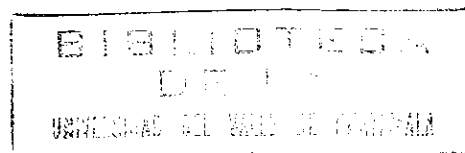


UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Ingeniería Industrial

**ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD
DE LA AUTOMATIZACIÓN
DE UNA LÍNEA DE ENVASADO DE MAYONESA**



Carlos Antonio Wohlers Soto

**Guatemala
2002**

**ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD
DE LA AUTOMATIZACIÓN
DE UNA LÍNEA DE ENVASADO DE MAYONESA**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de ingeniería Industrial

**ANÁLISIS DE LA RENTABILIDAD
DE LA AUTOMATIZACIÓN
DE UNA LÍNEA DE ENVASADO DE MAYONESA**

Carlos Antonio Wohlers Soto

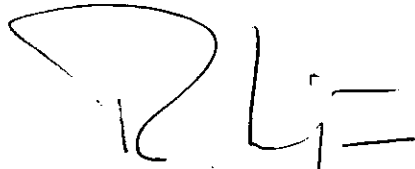
**Trabajo de investigación presentado
para optar al grado de académico de**

LICENCIATURA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

Guatemala
2002

Vo. Bo :


(f)



Ing. Rodrigo Luján

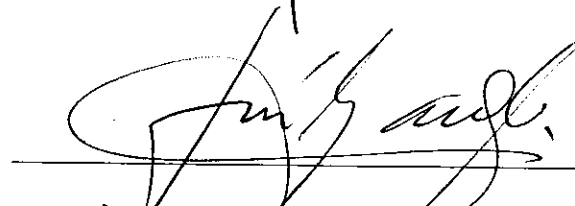
Tribunal :

(f)



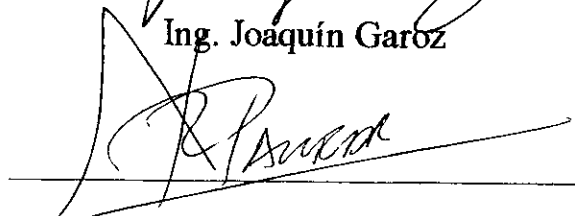
Ing. Rodrigo Luján

(f)



Ing. Joaquín Garbó

(f)



Ing. Carlos Paredes

Fecha de aprobación:

Agradezco y Dedico esta investigación

A Dios: por darme la vida y un sentido de existir.

A mis padres: por su apoyo y comprensión incondicional.

A Paty y a mi familia: por su apoyo y consejo.

A mis abuelos: por su cariño y consejos.

A mis amigos: por su apoyo.

A Walter Fischer Bischof: por la confianza depositada en mí.

CONTENIDO

	Página
INDICE _____	vii
LISTA DE CUADROS _____	viii
LISTA DE GRÁFICOS _____	xiii
RESUMEN _____	xiv
I. INTRODUCCIÓN _____	1
II. ENFOQUE DE LA EMPRESA _____	3
III. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DEL PRODUCTO _____	4
IV. JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGIA _____	17
V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO _____	19
VI. DESCRIPCIÓN DEL ENVASE _____	20
VII. PROCESO DE ENVASADO ACTUAL _____	22
VIII. PRESENTACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS A SEGUIR _____	49
IX. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN "BALANCEAR LÍNEA" _____	50
X. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN "MODIFICAR LÍNEA" _____	58
XI. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN "AUTOMATIZAR LÍNEA" _____	75
XII. ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS DIFERENTES OPCIONES _____	88
XIII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES _____	99
XIV. BIBLIOGRAFÍA _____	102

LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Identificación del producto según características del mercado _____	4
2. Condiciones influyentes en constantes de alisamiento α _____	11
3. Condiciones influyentes en constantes de alisamiento β _____	12
4. Valores de constantes de alisamiento utilizadas _____	13
5. Datos utilizados para calcular las constantes del año 2001 _____	14
6. Resultados de desviación media absoluta (MAD) a partir del proceso de simulación _____	15
7. Pronóstico de la demanda para los años 2002-2012 _____	16
8. Clave de equipo diagramado (línea actual) _____	23
9. Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios (línea actual) _____	27
10. Tiempo estándar en segundos(línea actual) _____	34
11. Tiempo de operación según distribución actual y tiempo estándar admitido _____	37
12. Costo / año de material de empaque (línea actual) _____	39
13. Proyecciones del costo / año del material de empaque (línea actual) _____	40
14. Salario anual de los operarios (línea actual) _____	41
15. Total de días laborados en línea (línea actual) _____	42

16. Proyecciones del costo / año de mano de obra (línea actual)_____	42
17. Costo de energía eléctrica por día (línea actual) _____	43
18. Proyecciones del costo / año de energía eléctrica (línea actual)_____	44
19. Salario del mecánico / año (línea actual)_____	45
20. Proyecciones del costo / año de mecánico (línea actual)_____	45
21. Costo de repuestos/ año (línea actual)_____	46
22. Proyecciones del costo / año de repuestos (línea actual)_____	46
23. Proyecciones del costo / año de mantenimiento (línea actual)_____	47
24. Resumen de costos / año y proyecciones (línea actual)_____	48
25. Operarios asignados por operación (línea balanceada) _____	52
26. Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios (línea balanceada)_____	53
27. Fracción anual laborada en línea (línea balanceada)_____	56
28. Sueldo anual de los operarios (línea balanceada)_____	56
29. Resumen de proyecciones de costos (línea balanceada)_____	57
30. Tiempo estándar estimado para la línea modificada en base al tiempo estándar de la línea actual (en segundos) _____	62
31. Operarios asignados por operación (línea modificada)_____	64
32. Relación entre las operaciones de proceso de envasado y los operarios (línea modificada)_____	64

33. Clave del equipo diagramado (línea modificada) _____	65
34. Costos de material de empaque (línea modificada) _____	67
35. Proyecciones del costo /año de material de empaque (línea modificada) _____	68
36. Total de días necesarios en línea al mes (línea modificada) _____	69
37. Costo / año de mano de obra (línea modificada) _____	69
38. Costo de energía eléctrica (línea modificada) _____	70
39. Proyecciones del costo / año de energía eléctrica (línea modificada) _____	71
40. Proyecciones del costo /año del mecánico (línea modificada) _____	72
41. Costo / año de repuestos (línea modificada) _____	72
42. Proyecciones de costo / año de repuestos (línea modificada) _____	73
43. Proyecciones de costo / año de mantenimiento (línea modificada) _____	73
44. Resumen de costos /año y proyecciones (línea modificada) _____	74
45. Tiempo estándar en segundos (línea automatizada) _____	77
46. Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios (línea automatizada) _____	78
47. Costo / año de material de empaque (línea automatizada) _____	91
48. Proyecciones del costo año del material de empaque (línea automatizada) _____	92

49. Total de días necesarios en esta línea al mes (línea automatizada)_____	93
50. Proyecciones del costo / año de mano de obra (línea automatizada)_____	93
51. Costo de energía eléctrica (línea automatizada)_____	84
52. Costo / año energía eléctrica (línea automatizada)_____	85
53. Salario / año de mecánico (línea automatizada)_____	86
54. Proyecciones del costo / año repuestos (línea automatizada)_____	86
55. Proyecciones del costo /año de mantenimiento (línea automatizada)_____	87
56. Resumen de las proyecciones de costo / año (línea automatizada)___	87
57. Inversiones iniciales en los diferentes proyectos _____	89
58. Costos de operación / año de las diferentes opciones _____	90
59. Flujo de efectivo de la opción “ mantener línea” _____	91
60. Flujo de efectivo de la opción “ balancear línea” _____	92
61. Flujo de efectivo de la opción “ modificar línea” _____	93
62. Flujo de efectivo de la opción “ automatizar línea” _____	94
63. Resumen de flujo de efectivo de las diversas opciones _____	95
64. Valores presentes de todos los flujos trasladados al año 2002 _____	95
65. Tasas internas de retorno de cada proyecto _____	95

66. Análisis incremental _____	95
67. Variación de TIR en función de volúmenes de ventas, precios y costo de material de empaque(línea modificada) _____	96
68. Variación de TIR en función de volúmenes de ventas, precios y costo de material de empaque(línea automatizada) _____	96

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Ilustración	Página
1.	Gráfica 1 “Demanda de cajas de mayonesa en presentación 16 / 900g. _____	7
2.	Gráfica 2 “Comparación entre demanda promedio real y demanda promedio pronosticada” _____	15
3.	Diagrama 1 “Elaboración general del producto” (método actual) _____	19
4.	Diagrama 2 “Estructura del producto actual” _____	20
5.	Diagrama 3 “Ubicación del equipo en la línea actual” _____	24
6.	Diagrama 4 “Distribución de los operarios en las diversas operaciones” _____	28
7.	Diagrama 5 “Proceso actual de envasado de producto en bolsa plástica 900 g.” _____	29
8.	Diagrama 6 “Distribución de los operarios en las diversas operaciones (línea balanceada) _____	54
9.	Diagrama 7 “Distribución de los operarios en las diversas operaciones (línea modificada) _____	65
10.	Diagrama 8 “Distribución de los operarios en las diversas operaciones (línea automatizada) _____	78
11.	Gráfica 3 “Variación de TIR en función de volúmenes de ventas, precio, costo del material de empaque para la opción modificar _____	97
12.	Gráfica 4 “Variación de TIR en función de volúmenes de ventas, precio, costo del material de empaque para la opción automatizar _____	98

RESUMEN

La optimización de los procesos de una industria es un punto de vital importancia para permitirle a la misma competir al brindar un producto de alta calidad, a un precio accesible para sus clientes.

Esta investigación busca la optimización de un proceso de envasado de productos alimenticios líquidos de alta densidad en presentación de 900 g. en bolsa plástica, entre los cuales se encuentra la mayonesa, en la que se basa la investigación.

Actualmente esta línea no tiene un desempeño adecuado y como resultado presenta acumulación de producto y un fuerte requerimiento de personal. Como primer punto se busca evaluar el caso y posteriormente analizar posibles soluciones, en búsqueda de eficiencia y rentabilidad para la empresa.

El período de estudio es de 10 años (2002-2012) durante el cual, al utilizar el método de línea recta es posible depreciar cualquier maquinaria adquirida.

Las opciones estudiadas van desde un simple balance de línea, pasan por una modificación de la línea hasta llegar a la automatización del proceso de envasado. El estudio de cada opción se basa en los siguientes aspectos: pronósticos de la demanda para un período de 10 años (2002-2012), tasa de producción, costos anuales de operación e indicadores financieros.

Para realizar la elección de la mejor opción además de los aspectos de carácter técnico y financiero ya mencionados, se toman en cuenta otros más subjetivos pero muy importantes tales como la presentación del producto, la resistencia del cliente al cambio, la confianza del cliente en el producto y la aceptación de un envase innovador.

Al analizar todos los factores en una forma integral se presentan las conclusiones y recomendaciones y se propone como primer punto realizar un balance de la línea y posteriormente en el año 2003 llevar a cabo uno de los otros dos proyectos.

Se deja claro que al considerar únicamente los resultados numéricos obtenidos a partir de los cálculos realizados, la opción modificar la línea es la más rentable, pero deberían considerarse otros aspectos antes de tomar la decisión.

Según datos numéricos obtenidos, la opción automatizar no es tan rentable como la opción modificar, pero presenta las ventajas de un envase innovador y evita la manipulación del producto por parte del personal. Se recomienda a la empresa llevar a cabo un estudio de mercado para determinar qué tan sensible sería el cliente al nuevo empaque, y poder de esta forma evaluar la opción automatizar de una forma más completa, para tomar la decisión final.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente con las corrientes de globalización y la apertura de mercados se crea una oportunidad para las empresas guatemaltecas de poder llevar sus productos a nuevos mercados y de esta forma aumentar sus ventas. Sin embargo, al mismo tiempo se presenta la amenaza de ser excluido incluso del mercado en el que ya se tiene una posición definida. Es importante notar que ya no se compite solamente con empresas nacionales y por lo tanto se desconoce qué estrategias serán utilizadas por los nuevos competidores.

En este entorno cobra sentido esta investigación, cuya finalidad es optimizar el proceso de envasado en la presentación de 900 g. de productos líquidos de alta densidad en la rama alimenticia. Es importante hacer notar que un proceso eficiente debe ser al mismo tiempo rentable, para que sea considerado como una buena opción para la empresa que lo está evaluando.

Un proyecto que fuera considerado solamente en términos de costos y eficiencias, excluiría factores más subjetivos que son de vital importancia para su correcto funcionamiento y es por eso que para la evaluación se consideran también aspectos de mercadeo, de comportamiento humano, económicos, y financieros.

Para llevar a cabo esta investigación se partió del conocimiento de los objetivos de la empresa. Esto permitió enfocar el estudio de tal forma que fuera una herramienta de apoyo para alcanzar las metas de la empresa.

Se determinó que era necesario tener conocimiento de cuatro aspectos:

El primero, encontrar un proceso en el que la empresa pudiera tener una deficiencia que le dificultara cumplir con sus objetivos. El segundo, conocer este proceso tanto individualmente como de forma integral respecto a otros procesos productivos. El tercero, conocer una estimación de lo que se le exigirá al proceso en el futuro. Y el cuarto, proporcionar diversas opciones para encontrar la mejor solución de acuerdo a las exigencias que se estiman para el proceso en el futuro.

Se determinó que la línea de envasado de 900 g. presenta acumulación de producto y paros, así como la necesidad de 13 operarios para su funcionamiento, lo cual representa el 37 % de las 35 personas asignadas a la planta de producción. Además se comprobó que la demanda de este producto ha presentado regularmente una tendencia al alza y al analizar diferentes aspectos del mercado se encontró que el mercado presenta oportunida-

des para que el crecimiento en las ventas del producto siga en desarrollo. Debido a estas características se decidió llevar la investigación a cabo sobre esta línea de envasado.

Se consideró que para no castigar ninguna opción que requiriera una inversión inicial en maquinaria era prudente evaluar el proyecto durante un período de 10 años, durante el cual la maquinaria adquirida se devaluaría totalmente y se utilizaría el método de depreciación de línea recta. Además en esta forma se evitaba incurrir en incertidumbres respecto al valor de rescate del equipo y al hecho que éste pudiera ser vendido a otra empresa en el momento deseado.

Se utilizó el modelo de *Alisamiento exponencial con consideración de tendencia* (TEF, trend-Enhanced Forecast) para realizar un pronóstico de la demanda. Para fortalecer el modelo se implementó un modelo auxiliar basado en aspectos del comportamiento humano, amenazas y oportunidades del mercado y económicos.

El objetivo de esta implementación fue basar el pronóstico sobre condiciones más objetivas y reducir así la inexactitud en los resultados provocada por la subjetividad que puede darse en la ponderación de variables de apreciación.

Se hizo un estudio técnico de la situación actual para determinar los tiempos estándares de todas las operaciones del proceso y a partir de ello calcular la tasa anual de producción, el costo de operación y el porcentaje de eficiencia del cual se obtuvo un valor de 62%. Este porcentaje se considera insatisfactorio. Se evaluaron bajo los mismos factores las siguientes tres opciones mutuamente excluyentes como posibles mejoras a la línea de envasado: balancear la línea, modificarla, automatizarla. Con los datos obtenidos se llevó a cabo un análisis financiero para obtener indicadores que sirvieran para determinar la rentabilidad de cada opción. Se discutieron los resultados numéricos así como los de aspecto mercadotécnico y se presentaron conclusiones y recomendaciones.

II. ENFOQUE DE LA EMPRESA

A. Objetivo de la Empresa a mediano plazo

1. Permanecer en el mercado y ser reconocida como una empresa sólida, innovadora y poseedora de productos de la más alta calidad.
2. Aumentar las ventas de sus productos.
3. Aumentar el nivel de calidad de la atención al cliente prestada por la empresa.

B. Estrategias para cumplir con el objetivo

1. Expandirse en el mercado centroamericano a los siguientes países:
 - a. Salvador (actualmente ya se tiene presencia en el mercado).
 - b. Honduras (Se está iniciando la penetración del mercado).
2. Aumentar el consumo al detalle en Guatemala por medio de la creación de agencias de ventas a minoristas en los siguientes puntos:
 - a. Ciudad capital. Se tiene actualmente una agencia de ventas a minoristas, pero se espera que ésta aumente sus ventas cuando esté completamente estructurada.
 - b. Mazatenango (se está implementando).
 - c. Santa Lucía Milpas Altas.
 - d. Escuintla.

III. ANÁLISIS DE LA DEMANDA DE PRODUCTO PRESENTACIÓN 16/900 g.

Cuadro 1
Identificación del producto según características de mercado

Características	Clasificación
Tipo de producto	Consumo alimenticio
Tipo de Demanda	Dependiente : Se consume como ingrediente o complemento de platos más elaborados como: aderezos, emparedado, pastas.
Canales de distribución	Supermercados, depósitos mayoristas y en menor porcentaje tiendas y abarroterías
Consumidor final	Amas de casa de 23 a 44 años con familias constituidas de 3 a 5 personas comprendidas en las clases sociales C(-), C(+) y B
Frecuencia de compra del producto	Quincenalmente

A. Descripción de las oportunidades y amenazas del mercado

1. Oportunidades:

a. Población joven

La edad promedio de la población guatemalteca que es donde se encuentra el núcleo de las ventas es de 17 años¹. Por lo tanto un buen número de compradores potenciales encajarán en el perfil del cliente para el producto en un plazo de 6 años.

b. Aumento poblacional

El índice demográfico del área donde se vende el producto (Guatemala Honduras y el Salvador) presenta un crecimiento anual de 519095² personas. Esto representa una aumento en el tamaño de las familias así como el surgimiento de nuevas familias. Y por lo tanto refuerza el número de compradores que encajan dentro del perfil del cliente.

¹ Fuente : I.N.E.

² Fuente : almanaque mundial 2002

c. Aceptación

Si se logra crear una buena aceptación debido a su calidad y un buen servicio, es posible lograr una penetración mayor en los nuevos mercados. Esto dependerá de la calidad del servicio así como de las cualidades del producto.

d. Incremento de clientes fieles

Al crear relaciones estables con clientes sólidos, es posible mantener estas relaciones y lograr un consumo regular del producto.

