidas que presenta la fábrica en estudio, tenga que ver con este tipo de gastos.

Ahora bien, de las investigaciones efectuadas sobre la relación de costos de producción y la forma en que se encuentran relacionadas con la forma de operación actual se puede concluir que efectivamente hay desviaciones en las normas de operación y que se pueden abatir estos costos mejorando las

condiciones de operación.

Las condiciones de operación que habría de modificar para abatir los costos serían:

- a) Aumentar el nivel de producción de la fábrica
- b) Eliminar el excedente de mano de obra utilizada
- c) Utilizar únicamente la materia prima requerida
- d) Empacar todo el producto en polietileno.

Cada una de estas modificaciones contribuye a abatir las pérdidas, pero en forma individual ninguna de ellas las abate - por completo. Por este motivo se hicieron varios modelos de comportamiento combinando las modificaciones de las condiciones de operación para saber si es posible abatir por completo las pérdidas haciendo sólo algunas, o todas las modificaciones propuestas.

MODELO 1

Este modelo plantea la posibilidad de abatir los costos optimizando las operaciones al hacer los siguientes cambios:

- 1) Eliminar el excedente de mano de obra utilizada
- 2) Utilizar únicamente la materia prima requerida
- 3) Empacar todo el producto en polietileno.

ELEMENTO DE COSTO	(\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200 G)
DIRECTOS VARIABLES	
Materia Prima (sémola)	10.3989
INDIRECTOS VARIABLES	
Material de empaque	3.6521
Agua	0.15
Energía eléctrica	0.48
Vapor	0.48
COSTO VARIABLE TOTAL	15.1610
COSTO FIJO DIRECTO *	10.8013
<u>COSTO DE PRODUCCION</u>	<u>25.9623</u>
GASTOS DE VENTA	1.76
GASTOS DE ADMINISTRACION	1.96
COSTO TOTAL	29.6823
PRECIO DE VENTA	20.40
PERDIDAS POR CAJA	9.2823
PERDIDAS TOTALES ANUALES. . . .	\$22'261,591.57
Costo fijo directo en base al nivel de producción actual (2'398, 284 cajas/año)	

MODELO 2

En este modelo se supone que se eliminan los problemas operacionales y se abaten los costos al:

- 1) Obtener la producción de acuerdo al factor de operación programado y capacidad real de la fábrica (7'223,605 cajas)
- 2) Eliminar el excedente de mano de obra utilizada
- 3) Utilizar únicamente la materia prima requerida
- 4) Empacar todo el producto en polietileno

ELEMENTO DE COSTO	(\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200 G)
DIRECTOS VARIABLES	
Materia prima (sémola)	10.3989
INDIRECTOS VARIABLES	
Material de empaque	3.6521
Agua	0.1500
Energía eléctrica	0.4800
Vapor	0.4800
COSTO VARIABLE TOTAL	15.1610
COSTO FIJO DIRECTO	1.0998

<u>COSTO DE PRODUCCION</u>	16.2608
GASTOS DE VENTA	1.7600
GASTOS DE ADMINISTRACION	1.9600
COSTO TOTAL	19.9808
PRECIO DE VENTA	20.4000
GANANCIAS BRUTAS	0.4192
- RUT (8%)	0.0335
- ISR (42%)	0.1761
UTILIDAD NETA	0.2096
% UTILIDAD SOBRE LAS VENTAS	1.03
UTILIDAD NETA ANUAL	\$ 1'514,486.8080

MODELO 3

Este modelo supone que se abaten los costos al optimizar las operaciones y eliminar problemas de la siguiente forma:

- 1) Obtener la producción de acuerdo a la capacidad real instalada e incrementar el factor de operación programado al máximo posible que es de 80%.

- 2) Utilizar únicamente la materia prima requerida
- 3) Empacar todo el producto en polietileno.

Número de unidades producidas con un factor de operación del 80%.

$$80.16 \frac{\text{ton}}{\text{día}} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 0.8 \times \frac{1000 \text{ kg}}{\text{ton}} \times \frac{1 \text{ caja}}{2.4 \text{ kg}} = 9'752,800 \frac{\text{cajas}}{\text{año}}$$

ELEMENTO DE COSTO (\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200 G)

DIRECTOS VARIABLES

Materia Prima (sémola) 10.3989

INDIRECTOS VARIABLES

Material de empaque 3.6521

Agua 0.1500

Energfa eléctrica 0.4800

Vapor 0.4800

COSTO VARIABLE TOTAL 15.1610

COSTO FIJO DIRECTO 0.2047

COSTO DE PRODUCCION 15.3657

GASTOS DE VENTA 1.7600

GASTOS DE ADMINISTRACION 1.9600

COSTO TOTAL	19.0857
PRECIO DE VENTA	20.4000
UTILIDAD BRUTA	1.3143
- RUT (8%)	0.1051
- ISR (42%)	0.5520
UTILIDAD NETA	0.6572
% UTILIDAD SOBRE VENTAS	3.22%

UTILIDAD NETA ANUAL \$ 6'409,111.04

Con el modelo 2 y 3 se logran abatir las pérdidas, pero con ninguno de estos modelos se logra el objetivo de obtener una utilidad neta sobre las ventas del 10%. Además es importante mencionar que estos modelos son hipotéticos y hasta ahora no se ha analizado cuanto representaría en inversión el obtener estos comportamientos y saber si realmente son rentables. Esto se analizará en el capítulo de alternativas de soluciones.

Por ahora lo que es importante, es el hecho de saber que si se optimizan todas las operaciones y se abaten los costos - hasta un mínimo posible no se logrará obtener la norma de -

funcionamiento deseada que es el abatir las pérdidas y obtener un mínimo del 10% de utilidad neta sobre las ventas.

INGRESOS

Debido a que aún optimizando las operaciones en la fábrica - hasta obtener un costo mínimo de producción, no se lograría obtener la utilidad fijada como objetivo, se procedió a analizar los ingresos por concepto de ventas, para saber si el precio en el mercado es justo, o puede haber incrementos sin afectar la competitividad del producto.

El resultado de este análisis fue que el precio de venta actual es muy inferior a los precios máximos oficiales autorizados y al precio de venta de los competidores en el mercado debido a que estos precios tienen mucho tiempo en vigencia

Los precios máximos oficiales autorizados son de:

TIPO DE PASTA	PRECIO MAXIMO AL PUBLICO (\$/CAJA) *
Corta	27.36
Rosca	29.04
Larga	35.28

Para dar al comerciante detallista, un margen de utilidad del

* Investigación Directa en SECOM.

7.5% sobre el precio de venta. El precio máximo al que se -
podría vender el producto sería de:

TIPO DE PASTA	PRECIO MAXIMO AL PUBLICO (\$/ KG.)
Corta	25.308
Rosca	26.862
Larga	32.634

Si se incrementan los precios, automáticamente habrá un aumen
to en los ingresos y como consecuencia una disminución en las
pérdidas:

El monto de esto sería:

TIPO DE PASTA	No. DE UNIDADES PRODUCIDAS / AÑO	INGRESOS POR CONCEPTO DE VENTA (\$ / AÑO)
Corta	1'607,989	40'694,985.61
Larga	387,497	10'408,944.41
Rosca	<u>402,798</u>	<u>13'144,909.93</u>
T O T A L	2'398,284	64'248,839.95

$$GT = \$ 78'184,058.40$$

$$P = GT - I$$

$$P = \$ 78'184,050.40 - 64'248,839.95 = \$ 13'935,210.45$$

∴ Las pérdidas actuales disminuirían en \$ 15'323,954.35

Si se introduce el incremento de precios a los modelos propuestos anteriormente; el comportamiento económico sería de la siguiente forma:

MODELO 1'

CONCEPTO	PASTA CORTA	PASTA ROSCADA	PASTA LARGA	TOTAL
No. de unidades (cajas de 2.4 Kg.)	1'607,989	387,497	462,798	2'398,284
Costo prom. (\$/caja)	29.6823	29.6823	29.6823	
Precio de venta (\$/caja)	35.3080	26.8620	32.6340	
Ingresos (\$/año)	40'694,985.61	10'408,944.41	13'144,909.93	64'248,839.95
Egresos (\$/año)	47'728,811.89	11'501,802.20	11'955,971.08	71'186,585.17
Pérdidas (\$/año)				6'937,745.223

MODELO 2'

CONCEPTO	PASTA CORTA	PASTA ROSCADA	PASTA LARGA	TOTAL
No. de unidades (cajas de 2.4 Kg.)	4'154,000	2'240,660	830,945	7'225,605
Costo prom. (\$/caja)	19.9808	19.9808	19.9808	
Precio de venta (\$/caja)	25.3080	26.8620	32.6340	
Ingresos (\$/año)	105'129,432.00	60'188,608.92	27'117,059.13	192'435,100.10
Egresos (\$/año)	83'000,243.20	44'770,179.33	16'602,945.86	144'373,368.40
Utilidad Bruta	22'129,189.00	15'418,429.59	10'514,113.27	48'061,731.67
- RUT (8%)	1'770,335.12	1'233,474.37	841,129.06	3'844,938.53
- ISR (42%)	9'294,259.38	6'475,740.43	4'415,927.58	20'185,927.30
Ganancias netas	11'064,594.50	7'709,214.80	5'257,056.64	24'030,865.83
% Utilidad sobre las ventas	10.52	12.81	19.39	12.49

MODELO 3'

CONCEPTO	PASTA CORTA	PASTA ROSCADA	PASTA LARGA	TOTAL
No. de unidades (cajas de 2.4 Kg.)	5'606,885	3'024,343	1'121,572	9'752,800
Costo prom. (\$/caja)	19.0857	19.0857	19.0857	
Precio de venta (\$/caja)	25.3080	26.8620	32.6340	
Ingresos(\$/año)	141'899,045.60	81'239,901.67	36'601,380.65	259'740,327.96
Egresos (\$/año)	107'011,325.00	57'721,703.20	21'405,986.72	186'139,014.92
Utilidad bruta	34'887,720.60	23'518,198.47	15'195,393.93	73'601,313.00
- RUT (8%)	2'791,017.64	1'881,455.88	1'215,631.51	5'888,105.04
- ISR (42%)	14'652,842.62	9'877,643.36	6'382,065.45	30'912,551.43
Ganancias netas	17'443,860.27	11'759,099.24	7'597,696.96	36'800,656.47
% Utilidad sobre las ventas	12.29	14.47	20.76	14.17

Como ya se habia dicho anteriormente, el objetivo de construir estos modelos fue para probar si las desviaciones encontradas en la forma operacional de la fábrica, son realmente las que estan ocasionando la situación económica actual.