2. Amenazas

a. Surgimiento de competencia

Con la apertura de mercados debida al TLC con Norte América se tendrá el ingreso al mercado centroamericano de varias marcas con este mismo producto. Ya se ha dado que en la etapa inicial estas empresas absorben pérdidas para ganar la preferencia del cliente al ofrecer un precio más bajo, así como empaques y créditos atractivos. La empresa se verá obligada a optimizar procesos con el objetivo de reducir costos sin sacrificar calidad y a innovar continuamente para retener su posicionamiento en el mercado.

b. Disminución en el poder adquisitivo de los clientes

Actualmente Guatemala presenta un alto índice de desempleo el cual puede agravarse en el próximo año, además deben tomarse en cuenta los bajos precios del café. Estos factores golpean fuertemente la economía familiar de los consumidores que encajan en el perfil del cliente.

Debido a que el producto de la empresa no es de primera necesidad, su consumo es sensible al ingreso per cápita de los habitantes de la región.

El factor climatológico también juega un papel importante. Se espera para los próximos años una incertidumbre climática con lo que se pueden ver afectadas las áreas agrícolas, lo que repercutiría en el poder adquisitivo de las personas del área rural.

c. Incremento del tipo de cambio

Para la producción se utilizan insumos importados, por lo tanto no es beneficioso para la empresa un aumento muy drástico en el tipo de cambio ya que podría forzar un aumento del precio de sus productos.

B. Pronóstico de la Demanda

1. Descripción del modelo que se utilizará:

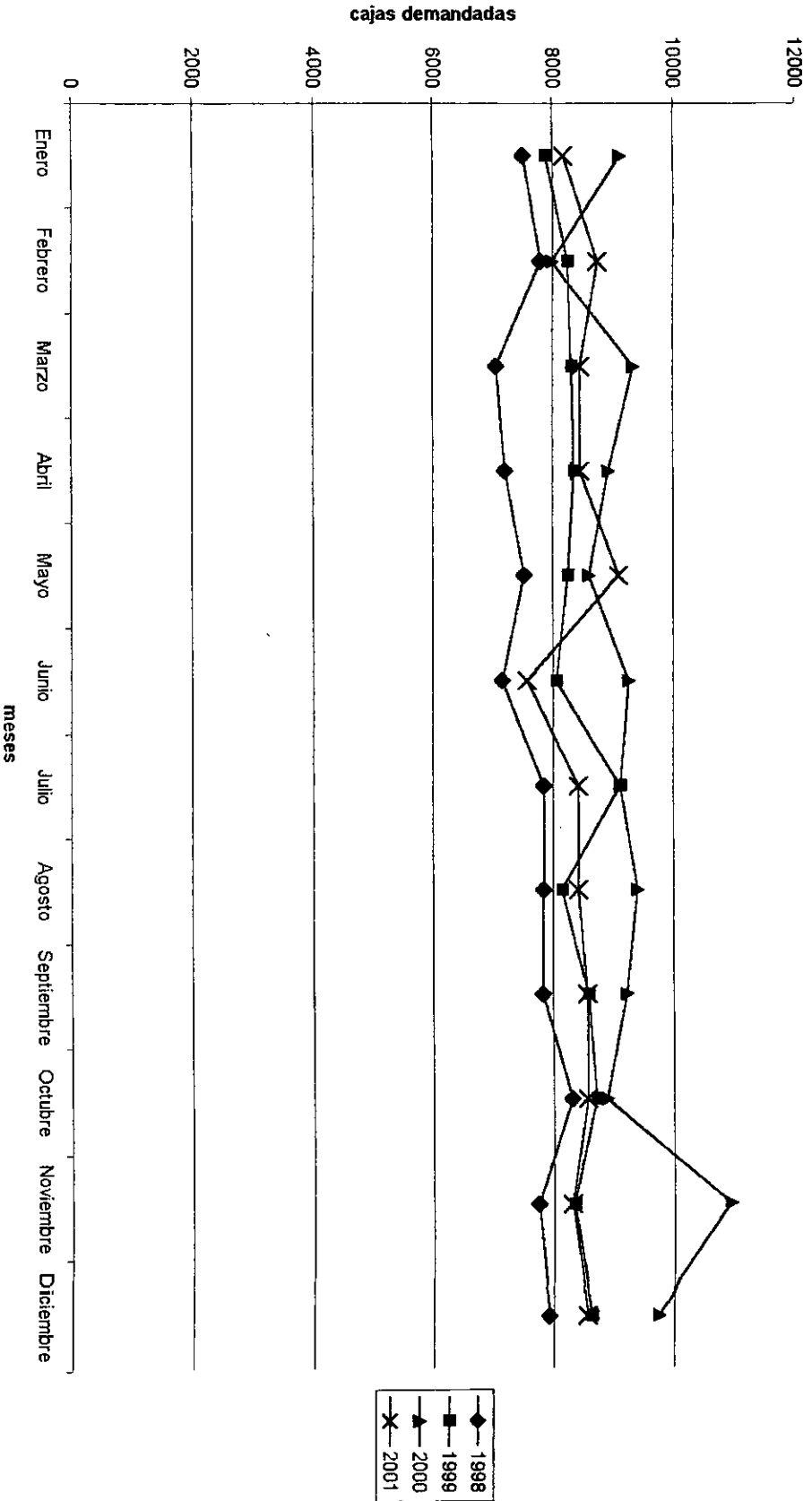
El modelo a utilizar será el de *Alisamiento exponencial con consideración de tendencia (TEF, trend-Enhanced Forecasts)*. En este modelo se calcula un valor base anual y se le suman o restan incrementos o disminuciones según sea la tendencia que se presentó en años anteriores, la cual puede ser modificada al usar constantes de alisamiento. Este modelo da la oportunidad de ajustar el pronóstico por medio de las constantes de alisamiento, que son factores que se utilizan para modificar el valor base y la tendencia, según sean las condiciones actuales y las que se prevén para el próximo período. El valor de estas constantes de alisamiento se determina a partir de diversos tipos de condiciones y su objetivo es poder hacer el pronóstico más certero y flexible.

a. Justificación del uso de este modelo

En la gráfica 1 **Demanda de cajas de mayonesa 16/900 g.** se observa que durante los años 1998, 1999 y 2000 se tuvo incremento en las ventas y que únicamente en el año 2001 se presentó una disminución respecto al año 2000, debido a que 3 de los 4 años analizados presentan una tendencia al alza. Se considera que el modelo alisamiento exponencial con consideración de tendencia previamente descrito presenta las características adecuadas para poder ser aplicado al pronóstico de la demanda y obtener un dato bastante exacto.

El proyecto se evaluará a un plazo de 10 años debido a que éste es el período en el que se depreciaría cualquier maquinaria. Se espera que el comportamiento al alza de la demanda se conserve, pero siempre se tiene la posibilidad de poder ajustar la demanda si fuera necesario por medio de las constantes de alisamiento.

Grafica 1
 Demanda de cajas de mayonesa en presentación 16/900 gr



2. Metodología para la aplicación del modelo

- a. Se analizaron las variables que afectan la demanda y en base a apreciaciones del personal de ventas y mercadeo se determinó el grado en que la demanda es sensible a dichas variables.
- b. Se complementó el modelo (*TEF, trend - Enhanced Forecasts*) con la implementación de fórmulas que proporcionarán valores sugeridos de las constantes de alisamiento como resultados. Esto se realizó con el fin de reducir la subjetividad en la elección de las variables de alisamiento. Quedó totalmente claro que el valor obtenido es sugerido y que la intuición u otro factor no considerado podría en algún momento variar en un pequeño margen los valores obtenidos por medio de las fórmulas.
- c. El modelo se puso a prueba por medio de la técnica de simulación para los años 1998, 1999, 2000 y 2001 de los cuales ya se conocían las demandas. La herramienta utilizada para medir la exactitud del modelo fue la Desviación media absoluta (MAD), la cual suma el valor de todos los errores de pronóstico sin importar si éstos fueron por déficit o exceso de producto y se calcula qué porcentaje del valor real de la demanda representó el total de los errores.
- d. Por medio de las fórmulas implementadas se calcularon las constantes de alisamiento del año 2001 y se realizaron las proyecciones para los años del 2002 al 2012.

3. Aplicación del modelo de Alisamiento exponencial con consideración de tendencia

El pronóstico de la demanda para varios años consecutivos se puede obtener a partir de un valor base, al cual se le suma la cantidad en la que se espera que anualmente aumente la demanda. La siguiente fórmula presenta este comportamiento, que se utilizó para hacer las estimaciones necesarias:

$$\text{TEF}_{t+x} = \text{Valor Base}_t + X(\text{tendencia})$$

3

Donde:

X = Cantidad de períodos más allá del período "t" para los cuales se desea el pronóstico.

t = Período en curso para el cual se conoce la demanda.

Valor Base_t = Valor base exponencialmente alisado calculado al final del período t.

Tendencia_t = Estimación exponencialmente alisada de la tendencia por período calculado al final del período t.

Los valores base se pueden modificar de acuerdo a las condiciones del mercado por medio de su constante de alisamiento y se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$\text{valor base} = \alpha (\text{demanda real } t) + (1-\alpha) (\text{Valor base}_{t-1} + \text{Tendencia}_{t-1})$$

4

Donde:

α = Constante de alisamiento del valor base ($0 \leq \alpha \leq 1$)

t = período en curso (el período más reciente para el cual se conoce la demanda)

Valor base_{t-1} = Valor base calculado un período previo (al final del período t-1)

Tendencia_{t-1} = Valor de tendencia calculado un período previo (al final del período t-1)

El incremento o decrecimiento anual, es decir la tendencia, se calcula con la siguiente fórmula y al igual que el valor base se puede variar por medio de su constante de alisamiento de acuerdo a las condiciones del mercado.

$$\text{Tendencia} = \beta (\text{Valor base}_t - \text{Valor base}_{t-1}) + (1-\beta) (\text{Tendencia}_{t-1})$$

5

³ Fuente: Sistemas de Planificación y Control

⁴ Fuente: Sistemas de Planificación y Control

⁵ Fuente: Sistemas de Planificación y Control de la Producción

Donde:

β = Constante de alisamiento de tendencia ($0 \leq \beta \leq 1$)

Valor base t = Valor base calculado (al final del período "t")

Valor base t = Valor base calculado un período previo (al final del período t-1)

- a. Determinación de las constantes de Alisamiento de valor base y de tendencia.

Con el objetivo de realizar un pronóstico más objetivo se introdujeron fórmulas para el cálculo de las constantes de alisamiento. Las fórmulas están compuestas de diversas condiciones que afectan la demanda. A estas condiciones se les asignó posibles valores en relación con su influencia en la estabilidad de la demanda. Los valores asignados fueron los siguientes:

Cuadro 2

Condiciones influyentes en constante de alisamiento de valor base (α)⁶

Condición	Posible calificación
Grado de aceptación del producto en El Salvador y Honduras (Es medido por encuestas en degustaciones y grupos foco):	1 = Aceptación esperada 2 = Aceptación superior a la esperada 3 = Aceptación inferior a la esperada.
Crecimiento demográfico promedio de la región (Se espera un incremento de 519,045 personas anualmente)	1 = Se mantiene crecimiento esperado con un margen de (+/-) 5% 2 = Crecimiento superior o inferior al esperado por un margen de (+/-) 7% 3 = Crecimiento muy superior o inferior al esperado con un margen de (+/-) 9% en adelante.
Cumplimiento de las metas de ventas	1 = Se cumple con metas de venta establecidas 2 = Se superan las metas de ventas 4 = No se cumple con metas de venta
Incremento / disminución de la competencia	1 = Se mantiene estable 3 = Hay ingreso o egreso de competencia con el mismo producto
Ingreso /cápita	1 = estable 2 = incrementa 3 = decrece
Tipo de cambio	1 = estable 3 = incertidumbre
Suma de máximas calificaciones	19

⁶ Las ponderaciones se determinaron según apreciaciones en la empresa

Cuadro 3

Condiciones influyentes en constante de alisamiento de tendencia (β)⁷

Condición	Posible calificación
Mayor utilización de mayonesa en nuevos productos	1 = los usos del producto no han variado 2 = Se han introducido nuevos usos de producto
Reducción del tiempo de frecuencia de compra (la actual es de 15 días)	0 = el tiempo de frecuencia de compra se mantiene 2 = El tiempo de frecuencia de compra disminuye 4 = El tiempo de frecuencia de compra aumenta
Surgimiento de producto sustituto	1 = No hay surgimiento 3 = Si hay surgimiento
Suma de máximas calificaciones	9

4. Cálculo de las constantes de Alisamiento de valor base (α)

Para realizar este cálculo se le asignó una de las posibles calificaciones a cada condición y se realizaron los cálculos

8

$$\alpha = \frac{A + B + C + D + E + F}{19}$$

Donde :

⁷ Nota: las ponderaciones se determinaron según apreciaciones de la empresa

⁸ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo; toma en cuenta aspectos conocidos y pueden ser agregados o retirados factores, según las características que el mercado presente.

A = Calificación dada al factor “grado de aceptación del producto”

B = Calificación dada al factor “crecimiento demográfico promedio de la población”

C = Calificación dada al factor “cumplimiento de metas de venta ”

D = Calificación dada al factor “aumento / disminución de la competencia”

E = Calificación dada al factor “Ingreso per cápita esperado”

F = Calificación dada al factor “Tipo de Cambio”

4. Cálculo de constante de alisamiento de Tendencia (β):

Para realizar este cálculo se le asignó una de las posibles calificaciones a cada factor y se realizaron los cálculos

9

$$\beta = \frac{G+H+I}{9}$$

Donde :

G = calificación dada al factor “Mayor utilización de mayonesa en nuevos productos”.

H = calificación dada al factor “Reducción tiempo de frecuencia de compra” .

I = calificación dada al factor “Surgimiento de producto sustituto”.

Los datos con los que se aplicó el modelo fueron los siguientes:

Cuadro 4

Valores de constantes de alisamiento utilizadas

Año	98	99	2000
valor (ALFA)	0.3	0.2	0.05
valor (beta)	0.1	0.4	0.05

Valor base inicial utilizado: 6100

⁹ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo; toma en cuenta aspectos conocidos y pueden ser agregados o retirados factores, según las características que el mercado presente.

5. Tendencia inicial utilizada

Se obtuvo con la siguiente fórmula

10

$$\text{Tendencia inicial} = [(D98-D99)+(D2000-D99)+0.3(D2001-D2000)] / 3$$

Donde :

D98 = Demanda 98

D99 = Demanda 99

D2000 = Demanda 2000

D2001 = Demanda 2001

Cuadro 5

Datos utilizados para calcular las constantes de alisamiento del año 2001

Condición	Valor dado ¹¹
A	1
B	1
C	4
D	3
E	3
F	1
Alfa sugeridos	0.7

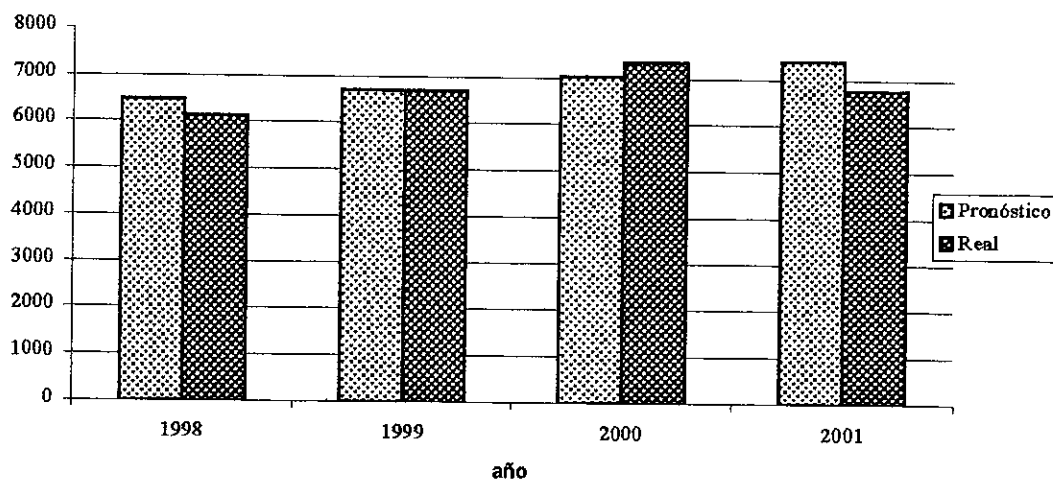
Condición	Valor dado
G	1
H	0
I	1
Beta sugeridos	0.2

¹⁰ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

¹¹ Valores asignados según apreciación del autor

7. Resultados obtenidos de la aplicación del modelo usando la técnica de simulación

gráfica 2
Comparación entre demanda promedio real y demanda promedio pronosticada



Cuadro 6

Resultados de desviación media absoluta (MAD) a partir del proceso de simulación

Año	% de error
1998	6.77
1999	3.99
2000	5.17
2001	10.59

Cuadro 7

Pronósticos de demanda para los años 2002-2012 ¹²

Mes	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Enero	6824	7070	7316	7562	7809	8055	8301	8547	8793	9040	9286
Febrero	7095	7255	7416	7577	7737	7898	8059	8219	8380	8541	8701
Marzo	7206	7597	7989	8380	8772	9163	9555	9947	10338	10730	11121
Abril	7121	7449	7776	8104	8431	8759	9086	9414	9741	10068	10396
Mayo	7540	7851	8162	8473	8784	9094	9405	9716	10027	10337	10648
Junio	6410	6665	6920	7174	7429	7683	7938	8192	8447	8702	8956
Julio	7027	7290	7553	7816	8079	8342	8605	8868	9131	9394	9657
Agosto	7012	7269	7527	7784	8042	8299	8557	8814	9072	9329	9587
Sept.	7140	7415	7689	7964	8238	8512	8787	9061	9335	9610	9884
Octubre	7005	7172	7339	7505	7672	7839	8006	8173	8340	8506	8673
Nov	7178	7606	8035	8463	8891	9320	9748	10177	10605	11033	11462
Dic.	7202	7518	7834	8150	8467	8783	9099	9416	9732	10048	10364

Prom.											
+5%	7099	7383	7668	7952	8237	8521	8806	9090	9375	9660	9944

¹² Se aumentó en 0.5% anuales. Esto corresponde a reposiciones que la empresa da a sus clientes en caso de falla del producto bajo ciertas circunstancias.

IV. JUSTIFICACIÓN Y METODOLOGÍA

Al conocer los objetivos de la empresa, es fácil darse cuenta que ésta busca la expansión de sus mercados y productos y que por lo tanto debe determinar sus fortalezas y trabajar en sus debilidades. Es importante reconocer que el futuro exigirá que las empresas sean tan competitivas como sea posible para poder ocupar un lugar en el mercado. Por esta razón es que buscan la optimización de sus procesos y han surgido temas como reingeniería y mejoramiento continuo.

Se observó que la línea de envasado de 900 g en presentación bolsa plástica presentaba acumulación de producto y paros, así como la necesidad de 13 operarios para su funcionamiento, lo cual representa el 37 % de las 35 personas asignadas a la planta de producción. Además se comprobó que la demanda de este producto ha presentado en el pasado una tendencia al alza y cuando se analizaron aspectos del mercado se encontró que existen oportunidades para que el crecimiento en las ventas se siga desarrollando. Debido a estas circunstancias se decidió llevar a cabo el estudio sobre esta línea de envasado.

A. Metodología

1. Conocer el proceso global en el que se ve involucrada la línea de envasado de 900 g. de presentación en bolsa plástica y de qué manera un cambio en ella podría llegar a afectar otros procesos.
2. Analizar la línea individualmente para entender su funcionamiento, así como su producto.
3. Calcular indicadores que proporcionaran información acerca de su funcionamiento.

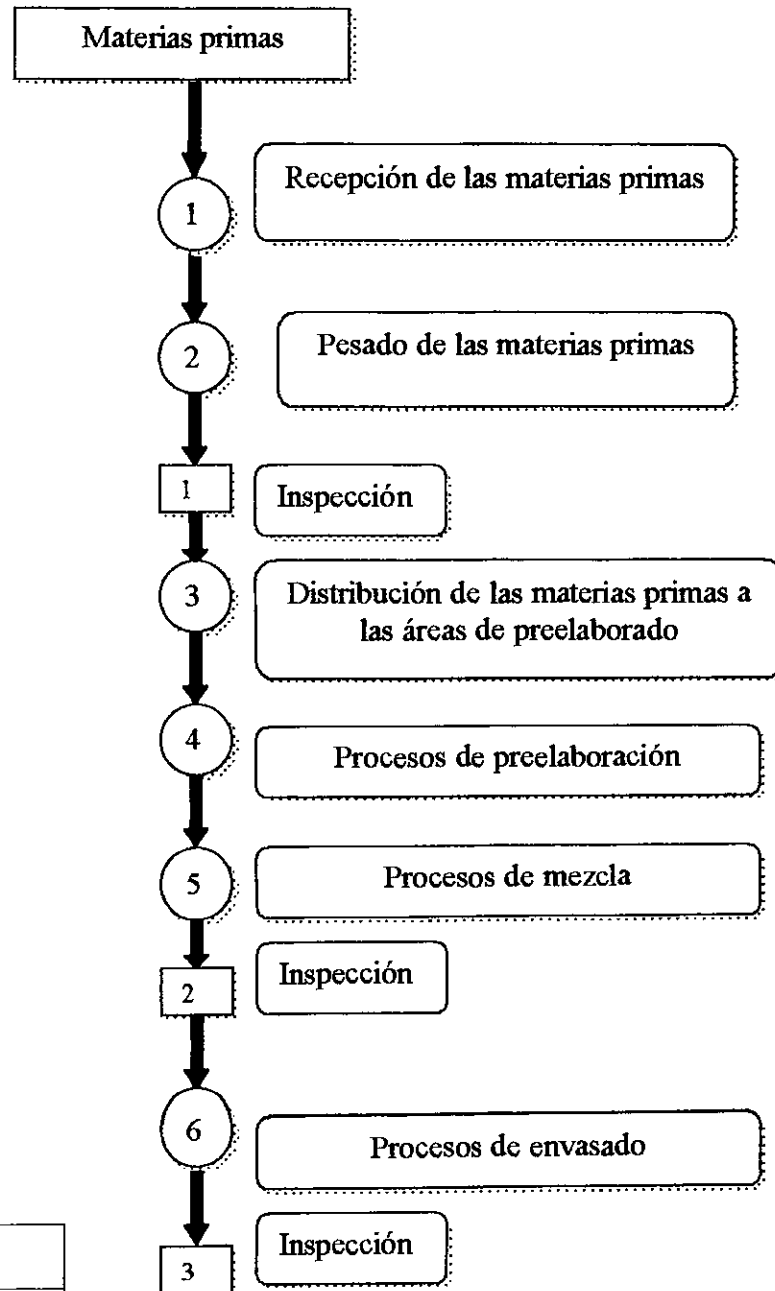
4. Proponer diversas opciones de mejoras a la línea y comprender exactamente en que consiste cada una de ellas.
5. Evaluar las opciones propuestas y elegir cuál es la mejor para cumplir con las metas de la empresa.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO GENERAL DE ELABORACIÓN DEL PRODUCTO

A. Descripción del proceso.

Diagrama 1

Elaboración general de producto. Método actual



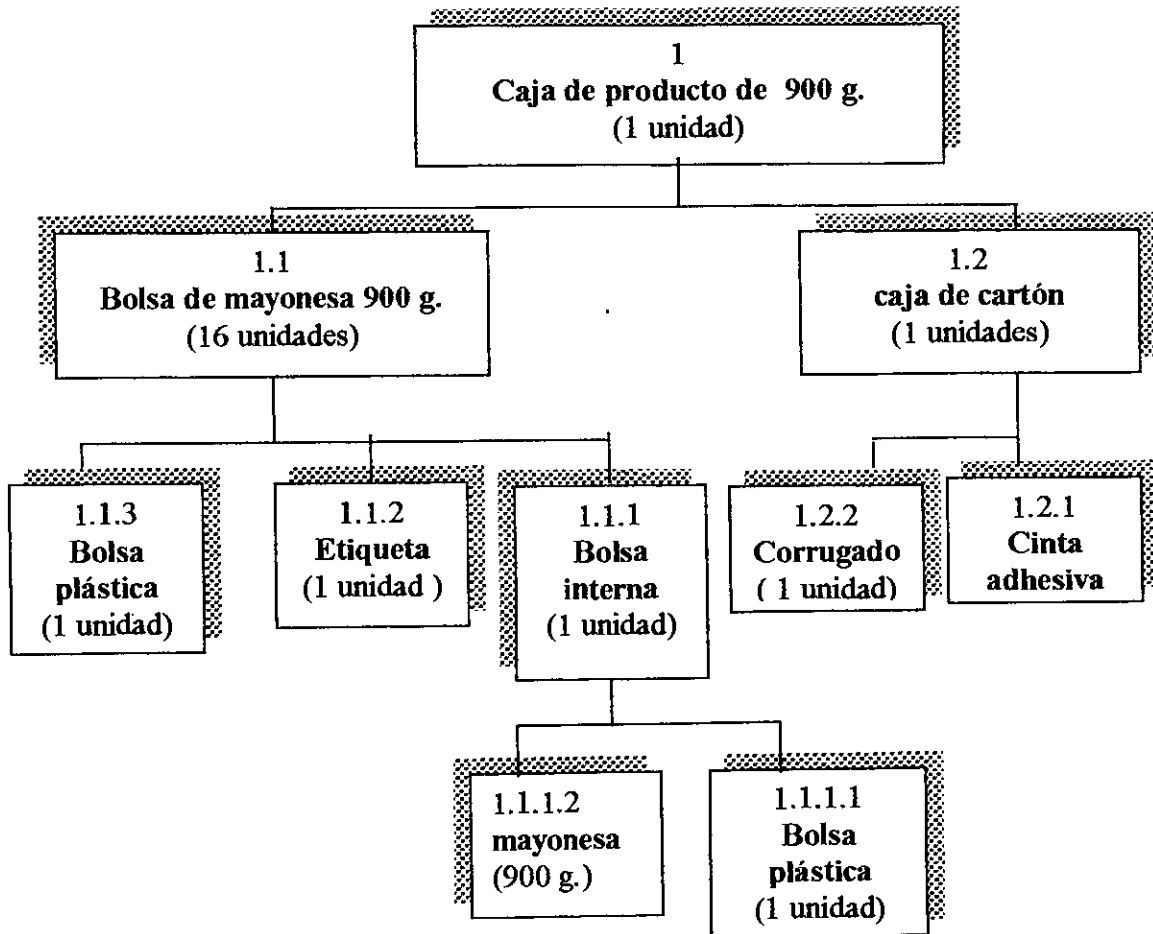
RESUMEN	
Operaciones	6
Inspecciones	3

VI. DESCRIPCIÓN DEL ENVASE

A. Estructura del producto.

Diagrama 2

Estructura del producto actual



2. Lista de Materiales (bom , idented bill of materials)¹³

Caja de mayonesa 900 g.

Bolsa de mayonesa 900 g. (Se requieren 16 unidades)

Bolsa plástica (Se requiere 1 unidad)

Etiqueta (Se requiere 1 unidad)

Bolsa interna (Se requiere 1 unidad)

Mayonesa (Se requieren 900 g.)

Bolsa plástica (Se requiere 1 unidad)

Caja de cartón

Corrugado (Se requiere 1 unidad)

Cinta adhesiva (Se requiere 1.68 m.)

¹³ Fuente: Sistemas de Planificación y Control de la Producción

VII. PROCESO DE ENVASADO ACTUAL

A. Descripción de la línea de envasado actual

En esta línea se realiza el envasado de los productos en presentación bolsa plástica de 900 g. / 16 unidades. Estos productos incluyen mayonesa y otros de mayor viscosidad. Actualmente en el envasado de la mayonesa se ocupa el 60% del tiempo de línea disponible al mes. Se requieren trece operarios para realizar las operaciones.

Al envasar los otros productos las operaciones no varían, pero debido a las especificaciones de los productos los tiempos de llenado son mayores en décimas de segundo, lo cual no es significativo. La línea se conforma del equipo descrito a continuación y está colocado como se diagrama.

B. Descripción del equipo que conforma la línea actual

1. Equipo

a. Bandeja de acero inoxidable

Es una bandeja de 0.45m. x 0.50m., fabricada de acero inoxidable que se apoya en una mesa pequeña colocada antes de la llenadora. En ella se colocan los fardos de bolsas plásticas en las que se envasa el producto.

b. Llenadora de pistón

Esta máquina cuenta con un embudo a donde llega el producto. Un pistón abre y cierra una válvula que deja caer el producto por gravedad. El pistón es accionado por una polea descentrada, accionada a su vez por un motor eléctrico de 0.5hp.

c. Mesas largas de acero inoxidable

Son mesas comunes de 1m x 2m.; su altura es de 0.75m., su superficie es de acero inoxidable. A los lados las mesas se colocan los operarios que realizan las diversas operaciones y sobre ellas se desliza el producto.

d. Mesa pequeña de acero inoxidable

Es una mesa de 0.60m x 0.65m con superficie de acero inoxidable.

e. Selladora de cinta adhesiva

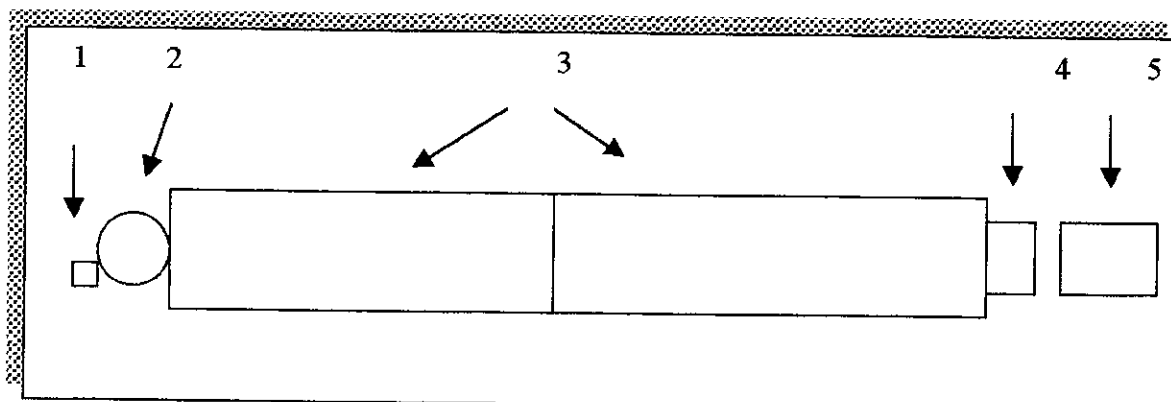
Es una máquina con un motor (0.25hp.) que acciona una banda transportadora. La caja se coloca en la banda y es transportada a través de un túnel de altura y anchura graduables. Cuando la caja pasa por el túnel, la parte superior es sellada con cinta adhesiva.

Cuadro 8
Clave de equipo diagramado

Número de ubicación en figura 5	Nombre del equipo	Cantidad
1y4	Mesa pequeña de acero inoxidable	(dos)
2	Llenadora de pistón	(una)
3	Mesas largas de acero inoxidable	(dos)
5	Selladora de cinta adhesiva	(una)

Diagrama 3

Ubicación del equipo en la línea de envasado actual



C. Descripción de las operaciones del proceso

1. Operaciones de preparación

a. Graduar la llenadora

Se hace cada vez que se va a empezar a envasar o cuando se necesita realizar algún ajuste debido a variaciones en el peso del producto. Se gradúa la carrera del pistón según las longitudes ya establecidas. Con esto se logra que la válvula permanezca abierta por mayor o menor tiempo, según sea requerido para verter la cantidad de producto adecuado.

c. Graduar la selladora de cinta adhesiva

De acuerdo al tamaño de la caja, se ajusta la selladora a la altura y al ancho que se requiera.

2. Operaciones de ciclo Normal

a. Preparar y pasar bolsa

Se saca la bolsa del fajo, se abre y se le hacen dobleces en los bordes de la abertura para que permanezca abierta y se pasa la bolsa a la siguiente operación.

b. Llenar

Se recibe la bolsa ya abierta y se coloca en la boquilla de la llenadora, donde se sostiene hasta que la bolsa se llene y se pasa a la siguiente operación.

c. Amarrar bolsa interna

Se recibe la bolsa con producto, se deshacen los dobleces y se forma una trenza¹⁴, luego se le hace un nudo tan seguro y bajo en la bolsa como sea posible. Se pasa el producto a la siguiente operación.

d. Introducir en bolsa externa

Se toma una bolsa de un fardo colocado sobre la mesa, se abre y se le introduce la bolsa con producto. Luego se pasa el producto a la siguiente operación.

e. Etiquetar

Se toma una etiqueta de un fajo colocado sobre la mesa y se coloca entre la bolsa externa e interna, de forma que la etiqueta quede horizontal y centrada. Luego se pasa el producto a la siguiente operación.

f. Amarrar bolsa externa

Se mueve la trenza de la bolsa interna hacia atrás y se coloca entre la bolsa externa e interna, luego se verifica que la etiqueta esté centrada y de ser necesario se recoloca. En la bolsa externa se hace una (trenza) y se amarra con un nudo tan bajo y apretado como sea posible, el producto se pasa a la siguiente operación.

¹⁴ trenza: parte de la bolsa plástica que queda arriba del nudo y que fue retorcida para hacer el nudo con facilidad

g. Armar caja

Se toma el corrugado y se arma la caja que se coloca sobre la mesa pequeña.

h. Introducir producto en caja

Se toman las bolsas de dos en dos y se introducen en la caja hasta completar las 16 unidades.

i. Sellar caja con cinta adhesiva

Se toma la caja con producto y se sostiene por debajo para que no se desfunde. Se coloca en la banda transportadora de la selladora y se recibe la caja sellada del otro lado. Luego se repite el procedimiento para sellar el lado que aún queda sin cinta adhesiva.

j. Entarimar (colocar cajas de producto sobre la tarima)

Las cajas se colocan en una tarima hasta completar el número de cajas establecido por la empresa.

k. Inspección

Esta operación es realizada por control de calidad o el jefe de línea y se realiza periódicamente para chequear el peso, nudos, ubicación de etiqueta y sellos de las etiquetas.