La forma de probar esto, fue el hecho de descubrir, que si se logran hacer las correcciones en dichas desviaciones se mejorará notablemente la situación económica e inclusive al poner en práctica los modelos 2' y 3' se rebasará el objetivo de obtener un mínimo de utilidad neta del 10% - sobre las ventas.

Ahora bien, esto no quiere decir que los comportamientos en los modelos sean reales, ya nos podemos adelantar a pensar, que para hacer algunos cambios, habrá necesidad de hacer inversiones y esto traerá como consecuencia que se modifiquen dichos comportamientos. Además es importante mencionar que el encontrar la causa de un problema, no quiere decir que es te pueda ser solucionado, ya que pueden existir aspectos técnicos que impidan que esto se lleve a cabo, sin embargo lo importante de este conocimiento, es que nos dice que es lo - que hay que combatir para solucionar los problemas y nos da los elementos para poder buscar la solución; alternativas de solución ó llegar a la conclusión que no existe posibilidad de esto.

CAPITULO III

EVALUACION DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

Para corregir un problema, se tienen que tomar decisiones. - Una decisión es una elección entre varias formas de hacer una cosa en particular para lograr un fin. Es por esta razón que es necesario hacer una evaluación de las alternativas de solución que existen, ya que esta evaluación es la que suministra la base para escoger la mejor acción que pueda tomarse para - lograr este fin.

En este capítulo, se hará dicha evaluación, con el fin de elegir aquella que logre más con el menor costo.

Resumiendo, por orden de gravedad, las causas del comportamiento económico actual son debidas a:

- 1.- Costos fijos muy altos, debido a la baja producción obtenida con respecto a la capacidad instalada. Esto es ocasionado por que hay un alto porcentaje de tiempos improductivos por las siguientes razones:
 - a) Paros muy frecuentes en la producción por fallas mecánicas.
 - b) Un deficiente y tardado mantenimiento correctivo actual, debido a que no existe el lote de refacciones recomendadas.

- c) Los problemas expuestos en los incisos a) y b) se han agudizado en la línea de pasta tipo roscada (PRI) al grado de encontrarse totalmente fuera de servicio.
 - d) El factor de operación programado y forma discontinua de operar la fábrica.
- 2.- La captación de ingresos por concepto de ventas es muy baja, debido a que no se habían actualizado y revisado los precios de venta al público.
- 3.- El exceso de mano de obra contratada.
- 4.- Aunque el hecho de utilizar dos materiales de empaque diferentes no representa un problema, se observa que si se utilizara únicamente polietileno se reduciría notablemente el costo variable, y esto sería una forma de optimizar las operaciones para lograr los objetivos planteados.
- 5.- La cantidad de materia prima que se consume en exceso por la falta de control de temperatura en la zona de zona de secado.

Las soluciones de estos problemas se plantearán en el mismo órden.

PROBLEMA 1

Después de revisar las líneas de producción y consultar a los

fabricantes del equipo, se llegó a la conclusión que para poder eliminar el alto porcentaje de tiempos improductivos, es necesario lo siguiente:

- a) Para evitar las fallas mecánicas se requiere una reparación general de todas las líneas de producción y comprar el lote de refacciones recomendado que debe de haber siempre en existencia.

La reparación de las cinco líneas incluyendo las partes desgastadas que se requieren cambiar, mano de obra, para efectuar los trabajos y personal técnico especializado -- contratado para dirigir y supervisar que esto se haga en forma correcta, tiene un costo de \$ 15'000,000.00.

El costo del lote de refacciones es de \$ 3'500,000.00.

El tiempo estimado para tener reparadas las líneas es de aproximadamente cinco meses.

- b) Para operar y dar mantenimiento correctivo eficiente, es indispensable capacitar al personal. Los fabricantes de equipo ofrecieron proporcionar esta capacitación simultáneamente, por medio de los técnicos que se contraten para dirigir y supervisar la reparación de las máquinas, sin cargo extra alguno.

c) Incrementar el factor de operación y trabajar en forma -- continua. Esto podría ser opcional ya que teóricamente - se pueden abatir las pérdidas y obtener la utilidad deseada sin necesidad de hacer este incremento (ver modelo 2'). Sin embargo, desde el punto de vista de rentabilidad y debido a que los modelos no incluyen la inversión necesaria para ponerlos en práctica, si sería conveniente hacerlo.

Para incrementar el factor de operación y trabajar en forma - continua, se requieren que las líneas de producción se encuentren en óptimas condiciones mecánicas, por lo tanto para poder lograr esto, es necesario hacer primero la reparación mecánica de las líneas y conseguir el lote de refacciones.

En caso contrario el tratar de implementar esta decisión, podría resultar contraproducente, debido a que se forzarían las máquinas y no es conveniente en las condiciones en que se encuentran actualmente.

Es de esperarse, que para implantar dicha decisión, se aumente también la mano de obra. La cantidad de personal que se requiere contratar para trabajar en forma continua es de 41 operadores y es necesario hacer una redistribución de personal de forma que los días de descanso no sean el mismo día para todos y éstos sean de forma escalonada. Esta cantidad de personal está considerando que no se elimine el personal que hay en exceso actualmente.

El salario por persona que se tendría que pagar es de -----
\$ 5,868.00. * Esto representa un total de \$ 2'887,056.00 al año.

Obviamente, la contratación de este personal debe de hacerse hasta que las líneas se encuentren reparadas.

Por último, para lograr que las líneas de producción siempre funcionen eficientemente y evitar que se repita la misma situación, es necesario implantar un sistema de mantenimiento preventivo en forma periódica. Esto se puede lograr mediante una planeación adecuada por parte del departamento de mantenimiento y la forma de implantarse, se verá en el siguiente capítulo.

PROBLEMA 2

Para aumentar la captación de ingresos, la acción que debe tomarse es el incremento en el precio de venta. Por la situación de crisis en que se encuentra la fábrica, demanda del producto y precios de venta de los competidores, este incremento debe ser el máximo permitido por SECOM (ver pág. 57) y efectuarse inmediatamente para abatir las pérdidas.

PROBLEMA 3

Una solución a este problema sería despedir al personal que --

* Investigación Directa, Depto. de Personal

hay en exceso. Sin embargo al hacer esto hay que pagar indemnizaciones conforme al artículo 439 de la "Ley Federal de Trabajo".

El contenido de este artículo dice:

"Cuando se trate de la implantación de maquinaria o de procedimientos de trabajo nuevos, que traiga como consecuencia la reducción de personal, a falta de convenio, el patrón deberá obtener la autorización de la Junta de Conciliación y Arbitraje, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 782 y siguientes. Los trabajadores reajustados tendrán derecho a una indemnización de cuatro meses de salario, más veinte días por cada año de servicios prestados o la cantidad estipulada en los contratos de trabajo si fuese mayor y a la prima de antigüedad a que se refiere el artículo 162."

Por lo tanto, la cantidad que habría que pagar es:

$$49 \times 5,868.00 \times 4.6667 = \$ 1'341,825.584$$

Esta cantidad es aproximada ya que se tomó como base que todos los operadores que se despidan tienen un año de antigüedad. Esto no es cierto debido a que hay operadores que tienen más tiempo trabajando y otros quizás tengan menos.

Obviamente el personal que se despediría al tomar esta decisión, sería el que tenga menor tiempo trabajando en la fábrica.

Otro factor que hay que tomar en cuenta antes de tomar esta de cisión, es que anteriormente se planteó la necesidad de reparar las líneas de producción. Una vez que esto suceda, si se llega a eliminar personal, al entrar en servicio la línea de producción de pasta roscada (PRI) se va a requerir contratar como mínimo doce personas por turno en la zona de empaque.

Asimismo, el incrementar el factor de operación también se re querirá de mayor cantidad del personal actual.

Como el tiempo probable para lograr la reparación y poder hacer la implantación del nuevo factor de operación, es de cinco meses, el costo por concepto de indemnización y el pago de salarios son casi iguales.

Por esta razón, pensando en el futuro, la decisión de eliminar personal no es conveniente, frente a la alternativa de -- conservar el personal que tiene la ventaja de la experiencia que ha adquirido en este tipo de trabajo y conoce los movimientos y funcionamiento de la fábrica.

PROBLEMA 4

Anteriormente se mencionó que una forma de disminuir el costo variable del producto, sería utilizando únicamente polietileno como material de empaque.

Como el hecho de utilizar celofán o polietileno depende básicamente de las máquinas empacadoras que se están utilizando. Una alternativa para lograr la disminución de costo, es comprar unas máquinas empacadoras que trabajen con polietileno para reemplazar las que trabajan con celofán. El costo - estimado para efectuar el reemplazo de las máquinas es de - \$ 7'000,000.00 y el tiempo de entrega es de aproximadamente ocho meses, por lo que, esta alternativa resulta muy poco - atractiva, aunque quizá en términos de recuperabilidad de inversión si sea rentable.

Buscando otra alternativa para lograr el mismo fin, se preguntó a los fabricantes de equipo de envase si existía la posibilidad de transformar las máquinas empacadoras actuales para que pudieran utilizar polietileno en lugar de celofán, en que consiste dicha transformación y cuanto cuesta.

La respuesta de los fabricantes fue afirmativa, argumentando además que esta transformación es muy sencilla ya que sólo - hay que cambiar las mordazas de sellado y ajustar la temperatura de sellado. El único inconveniente que se mencionó, es que la capacidad de las máquinas disminuye aproximadamente en un 10%, pero en este caso no habría problemas por esta disminución, ya que se cuenta con una capacidad instalada ligeramente mayor a la requerida.

El costo de las piezas que necesitan cambiarse es de - - - - \$ 620,000.00, teniendo un plazo de entrega de dos meses, el -

costo para efectuar las modificaciones es de \$ 120,000.00, - dando como resultado un monto total de \$ 740,000.00 para llevar a cabo la transformación de las máquinas.

Una vez que se tengan las piezas necesarias, el tiempo requerido para la transformación de cada máquina es de cuatro días, por lo que si se hace sobre la marcha de una en una sin pa-- rar la producción, la transformación de todas las máquinas - se llevará un total de 20 días.

PROBLEMA 5

La solución al problema del exceso en el consumo de materia prima, es reparar los indicadores de temperatura que se encuentran descompuestos en la zona de secado. Con esto se logrará el control de temperatura que debe existir en dicha zona y consecuentemente la humedad final que debe tener el producto. El costo para componer estos instrumentos está incluido dentro del presupuesto general que se hizo para reparar -- las líneas de producción, por lo que se efectuará conjuntamente con dicha reparación.

EVALUACION ECONOMICA DE ALTERNATIVAS DE SOLUCION

El objetivo de esta evaluación es el de calcular la rentabili-

dad real de la fábrica de pastas para sopa, una vez que se efectúen las modificaciones para optimizar las operaciones, ya que esta evaluación es la que proporciona la base para decidir si es o no conveniente hacer las inversiones necesarias para efectuar dichas modificaciones. Para este fin se utilizarán los modelos planteados anteriormente, pero ahora las utilidades serán reales debido a que se incluirán las inversiones que se necesitan efectuar para llevar a cabo las modificaciones propuestas y en lugar de llamarseles modelos, se les llamará alternativas de solución.

Es importante mencionar que estas alternativas se basarán únicamente en los modelos en los que se observó que había posibilidad de eliminar totalmente las pérdidas y obtener la rentabilidad deseada, además la eliminación de personal propuesta, ya no entrará en dichas alternativas debido a que en el análisis de solución de este problema, se observó que es más conveniente no efectuar esta eliminación.

ALTERNATIVA A

Esta alternativa se basa en el modelo 2' y las modificaciones operacionales son:

- 1) Optimizar el estado mecánico de las líneas de producción para poder obtener la producción de acuerdo a la capacidad real de la fábrica y al factor programado.

- 2) Reparar los instrumentos medidores de temperatura para poder eliminar el exceso que existe en el consumo de materia prima.
- 3) Transformar las máquinas empacadoras para que puedan utilizar polietileno en lugar de celofán.
- 4) Incrementar los precios de venta.

La inversión necesaria para efectuar las modificaciones de -- los puntos mencionados en el inciso 1 y 2, es de \$ 18'500,000.00 de los cuales \$ 15,000,000.00 son para la reparación de las - cinco líneas de producción y los \$ 3'500,000.00 restantes son para comprar el lote de refacciones, obviamente esto traerá como consecuencia un incremento en el costo fijo total anual.

Generalmente el costo de reparación de las líneas no es depre- ciable y se carga como costo de mantenimiento. En este caso si se va a depreciar debido a que la inversión es muy gran- de y a que no se va a tener que hacer esta erogación todos- los años. El objetivo de esta depreciación es incrementar - la utilidad neta durante el primer año de puesto en marcha - el proyecto, aunque para fines fiscales no sea lo mas conve- niente, sin embargo, para efecto de esta evaluación, el hecho de estar considerando un pago de impuestos mas elevados, da- un margen de seguridad mas amplio en el aspecto de rentabili- dad del proyecto.

Una inversión que si es depreciable es el costo de transformación de las máquinas empacadoras y es función de la vida útil de dichas máquinas, que para este caso, tomando en cuenta los años que tienen de uso, les queden sólo aproximadamente ocho años de servicio.

El monto cuantificado del incremento en el costo total fijo anual es de:

C O N C E P T O	\$
1) Reparación de las líneas de producción \$ 15'000,000.00/4)	3'750,000.00
2) Transformación de las máquinas empacadoras (740,000.00/8)	92,500.00
3) Lote de refacciones	<u>3'500,000.00</u>
	7'342,500.00

Por lo tanto, los gastos fijos anuales quedarían de la siguiente forma:

$$GF_a = GF_a + \Delta GF_a$$

En las que,

GP_a = Gastos fijos anuales

GF_a = Gastos fijos actuales

ΔGF_a = Incremento en los gastos fijos anuales

$$CF_a = 45'619,112.64 =$$

y el costo fijo unitario sería

$$\frac{GF_a}{n} = \frac{45'619,112.64}{7'223,605} = \$ 6.3135$$

en la que,

n_a = número de cajas de pasta para sopa que se producirán al poner en marcha este proyecto.

**COSTO PROMEDIO DE LA PASTA PARA SOPA
ALTERNATIVA A**

ELEMENTO DE COSTO	(\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200 G)
<u>DIRECTOS VARIABLES</u>	
Materia prima (sémola)	10.3989
<u>INDIRECTOS VARIABLES</u>	
Material de empaque	3.6521
Agua	0.1500
Energfa eléctrica	0.4800
Vapor	0.4800
COSTO VARIABLE TOTAL	15.1610
COSTO FIJO DIRECTO	2.5935
COSTO DE PRODUCCION	17.7545
GASTOS DE VENTA	1.7600
GASTOS DE ADMINISTRACION	1.9600
COSTO TOTAL	21.4745

ESTADO DE RESULTADOS

ALTERNATIVA A

CONCEPTO	PASTA CORTA	PASTA ROSCADA	PASTA LARGA	TOTAL
No. de unidades (cajas de 2.4Kg)	4'154,000	2'240,660	830,945	7'225,605
Costo (\$/caja)	21.4745	21.4745	21.4745	
Precio de venta (\$/caja)	25.3080	26.8620	32.6340	
Ingresos (\$/año)	105'129,432.00	60'188,608.92	27'117,059.13	192'435,100.10
Egresos (\$/año)	89'205,073.00	48'115,764.70	17'844,128.40	155'164,966.10
Utilidad bruta	15'924,359.00	12'072,844.22	9'272,930.73	37'270,134.00
- RUT (8%)	1'273,948.72	965,827.54	741,834.46	2'981,610.72
- ISR (42%)	6'688,230.78	5'070,594.57	3'894,630.90	15'653,456.28
Utilidad neta	7'962,179.50	6'036,422.11	4'636,465.36	18'635,067.00
% Utilidad sobre las ventas	7.57	10.03	17.10	9.68

Flujo anual = utilidad neta + depreciación

$$\text{Perfodo de recuperación de capital} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Flujo anual}} = \frac{19'240,000.00}{22'477,567.00} = 0.86$$

Por lo tanto, la inversión inicial se recuperará en 0.86 años a partir de la puesta en marcha del proyecto.

Para calcular la gráfica del punto de equilibrio, se utilizan los mismos datos tomados como base en el capítulo I. - -
Estos datos son:

F.O. = 100% = factor de operación teórico.

Cr = 80.16 ton/día = capacidad real de la fábrica

nt = 12'191,000 cajas de pasta/año = No. de cajas de pastas para sopa que se alcanzarían a producir con un factor de operación teórico del 100%

El cálculo para efecto de construcción de la gráfica del punto de equilibrio es de la siguiente forma:

Con un factor de operación del 100%

Gastos fijos = 45'619,112.64 \$/Año

Costos variables = $15.161 \frac{\$}{\text{caja}} \times 12'191,100 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 184'827,751.00 \frac{\$}{\text{año}}$

Gastos totales = 230'446,863.60

$$\text{INGRESOS POR VENTA} = I_t = \sum_{i=1}^n I_i = \sum_{i=1}^n n_i v_i$$

En la que,

I_i = Ingreso por concepto de venta de la pasta para sopa del tipo i. (\$)

n_i = Número de cajas de pasta que se producirían con un factor de operación teórico del 100% del tipo pasta i (CAJAS/AÑO)

V_i = Precio de venta del tipo de pasta i (\$)

$$I_1 = n_1 v_1 = 25.308 \frac{\$}{\text{caja}} \times 7'008,606 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 177'373,800.60 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$I_2 = n_2 v_2 = 26.862 \frac{\$}{\text{caja}} \times 3'788,963 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 101'779,124.10 \frac{\$}{\text{año}}$$

$$I_3 = n_3 v_3 = 32.634 \frac{\$}{\text{caja}} \times 1'393,431 \frac{\text{cajas}}{\text{año}} = 45'473,227.25$$

Los subíndices corresponden a los tipos de pasta de la siguiente forma:

1 = Pasta corta

2 = Pasta roscada

3 = Pasta lara

$$I_t = 324'626,152.00 \text{ \$/AÑO}$$

$$\text{UTILIDAD BRUTA} = \text{UB} = I_t - \text{GT}$$

$$\text{UB} = 94'179,288.40$$

$$\text{UTILIDAD NETA} = \text{UN} = \text{UB} - \text{ISR} - \text{RUT}$$

En la que,

$$\text{ISR} = \text{Impuesto sobre la renta} = 0.42 \text{ UB}$$

$$\text{RUT} = \text{Reparto de utilidades} = 0.08 \text{ UB}$$

$$\text{UN} = 47'089,644.20$$

El punto de equilibrio se puede calcular con las siguientes formulas:

$$\text{GTe} = \text{Ie}$$

En la que,

$$\text{GTe} = \text{Gastos totales en el punto de equilibrio}$$

$$\text{Ie} = \text{Ingresos por concepto de venta en el punto de equilibrio}$$

$$Gte = CF + ne CV$$

$$Ie = n_e \bar{p}$$

En las que,

n_e = Número de cajas producidas en el punto de equilibrio

\bar{p} = Precio de venta promedio

CF = Costos fijos totales

CV = Costo variable

Por lo tanto:

$$CF = n_e CV = n_e \bar{p}$$

Despejando n_e quedaría la siguiente expresión:

$$n_e = \frac{CF}{\bar{p} - CV}$$

Y el punto de equilibrio estaría en:

$$Pe = \frac{n_e a}{Nt} \times 100$$

Sustituyendo valores;