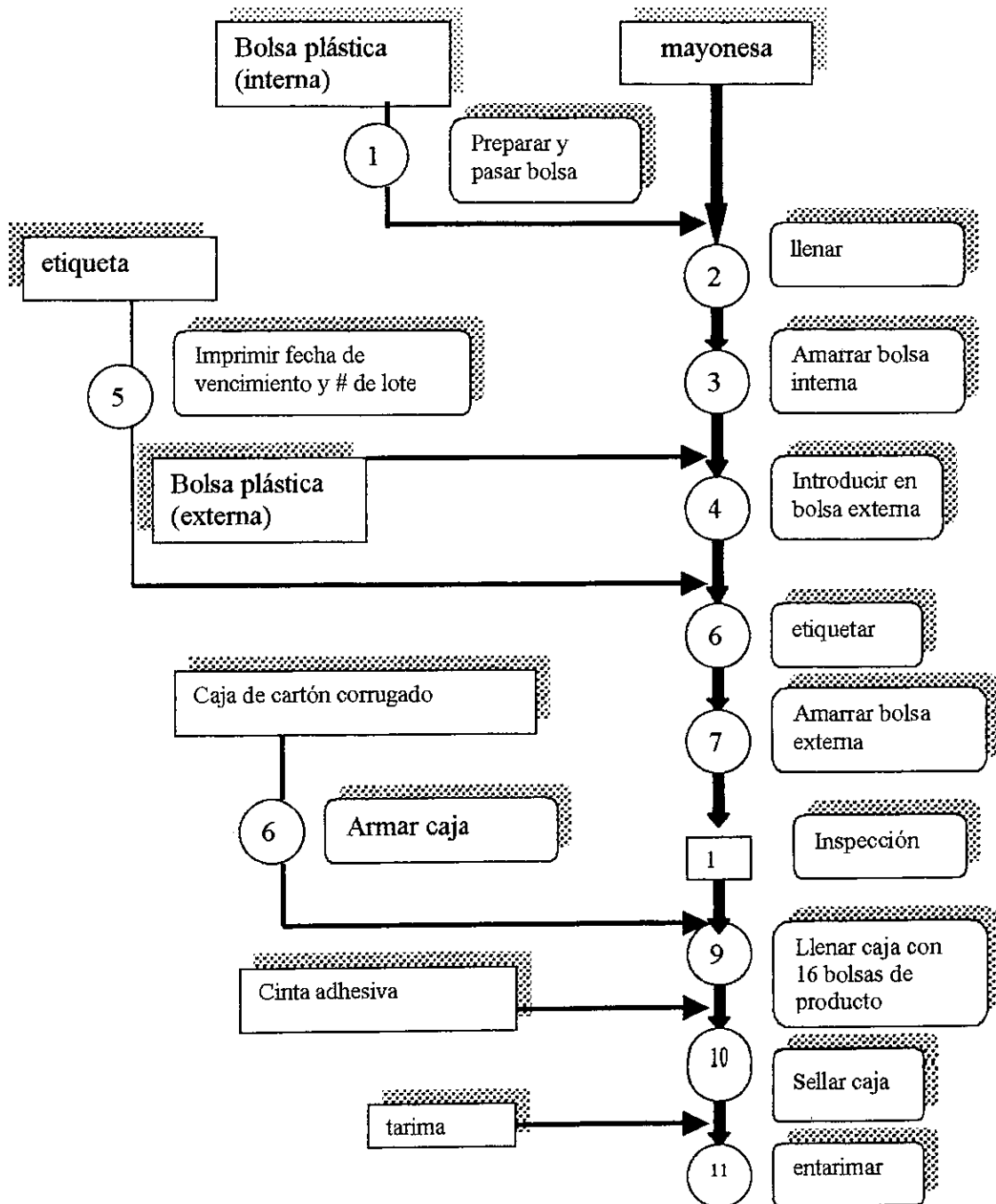
Cuadro 9
Relación actual entre las operaciones del proceso de envasado
y los operarios

Operación	Operario que realiza la operación según ubicación y color en la figura 2	Números de operarios que realizan la operación
Graduar la llenadora	★	1
Graduar la selladora de cinta adhesiva	▼	1
Preparar y pasar bolsa	+	1
Llenar producto	★	1
Amarrar bolsa interna	●	2
Introducir en bolsa externa	◆	2
Etiquetar	◇	2
Amarrar bolsa externa	■	4
Armar y etiquetar caja	▼	1
Llenar caja con producto	▼	1
Sellar caja con cinta adhesiva	▼	1
Entarimar	▼	1

D. Presentación del proceso

Diagrama 5

Proceso actual de envasado del producto en bolsa plástica presentación 900g.



E. Análisis de la línea actual de envasado

1. Estudio de tiempos

a. Observación

El 60 % del tiempo de operación de esta línea de envasado es para envasar mayonesa. Además el tiempo de llenado de los otros productos envasados en esta línea es ligeramente mayor al de la mayonesa, por lo tanto aunque el resto de las operaciones tienen la misma duración se podrán llevar a cabo a un ritmo más lento. El estudio técnico se lleva a cabo sobre la mayonesa, porque al fijar un número de operarios que optimice el envasado de este producto seguramente se podrá llevar a cabo el envasado de los otros con el mismo número de operarios.

b. Método utilizado

1) Planteamiento del estudio al jefe y coordinador de producción

Se tuvo una reunión con el jefe y coordinador de producción para informarle que se llevaría a cabo una toma de tiempos. El objetivo era verificar la capacidad de producción de la línea de envasado de bolsa plástica en presentación 900 g. y se le pidió su colaboración.

2) Comprensión del proceso e identificación de las operaciones

Durante varios días a diferentes horas se realizaron las observaciones de la línea. Estas se efectuaron en la planta de producción y desde las oficinas ubicadas en el segundo nivel. El objetivo fue identificar y comprender las operaciones de la línea y detectar las demoras regulares. Durante las observaciones se hicieron esquemas de la línea, y anotaciones sobre su funcionamiento. Simultáneamente se analizó el comportamiento de los operarios. Se realizó el diagrama de operaciones y se describieron las operaciones.

c. Sistema de Toma de tiempos

La toma de tiempos se realizó a diferentes operarios para obtener datos más reales. Pero se buscó siempre al operario cuya actuación se encontraba en la media o ligeramente hacia arriba. Esto se hizo así porque el tiempo estándar se basa en un operario de tipo medio. Sin embargo se debe notar que en una línea siempre existen personas con mayores habilidades que otras, por lo que debe encontrarse un promedio que el operario medio pueda alcanzar sin mayor dificultad y en el que un operario con mayores habilidades no quede muy holgado. No se cronometraron operarios con una actuación por debajo de la media porque se parte de la idea que se buscarán las personas adecuadas para el trabajo.

La toma de tiempos se realizó de dos formas

- 1) Sin avisar al operario y sin que éste se diera cuenta que se estaba tomando tiempo. Esta forma se aplicó el lunes y parte del miércoles.
- 2) Con una conversación previa con el operario en presencia del coordinador de producción. Esta forma se empleó durante parte del miércoles y el jueves.

Razones para realizar las tomas de tiempos en estas dos formas

- 1) el operario alargara el tiempo de sus operaciones intencionalmente
- 2) el operario se pusiera nervioso y por lo tanto tuviera titubeos
- 3) al saber que se le cronometraba acelerara el ritmo normal de trabajo

El uso de este sistema proporcionó la posibilidad de comparar resultados en las diferentes circunstancias. Además la utilización del sistema ayudó a formar el criterio para la asignación del factor de actuación a cada operario.

d. Mecánica de la toma de tiempos

La toma de tiempos se llevó a cabo con un cronómetro electrónico. Se tomó el tiempo individual de cada una de las operaciones previamente establecidas. Se realizaron tomas de tiempos durante tres días en los siguientes horarios:

Día	8:00	11:00	14:00	16:00
Lunes	X		X	X
Miércoles		X	X	
Jueves	X	X		X

Cada operación fue cronometrada seis veces, ya que los tiempos no presentaron una variación significativa. Los datos tomados se promediaron. Los resultados se presentan más adelante.

e. Determinación del Factor de actuación

El factor de actuación se determinó con base en las observaciones realizadas antes de la toma de tiempos y durante la misma. Se utilizó el criterio de idealización y de comparación. Primero se idealizó al “operario normal (con factor de actuación 1.0)” el cual debe cumplir con las siguientes características¹⁶:

- 1) Conoce su trabajo y posee el conocimiento necesario para poder realizarlo.
- 2) Es una persona que ha sido capacitada.
- 3) Puede mantener un alto grado de concentración al realizar su trabajo.
- 4) Posee destreza con ambas manos y las utiliza al realizar su trabajo
- 5) Trabaja a una velocidad aceptable.
- 6) Mantiene un ritmo de trabajo constante.
- 7) No presenta movimientos falsos ni titubeos.

Cuando se tenía identificado mentalmente al “operario normal” para cada operación, se comparó la actuación del “operario normal” con la del operario cronometrado y se le asignó un factor de calificación.

¹⁶ Fuente: Métodos Tiempos y Movimientos

f. Manejo de los datos obtenidos

Los tiempos obtenidos se promediaron y se tabularon en el cuadro 10. Para realizar el cálculo del tiempo estándar se tabularon los factores de actuación asignados.

2. Determinación de Tiempo Estándar (Te)

a. Definición¹⁷

Es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente calificado y adiestrado, pueda llevar a cabo esta operación trabajando a un ritmo normal.

b. Cálculo

18

$$T_e = T_p * F_a * F_t$$

Te = tiempo estándar

Tp = tiempo promedio

Fa = factor de actuación

Ft = factor de tolerancia (compuesto por demoras personales y demoras por fatiga)

19

$$F_t = 100\% / (100\% - \% \text{ de tolerancia})$$

Utilizando la fórmula (19) y 17.7 %¹² como % de tolerancia

Se obtiene un factor de tolerancia (Ft) de 1.21 50

¹⁷ Fuente: Métodos Tiempos y Movimientos

¹⁸ Fuente: Métodos Tiempos y Movimientos

¹⁹ Fuente: Métodos Tiempos y Movimientos

Cuadro 10 Tiempo Estándar (en segundos)

Operación	Tiempo promedio en segundos (Tp)	Factor de actuación (Fa)	Tiempo estándar Te = Tp*Fa*Ft en segundos	Tiempo estándar Por caja =Te*16 (se multiplica por 16 sólo en operaciones de bolsa)
Graduar la llenadora	432 (7.2 min.)	0.70	365.4 (6.09min)	
Graduar la selladora de cinta adhesiva	303.6 (5.06 min.)	0.70	0.07 (4.28min)	
Preparar y pasar bolsa	2.74	0.80	2.19	35.04
Llenar la bolsa ²⁰	2.78	1.0	2.78 *esta operación no tiene holgura	44.48
Amarrar bolsa interna	3.27	0.70	2.76	44.16
Introducir en bolsa externa	2.95	0.70	2.49	39.84
Etiquetar	2.87	0.60	2.15	34.40
Amarrar bolsa externa	10.80	0.60	7.84	125.44
Armar caja ²¹	4.46	0.70	3.77	3.77
Introducir producto en la caja	8.97	0.75	8.14	8.14
Sellar caja	3.57	0.80	3.26	3.26
Entarimar	3.35	0.80	3.14	3.14
Total			38.52	337.90

3. Capacidad de producción de la línea de envasado actual

a. Tasa de producción teórica por hora

Como se puede analizar en el cuadro 10, según la distribución actual, el tiempo estándar más largo para producir 16 bolsas lo tiene la operación "llenar bolsa" con 44.48 seg. Dicha operación es realizada por la llenadora y por lo tanto su tiempo no

²⁰ La operación "Llenar" no presenta holgura y por lo tanto su factor de actuación es 1, ya que de lo contrario el producto se derramaría, lo cual no sucede.

²¹ Esta operación se realiza paralelamente al proceso de envasado y presenta holgura, por lo tanto no es tomada en cuenta al presentar los totales.

puede ser reducido colocando más operarios. Entonces es esta operación la que determina la capacidad de producción y es el tiempo para producir una caja.

b. Tasa de producción teórica por hora

22

$$\text{Tasa de producción teórica por hora} = 3600 \text{ seg} / \text{ tiempo para producir una caja}$$

$$\begin{aligned} (1 \text{ hora} / 3600 \text{ seg}) / (44.48 \text{ seg.} / \text{ caja}) &= 80.93 \text{ cajas} / \text{ hora} \\ &\approx \underline{81 \text{ cajas} / \text{ hora}} \end{aligned}$$

c. Tiempo real laborado al día

En la empresa se laboran 8.8 horas al día, pero es necesario restar el tiempo de retrasos inevitables y el tiempo de limpieza y desinfección.

23

$$\text{Tiempo real laborado al día} = \text{Total horas trabajadas} - \text{Tiempo de retrasos inevitables} - \text{tiempo de desinfección de equipo y limpieza del lugar de trabajo.}$$

$$\text{Tiempo Real laborado al día} = 8.8 \text{ horas} - 0.7 \text{ horas} - 0.5 \text{ horas} = 7.6 \underline{\text{ horas} / \text{ día}}$$

1) Como tiempo de retrasos inevitables se considera el tiempo utilizado para:

- a) Lavado de manos al entrar a la planta .
- b) Muestras de cultivo de manos y boquillas realizadas por control de calidad.
- c) Abastecimiento de material de empaque.
- d) Ajustes a la llenadora por variaciones en el peso del producto.
- e) Indicaciones del jefe de línea o Ingeniero de producción.
- f) Devolver el material de empaque que sobra al final del día.

²² Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

²³ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

2) Como tiempo de desinfección de equipo y limpieza de lugar se considera:

- a) Recoger todas las bolsas que pudieran caer al suelo.
- b) Limpiar cualquier derrame de producto.
- c) Desinfectar las boquillas de la llenadora.
- d) Desarmar y lavar tubería y llenadora.
- e) Limpiar mesas de trabajo.

d. Capacidad de producción diaria

24

Tasa de producción diaria = tasa de producción teórica / hora * Tiempo real laborado al día

$$\begin{aligned}
 1) \text{ Tasa de producción diaria} &= 81 \text{ (cajas / hora)} * 7.6 \text{ (horas/ día)} \\
 &= \underline{615.5 \text{ cajas / día}} \\
 &\approx \underline{615 \text{ cajas / día}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2) \text{ Tasa de Producción anual} &= 615 \text{ (cajas / día)} * 20 \text{ (días / mes)} * \\
 &12 \text{ (meses / año)} * 60\% \text{ (fracción de tiempo máxima para elaborar producto)} \\
 &= \underline{88560 \text{ cajas / año}}
 \end{aligned}$$

²⁴ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

Cuadro 11

Tiempo de operación según distribución actual y Tiempo estándar admitido

Operación	Te (en segundos)	Tiempos de operación según distribución actual (en segundos)	Tiempos de operación según distribución actual *(16) (en segundos)	Tiempo estándar admitido (en segundos)
Preparar y pasar bolsa	2.19	$2.19 / 1 = 2.19$	35.04	44.48
Llenar	2.78	$2.78 / 1 = 2.78$	44.48	44.48
Amarrar bolsa interna	2.76	$2.76 / 3 = 0.92$	14.72	44.48
Introducir en bolsa externa	2.49	$2.49 / 2 = 1.25$	20	44.48
Etiquetar	2.15	$2.15 / 1 = 2.15$	34.4	44.48
Amarrar bolsa externa	7.84	$7.84 / 4 = 1.96$	31.36	44.48
Armar caja ²⁵	3.77	$3.77 / 1 = 3.77$	3.77	44.48
Introducir producto en caja	8.14	$8.14 / 1 = 8.14$	8.14	
Sellar caja	3.26	$3.26 / 1 = 3.26$	3.26	
Entarimar	3.14	$3.14 / 1 = 3.14$	3.14	
Total			194.54	311.36

²⁵ Por ser una operación paralela, no se considera su duración para el cálculo del valor total

C. Porcentaje de eficiencia de la línea de envasado actual

1. Cálculo

$$E = \text{Total Te real} / \text{Total Te real permitido} * 100$$

26

Donde E = Porcentaje de Eficiencia

$$E = 194.54 / 311.36 * 100 = 62.4\% \approx \underline{62\%}$$

2. Conclusión

Una eficiencia del 62 % significa que, según los tiempos estándar calculados, solamente el 62% del tiempo que los operarios permanecen laborando en esta línea está siendo realmente utilizado para producir y el restante 38% es utilizado en otras actividades. A simple vista esto no es notable, porque los operarios trabajan más cómodamente a un ritmo más lento del que deberían de mantener, pero no se detienen. Sin embargo ese 38% del total del tiempo en línea está siendo pagado y representa una pérdida de recursos. Para una línea de producción lo recomendable es una eficiencia mayor al 75%. Por lo tanto se considera que es necesario realizar mejoras a la línea actual.

D. Costos de operación anuales (línea actual) ²⁷

1. Observación

El análisis de Costos de operación se lleva a cabo sobre el envasado de mayonesa debido a lo siguiente:

²⁶ Fuente: Métodos Tiempos y Movimientos

²⁷ Se utiliza una tasa de cambio de Q.8.05 por 1 US\$, Fuente: Banco de Guatemala
Se Trabaja con una inflación anual de 3% , Fuente: Federal Reserve Bank of Minneapolis

a. Varios de los costos de operación están en función del pronóstico de demanda y no se tienen datos exactos de los otros productos envasados en la línea.

b. Como se mencionó anteriormente, 60% del tiempo se envasa mayonesa en esta línea, por lo tanto se considera que la razón principal de la operación de la línea es el envasado de este producto.

c. Se parte del concepto siguiente: Al reducir los costos de mayonesa se producirá una reducción en los costos totales de la línea.

d. Se considera una inversión inicial de US\$ 2000 que representa el costo del estudio.

2. Costo de material de empaque actual

Este rubro está en función de la producción, por lo tanto es necesario recalcularlo para todos los años de análisis, porque la demanda varía.

Cuadro 12

Costo / año de material de empaque (línea actual)

	Bolsa plástica	Etiqueta	Corrugado	Subtotal
Costo por millar	Q3.90	Q33.50	Q.2862.92	
Costo por unidad	Q0.00390	Q.0.0335	Q. 2.86	
Número de unidades por caja	32	16	1	
Costo por caja	Q.0.12	Q0.54	Q.2.86	Q.3.52

a. Cinta adhesiva:

Costo de 900 m de cinta = Q.57.78

Consumo de cinta por caja = 1.68m

Número de cajas que se sella por cinta = $900\text{m}/1.68 = 535.71$ cajas

Costo por caja de cinta adhesiva: = Q 0.11

b. Costo de material de empaque / caja = $Q3.63 = \text{US } \$ 0.45$

28

Costo de material de empaque / año = Costo de material de empaque /caja* promedio de pronóstico de demanda mensual *12 meses / año

Cuadro 13

Proyecciones del costo / año de material de empaque (línea actual)

Año	Costo por unidad en US \$	Demandas Prom.	Costo anual en US \$
2002	0.45	7,099	38,334.60
2003	0.46	7,383	41,064.25
2004	0.48	7,668	43,928.90
2005	0.49	7,952	46,922.57
2006	0.51	8,237	50,062.41
2007	0.52	8,521	53,342.14
2008	0.54	8,806	56,780.05
2009	0.55	9,090	60,369.59
2010	0.57	9,375	64,130.24
2011	0.59	9,660	68,062.19
2012	0.60	9,944	72,165.08

3. Costo de mano de obra

29

Salario anual del operario = 13 operarios* (Sueldo anual promedio del operario + vacaciones + Aguinaldo +Bono14 + un sueldo por indemnización)*fracción anual laborada en línea

²⁸ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

²⁹ Fuente: Ministerio de Trabajo

Fracción anual en línea laborada = total de días laborados en línea / mes *12/240

Total de días necesarios en esta línea/ mes = promedio de pronóstico de demanda mensual / tasa de producción diaria

Cuadro 14
Salario anual de los operarios (línea actual)

Rubro	Cálculo	Resultado
Sueldo anual básico del operario	Q1100/ mes *12meses /año	Q.13200 / año
Vacaciones	15 días/ año * Q37.67/día	Q.565.05 / año
Aguinaldo		Q. 1,00 / año
Bono 14		Q. 1,00 / año
Indemnización		Q.1100 /año
Sueldo anual /operario		Q. 17065.05 / año
Sueldo anual de los 13 operarios	13* Q.17065.05/ año	Q. 221853.45 / año = US \$ 27559.43

³⁰ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

³¹ Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

Cuadro 15

Total de días laborados en línea / mes (línea actual)

Año	Promedio de pronóstico de demanda / mes	Tasa diaria de Producción	Total de días en esta línea / mes	Fracción anual laborada en línea
2002	7,099.00	615.00	11.54	0.58
2003	7,383.00	615.00	12.00	0.60
2004	7,668.00	615.00	12.47	0.62
2005	7,952.00	615.00	12.93	0.65
2006	8,237.00	615.00	13.39	0.67
2007	8,521.00	615.00	13.86	0.69
2008	8,806.00	615.00	14.32	0.72
2009	9,090.00	615.00	14.78	0.74
2010	9,375.00	615.00	15.24	0.76
2011	9,660.00	615.00	15.71	0.79
2012	9,944.00	615.00	16.17	0.81

Cuadro 16

Proyecciones del costo de mano de obra / año (línea actual)

Año	Sueldo anual de 13 operarios en US \$	Fracción anual laborada en línea	Costo de mano de Obra/ año en US \$
2002	27,559.43	0.58	15,906.05
2003	28,386.21	0.60	17,038.65
2004	29,237.80	0.62	18,227.27
2005	30,114.93	0.65	19,469.43
2006	31,018.38	0.67	20,772.23
2007	31,948.93	0.69	22,133.08
2008	32,907.40	0.72	23,559.56
2009	33,894.62	0.74	25,048.95
2010	34,911.46	0.76	26,609.35
2011	35,958.81	0.79	28,240.82
2012	37,037.57	0.81	29,943.22

4. Costo de energía eléctrica / año

32

Costo de energía eléctrica /año = (costo del consumo del motor de la llenadora / día + costo del consumo de la selladora / día) * (total de días en esta línea al mes) *12

Cuadro 17
Costo de energía eléctrica / día
(línea actual)

Rubro	Cálculo	Resultado
Consumo de la llenadora en Kw: Motor de 0.5 hp. Costo de Kw. / h = US \$ 0.14³³	$0.5\text{hp} * 0.745(\text{Kw./1hp})^{34}$	0.37 Kw.
Costo de la energía de la llenadora / día	$0.37 \text{ Kw.} * \text{US } \$ 0.14 \text{ (costo del Kw. / h)}$ $* 7.6\text{h (Tiempo real laborado al día)}$	US\$ 0.39 / día
Consumo de la selladora en Kw: Motor de 0.25 hp . Costo de Kw/ h =US\$ 0.14	$0.25\text{hp} * 0.745(\text{Kw/1hp})$	0.185Kw
Costo de la energía de la selladora	$0.185\text{kW} * \text{US } \$ 0.14 \text{ (costo del Kw. / h)}$ $* 7.6\text{h (Tiempo real laborado al día)}$	US\$ 0.20 / día
TOTAL	$\text{US } \$ 0.39 + \text{US } \$ 0.20$	US \$ 0.59/ día

³²Fórmula desarrollada por el autor de este trabajo

³³ Dato proporcionado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica

³⁴ Fuente: TERMODINÁMICA TOMO 1 de Yunus A.Cengely Michael A. Boles.

Cuadro 18
Proyecciones del Costo / año de la energía eléctrica
(línea actual)

Año	Costo energía eléctrica/ día en US\$	Total de días en esta línea /mes	Costo/ año ³⁵ en US \$
2002	0.59	11.54	81.73
2003	0.61	12.00	87.54
2004	0.61	12.47	90.92
2005	0.61	12.93	94.29
2006	0.63	13.39	100.60
2007	0.63	13.86	104.07
2008	0.63	14.32	107.55
2009	0.64	14.78	114.35
2010	0.64	15.24	117.93
2011	0.64	15.71	121.52
2012	0.66	16.17	128.85

5. Costo de Mantenimiento

36

Costo de mantenimiento / año = (Salario de mecánico / año + costo de los repuestos/ año)

³⁵ Nota: Los datos proporcionados por la C.N.E.E corresponden a los años 2000-2002 y el valor promedio obtenido fue de US\$ 0.14. A partir de esto se calculó un incremento del 3% cada 3 años para el costo de la energía eléctrica.

³⁶ Crédito: Fórmula desarrollada por el autor del trabajo

Cuadro 19
Salario de mecánico / año (línea actual)

Rubro	Cálculos	Resultados
Sueldo anual promedio del mecánico	Q. 4100 / mes *12 (meses / año)	Q.49200/ año
Vacaciones	15 días / año * Q.136.67 /día	Q.2050./año
Aguinaldo		Q4100/ año
Bono 14		Q4100 / año
Indemnización		Q 4100/ año
Sumatoria		Q 63550/ año = US\$ = 7894.41

Cuadro 20
Proyecciones del costo / año del mecánico (línea actual)

Año	Sueldo anual del mecánico en US \$	Días estimados de mantenimiento/ año ³⁷	fracción anual laborada por el mecánico en línea	Costo anual del mecánico en US\$
2002	7,894.41	6	0.03	197.36
2003	8,131.24	6	0.03	203.28
2004	8,375.18	6	0.03	209.38
2005	8,626.43	6	0.03	215.66
2006	8,885.23	6	0.03	222.13
2007	9,151.78	8	0.03	305.06
2008	9,426.34	8	0.03	314.21
2009	9,709.13	8	0.03	323.64
2010	10,000.40	8	0.03	333.35
2011	10,300.41	11	0.05	472.10
2012	10,609.43	11	0.05	486.27

³⁷ Estimación basada en informes de la empresa

Cuadro 21
Costo de Repuestos / año
(línea actual)

Repuesto	Cálculo	Costo /año
Costo de cojinetes	2 cojinetes* Q30/cojinete *4 cambios / año	Q240
Costo de la faja	1 faja *Q28/ faja *4 cambios / año	Q112
Costo de grasa para pistón	1 tubo* Q70/tubo * 3 tubos / año	Q210
Costo de Repuestos/ año	Q240+ Q112+ Q210	Q562 = US \$ 69.81

Cuadro 22
Proyecciones del costo / año de repuestos
(línea actual)

Año	Costo de stock recomendado por el fabricante en US\$
2002	69.81
2003	71.90
2004	74.06
2005	76.28
2006	80.10
2007	82.50
2008	84.98
2009	87.52
2010	90.15
2011	92.85
2012	95.64

Cuadro 23

Proyecciones del costo anual / año de mantenimiento (línea actual)

Año	Costo anual de mantenimiento en US \$
2002	267.17
2003	275.19
2004	283.44
2005	291.94
2006	302.23
2007	387.56
2008	399.19
2009	411.16
2010	423.50
2011	564.96
2012	581.91

Cuadro 24
Resumen de Costos / año y proyecciones
(línea actual)

Año	Material de empaque en US \$	Mano obra en US \$	Energía eléctrica en US \$	Mantenimiento en US \$	Totales en US \$
2002	38,334.60	15,906.05	81.73	267.17	54,589.54
2003	41,064.25	17,038.65	87.54	275.19	58,465.63
2004	43,928.90	17,181.58	90.92	283.44	61,484.84
2005	46,922.57	18,352.47	94.29	291.94	65,661.27
2006	50,062.41	18,457.20	100.60	300.70	68,920.91
2007	53,342.14	19,666.38	104.07	385.99	73,498.58
2008	56,780.05	19,732.91	107.55	397.57	77,018.08
2009	60,369.59	20,980.39	114.35	409.50	81,873.82
2010	64,130.24	21,008.71	117.93	421.78	85,678.66
2011	68,062.19	22,296.80	121.52	563.19	91,043.69
2012	72,165.08	22,284.61	128.85	580.08	95,158.62

VIII. PRESENTACIÓN DE ALTERNATIVAS

A. Justificación

El porcentaje de eficiencia de la línea de envasado actual tiene un valor de 62%. Esto significa que el 38% del tiempo laborado en esta línea es subutilizado por los operarios. A simple vista este hecho no es percibido, debido a que los tiempos más cortos son prolongados por los operarios para trabajar más cómodamente. Sin embargo una eficiencia tan baja no es recomendable para una línea de producción, ya que se están desperdiando recursos que pueden ser utilizados en otras operaciones. Por lo tanto se deben analizar alternativas para mejorar la eficiencia de la línea.

B. Alternativas para análisis

1. Balancear la línea actual de envasado.
2. Realizar cambios al equipo y a las operaciones de la línea actual de envasado.
3. Automatizar la línea actual de envasado.

IX. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN “BALANCEAR LA LÍNEA ”

Esto consiste en redistribuir los operarios de la línea de envasado y agregar o retirar personal, según sea necesario para lograr un flujo continuo de producto al realizar las operaciones al ritmo adecuado, en que deban ser realizadas.

A. Determinación del número de operarios necesarios (balanceada)

$$N = R * (\text{Total } T_e) / E$$

38

Donde

N = Número de operarios necesarios

R = Tasa de producción deseada (81 cajas /hora)

Total T_e = sumatoria de los tiempos estándares (337.9 seg.)

E = Eficiencia deseada (80%)

1. Cálculos previos

$$R = 81 \text{ cajas / hora} = \underline{0.0225 \text{ cajas / seg.}}$$

2. Aplicación de la fórmula

$$N = (0.0225 \text{ cajas / seg.}) * 337.9 \text{ (seg. /caja)} / 0.8 = 9.5$$

$$\underline{N = 9}$$

³⁸ Fuente: Métodos tiempos y movimientos de Niebel.

B. Asignación de los operarios a las diversas operaciones
(línea balanceada)

39

Número de operarios asignados por operación = $T_e / \text{Tiempo necesario para elaborar una caja según producción deseada}$

1. Tiempo necesario para elaborar una unidad según producción deseada

40

Tiempo necesario para elaborar una unidad = $\text{tiempo disponible} / \text{Producción deseada}$

En este caso la producción deseada se da como 615 (unidades/ día) es la capacidad máxima a la que puede llegarse y es determinada por la máquina. El tiempo 7.6 horas son el tiempo real laborado al día de donde:

Tiempo necesario para elaborar una unidad =

$$7.6 \text{ (horas / día)} / 615 \text{ (cajas / día)} = 0.012 \text{ (hora / caja)} * 3600 \text{ (seg. / hora)} =$$

$$\underline{44.48 \text{ seg./ caja}}^{41}$$

³⁹ Fuente: Métodos, tiempos y movimientos de Niebel

⁴⁰ Fuente: Métodos, tiempos y movimientos de Niebel

⁴¹ Nota: Obsérvese que concuerda con el tiempo estándar más alto, que es el que determina la capacidad de producción de la línea

Cuadro 25

Operarios asignados por operación (línea balanceada)

Operación	Te (en segundos)	Personal asignado por operación (P/O) = Te /44.48	Te Admitido (en seg.)
Preparar y pasar bolsa	35.07	1	60.16
Envasar producto	44.48	1	60.16
Amarrar bolsa interna	44.16	1	60.16
Introducir en bolsa externa	39.84	1	60.16
Etiquetar	34.4	1	60.16
Amarrar bolsa externa	125.44	3	60.16
Armar caja	3.77	0	60.16
Introducir producto en caja	8.14	0	60.16
Sellar caja	3.26	0	60.16
Entarimar	3.14	0	60.16
Totales	342.0	8	601.60

Se deben tomar 9 operarios, ya que aunque en la tabla aparezcan "0" operarios para las últimas operaciones, es necesario que alguien las realice y con una persona es suficiente para llevar estas labores a cabo. La razón por la que se obtiene "0" operarios para estas operaciones en el cuadro se debe que se utiliza la aproximación en los resultados y por lo tanto se eliminan los decimales que vendrían a representar una pequeña fracción de operario necesario para las operaciones.

C. Capacidad de Producción (línea balanceada)

La capacidad de esta opción es igual a la de la línea actual, ya que la operación que marca el ritmo de producción sigue siendo la operación "llenar bolsa", con una duración de 44.48 seg. El tiempo real laborado al día sigue siendo de 7.6 horas, debido a que la línea permanece básicamente constante.

1. Capacidad teórica por hora (línea balanceada)

$$3600 \text{ (seg./hora)} / 44.48 \text{ (seg. / caja)} = 80.93 \text{ cajas/ hora} \approx \underline{\underline{81 \text{ cajas/ hora}}}$$

2. Tasa de producción diaria

$$81 \text{ (cajas/ hora)} * 7.6 \text{ (horas/ día)} = \underline{615 \text{ cajas/ día}}$$

3. Tasa de Producción anual

$$615 \text{ (cajas / día)} * 20 \text{ (días / mes)} * 12 \text{ (meses / año)} * 60\% \text{ (fracción de tiempo máxima para elaborar producto)} = \underline{88,560 \text{ cajas / año.}}$$

Cuadro 26

Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios
(línea balanceada)

Operación	Operario que realiza la operación según ubicación y color en la figura 2	Número de operarios que realizan la operación
Preparar y pasar bolsa	+	1
Llenar	★	1
Amarrar bolsa interna	▲	1
Introducir en bolsa externa	◆	1
Etiquetar	◇	1
Amarrar bolsa externa	■	3
Armar y etiquetar caja	▣	1
Llenar caja con producto	▣	1
Sellar caja con cinta adhesiva	▣	1
Entarimar	▣	1

- c. Se parte del concepto siguiente: Al reducir los costos de mayonesa se producirá una reducción en los costos totales de la línea.
- d. Se considera una inversión inicial de US\$ 2200 que representa el costo del estudio y el tiempo de reorganización de la línea.

A excepción de los costos de mano de obra, los otros rubros permanecen iguales a los costos anuales de operación de la línea de envasado manual (actual). Por lo tanto los costos de mano de obra son los únicos que serán calculados antes de presentar el Resumen de Costos.

2. Costo de mano de obra (línea balanceada)

43

$$\text{Costo de mano de obra anual} = 9 * (\text{Sueldo anual promedio del operario} + \text{vacaciones} + \text{Aguinaldo} + \text{Bono 14} + \text{un sueldo por indemnización}) * \text{fracción anual laborada en línea}$$

44

$$\text{Fracción anual En línea laborada} = \text{total de días laborados en línea} / \text{mes} * 12/240$$

45

$$\text{Total de días necesarios en esta línea} / \text{mes} = \text{promedio de pronóstico de la demanda mensual} / \text{tasa de producción diaria}$$

⁴³ Fuente : Ministerio de Trabajo

⁴⁴ Fórmula desarrollada por el autor del trabajo

⁴⁵ Fórmula desarrollada por el autor del trabajo

Cuadro 27

Fracción anual laborada en línea (línea balanceada)

Año	Promedio de pronóstico de demanda / mes	Tasa diaria de Producción	Total de días en esta línea / mes	Fracción anual laborada en línea
2002	7,099.00	615.00	11.54	0.58
2003	7,383.00	615.00	12.00	0.60
2004	7,668.00	615.00	12.47	0.62
2005	7,952.00	615.00	12.93	0.65
2006	8,237.00	615.00	13.39	0.67
2007	8,521.00	615.00	13.86	0.69
2008	8,806.00	615.00	14.32	0.72
2009	9,090.00	615.00	14.78	0.74
2010	9,375.00	615.00	15.24	0.76
2011	9,660.00	615.00	15.71	0.79
2012	9,944.00	615.00	16.17	0.81

Cuadro 28

Sueldo anual de los operarios (línea balanceada)

Año	Sueldo anual / 9 operarios en US\$	Fracción anual laborada en línea	Costo de mano de obra /año en US \$
2002	19,079.00	0.58	11,011.53
2003	19,651.37	0.60	11,795.62
2004	20,240.91	0.62	12,618.48
2005	20,848.14	0.65	13,478.41
2006	21,473.58	0.67	14,380.32
2007	22,117.79	0.69	15,322.41
2008	22,781.32	0.72	16,309.95
2009	23,464.76	0.74	17,341.03
2010	24,168.71	0.76	18,421.27
2011	24,893.77	0.79	19,550.72
2012	25,640.58	0.81	20,729.26

Cuadro 29

Resumen y proyecciones de Costos (línea balanceada)

Año	Material de empaque en US \$	Mano obra en US \$	Energía eléctrica en US \$	Mantenimiento en US \$	Totales en US \$
2002	38,334.60	11,011.49	81.73	267.17	49,694.99
2003	41,064.25	11,795.57	87.54	275.19	53,222.55
2004	43,928.90	12,618.43	90.92	283.44	56,921.70
2005	46,922.57	13,478.36	94.29	291.94	60,787.16
2006	50,062.41	14,380.26	100.60	300.70	64,843.97
2007	53,342.14	15,322.36	104.07	385.99	69,154.56
2008	56,780.05	16,309.89	107.55	397.57	73,595.06
2009	60,369.59	17,340.97	114.35	409.50	78,234.40
2010	64,130.24	18,421.20	117.93	421.78	83,091.15
2011	68,062.19	19,550.64	121.52	563.19	88,297.54
2012	72,165.08	20,729.19	128.85	580.08	93,603.20

X. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN MODIFICAR LÍNEA

Esta opción involucra cambios más fuertes a la línea de envasado, ya que abarca modificaciones de equipo, operativos y de personal.