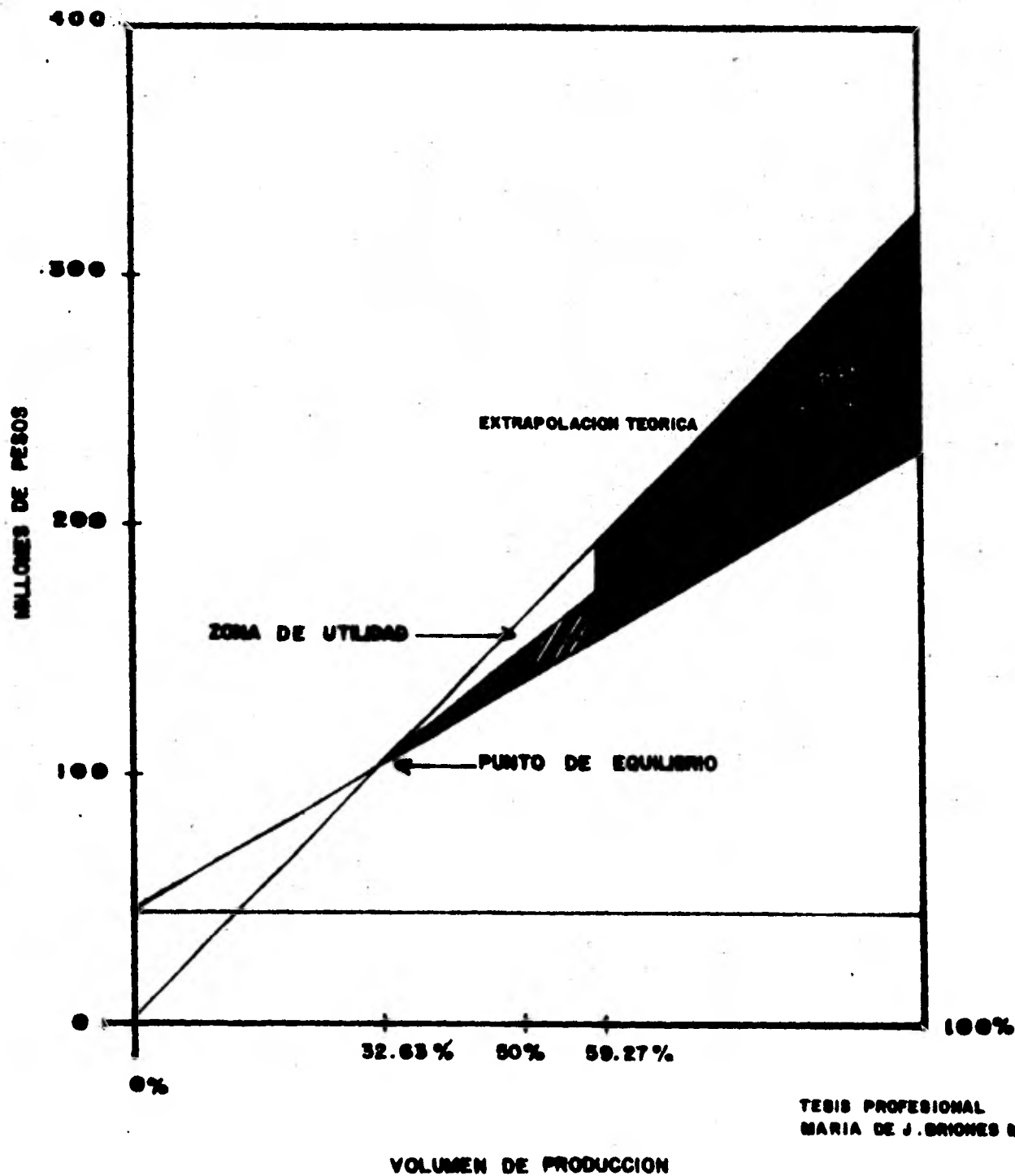
$$n_e a = \frac{45'619,112.64}{26.6283 - 15.1610} = 3'978,176$$

$$Pe a = \frac{3'978,176}{12'191,000} = 32.63\%$$

Este punto se puede apreciar en la siguiente gráfica

La zona sombreada que se observa en la siguiente gráfica, es una extrapoliación teórica que, como su nombre lo indica, muestra un comportamiento que no es real, debido a que con los costos fijos considerados en esta alternativa, no se puede obtener un volumen de producción mayor al 59.27% de la capacidad teórica anual de la fábrica.

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ALTERNATIVA A



TESIS PROFESIONAL
MARIA DE J. BRIONES M.

ALTERNATIVA B

Esta alternativa se basa en el modelo 3' y las modificaciones operacionales propuestas son:

- 1) Optimizar el estado mecánico de las líneas de producción, para obtener la producción de acuerdo a la capacidad real de la fábrica con un factor del 80% trabajando en forma -- continua.
- 2) Reparar los instrumentos medidores de temperatura para poder eliminar el exceso que existe en el consumo de materia prima.
- 3) Transformar las máquinas empacadoras para que puedan utilizar polietileno en lugar de celofán.
- 4) Incrementar los precios de venta.

Como puede observarse, esta alternativa difiere a la anterior, únicamente en la modificación mencionada en el punto 1. Esta diferencia consiste en modificar el factor programado actual y trabajar en forma continua, por lo tanto, para poner en marcha esta alternativa se tendrán que hacer las mismas erogaciones de la alternativa anterior, pero además habrá de considerarse un incremento en los costos fijos por concepto de mano de obra directa para poder trabajar en forma continua.

El monto del incremento de costos fijos sería de:

C o n c e p t o	\$
1) Reparación de las líneas de producción (\$ 15,000,000.00/4)	3'750,000.00
2) Transformación máquinas empacadoras (\$ 740,000.00/8)	92,500.00
3) Lote de refacciones	3'500,000.00
4) Contratación de mano de obra directa	<u>2'887,056.00</u>
	10'229,556.00

Por lo tanto, los gastos fijos anuales quedarían de la siguiente forma:

$$GF_b = 38'276,612.64 + 10'229,556.00$$

$$GF_b = \$48'506,166.64$$

Y el costo unitario sería:

$$\frac{GF_b}{n_b} = \frac{48'506,166.64}{9'752,800} = \$4,9736$$

en la que,

n_b = número de cajas de pasta para sopa que se producen al poner en marcha este proyecto.

COSTO PROMEDIO DE PASTA PARA SOPA
ALTERNATIVA B

<u>ELEMENTO DE COSTO</u>	(\$/CAJA DE 12 PAQ. DE 200 G)
<u>DIRECTOS VARIABLES</u>	
Materia prima (sémola)	10.3989
<u>INDIRECTOS VARIABLES</u>	
Material de empaque	3.6521
Agua	0.1500
Energfa eléctrica	0.4800
Vapor	0.4800
COSTO VARIABLE TOTAL	15.1610
COSTO FIJO DIRECTO	1.2536
COSTO DE PRODUCCION	16.4146
GASTOS DE VENTA	1.7600
GASTOS DE ADMINISTRACION	1.9600
COSTO TOTAL	20.1346

ESTADO DE RESULTADOS
ALTERNATIVA B

CONCEPTO	PASTA CORTA	PASTA ROSCADA	PASTA LARGA	TOTAL
No. de unidades (cajas de 2.4 kg)	5'606,885	3'024,343	1'121,572	9'752,800
Costo prom. (\$/caja)	20.1346	20.1346	20.1346	
Precio de venta (\$/caja)	25.3080	26.8620	32.6340	
Ingresos (\$/año)	141'899,045.60	81'239,901.67	36'601,380.65	259'740,327.90
Egresos (\$/año)	112'892,386.70	60'893,936.57	22'582,403.53	196'368,726.90
Utilidad bruta	29'006,658.86	20'345,965.10	14'018,977.06	63'371,601.01
- RUT (8%)	2'320,532.71	1'627,677.21	1'121,518.17	5'069,728.08
- ISR (42%)	12'182,796.72	8'545,305.34	5'887,970.36	26'616,072.42
Utilidad neta.	14'503,329.43	10'172,982.55	7'009,488.53	31'685,800.51
% Utilidad sobre las ventas	10.22	12.52	19.15	12.20

Flujo anual = utilidad neta + depreciación

$$\text{Perfodo de recuperación de Capital} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Flujo Anual}} = \frac{19'240,000.00}{35'528,300.51} = 0.54$$

Por lo tanto, la inversión inicial se recuperará en 0.54 años a partir de la puesta en marcha del proyecto.

Para calcular la gráfica del punto de equilibrio se hará exactamente de la misma manera que la alternativa anterior.