A. Cambios Propuestos a la línea de envasado

1. Implementación de equipo

Para el mejoramiento de la línea se considera que es necesario utilizar el siguiente equipo:

a. Llenadora de pistón

Se instalaría una segunda llenadora de pistón de igual modelo a la que se tiene ahora. Con esto se esperaría aumentar la capacidad de llenado y reducir los tiempos muertos en la línea.

b. Mesa pequeña de acero inoxidable

Se colocaría una de estas piezas al frente de la nueva llenadora para que el operario tenga un banco de trabajo donde colocar y preparar las bolsas.

c. Pinzas Manuales

Dos pinzas de acero inoxidable, de operación manual que se colocarían a los lados de la boquilla de cada una de las llenadoras. Esto se haría con el objeto de quitar de la línea al operario que realiza la operación "llenar".

d. Banda transportadora

Las mesas grandes de acero inoxidable se reemplazarían por una banda transportadora de 3 m de longitud y 0.60 m de ancho con una velocidad de 0.5 m/s. Esto tendría los siguientes objetivos:

- 1) Eliminar las actividades de alcanzar y lanzar la bolsa de producto a la siguiente operación.
- 2) Ejercer presión sobre los operarios para que conforme les vaya llegando el producto trabajen al ritmo en que deben trabajar.
- 3) Eliminar las bolsas que caen al suelo y las que quedan fuera del alcance cómodo de los operarios.

e. Mesas de trabajo y sillas

A lo largo de la banda transportadora se instalarían mesas de acero inoxidable de 0.60 m x 0.70 m con sus respectivas sillas giratorias.

La posición de las mesas sería perpendicular a la banda transportadora. El lado de 0.6m. se colocaría pegado a la banda transportadora y los operarios se sentarían en fila con la visión hacia la llenadora. La distancia entre cada banco de trabajo sería de 1 m. Este nuevo equipo se implementaría con los siguientes objetivos:

- 1) Restringir la comunicación entre los operarios y lograr con ello reducir tiempos muertos.
- 2) Reducir el cansancio por fatiga al que el operario se somete por estar de pie todo el día.
- 3) Centralizar el trabajo de los operarios en un lugar en el cual tengan a su alcance todos los materiales necesarios.
- 4) Poder controlar en mejor forma la limpieza de la línea, ya que cada operario sería responsable de un lugar de trabajo bien especificado.
- 5) Proporcionar a control de calidad puntos concretos para realizar sus inspecciones.

f. Depósito acondicionado al final de la línea

El depósito se ubicaría al final de la banda transportadora, a 0.10 m por debajo de la banda. El interior se forraría con esponja para amortiguar la caída del producto. El objetivo de esto sería:

- 1) Proporcionar un lugar donde se pudieran acumular las bolsas terminadas, en los momentos en que el operario encargado de encajar y entarimar el

producto deba traer o entregar material.

g. Engrapadora neumática

Se ubicaría en el banco de trabajo de la operación "amarrar bolsa externa".

Esta máquina se instalaría con los siguientes objetivos:

- 1) Reducir el tiempo de la operación "amarrar bolsa externa" y consecuentemente utilizar menos personal para realizar esta operación.
- 2) Depender en un menor grado de la habilidad manual del operario, ya que la operación se simplificaría notablemente.
- 3) Ofrecerle al cliente un producto sellado que dé la garantía de que el producto no ha sido alterado.

h. Señales luminosas

En cada banco de trabajo se colocaría un soporte, con dos focos de diferentes colores, instalados en la parte superior. Los interruptores estarían en la mesa del operario y éste accionaría el determinado botón al necesitar materia prima o solicitar una revisión de control de calidad. Con esto se esperaría:

- 1) Eliminar el tiempo muerto que transcurre cuando el operario le solicita materia prima al encargado de abastecerla.
- 2) Dar a control de calidad una señal clara para llevar a cabo una inspección en el momento en que el operario detectara cualquier problema con el producto.
- 3) Darle al operario la oportunidad de contribuir al control de calidad en la empresa.

i. Costo de la Inversión

El valor de la inversión en equipo sería de **US\$ 10,800**

2. Cambios en las operaciones

a. Preparar y pasar bolsa

El operario encargado de esta operación ya no debería pasar la bolsa a la persona que la llena, sino que colocaría la bolsa en las pinzas, para que sea llenada.

b. Llenar

Esta operación sería modificada, ya que las pinzas sostendrían la bolsa durante la operación.

c. Amarrar bolsa interna

El operario debería retirar la bolsa de las pinzas de la llenadora, hacer el nudo a la bolsa y luego pasar el producto a la banda.

d. Etiquetar

La persona que coloca la etiqueta sería también la encargada de colocar la "trenza" de la bolsa interna hacia atrás y ponerla entre la bolsa interna y la externa. Así se aprovecharía que este operario ya tiene la mano adentro de la bolsa al momento de colocar la etiqueta. Con esto se lograría:

1) Simplificar la operación posterior que es "amarrar bolsa externa" para reducir el tiempo de ejecución. Debe notarse que en el cuadro 10 esta operación presenta el tiempo estándar más alto (7.84 seg.).

e. Amarrar bolsa externa

Esta operación sería reemplazada por "engrapar bolsa externa". Se tomaría la bolsa y se le haría una trenza para cerrarla. Luego se introduciría la trenza en la engrapadora para sustituir el nudo por la grapa y por último se colocaría la bolsa sobre la banda transportadora.

f. Armar caja, introducir producto, sellar y entarimar

El encargado de estas operaciones deberá alternarlas con "proporcionar

material a sus compañeros” cuando éstos lo soliciten con su señal luminosa. Durante este período podrá dejar su puesto de trabajo y permitir que el producto se le acumule en el depósito acondicionado.

Cuadro 30

Tiempo estándar estimado para la línea modificada en base al tiempo estándar de la línea actual (en segundos)

Operación	Tiempo estándar (Te) de la línea actual	Tiempo estándar (Te) de la línea de envasado modificada	16*(Te) para poder utilizar la caja como unidad	(Te) permitidos
Graduar la llenadora	365.4 (6.09min)	365.40 (6.09min)		
Graduar la selladora de cinta adhesiva	256.8 (4.28min)	256.80 (4.28min)		
Preparar y pasar bolsa	2.19	2.19+1= 3.19 Se aumenta un seg. por cambio en operación	51.04	60.16
Llenar bolsa ⁴⁶	2.78	2.78	44.48	60.16
Amarrar bolsa interna	2.76	2.76+1 =3.76 Se aumenta un seg. por cambio en operación	60.16	60.16
Introducir en bolsa externa	2.49	2.49	39.84	60.16
Etiquetar	2.15	2.15+1=3.15 Se aumenta un seg. por cambio en operación	50.40	60.16
Amarrar bolsa externa	7.84	7.84-4.80 =3.04 Se disminuyen 4.8 seg. Por cambio en operación	48.64	60.16
Armar caja ⁴⁷	3.77	3.77	3.77	60.16
Introducir en caja	8.14	8.14	8.14	
Sellar caja	3.26	3.26	3.26	
Entarimar	3.14	3.14	3.14	
Totales			309.1	481.28

B. Número de operarios requeridos

$$N = R * (\text{Total } T_e)_m / E$$

Donde

N = Número de operarios necesarios

R^{48} = Tasa de producción deseada = 160 cajas / hora = 0.04 cajas / seg.

Total T_e_m = sumatoria de los tiempos estándares = 309.1seg

E = Eficiencia deseada = 80%

$N = (0.04 \text{ cajas / seg}) * 309.1 \text{ seg.} / 0.8 = 15.45$

N = 15 operarios

C. Asignación de los operarios a las diversas operaciones

(línea modificada)

49

Número de operarios asignados por operación = T_e / Tiempo necesarios para elaborar una caja según producción deseada

1. Tiempo necesario para elaborar una unidad según producción deseada

50

Tiempo necesario para elaborar una unidad = tiempo disponible / Producción deseada

Tiempo disponible = 7.6(horas/ día)

Producción deseada = (160 cajas /hora)*7.6 horas /día = 1216 (cajas/ día)

Tiempo necesario para elaborar una unidad (línea modificada) =

$7.6(\text{ horas/ día}) / 1216(\text{ cajas/ día}) = 6.25 * 10^{-3}(\text{ hora/ caja})$

*3600 (seg./ hora) = 22.5 seg./ caja

Cuadro 31

Operarios asignados por operación (línea modificada)

Operación	Te (en segundos)	Personal asignado por operación (P/O) = Te / 22.5	Te Admitido
Preparar y pasar bolsa	51.04	2	60.16
Envasar producto ⁵¹	44.48	2	60.16
Amarrar bolsa interna	60.16	3	60.16
Introducir en bolsa externa	39.84	2	60.16
Etiquetar	50.4	2	60.16
Amarrar bolsa externa	48.64	2	60.16
Armar caja ⁵²	3.77	0	60.16
Introducir producto en caja ⁵²	8.14	0	60.16
Sellar caja ⁵²	3.26	0	60.16
Entarimar ⁵²	3.14	0	60.16
Totales	313	13+1	601.60

Cuadro 32

Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios
(línea modificada)

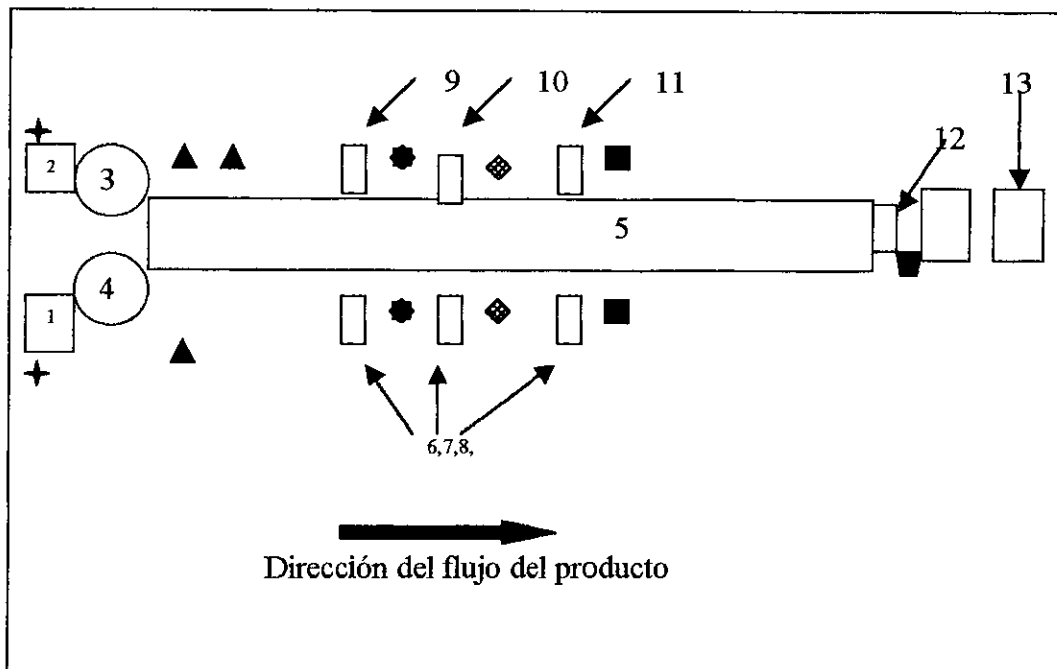
Operación	Operario que realiza la operación según ubicación	Números de operarios que realizan la operación
Preparar y pasar bolsa	+	2
Llenar producto		
Amarrar bolsa interna	▲	3
Introducir en bolsa externa	◆	2
Etiquetar	◇	2
Amarrar bolsa externa	■	2
Armar y etiquetar caja	▼	1
Llenar caja con producto	▼	1
Sellar caja	▼	1
Entarimar	▼	1

Cuadro 33

Clave de equipo diagramado (línea modificada)

Equipo	Número asignado en la figura
Mesas pequeñas de acero inoxidable	1, 2 y 12
Llenadoras	3 y 4
Banda transportadora	5
Mesa de trabajo con sus bancos	6, 7, 8, 9, 10 y 11
Depósito acondicionado	12
Selladora	13

Diagrama 7

Distribución de los operarios en las diversas operaciones
(línea modificada)

E. Capacidad teórica de producción (línea modificada)

1. Tasa teórica de producción por hora = 160 cajas/hora

2. Tasa teórica de producción por día = $160 \text{ cajas/hora} * 7.6 \text{ (horas / día)}$
= 1216 cajas / día

3. Tasa de Producción anual = $1216 \text{ (cajas / día)} * 20 \text{ (días / mes)}$
*12 (meses / año) * 60% (fracción de tiempo máxima para elaborar producto)
= 175104 cajas / año

D. Costos de operación anuales de la línea de envasado ⁵³ (línea modificada)

1. Observaciones

El análisis de Costos de operación se lleva a cabo sobre el envasado de mayonesa debido a lo siguiente:

- a. Varios de los costos de operación están en función del pronóstico de demanda y no se tienen datos exactos de los otros productos envasados en la línea.

- b. El 60% del tiempo se envasa mayonesa en esta línea, por lo tanto se considera que la razón principal la operación de la línea es envasar mayonesa.

- c. Se parte del concepto siguiente: Al reducir los costos de mayonesa se producirá una reducción en los costos totales de la línea.

d. Se considera una inversión inicial de US\$ 2200 que representa el costo del estudio y el tiempo de reorganización de la línea. El costo del equipo se especifica en la sección de Cambios en el equipo.

2. Material de Empaque

Cuadro 34

Costos de material de empaque (línea modificada)

	Bolsa plástica	Etiqueta	Grapa	Corrugado	Subtotal
Costo por millar	Q3.90	Q33.50	Q11.20	Q.2862.92	
Costo por unidad	Q0.00390	Q.0.0335	0.01	Q. 2.86	
Número de unidades por caja	32	16	16	1	
Costo por caja	Q.0.12	Q0.54	0.16	Q.2.86	Q3.68

a. Cinta adhesiva

Costo de 900 m de cinta = Q.57.78

Consumo de cinta por caja = 1.68m

Número de cajas que se sella por cinta = $900 \text{ m} / 1.68 = 535.71$ cajas

Costo por caja de cinta adhesiva: = Q 0.11

b. Costo de material de empaque / caja = Q3.79 = US \$ 0.47

Cuadro 35

Proyecciones costo / año de material de empaque (línea modificada)

Año	Costo por unidad en US\$	Demandas prom.	Costo anual en US\$
2002	0.47	7,099.00	40,038.36
2003	0.48	7,383.00	42,889.32
2004	0.50	7,668.00	45,881.29
2005	0.51	7,952.00	49,008.02
2006	0.53	8,237.00	52,287.40
2007	0.54	8,521.00	55,712.90
2008	0.56	8,806.00	59,303.61
2009	0.58	9,090.00	63,052.68
2010	0.60	9,375.00	66,980.47
2011	0.61	9,660.00	71,087.17
2012	0.63	9,944.00	75,372.42

3. Costos / año de mano (línea modificada)

Salario anual del operario = 12 operarios* (Sueldo anual promedio del operario + vacaciones + Aguinaldo + Bono14 + un sueldo por indemnización)*fracción anual laborada en línea

Fracción anual en línea laborada = total de días laborados en línea / mes *12/360

Total de días necesarios en esta línea/ mes = promedio de pronóstico de demanda mensual / tasa de producción diaria

Cuadro 36

Total de días necesarios en línea al mes (línea modificada)

Año	promedio de pronóstico de demanda / mes	Tasa diaria de producción	Total de días en esta línea / mes	Fracción anual laborada en línea
2002	7,099.00	1,216	5.84	0.29
2003	7,383.00	1,216	6.07	0.30
2004	7,668.00	1,216	6.31	0.32
2005	7,952.00	1,216	6.54	0.33
2006	8,237.00	1,216	6.77	0.34
2007	8,521.00	1,216	7.01	0.35
2008	8,806.00	1,216	7.24	0.36
2009	9,090.00	1,216	7.48	0.37
2010	9,375.00	1,216	7.71	0.39
2011	9,660.00	1,216	7.94	0.40
2012	9,944.00	1,216	8.18	0.41

Cuadro 37

Costo / año de mano de obra (línea modificada)

Año	Sueldo anual / 14 operarios en US \$	Fracción anual laborada en línea	Costo de mano de obra / año en US \$
2002	29,678.35	0.29	8,663.10
2003	30,568.70	0.30	9,279.96
2004	23,892.07	0.32	7,533.08
2005	24,608.83	0.33	8,046.44
2006	23,893.07	0.34	8,092.40
2007	24,609.86	0.35	8,622.56
2008	23,893.07	0.36	8,651.41
2009	24,609.86	0.37	9,198.34
2010	23,894.07	0.39	9,210.81
2011	24,610.89	0.40	9,775.54
2012	23,894.07	0.41	9,769.85

4. Costo/ año de Energía Eléctrica (línea modificada)

Costo de energía eléctrica /año = (2 * consumo del motor de la llenadora / hora + consumo de la selladora / hora + consumo de la banda transportadora/ hora) * 7.6 (h/ día) * Total de días necesarios en esta línea/ mes* 12meses /año

Cuadro 38

Costos de Energía Eléctrica

Rubro	Cálculo	Costo
Consumo de la llenadora en Kw. : Motor de 1.0 hp. Costo de Kw. / h = US \$0.14⁵⁴	1.0 hp * 0.745(Kw./1hp) ⁵⁵	
Costo de la energía de la llenadora / día	0.745 Kw. * 0.14 US \$ (costo del Kw. / h) * 7.6h (Tiempo real laborado al día)	US \$0.79/ día
Consumo de la Selladora en Kw. : Motor de 0.25 hp.	0.25hp * 0.745(kw/1 hp)	0.185Kw
Costo de la energía de la selladora	0.185kW * US \$0.14 (costo del Kw. / h)* 7.6h(Tiempo real laborado al día)	US \$0.20/ día
Consumo de la banda transportadora Motor es de 0.5 hp	0.5 hp * 0.745	0.37Kw
Costo de la energía de la banda transportadora	0.37kW * US \$0.14 (costo del Kw. / h) * 7.6h(Tiempo real laborado al día)	US \$0.39/ día
TOTAL	US \$0.79/ día + US \$0.20/ día + US \$0.39/día	US \$1.38 / día

Cuadro 39
Proyecciones del costo/ año de energía eléctrica
(línea modificada)

Año	Costo energía eléctrica/ día en US \$	Total de días en esta línea / mes	Costo energía eléctrica / año en US \$
2002	1.38	5.83	96.68
2003	2.41	6.07	175.59
2004	2.41	6.30	182.37
2005	2.41	6.53	189.12
2006	3.44	6.77	279.62
2007	3.44	7.00	289.27
2008	3.44	7.24	298.94
2009	4.47	7.47	400.98
2010	4.47	7.70	413.55
2011	4.47	7.94	426.12
2012	5.5	8.17	539.72

5. Costo/ año de Mantenimiento

Cuadro 40

Proyecciones / año del costo del mecánico (línea modificada)

Año	Sueldo anual del mecánico en US\$	Días estimados a mantenimiento/ año*	Fracción anual laborada por el mecánico en línea	Costo anual del mecánico en US \$
2002	7,894.41	8	0.03	263.15
2003	8,131.24	8	0.03	271.04
2004	8,375.18	8	0.03	279.17
2005	8,626.43	8	0.03	287.55
2006	8,885.23	8	0.03	296.17
2007	9,151.78	11	0.05	419.46
2008	9,426.34	11	0.05	432.04
2009	9,709.13	11	0.05	445.00
2010	10,000.40	11	0.05	458.35
2011	10,300.41	11	0.05	472.10
2012	10,609.43	13	0.05	574.68

Cuadro 41

Costo / año de Repuestos (línea modificada)

Repuesto	Cálculo	Costo /año
Costo de cojinetes	4 cojinetes* Q30/cojinete *4 cambios / año	US \$59.63
Costo de la faja	2 faja *Q28/ faja *4 cambios / año	US \$27.83
Costo de grasa para pistón	2 tubos* Q.70/tubo *3 tubos / año	US \$52.17
Costo de Repuestos / año	US \$59.63+ US \$27.83 +US \$52.17	US \$139.63

Cuadro 42

Proyecciones del costo/ año de repuestos (línea modificada)

Año	Costo de repuestos en inventario en US \$
2002	139.63
2003	143.82
2004	148.13
2005	152.58
2006	160.21
2007	165.01
2008	169.96
2009	175.06
2010	183.81
2011	189.33
2012	195.01

Cuadro 43

Proyección de costo /año de mantenimiento (línea modificada)

Año	Costo anual/ mantenimiento en US \$
2002	402.78
2003	414.86
2004	427.31
2005	440.13
2006	456.38
2007	584.47
2008	602.00
2009	620.06
2010	642.17
2011	661.43
2012	769.69

Cuadro 44
Resumen de costo/ año de proyecciones
(línea modificada)

Año	Material de empaque en US \$	Mano de obra en US \$	Energía eléctrica en US \$	Mantenimiento en US \$	Totales en US \$
2002	40,038.36	8,663.10	96.68	402.78	49,200.91
2003	42,889.32	9,279.96	175.59	414.86	52,759.74
2004	45,881.29	7,533.08	182.37	427.31	54,024.04
2005	49,008.02	8,046.44	189.12	440.13	57,683.71
2006	52,287.40	8,092.40	279.62	456.38	61,115.81
2007	55,712.90	8,622.56	289.27	584.47	65,209.20
2008	59,303.61	8,651.41	298.94	602.00	68,855.97
2009	63,052.68	9,198.34	400.98	620.06	73,272.06
2010	66,980.47	9,210.81	413.55	642.17	77,246.99
2011	71,087.17	9,775.54	426.12	661.43	81,950.27
2012	75,372.42	9,769.85	539.72	769.69	86,451.68

XI. ANÁLISIS DE LA OPCIÓN “AUTOMATIZAR LÍNEA”

Esta opción representa el cambio de la línea de envasado manual por una automatizada. Involucra cambios en las operaciones, en el equipo y remociones de personal.

A. Cambios en el equipo

De la línea actual se conservaría únicamente la selladora de cinta adhesiva y una mesa pequeña de acero inoxidable que se seguiría utilizando para armar la caja y colocar en ésta las bolsas de producto.

1. Implementación de nuevo equipo

a. Máquina llenadora y selladora de bolsa

Se instalaría esta máquina que llenaría el producto, sellaría la bolsa y le pondría la fecha de vencimiento. Con esto se lograría:

- 1) Reducir el personal en la línea.
- 2) Aumentar la tasa de producción de la línea por hora.

b. Bobinas de plástico impresas

La máquina las utilizaría para hacer la bolsa en la que se envasa el producto.

c. Depósito acondicionado al final de la línea

El depósito se ubicaría al final de la banda transportadora, a 0.10 m por debajo de la banda. El interior se forraría de esponja para amortiguar la caída del producto. El objetivo de esto sería:

d. Inversión Inicial = US \$142,300

B. Cambio en las operaciones

La máquina se encargaría de producir las bolsas de producto y manualmente se introducirían las bolsas en la caja para sellarla y entarimarla.

C. Cambios en el envase del producto:

1. Las bolsas plásticas

Serían reemplazadas por un envases doypack de mayor grosor que se sella por medio de calor aplicado a los bordes.

2. Etiquetas

Serían reemplazadas por una impresión en los envases.

Cuadro 45

Tiempo estándar en segundos (línea automatizada)

Operación	Tiempo promedio en segundos (Tp)	Factor de actuación (Fa)	Tiempo estándar $T_e = T_p * F_a * F_t$ en segundos	Tiempo estándar por caja = $T_e * 16$	(Te)s Tiempo estándar permitido
Graduar la llenadora	1800 (30 min.)	0.8	1742.4 (29.04min)		
Graduar la selladora de cinta adhesiva	303.6 (5.06 min.)	0.70	257.15 (4.30 min.)		
Llenar producto y sellar bolsa ⁵⁶	2	1.0	2.0 por ser automatizada	32	32
Armar caja	4.46	0.70	3.77	3.77	38.72
Introducir producto en la caja	8.97	0.75	8.14	8.14	
Sellar caja	3.57	0.80	3.26	3.26	
Entarimar	3.35	0.80	3.14	3.14	
Total			16.54	50.31	70.72

D. Asignación de los operarios a distintas operaciones (línea automatizada)

Al sumar los tiempos T_e requeridos para realizar todas las operaciones manuales se obtiene una diferencia de 13.69 seg. , con respecto al tiempo requerido por la máquina para envasar las 16 unidades. Esta diferencia se considera como holgura y por lo tanto sería asignado 1 operario para el funcionamiento de esta línea, quien se encargaría de realizar las operaciones manuales y de la preparación y operación de la máquina. Pero para evitar la dependencia de este operario en el funcionamiento de la máquina se asignaría, por períodos, un segundo operario para que aprendiera a manejarla.

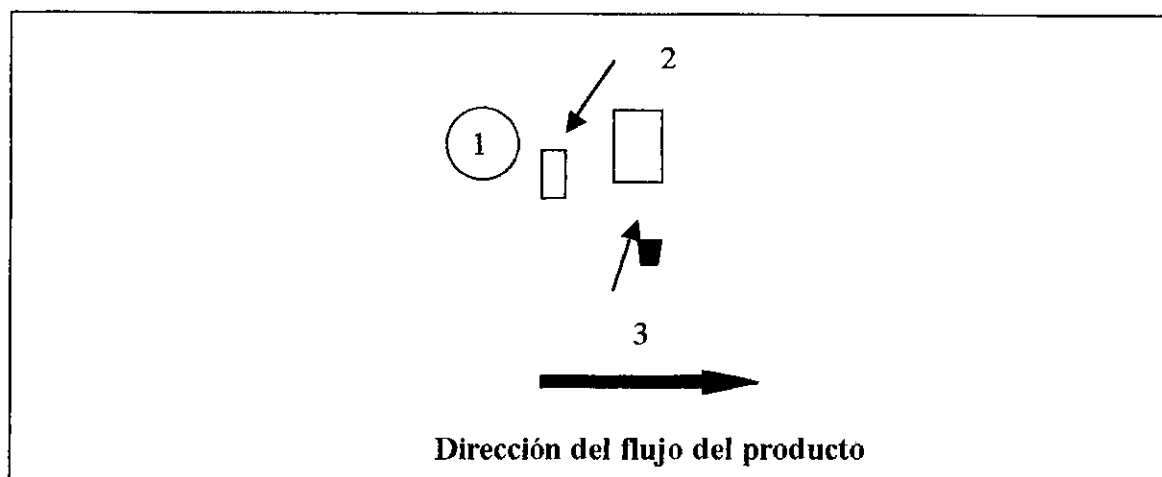
Cuadro 46

Relación entre las operaciones del proceso de envasado y los operarios
(línea automatizada)

Operación	Operario que realiza la operación según ubicación en la figura 2	Número de operarios que realiza la operación
Armar y etiquetar caja	▼	1
Llenar cajas con producto	▼	1
Sellar caja	▼	1
Entarimar	▼	1

Diagrama 8

Distribución de los operarios en las diversas operaciones
(línea automatizada)



E. Capacidad de producción (línea automatizada):

$$3600 \text{ (seg. / hora)} / 32 \text{ (seg./ caja)} = 112.5 \approx^{57} \underline{112 \text{ cajas/ hora}}$$

1. Eficiencia

$$E = \text{Total Te real} / \text{Total Te real permitido} * 100$$

donde E = Porcentaje de Eficiencia

$$E = 50.31 / 70.72 * 100 = 71.13\% \approx \underline{71 \%}$$

2. Tiempo Real laborado al día

Tiempo Real laborado al día = Total horas trabajadas - Tiempo de retrasos inevitables - tiempo de desinfección de equipo y limpieza del lugar de trabajo.

$$\text{Tiempo Real laborado al día} = 8.8 \text{ horas} - 0.3 \text{ horas} - 0.5 \text{ horas} = \underline{8 \text{ horas / día}}$$

3. Tasa de producción diaria

Tasa de producción diaria = tasa de producción teórica / hora * Tiempo real laborado al día

$$\text{Tasa de producción diaria} = 112 \text{ (cajas / hora)} * 8 \text{ (horas/ día)} = \underline{896 \text{ cajas / día}}$$

4. Tasa de Producción anual

$$896 \text{ (cajas / día)} * 20 \text{ (días / mes)} * 12 \text{ (meses / año)} * 60\% \text{ (fracción de tiempo máxima para elaborar producto)} = 129,024 \underline{\text{ cajas / año}}$$

F. Costos /año de operación (línea automatizada)⁵⁸

1. Observación

El análisis de Costos de operación se lleva a cabo sobre el envasado de mayonesa debido a lo siguiente:

- a. Varios de los costos de operación están en función del pronóstico de demanda y no se tienen datos exactos de los otros productos envasados en la línea.
- b. El 60% del tiempo se envasa mayonesa en esta línea por lo que se considera que la razón principal la operación de la línea es envasar mayonesa.
- c. Se parte del concepto siguiente: Al bajar los costos de la mayonesa se producirá una reducción en los costos totales de la línea.
- d. Se considera una inversión inicial de US\$ 2200 que representa el costo del estudio y el tiempo de reorganización de la línea. El costo del equipo que se especifica en la sección de cambios en el equipo.

2. Material de empaque

Este rubro está en función de la producción, por lo tanto es necesario recalcularlo para todos los años de análisis debido a que la demanda varía.

Cuadro 47
Costos / año de material de Empaque
(línea automatizada)

	Bobina	Corrugado	Subtotal
Costo por millar	Q96.01	Q.2862.92	
Costo por unidad	Q0.96	Q. 2.86	
Numero de unidades por caja	16	1	
Costo por caja	Q.1.53	Q.2.86	Q4.39

a. Cinta adhesiva

Costo de 900 m de cinta = Q..57.78

Consumo de cinta por caja = 1.68m

Número de cajas que se sella por cinta = $900\text{m}/1.68 = 535.71$ cajas

Costo de cinta adhesiva por caja sellada = Q 0.11

b. Costo de material de empaque / caja⁵⁹ = Q 4.51 = 0.56 US\$

c. Costo de material de empaque / año

Costo de material de empaque anual = Costo de material de empaque /caja * promedio de pronóstico de demanda mensual *12 meses / año

Cuadro 48
Proyección de costos/ año de material de empaque
(línea automatizada)

Año	Costo por unidad en US \$	Demandas promedio	Costo anual en US\$
2002	0.56	7,099.00	47,705.28
2003	0.58	7,383.00	51,102.17
2004	0.59	7,668.00	54,667.07
2005	0.61	7,952.00	58,392.53
2006	0.63	8,237.00	62,299.88
2007	0.65	8,521.00	66,381.33
2008	0.67	8,806.00	70,659.62
2009	0.69	9,090.00	75,126.60
2010	0.71	9,375.00	79,806.52
2011	0.73	9,660.00	84,699.61
2012	0.75	9,944.00	89,805.44

3. Costo de mano de obra (línea automatizada)

Costo mano de obra / año = 1.5 operarios* (Sueldo anual promedio del operario + vacaciones + Aguinaldo + Bono14 + un sueldo por indemnización) *fracción anual laborada en línea

Fracción anual en línea laborada = total de días laborados en línea / mes *12/240

Total de días necesarios en esta línea/ mes = promedio de pronóstico de demanda mensual / tasa de producción diaria

Cuadro 49
Total de días necesarios en esta línea al mes
(línea automatizada)

Año	Promedio de pronóstico de demanda al mes	Tasa de producción diaria	Total de días en esta línea /mes	Fracción anual laborada en línea
2002	7,099	896	7.92	0.40
2003	7,383	896	8.24	0.41
2004	7,668	896	8.56	0.43
2005	7,952	896	8.88	0.44
2006	8,237	896	9.19	0.46
2007	8,521	896	9.51	0.48
2008	8,806	896	9.83	0.49
2009	9,090	896	10.15	0.51
2010	9,375	896	10.46	0.52
2011	9,660	896	10.78	0.54
2012	9,944	896	11.10	0.55

Cuadro 50
Proyecciones / año mano de obra
(línea automatizada)

Año	Sueldo anual 1.5 operarios en US \$	Fracción anual laborada en línea	Costo anual mano de obra
2002	3,179.00	0.40	1,259.36
2003	3,274.37	0.41	1,349.03
2004	3,372.60	0.43	1,443.14
2005	3,473.78	0.44	1,541.49
2006	3,577.99	0.46	1,644.64
2007	3,685.33	0.48	1,752.38
2008	3,795.89	0.49	1,865.33
2009	3,909.77	0.51	1,983.25
2010	4,027.06	0.52	2,106.79
2011	4,147.87	0.54	2,235.96
2012	4,272.31	0.55	2,370.75

4. Costo de energía eléctrica (línea automatizada)

Costo de energía eléctrica / año = (consumo de la llenadora / hora + consumo de la selladora / hora) * 8 (h/ día) * Total de días necesarios en esta línea / mes * 12 meses / año

Cuadro 51
Costo de Energía Eléctrica
(línea automatizada)

Rubro	Cálculo	Costo
Consumo de la llenadora en Kw. : Motor de 1.0 hp. Costo de Kw. / h = US\$ 0.14	1.0 hp* 0.745(Kw./1hp)	0.745 Kw.
Costo de la energía de la llenadora / día	0.745 Kw. * US\$0.14 (costo del Kw. / h) * 8h (Tiempo real laborado al día)	US \$ 0.83. /día
Consumo de la selladora en Kw. : El motor es de 0.25 hp. Costo de Kw./ h = US\$ 0.14	0.25hp*0.745(kw/1hp)	0.185Kw
Costo de la energía de la selladora	0.185kW* US\$ 0.14 (costo del Kw. / h)* 8h (Tiempo real laborado al día)	US \$ 0.21/ día
TOTAL	US \$ 0.83./ día + US \$ 0.21/ día	US \$1.04

Cuadro 52

Proyecciones de Costo / año de energía eléctrica (línea automatizada)

Año	Costo energía eléctrica/ día en US\$	Total de días en esta línea/ mes	Costo/ año
2002	1.04	7.92	98.88
2003	1.07	8.24	105.92
2004	1.07	8.56	110.01
2005	1.07	8.88	114.08
2006	1.10	9.19	121.72
2007	1.10	9.51	125.91
2008	1.10	9.83	130.12
2009	1.14	10.15	138.35
2010	1.14	10.46	142.69
2011	1.14	10.78	147.03
2012	1.17	11.10	155.89

5. Costo de Mantenimiento

$$\text{Costo de mantenimiento / anual} = (\text{Salario de mecánico / año}) * \text{fracción anual laborada en línea} + \text{costo de los repuestos / año}$$

Cuadro 53

Proyección / año de salario del mecánico (línea automatizada)

Año	Sueldo anual del mecánico en US \$	Días estimados a mantenimiento / año ⁶⁰	Fracción anual laborada por el mecánico en línea	Costo anual del mecánico en US \$
2002	7,894.41	36	0.15	1,184.16
2003	8,131.24	36	0.15	1,219.69
2004	8,375.18	36	0.15	1,256.28
2005	8,626.43	36	0.15	1,293.97
2006	8,885.23	36	0.15	1,332.78
2007	7,895.41	36	0.15	1,184.31
2008	8,132.27	36	0.15	1,219.84
2009	8,376.24	36	0.15	1,256.44
2010	8,627.53	36	0.15	1,294.13
2011	8,886.35	36	0.15	1,332.95
2012	7,896.41	36	0.15	1,184.46

Cuadro 54

Proyecciones del costo de repuestos / año

Año	Costo de repuestos en US\$
2002	1,863.35
2003	1,919.25
2004	1,976.83
2005	2,036.13
2006	2,097.22
2007	2,160.13
2008	2,224.94
2009	2,291.69
2010	2,360.44
2011	2,431.25
2012	2,504.19

Cuadro 55

Proyecciones de costo de mantenimiento /año

Año	Costo anual de mantenimiento en US \$
2002	3,047.51
2003	3,138.94
2004	3,233.10
2005	3,330.10
2006	3, 430.00
2007	3,344.44
2008	3,444.78
2009	3,548.12
2010	3,654.57
2011	3,764.20
2012	3,688.65

Cuadro 56

Resumen de las proyecciones de costos / año

Año	Material de empaque en US \$	Mano obra en US \$	Energía eléctrica en US \$	Mantenimiento en US \$	Totales en US \$
2002	47,705.28	1,259.36	98.88	3,047.51	52,111.03
2003	51,102.17	1,349.03	105.92	3,138.94	55,696.06
2004	54,667.07	1,443.14	110.01	3,233.10	59,453.33
2005	58,392.53	1,541.49	114.08	3,330.10	63,378.20
2006	62,299.88	1,644.64	121.72	3,430.00	67,496.24
2007	66,381.33	1,752.38	125.91	3,532.90	71,792.53
2008	70,659.62	1,865.33	130.12	3,638.89	76,293.96
2009	75,126.60	1,983.25	138.35	3,748.05	80,996.25
2010	79,806.52	2,106.79	142.69	3,860.50	85,916.49
2011	84,699.61	2,235.96	147.03	3,976.31	91,058.91
2012	89,805.44	2,370.75	155.89	4,095.60	96,427.68

XII. ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS DIFERENTES OPCIONES

1. Cálculo de las Tasas mínimas atractivas de Retorno (TMAR)

a. TMAR.⁶¹

Valor mínimo de la tasa de retorno para que una alternativa sea financieramente aceptable.

b. TIR.⁶²

Es la tasa de interés pagada sobre el saldo no pagado de dinero obtenido en préstamo, o la tasa de interés ganada sobre el saldo no recuperada de una inversión.

$$\text{TMAR} = \text{CP} + \text{Retorno esperado por la gerencia agregado al TMAR} + \text{Factor de riesgo agregado al TMAR}$$

63

Donde :

CP = Costo del capital

El costo del capital es la tasa de interés que se pierde al retirar el capital del plazo fijo en el que estaría durante los siguientes 10 años.