Con un factor de operación del 100%

Gastos fijos = 48'506,166.64 \$/año

Costos variables=184'227,751.00 \$/año

Gastos totales =233,333,917.64 \$/año

Ingresos por venta=324'626,152.00 \$/año

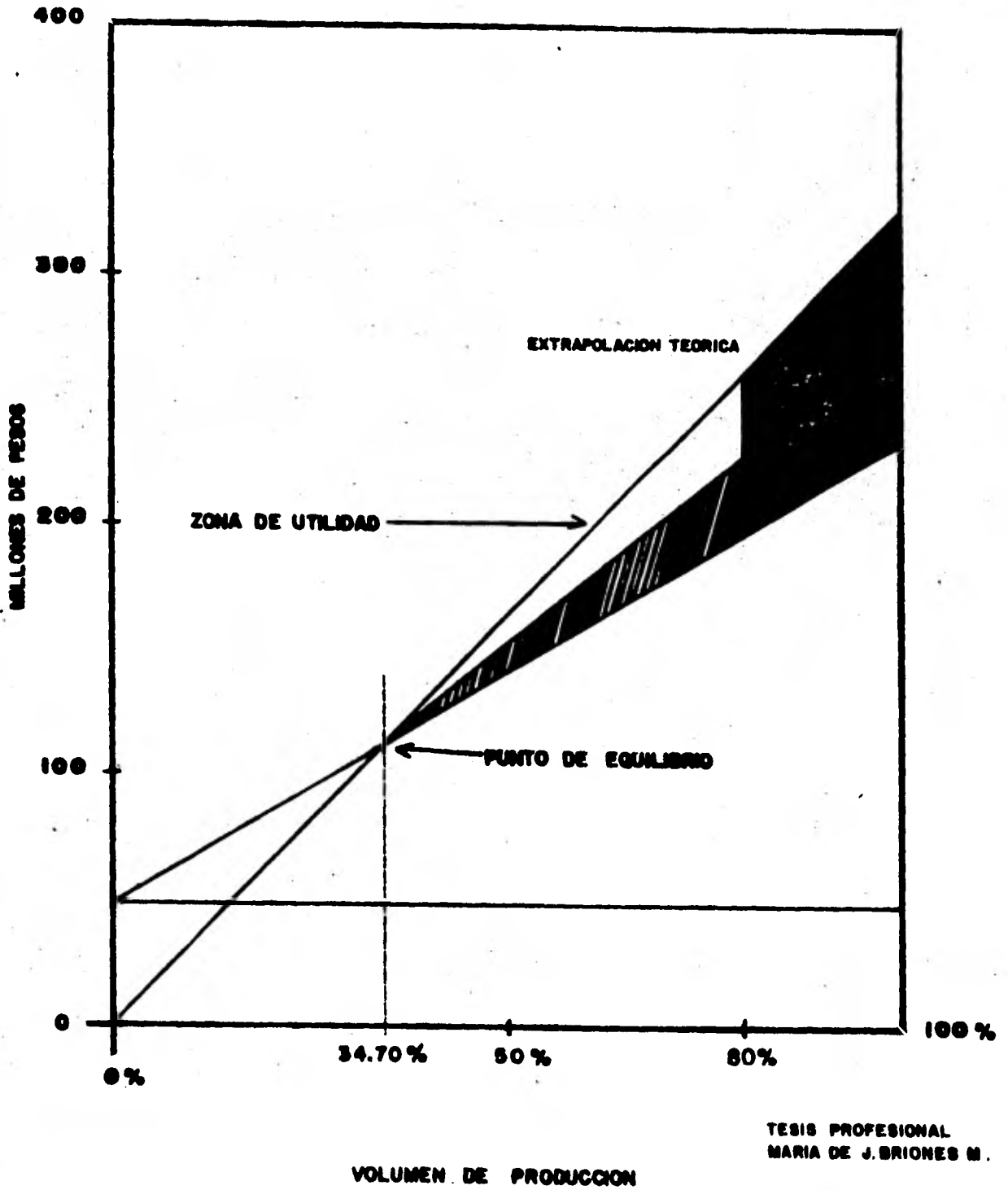
UTILIDAD BRUTA = 91'292,234.40 \$/año

UTILIDAD NETA = 45'646,117.20 \$/año

$$\text{neb} = \frac{48'506,166.64}{26.6283 - 15.1610} = 4'229,939$$

$$\text{Peb} = \frac{4'229,939}{12'191,000} = 34.70\%$$

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO ALTERNATIVA ■



Los datos obtenidos en los dos alternativas analizadas son :

CONCEPTO	ALTERNATIVA A	ALTERNATIVA B
F.O. punto de equilibrio (%)	32.63	34.70
F.O. máximo (%)	59.27	80.00
Costos Fijos anuales	45'619,112.64	48'506,166.64
Utilidad neta máxima	18'635,067.00	31'685,800.51
% de utilidad neta sobre las ventas máxima	9.68	12.20
Perfodo de recuperación de capital (años)	0.86	0.54

Comparando los resultados de la alternativa A y B se puede concluir que - la alternativa B es la mejor además de ser la única que permite lograr -- los objetivos planteados en el inicio de esta tesis.

Un aspecto que es importante mencionar, es que la alternativa B, tiene un punto de equilibrio mayor al de la alternativa A y además antes de llegar al F.O. de 59.27% presenta una zona de utilidad menor que la alternativa- A. Este comportamiento es debido a que la alternativa B, aunque es mejor que la A, tiene costos fijos anuales más altos, por lo que debe obtenerse una producción mayor al volumen esperado con un F.O del 59.27% para que - esta alternativa sea realmente mejor que la A.

CAPITULO IV

PROGRAMA DE IMPLANTACION

Para la ejecución y buen desarrollo de un proyecto, es muy importante hacer una óptima administración de los recursos humanos y financieros con que se cuenta. Para lograr esta optimización, es necesario tener un estricto control de todas las actividades que integran el proyecto, por lo tanto, antes del inicio de un proyecto es indispensable hacer una planeación y programación de dichas actividades.

La planeación y programación de un proyecto, consiste básicamente en hacer un desglose y secuencia lógica de todas las actividades que integran el proyecto, la cual debe incluir - el tiempo probable para su realización en forma individual y posteriormente el tiempo total probable para la ejecución completa del proyecto.

En el capítulo anterior en la alternativa B, se planteó un - conjunto de modificaciones operacionales que nos llevarían a cumplir un objetivo deseado, por lo tanto, esto implica que habrá necesidad de realizar una serie de actividades, que en conjunto es un proyecto que tendrá por nombre "OPTIMIZACION DE OPERACIONES EN UNA FABRICA DE PASTAS PARA SOPA".

Ahora bien, este capítulo tiene como objetivo mostrar la forma en que se realizará la planeación y programación del proyecto mencionado con anterioridad y al resultado de esto se le denominará programa de implantación o ruta crítica. Una vez que se obtenga este programa de implantación, quedarán cubiertas todas las etapas de este estudio, ya que, para obtener los objetivos planteados originalmente, bastará con poner en marcha este programa, vigilando que se cumpla tal y como se indica.

El primer paso para la planeación y programación del proyecto fue el de analizar si existía dependencia en el conjunto de modificaciones. En este análisis se observó que en lugar de las cuatro modificaciones operacionales planteadas en el proyecto solo existen tres, esto se debe a que, para eliminar el exceso del consumo de materia prima, es necesario reparar los instrumentos de medición de temperatura y esta reparación está incluida dentro de la serie de actividades para optimizar el estado mecánico de las líneas.

Resumiendo, las tres modificaciones operacionales que existen en forma independiente son:

- 1) Optimización del estado mecánico de las líneas
- 2) Transformación de las máquinas empacadoras para que puedan utilizar polietileno en lugar de celofán

3) Incremento de los precios de renta.

A continuación se muestra la lista de actividades necesarias, que según los expertos deben llevarse a cabo para realizar el proyecto:

a) Para la optimización del estado mecánico de las líneas y poder trabajar con un factor de operación del 80% será necesario:

- 1.- Revisión detallada del estado general en que se encuentra cada línea de producción.
- 2.- Elaboración de la lista de refacciones para llevar a cabo la reparación.
- 3.- Hacer inventario de las refacciones que existen en el almacén.
- 4.- Elaboración de la lista de refacciones faltantes en el almacén que siempre debe de existir.
- 5.- Compra de refacciones
- 6.- Reparación mecánica de la PL

- 7.- Reparación del equipo eléctrico de la PL
- 8.- Pruebas de producción de la PL
- 9.- Reparación mecánica de la PCI
- 10.- Reparación de equipo eléctrico de la PCI
- 11.- Pruebas de producción de la PCI
- 12.- Reparación mecánica de la PRI
- 13.- Reparación del equipo eléctrico de la PRI
- 14.- Pruebas de producción de la PRI
- 15.- Reparación mecánica de la PRII
- 16.- Reparación de equipo eléctrico de la PRII
- 17.- Pruebas de producción de la PRII
- 18.- Reparación mecánica de la PLII
- 19.- Reparación de equipo eléctrico de la PCII

20.- Pruebas de producción de la PCII

21.- Contratación de personal

22.- Arranque general

B) Para transformar las máquinas empacadoras para que puedan uti
lizar polietileno se requiere:

23.- Hacer una lista de las piezas que van a cambiarse

24.- Comprar las piezas que van a cambiarse

25.- Transformar la máquina PCS-I

26.- Hacer pruebas de empacado con la PCS-1 y poner en marcha

27.- Transformar la máquina PCD-1

28.- Hacer pruebas de empacado en la PCD-1 y poner en marcha

29.- Transformar la máquina PCD-2

30.- Hacer pruebas de empacado con la PC-2 y poner en marcha

31.- Transformar la máquina PD-I

32.- Hacer pruebas de empackado con la PD-1 y poner en marcha

33.- Transformar la máquina PD-2

34.- Hacer pruebas de empackado con la PD-2 y poner en marcha

C) Para el incremento en el precio de venta se requiere:

35.- Dar aviso al Departamento de ventas y comercialización -
de los nuevos precios de venta.

donde,

PL = Línea de producción de pasta larga (9.16 ton/dfa)

PLI = Línea de producción de pasta corta (11.52 ton/dfa)

PRI = Línea de producción de pasta roscada (11.52 ton/dfa)

PRII = Línea de producción de pasta roscada (13.40 ton/dfa)

PCII = Línea de producción de pasta corta (34.56 ton/dfa)

MATRIZ DE SECUENCIAS

Existen dos procedimientos para conocer la secuencia de las actividades:

a) Por antecedentes

b) Por secuencias

La Matriz de antecedentes indica que actividades deben quedar -- terminadas para ejecutar cada una de las que aparecen en la lista. Debe cuidarse que todas y cada una de las actividades tenga cuando menos un antecedente. En el caso de ser iniciales, la actividad antecedente será cero* (tabla IV-1).

La Matriz de secuencias indica que actividades deben hacerse al terminar cada una de las que aparecen en la lista. Para este efecto se deben presentar la matriz de secuencias iniciando con la actividad cero que sirve para indicar solamente el punto de partida de las demás (tabla IV-2)

*Ref. Bibl. 7

TABLA IV-1 MATRIZ DE ANTECEDENTES

ACTIVIDAD	ANTECEDENTES	ANOTACIONES
1	0	
2	1	
3	0	
4	3	
5	2,4	
6	5	6,9,12,15,18 similares
7	6	7,10,13,16,19 similares
8	7	8,11,14,17,20 similares
9	5	
10	9	
11	10	
12	5	
13	12	
14	13	
15	5	
16	15	
17	16	
18	5	
19	18	
20	19	
21	8,11,14,17,20	
22	21,26,28,30,32,34,35	ultima actividad
23	0	
24	23	
25	24	25,27,29,31,33 similares
26	25	26,28,30,32,34 similares
27	24	
28	27	
29	24	
30	29	
31	24	
32	31	
33	24	
34	33	
35	0	

TABLA IV-2 MATRIZ DE SECUENCIAS

ACTIVIDADES	SECUENCIAS	ANOTACIONES
0	1,2,23,35	
1	2	
2	5	
3	4	
4	5	
5	6,9,12,15,18	
6	7	6,9,12,15,18 similares.
7	8	7,10,13,16,19 similares.
8	21	8,11,14,17,20 similares.
9	10	
10	11	
11	21	
12	13	
13	14	
14	21	
15	16	
16	17	
17	21	
18	19	
19	20	
20	21	
21	22	
22	--	Ultima actividad
23	24	
24	25	
25	26	25,27,29,31,33 similares.
26	22	26,28,30,32,34 similares.
27	28	
28	22	
29	30	
30	22	
31	32	
32	22	
33	34	
34	22	
35	22	

MATRIZ DE TIEMPOS

Para el estudio de tiempos se requieren -tes cantidades estimadas por los expertos: El tiempo medio (M), el tiempo optimo (O) y el tiempo pésimo (P).

El tiempo medio (M) es el tiempo normal que se necesita para la ejecución de las actividades, basado en la experiencia personal del informador.

El tiempo óptimo (O) es el que representa el tiempo mínimo posible sin importar el costo o cuantía de los elementos materiales y humanos que se requieran; es simplemente la posibilidad física realizar la actividad en el menor tiempo.

El tiempo pésimo (P) es un tiempo excepcionalmente grande que pudiera presentarse ocasionalmente como consecuencia de accidentes, falta de suministros, retardos involuntarios, causas no previstas, etc.

Los tiempos anteriores servirán para promediarlos mediante la fórmula PERT obteniendo un tiempo resultante llamado ESTANDAR (T) que recibe la influencia del óptimo y pésimo a la vez.

$$T = \frac{O + 4M + P}{6}$$

El resultado de la información de los cálculos se presenta en la Tabla IV-3 matriz de tiempos.

TABLA IV-3 MATRIZ DE TIEMPOS

ACTIVIDADES	O(DIAS)	M(DIAS)	P(DIAS)	T(DIAS)
1	12	15	18	15
2	3	6	9	6
3	3	3	6	4
4	3	6	9	6
5	45	60	90	63
6	42	48	60	49
7	9	12	15	12
8	3	3	6	4
9	21	24	30	25
10	6	6	9	7
11	3	3	6	4
12	21	24	30	25
13	6	9	12	9
14	3	3	6	4
15	28	32	35	32
16	8	10	15	11
17	3	3	6	4
18	30	36	42	36
19	8	10	15	11
20	3	3	6	4
21	3	6	12	7
22	3	6	9	6
23	3	3	3	3
24	45	60	90	63
25	2	3	5	3
26	1	1	3	1
27	2	3	5	3
28	1	1	3	1
29	2	3	5	3
30	1	1	3	1
31	2	3	5	3
32	1	1	3	1
33	2	3	5	3
34	1	1	3	1
35	1	1	2	1

Tanto la matriz de antecedentes, secuencias y matriz de tiempos se reúnen en una sola llamada matriz de información que sirve para construir la red de medida (Tabla IV-4)

TABLA IV.4 MATRIZ DE INFORMACION

ACTIVIDAD	ANTECEDENTES	SECUENCIAS	T (DIAS)
0	-	1,2,23,35	
1	0	2	15
2	1	5	6
3	0	4	4
4	3	5	6
5	2,4	6,9,12,15,18	63
6	5	7	49
7	6	8	12
8	7	21	4
9	5	10	25
10	9	11	7
11	10	21	4
12	5	13	25
13	12	14	9
14	13	21	4
15	5	16	32
16	15	17	11
17	16	21	4
18	5	19	36
19	18	20	11
20	19	21	4
21	8,11,14,17,20	22	7
22	2,26,28,30,32,34,35	-	6
23	0	24	3
24	23	25	63
25	24	26	3
26	25	22	1
27	24	28	3
28	27	22	1
29	24	30	3
30	39	22	1
31	24	32	3
32	31	22	1
33	24	34	3
34	33	22	1
35	0	22	1

RED DE ACTIVIDADES

Se llama red a la representación gráfica de las actividades que muestran sus eventos, secuencias, interrelaciones y camino crítico. No solamente se llama camino crítico al método sino también a la serie de actividades contadas desde la iniciación del proyecto hasta su terminación, que no tienen flexibilidad en su tiempo de ejecución, por lo que cualquier retraso que sufriera alguna de las actividades de la serie provocaría un retraso en todo el proyecto.

Cada una de las actividades en la red se representa por una flecha que empieza en un evento y termina en otro. (fig. 1).

Se llama evento al momento de iniciación o terminación de una actividad. Se determina en un tiempo variable entre el más temprano y el más tardío posible, de iniciación o de terminación.

A los eventos también se les conoce con el nombre de nodos

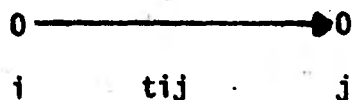


Fig.1

En los casos en que haya necesidad de indicar que una actividad tiene una interrelación o continuación con otra se dibujará una línea punteada llamada liga, que tiene duración de cero.



Fig.2

ALGORITMO PARA LA DETERMINACION DE LA RUTA CRITICA Y EL CALCULO DE TIEMPOS Y HOLGURAS *

Ahora se introducirán varios conceptos importantes en la de terminación algorítmica de la "Ruta Crítica" y de las "Holguras" de las actividades de la red de un proyecto. Dichos - conceptos se presentan en la tabla IV.5.

T A B L A IV.5

NOMBRE	SIGLA
Tiempo de inicio más pronto	TIP
Tiempo de inicio más lejano	TIL
Tiempo de terminación más próximo	TTP
Tiempo de terminación más lejano	TTL
Holgura total	HT
Holgura libre	HL
Duración de una actividad (tiempo estandar)	T
Nodo de inicio de una actividad	NI
Nodo de terminación de una actividad	NT

El tiempo de inicio más próximo de una actividad, es como - su nombre lo indica, el primer momento en que se puede iniciar una actividad, el cual no puede ser antes que el mayor de los tiempos de terminación más próximos de todas las ac-

tividades antecedentes inmediatos. Matemáticamente:

$$TIP_k = \max_{j \in A_k} \{ TTP \} \quad 1$$

Donde, TIP_k = tiempo de inicio más próxima a la actividad k
 $\max_{j \in A_j} \{ TTP_j \}$ = tiempo mayor del conjunto de tiempo de terminación más próximo de las actividades antecedentes de k .

El tiempo de terminación más próximo de una actividad (TTP), es igual a su tiempo de inicio, (TIP), más la duración de la actividad (t). Matemáticamente

$$TTP_k = TIP_k + t_k \quad 2$$

El tiempo de terminación más lejano (TTL), de una actividad, es el último momento en que podemos terminar una actividad sin que se retrase el proyecto total.

El tiempo de terminación más lejano (TTL), no puede ser más tarde que el menor de los tiempos de inicio más lejano de todas las actividades secuentes inmediatas de la actividad en cuestión. Matemáticamente.

$$TTL_k = \min_{l \in S_k} \{ TTL_l \} \quad 3$$

Donde, TTL_k = tiempo de terminación más lejano de la actividad k

$\text{Min}_{\text{les}} \{TIL_j\}$ = tiempo menor del conjunto de tiempos de iniciación más lejana de las actividades secuentes inmediatas de k.

El tiempo de inicio más lejano de una actividad es el tiempo de terminación más lejano menos la duración de la actividad. Matemáticamente

$$TIL_k = TTL_k - t_k$$

4

El concepto de Holgura total (HT), tiene el siguiente significado:

En un proyecto se puede retrasar "una" actividad aislada un tiempo igual a su holgura total sin que se retrase la duración total del proyecto.

Las actividades que tienen $HT = 0$ no pueden tener ningún retraso sin que se retrase el proyecto global, es decir son las actividades críticas. Estas actividades son precisamente las que forman la "Ruta Crítica", por lo que se puede definir la ruta crítica en dos formas:

a) "Es el camino más largo entre el principio y el fin del-

proyecto".

b) "Es el conjunto de actividades con holgura total nula".

Regresando a la "Holgura Total", si en el proyecto representado por la red alargamos el tiempo de ejecución de 2 ó más actividades simultáneamente en un valor igual al de su holgura total, entonces si se alargaría la duración del proyecto.

Esto se debe a que el concepto de HT, se refiere a lo que se puede alargar (atrasar), "una y solo una" actividad en la red y no varias actividades simultáneamente, pues al usar la HT de una actividad se afectan las holguras de las otras.

La forma de calcularse se hará con la siguiente expresión matemática.

$$HT_k = TIL_k - TIP_k = TTL_k - TIP_k \quad 5$$

Holgura Libre. Este concepto se refiere a la holgura de una actividad que no afecta a las holguras de otras actividades.

$$HL_k = HT_k - \min_{j \in S_k} \{ HT_j \} \quad 6$$

Donde, HL_k = Holgura libre de la actividad k.

$\min_{1 \leq k} \{ HT_j \}$ = es la holgura total menor del conjunto de -
las holguras totales de las actividades se-
cuentes de k.

Por lo tanto la Holgura Libre de las actividades se podrá -
utilizar en 2 o más actividades simultáneamente, sin que es
to afecte la duración del proyecto.

Ahora bien, con estos conceptos y seis fórmulas se determi-
nó el programa de ejecución del proyecto. Tabla IV.6.

T A B L A IV. 6
PROGRAMA DE EJECUCION DEL PROYECTO

No. Act.	Duración	TIP	TTP	TIL	TTL	HT	HL	
1	15	0	15	0	15	0	0	*
2	6	15	21	15	21	0	0	*
3	4	0	4	11	15	11	0	
4	6	4	10	15	21	11	11	
5	63	21	84	21	84	0	0	*
6	49	84	133	84	133	0	0	*
7	12	133	145	133	145	0	0	*
8	4	145	149	145	149	0	0	*
9	25	84	109	113	138	29	0	
10	7	109	116	138	145	29	0	
11	4	116	120	145	149	29	29	
12	25	84	109	111	136	27	0	
13	9	109	118	136	145	27	0	
14	4	118	122	145	149	27	27	
15	32	84	116	102	134	18	0	
16	11	116	127	134	145	18	0	
17	4	127	131	145	149	18	18	
18	36	84	120	98	134	14	0	
19	11	120	131	134	145	14	0	
20	4	131	135	145	149	14	14	
21	7	149	156	149	156	0	0	*
22	6	156	162	156	162	0	0	*
23	3	0	3	86	89	86	0	
24	63	3	66	89	152	86	0	
25	3	66	69	152	155	86	0	
26	1	69	70	155	156	86	86	
27	3	66	69	152	155	86	0	
28	1	69	70	155	156	86	86	
29	3	66	69	152	155	86	0	
30	1	69	70	155	156	86	86	
31	3	66	69	152	155	86	0	
32	1	69	70	155	156	86	86	
33	3	66	69	152	155	86	0	
34	1	69	70	155	156	86	86	
35	1	0	1	155	156	155	155	

* Actividades crfticas.

PROCEDIMIENTO PARA TRAZAR LA RED MEDIDA *

Para trazar la red medida se usa papel cuadrulado indicando en la parte superior la escala con la unidad de tiempo escogida en días. A continuación se inició la red dibujando las actividades que parten del evento cero y cada una de ellas se dibujó de tal manera que el evento final termine de acuerdo con la duración estándar en el tiempo indicado en la escala superior.

En virtud de que no deben dejarse eventos sueltos, se pusieron ligas entre los eventos sueltos.

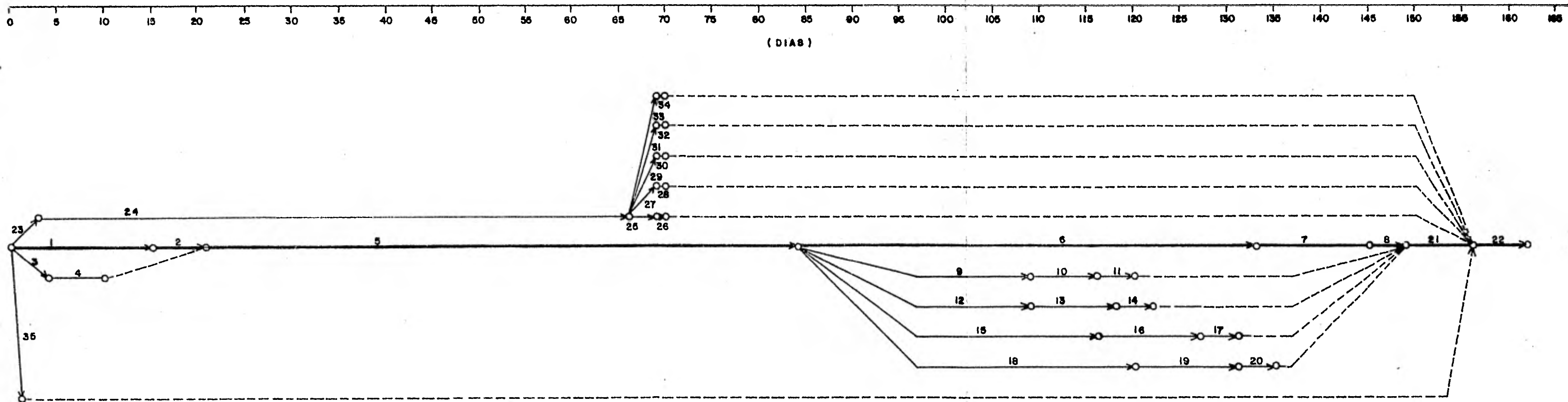
Debido a que no existe ninguna actividad posterior a la actividad terminal número 22, debe considerarse que al final de esta actividad el proyecto quedará totalmente concluido y el tiempo total de duración del mismo será de 162 días de acuerdo al resultado de construcción de la red medida (Fig. 3) y a la tabla IV.6.

En la fig. 3 se puede observar que las actividades críticas que deben ejecutarse en el tiempo estándar para que el proyecto no sufra ningún retraso son la 1,2,5,6,7,8,21 y 22.

* Ref. Bibl. 7

FIGURA 3

RUTA CRITICA PARA LA OPTIMIZACION DE OPERACIONES EN UNA FABRICA DE PASTAS PARA SOPAS



RED DE VENCIMIENTOS SUCESIVOS *

Debido a que los tiempos de las actividades del proyecto -- son muy desproporcionados entre sí, la red anterior (fig. 3) resultó demasiado extensa e impropia para la lectura, por lo que hay que suprimir de la escala superior aquellos tiempos que no tengan significado especial, dejando sólo los -- tiempos de iniciación o terminación de las actividades. A esta red se le llama de "vencimientos sucesivos" y en la escala superior se anotan sólo los vencimientos representados por las cantidades acumuladas de tal manera que los eventos j de cada actividad coincidan con el vencimiento respectivo. (fig. 4).

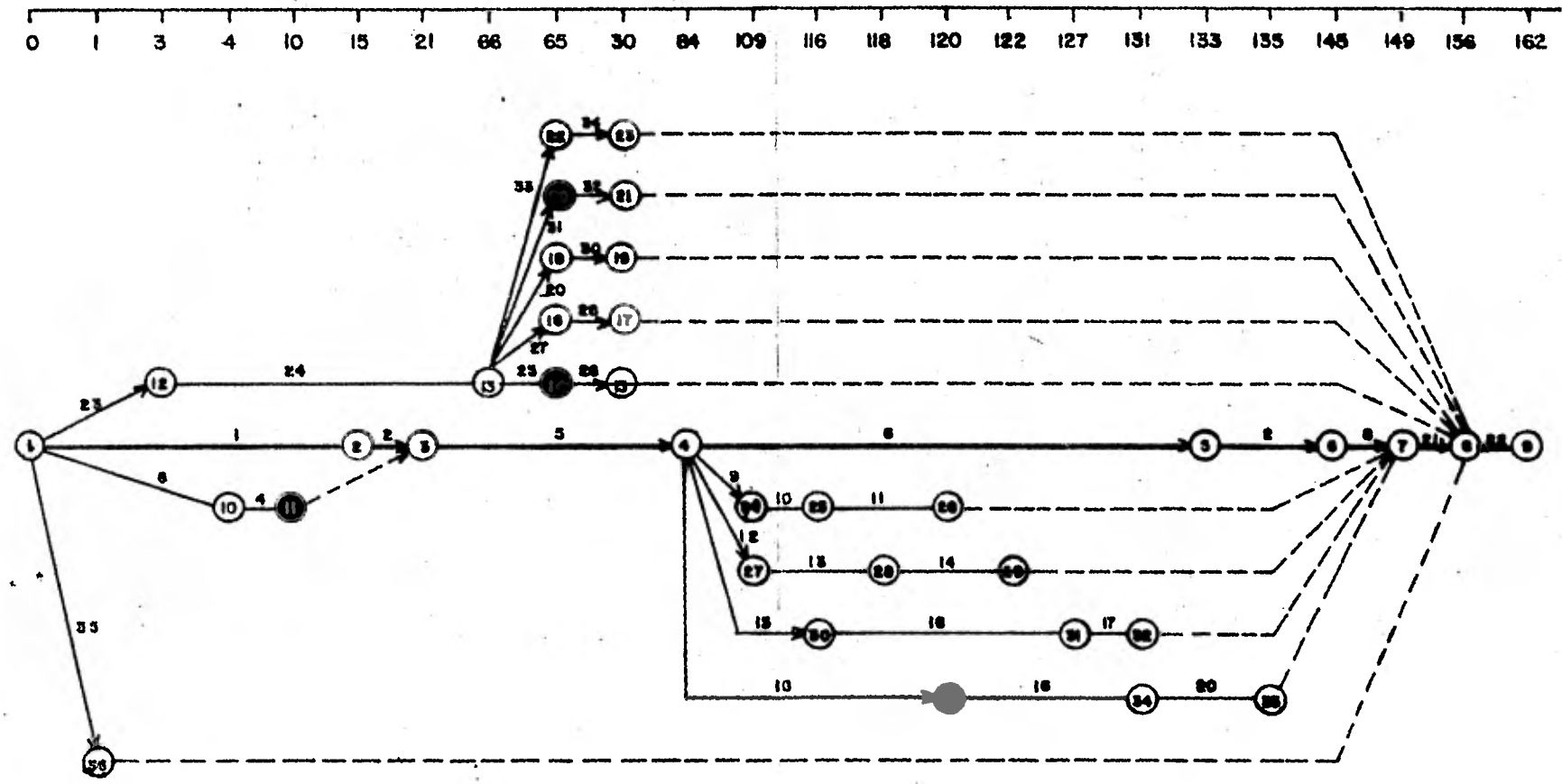
En los dos casos, para construcción de las figs. 3 y 4 se -- utilizaron los tiempos de inicios y terminación más próxi-- mos, aunque esto no significa que para la construcción no -- se puedan utilizar los tiempos de inicio o terminación más-- largos, o en dado caso utilizar las holguras libres, ó totales. Esto se hace generalmente cuando se desea hacer una nivela-- ción de recursos, la cual en este caso no se va a analizar-- porque implica tener que profundizar mucho en el método del camino crítico el cual es muy extenso, y esto no entra den-- tro de los objetivos de esta tesis,

* Ref. B(b). 7

FIGURA 4

RED DE VENCIMIENTOS SUCESIVOS

(DIAS)



CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1.- Las pastas para sopa son productos alimenticios elaborados básicamente por el mezclado homogéneo de sémola y agua.
- 2.- La Fábrica de Pastas para Sopa objeto de este estudio, está registrando pérdidas del orden de veintinueve millones de pesos al año.
- 3.- Las causas básicas del problema son:
 - 3.1.- El volumen de producción que se está obteniendo, es -- muy bajo con respecto a la capacidad instalada, debido a que existe un elevado porcentaje de tiempo improductivo ocasionado por:
 - a) Paros frecuentes originados por fallas mecánicas en las líneas de producción, debido al deficiente mantenimiento correctivo y preventivo actual.
 - b) Una línea de producción se encuentra fuera de servicio por las mismas causas expuestas en el inciso(a.)
 - c) Bajo factor de operación programado.
 - d) Falta de capacitación del personal que opera la fábrica.

3.2.- Exceso de personal contratado, ocasionado por la razón expuesta en el inciso(3.1.b.)

3.3.- Desviación en la norma establecida por control de calidad con respecto a la humedad final del producto, - que ocasiona un exceso en el consumo de materia prima debido a la falta de control de temperatura en la zona de secado.

3.4.- Utilización de polietileno y celofán como materiales de empaque con costos muy diferentes y precios de venta iguales en ambas presentaciones.

3.5.- Precios de venta muy inferiores al precio máximo autorizado por la SECOM.

4.- Es posible abatir las pérdidas y lograr los objetivos planteados en la introducción de esta tesis, si se efectúan las modificaciones operacionales propuestas en la alternativa B, - estas modificaciones son:

4.1 Optimizar el estado mecánico de las líneas de producción, para obtener la producción de acuerdo a la capacidad real de la fábrica, con un factor de operación del 80%, trabajando en forma continua.

4.2 Reparar los instrumentos medidores de temperatura, para poder eliminar el exceso que existe en el consumo de materia prima.

4.3 Transformar las máquinas empacadoras, para que puedan utilizar polietileno en lugar de celofán.

4.4 Incrementar los precios de venta.

5.- No es conveniente eliminar el exceso de mano de obra contratada actualmente, si se piensa poner en marcha las modificaciones operacionales propuestas en el punto 4 (ver alternativa de solución al problema 3, Cap.III).

6.- Los resultados que se obtendrían al poner en marcha las modificaciones operacionales de la alternativa B son:

6.1 Utilidad neta máxima del 12.2% sobre las ventas, esto equivale a \$ 31'685,800.52 al año.

6.2 Punto de equilibrio con un factor de operación del 34.70%.

7.- La inversión inicial necesaria para poder efectuar el proyecto de la alternativa B, es de \$ 19'240,000.00 más \$ 2'887,056.00 al año por concepto de mano de obra que se requerirá contratar para poder operar con un factor de 80%.

8.- El tiempo necesario para poder llevar a cabo todo el proyecto es de 162 días.

- 9.- Las actividades críticas del proyecto son la 1,2,5,6,7 y 8.

- 10.- La actividad más inmediata y que representaría automáticamente una disminución en las pérdidas del orden de -- \$ 15'000,000.00 al año, es el incremento de los precios de venta del producto, al precio máximo autorizado por - SECQM.

Por las conclusiones anteriores se recomienda:

- 1.- Efectuar las modificaciones operacionales propuestas en la alternativa B, para eliminar las pérdidas y hacer rentable la fábrica de pastas para sopa que dió origen a este estudio.

- 2.- Tener un estricto control en todas las actividades necesarias para efectuar las modificaciones operacionales -- propuestas en la alternativa B y tratar de apegarse lo - mas posible al programa de implantación del Capítulo IV, a fin de evitar desviaciones en el proyecto, que podrían, traer como consecuencia que no se logaran los objetivos deseados, y/ó que no se cumplan dichos objetivos en el - tiempo estimado, provocando a su vez gastos mayores.

3.- Incrementar inmediatamente los precios.

A P E N D I C E

TABLA 1.- CONSUMO PER-CAPUT DE PASTAS PARA SOPA

TABLA 2.- PRINCIPALES PRODUCTORES DE PASTAS EN MEXICO.

TABLA 3.- VALOR DE LA PRODUCCION EN MEXICO

TABLA 4.- PRODUCCION NACIONAL DE PASTAS PARA SOPA

TABLA 5.- PROYECCION DE LA DEMANDA.

TABLA 6.- IMPORTACION DE PASTAS PARA SOPA.

APENDICE

T A B L A 1 *

CONSUMO APROXIMADO PER-CAPUT DE PASTAS PARA SOPA

PAIS	KG.	PAIS	KG.
Italia	29.51	E.U.	3.63
Argentina	12.26	Australia	3.18
Libia	12.25	Austria	3.18
Suiza	11.80	Checoslovaquia	2.72
Chile	10.90	Alemania	2.72
Túnez	9.99	Yugoeslavia	2.27
Venezuela	9.99	Marruecos	2.27
Portugal	6.81	Bélgica	1.82
Grecia	6.36	Holanda	1.82
Perú	6.36	Egipto	1.36
España	6.36	Finlandia	1.26
Francia	5.45	Suecia	0.91
Brasil	4.09	Inglaterra	0.45
Algeria	3.63	Noruega	0.45
Canadá	3.63	Sud-Africa	0.45
México	3.63	Dinamarca	0.23

de Wheat Chemistry
technology Capítulo 15

* Ref. Bib. 1

T A B L A 2

PRINCIPALES PRODUCTORES DE PASTAS EN MEXICO *

RAZON SOCIAL	LOCALIDAD
Galletera Mexicana, S.A.	Monterrey, N.L. CD. Obregón, Son.
Productos de Trigo, S.A.	Guadalajara, Jal.
Nabisco Famosa, S.A.	México, D.F. Guadalajara, Jal.
Lance Hermanos, S.A.	México, D.F. Guadalajara, Jal.
Gómez Cuétara, S.A.	México, D.F.
Galletas y Pastas Martínez	Monterrey, N.L.
Industrias de Córdoba, S.A.	Córdoba, Ver.
Productos de Harina, S.A.	Mérida, Yuc.
Galletera de Puebla, S.A.	Puebla, Pue.
Productos Lara, S.A.	México, D.F.
Galletas y Pastas de Tijuana	Tijuana, B.C.
Galletera La Italiana, S.A.	Puebla, Pue.
La Moderna, S.A.	Toluca, Méx.
Mac Ma, S.A.	México, D.F.
Iconsa, S.A.	Tultitlán, Edo de Méx.
La Romana, S.A.	Hermosillo, Son.
La Moderna Aurora	C. Juárez, Chih.
La Fortuna, S.A.	Irapuato, Gto.
GALESA	León, Gto.
Pastas Duarte	Torreón, Coah.
Pastas Ponas	Torreón, Coah.

RAZON SOCIAL

LOCALIDAD

Pastas Adriana	Culiacán, Sin.
Ripasta, S.A.	México, D.F.
Productos del Sureste	Mérida, Yuc.
La Unión, S.A.	México, D.F.
La Aurora	México, D.F.
La Perfección	Pachuca, Hgo.
Pastas Cora	México, D.F.
Pastas Rex	México, D.F.
Trigoni, S.A.	México, D.F.
Productos Huerta	Tlaxcala, Tlax.
Productos Rami	México, D.F.
Nutripasta	México, D.F.

* Investigación Directa

APENDICE

T A B L A 3

VALOR DE LA PRODUCCION EN MEXICO

AÑO	MILES DE PESOS
1977	950,428
1978	1'036,784
1979	1'224,024
1980	1'332,486 <u>2/</u>

FUENTE: 1/ Secretaría de Programación y Presupuesto.
(Coordinación General de los Servicios Nacionales
de Estadística, Geografía e Informática)

2/ Inferido a 12 meses en base al real (enero-abril)
reportado por la S.P.P.

APENDICE

T A B L A 4
PRODUCCION NACIONAL DE PASTAS PARA SOPA

AÑO	VOLUMEN (Toneladas)
1970	84,879
1971	88,173
1972	95,929
1973	110,006
1974	111,968
1975	104,980
1976	119,083
1977	125,756
1978	128,932
1979	135,265 <u>2/</u>
1980	133,375 <u>3/</u>

FUENTE: 1/ Dirección General de Estadística S.I.C. 1970-1977

2/ Proyección, Dirección General de Productos Básicos, SECOM.

3/ Inferido a 12 meses, en base a la producción real (abril-diciembre), reportada por Industria al Inventario Nacional de productos básicos.

APENDICE

T A B L A 5
PROYECCION DE LA DEMANDA

AÑO	VOLUMEN
1981	225
1982	235
1983	250
1984	265
1985	280

FUENTE: 1) Diario Oficial del 27 de abril de 1981. (Tasa de crecimiento 5.5%)

APENDICE

T A B L A 6
IMPORTACION DE PASTAS PARA SOPA

AÑO	TON.
1970	7.3
1971	10.8
1972	13.7
1973	24.0
1974	10.8
1975	17.1
1976	3.5
1977	25.6
1978	16.4
1979	34.6

FUENTE: Anuarios de Comercio Exterior, S.P.P.
Serie Productos Básicos 1. Alimentos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- _____. Apuntes Curso, International Grains Program, Kansas State University, Kansas, U.S.A., Marzo 1980.
- 2.- Coss Bu, Raúl, Análisis y Evaluación de Proyectos de Inversión, Depto. de Ingeniería Industrial, ITESM, Monterrey, N.L., México 1979.
- 3.- _____. Diario Oficial, México D.F., 27 de Abril 1981.
- 4.- _____. Estadística Industrial Mensual, Dirección General de Estadística, Secretaría de Programación y Presupuesto, México, D.F., 1977, 1978, 1979, 1980.
- 5.- Kepner y Tregoe, El Directivo Racional, Mc. Graw Hill de México, D.F. 1979.
- 6.- _____. Ley Federal del Trabajo, 3a. Ed., Editorial Popular de los Trabajadores, México, D.F. 1980.
- 7.- Montaña, Agustín, Iniciación al Método del Camino Crítico, 2a. reimp., Ed. Trillas, México, D.F. 1974.
- 8.- _____. Serie de Productos Básicos, 1. Alimentos, Presidencia de la Republica Coordinación General de Productos Básicos, México, D.F., Enero 1981.

- 9.- Uriega Torres, Carlos, Análisis Económico de Proyectos de Ingeniería, Centro de Educación Continua, División de Estudios Superiores, Fac. de Ingeniería, UNAM, México, D.F..
- 10.- Vega Ramirez, Heladio, Teoría de Redes, Integración y Desarrollo de Recursos Humanos, México, D.F., Junio 1981.