Esta tasa es del 4%.

Retorno esperado por la gerencia agregada al TMAR = 14%.

Factor de Riesgo agregado al TMAR = 2%.

TMAR = 4% + 14% + 2% = 20%.

Cuadro 57

Inversiones iniciales de los diferentes proyectos

Alternativa	Inversión inicial en US\$	Valor de salvamento al final del período de estudio en US\$ ⁶⁴
Mantener línea manual	2,000	0
Balancear línea manual	2,200	0
Modificar línea	13,000	0
Automatizar línea	145,000	0

Cuadro 58

Costos de operación / año en US \$ de las diferentes opciones

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Mantener Línea	-54,589.54	-58,456.63	-61,484.84	-65,661.27	-68,920.91	-73,498.58	-77,018.08	-81,873.08	-85,678.66	-91,043.69	-95,158.62
Balancear	-49,694.99	-53,222.55	-56,921.70	-60,787.16	-64,843.97	-69,154.56	-73,595.06	-78,234.40	-83,091.15	-88,297.54	-93,603.20
Modificar	-49,200.91	-52,759.74	-54,024.04	-57,683.71	-61,115.81	-65,209.20	-68,855.97	-73,272.06	-77,246.99	-81,950.27	-86,451.68
Automatizar	-52,111.03	-55,696.06	-59,453.33	-63,738.20	-67,496.24	-71,792.53	-76,293.96	-80,996.25	-85,916.49	-91,058.91	-96,427.68

Cuadro 61
Flujo de efectivo de la operación balancear línea

	Inversión inicial en US\$ 2200											
	Valores en cajas de producto											
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Ventas mensuales pronosticadas	7,063	7,346	7,630	7,913	8,196	8,479	8,762	9,045	9,328	9,612	9,895	
Ventas anuales pronosticadas	84,756	88,152	91,560	94,956	98,352	101,748	105,144	108,540	111,936	115,344	118,740	
Demandas anuales pronosticadas	85,180	88,593	92,018	95,431	98,844	102,257	105,670	109,083	112,496	115,921	119,334	
Capacidad de producción anual	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	88,560	
Exceso / déficit de capacidad	3,380	-33	-3,458	-6,871	-10,284	-13,697	-17,110	-20,523	-23,936	-27,361	-30,774	

Precio / caja en US\$ 3

Valores en US \$

Ventas en US \$	255,539.34	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00	265,680.00
Costo de ventas y distribución 40%	-102,215.74	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00	-106,272.00
Utilidad afecta	153,323.60	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00	159,408.00
Costo operación.	-49,694.99	-53,222.55	-56,921.70	-60,787.16	-64,843.97	-69,154.56	-73,595.06	-78,234.40	-83,091.15	-88,297.54	-93,603.20
Utilidad antes ISR	103,628.61	106,185.45	102,486.30	98,620.84	94,564.03	90,253.44	85,812.94	81,173.60	76,316.85	71,110.46	65,804.80
ISR 31%	-32,124.87	-32,917.49	-31,770.75	-30,572.46	-29,314.85	-27,978.57	-26,602.01	-25,163.82	-23,658.22	-22,044.24	-20,399.49
Flujo neto	71,503.74	73,267.96	70,715.55	68,048.38	65,249.18	62,274.87	59,210.93	56,009.78	52,658.63	49,066.22	45,405.31

**Cuadro 61:
Flujo de Efectivo de la operación modificar línea**

Inversión Inicial en US \$ 13000
Depreciación en US \$ 1300

Valores en cajas de producto

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ventas mensuales pronosticadas	7,063.00	7,346.00	7,630.00	7,913.00	8,196.00	8,479.00	8,762.00	9,045.00	9,328.00	9,612.00	9,895.00
ventas anuales pronosticadas	84,756.00	88,152.00	91,560.00	94,956.00	98,352.00	101,748.00	105,144.00	108,540.00	111,936.00	115,344.00	118,740.00
Demandas anuales pronosticadas	85,179.78	88,592.76	92,017.80	95,430.78	98,843.76	102,256.74	105,669.72	109,082.70	112,495.68	115,920.72	119,333.70
Capacidad de producción anual	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00	175,104.00
exceso/déficit de capacidad	89,916.00	86,508.00	83,088.00	79,680.00	76,260.00	72,840.00	69,420.00	66,000.00	62,580.00	59,160.00	55,740.00

Precio / caja en US\$ 3

Valores en US \$

Ventas	254,268.00	264,436.00	274,680.00	284,868.00	295,056.00	305,244.00	315,432.00	325,620.00	335,808.00	346,032.00	356,220.00
Costo de ventas y distribución 40%	-101,707.20	-105,782.40	-109,872.00	-113,947.20	-118,022.40	-122,097.60	-126,172.80	-130,248.00	-134,323.20	-138,412.80	-142,488.00
Utilidad bruta	152,560.80	158,673.60	164,808.00	170,920.80	177,033.60	183,146.40	189,259.20	195,372.00	201,484.80	207,619.20	213,732.00
Costo operación	-49,200.91	-52,759.74	-54,024.04	-57,693.71	-61,115.81	-65,209.20	-68,855.97	-73,272.06	-77,246.99	-81,950.27	-86,451.68
Utilidad afecta Depreciación	103,359.89	105,913.86	110,783.96	113,227.09	115,917.79	117,937.20	120,403.23	122,099.94	124,237.81	125,668.93	127,280.32
Utilidad antes ISR	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00	-1,300.00
ISR 31%	102,059.89	104,613.86	109,483.96	111,927.09	114,617.79	116,637.20	119,103.23	120,799.94	122,937.81	124,368.93	125,980.32
Utilidad neta + Depreciación	-31,638.57	-32,430.30	-33,940.93	-34,697.40	-35,531.51	-36,157.53	-36,922.00	-37,447.98	-38,110.72	-38,554.37	-39,053.90
Finjo neto	71,721.32	73,483.56	76,843.93	78,529.69	80,386.28	81,779.67	83,481.23	84,651.96	86,127.09	87,114.56	88,226.42

Cuadro 62
Flujo de Efectivo de la operación automatizar líneaInversión Inicial en US \$ 145000
Depreciación en US \$ 14500

Valores en cajas

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ventas mensuales pronosticadas	7,063	7,346	7,630	7,913	8,196	8,479	8,762	9,045	9,328	9,612	9,895
Ventas anuales pronosticadas	84,756	88,152	91,560	94,956	98,352	101,748	105,144	108,540	111,936	115,344	118,740
Demandas anuales pronosticadas	85,180	88,593	92,018	95,431	98,844	102,257	105,670	109,083	112,496	115,921	119,334
Capacidad de producción anual	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024	129,024
Exceso/déficit de capacidad	43,844	40,431	37,006	33,593	30,180	26,767	23,354	19,941	16,528	13,103	9,690

Precio / caja en US \$ 3

valores en US \$

Ventas	254,268.00	264,456.00	274,680.00	284,868.00	295,056.00	305,244.00	315,432.00	325,620.00	335,808.00	346,032.00	356,220.00
Costo de ventas y distribución 40%	-101,707.20	-105,782.40	-109,872.00	-113,947.20	-118,022.40	-122,097.60	-126,172.80	-130,248.00	-134,323.20	-138,412.80	-142,488.00
Utilidad Bruta	152,560.80	158,673.60	164,808.00	170,920.80	177,033.60	183,146.40	189,259.20	195,372.00	201,484.80	207,619.20	213,732.00
Costo operación	-52,111.03	-55,696.06	-59,453.33	-63,378.20	-67,496.24	-71,792.53	-76,293.96	-80,996.25	-85,916.49	-91,058.91	-96,472.68
Utilida afecta	100,449.77	102,977.54	105,354.67	107,542.60	109,537.36	111,353.87	112,965.24	114,375.75	115,568.31	116,560.29	117,259.32
Depreciación	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00	-14,500.00
Utilidad antes ISR	85,949.77	88,477.54	90,854.67	93,042.60	95,037.36	96,853.87	98,465.24	99,875.75	101,068.31	102,060.29	102,759.32
ISR 31%	-26,644.43	-27,428.04	-28,164.95	-28,843.21	-29,461.58	-30,024.70	-30,524.22	-30,961.48	-31,331.18	-31,638.69	-31,885.39
Utilidad neta	59,305.34	61,049.50	62,689.72	64,199.39	65,575.78	66,829.17	67,941.02	68,914.27	69,737.13	70,421.60	70,903.93
+ Depreciación	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00	14,500.00
Flujo neto	73,805.34	75,549.50	77,189.72	78,699.39	80,075.78	81,329.17	82,441.02	83,414.27	84,237.13	84,921.60	85,403.93

Resumen de flujos de las diversas opciones (Valores en US \$)

	Inversiones	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Mantener	-2,000.00	68,126.50	69,656.45	67,566.98	64,685.24	62,436.09	59,277.50	56,849.04	53,499.09	50,873.24	47,171.17	44,322.07	
Balancear	-2,200.00	71,503.74	73,267.96	70,715.55	68,048.38	65,249.18	62,274.87	59,210.93	56,009.78	52,658.63	49,066.22	45,405.31	
Modificar	-13,000.00	71,721.32	73,483.56	76,843.93	78,529.69	80,386.28	81,779.67	83,481.23	84,651.96	86,127.09	87,114.56	88,226.42	
Automatización	-145,000.00	73,805.34	75,549.50	77,189.72	78,699.39	80,075.78	81,329.17	82,441.02	83,414.27	84,237.13	84,921.60	85,403.93	

Cuadro 64

Valores presentes de todos los flujos trasladados al año 2002 (valores en US \$)

	VPN Total en 2002	Suma de VP 2003-2012	VP del flujo 2003	VP del flujo 2004	VP del flujo 2005	VP del flujo 2006	VP del flujo 2007	VP del flujo 2008	VP del flujo 2009	VP del flujo 2010	VP del flujo 2011	VP del flujo 2012	valor anual equivalente
Mantener	325,995.62	259,869.11	58,047.04	46,921.51	37,433.59	30,110.00	23,822.30	19,038.63	14,930.62	11,831.49	9,142.09	8,591.85	77,757.37
Balancear	341,358.59	272,054.85	61,056.63	49,108.02	39,379.85	31,466.62	25,026.88	19,829.62	15,631.30	12,246.71	9,509.36	8,799.85	81,421.79
Modificar	395,994.00	337,272.68	61,236.30	53,363.84	45,445.42	38,766.53	32,854.41	27,957.69	23,624.81	20,030.41	16,883.39	17,098.87	94,453.58
Automatización	265,701.84	336,896.50	62,957.92	53,603.97	45,543.63	38,616.79	32,684.37	27,609.33	23,279.39	19,590.87	16,458.38	16,551.85	63,375.94

Cuadro 65

Tasas Internas de Retorno de cada proyecto

	Inversiones	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TIR
Mantener	-2,000.00	68,126.50	58,047.04	46,921.51	37,433.59	30,110.00	23,822.30	19,038.63	14,930.62	11,831.49	9,142.09	8,591.85	3891.42%
Balancear	-2,200.00	71,503.74	61,056.63	49,108.02	39,379.85	31,466.62	25,026.88	19,829.62	15,631.30	12,246.71	9,509.36	8,799.85	3235.43%
Modificar	-13,000.00	71,721.32	61,236.30	53,363.84	45,445.42	38,766.53	32,865.41	27,957.69	23,624.81	20,030.41	16,883.39	17,098.87	537.28%
Automatización	-145,000.00	73,805.34	62,957.92	53,603.97	45,543.63	38,616.79	32,684.37	27,609.33	23,279.39	19,590.87	16,458.38	16,551.85	35.69%

Cuadro 66

Análisis Incremental (valores en US \$)

	Inv. Inicial	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	TIR
Balancear-Mantener	-200.00	3,377.24	3,611.52	3,148.57	3,363.14	2,813.09	2,997.37	2,361.88	2,510.69	1,785.38	1,895.05	1,073.24	1694.44%
Modificar-Balancear	-10,800.00	217.58	215.60	6,128.39	10,481.31	15,137.09	19,504.79	24,270.30	28,642.17	33,468.46	38,048.34	42,821.11	53.59%
Automatizar-Balancear	-142,800.00	2,301.60	2,281.54	6,474.18	10,651.01	14,826.60	19,054.30	23,220.09	27,404.48	31,578.51	35,855.38	39,998.62	5.23%

Cuadro 67

Variación del TIR en función de volúmenes de ventas, precio y costo del material de empaque (línea modificada)

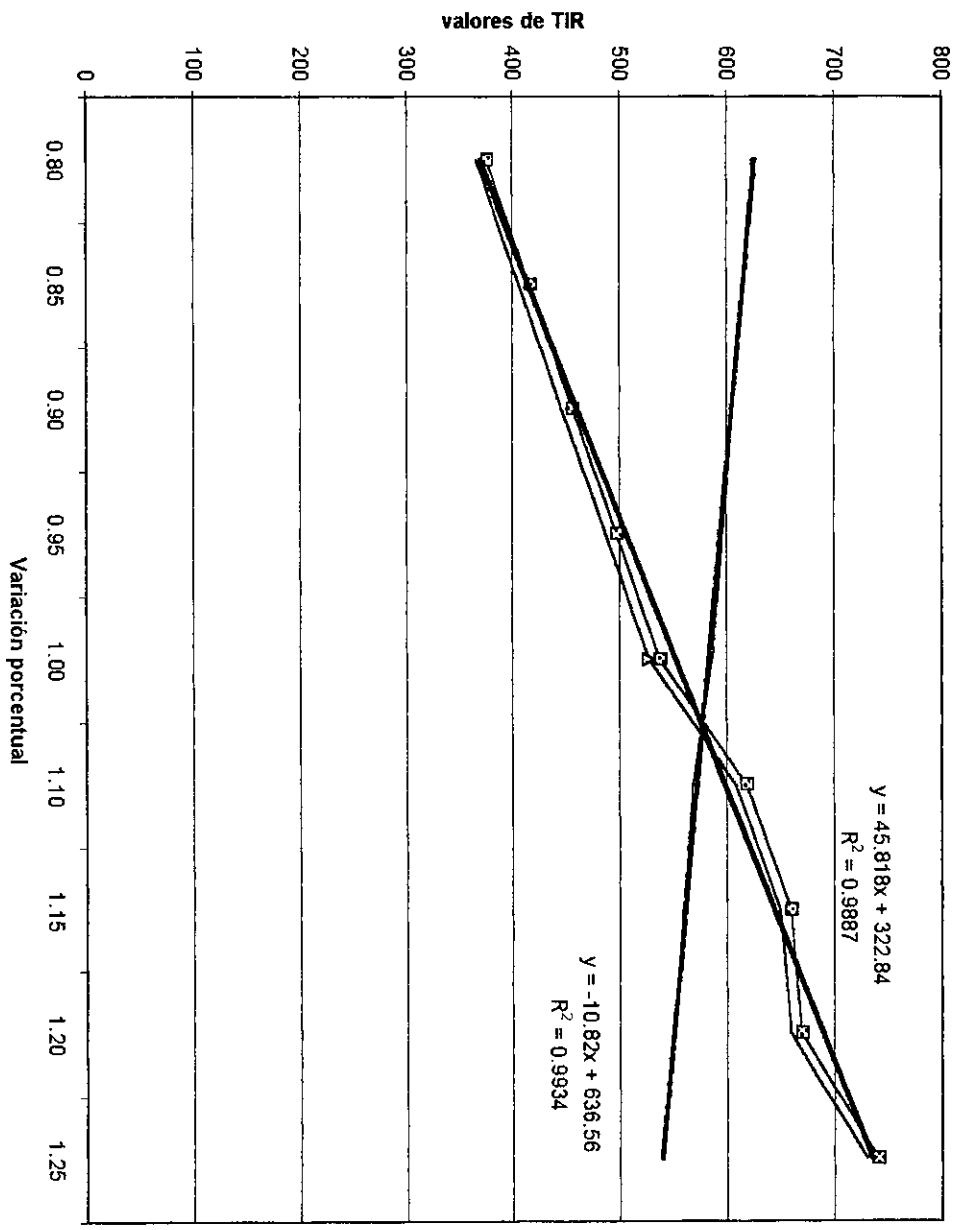
Tasa de variación porcentual(%) respecto valor base	TIR al variar costo de material de empaque	TIR al variar volumen de ventas	TIR al variar precio de venta
0.80	623.88	374.92	364.92
0.85	614.46	415.57	405.57
0.90	605.08	456.15	446.15
0.95	595.73	496.72	486.72
1.00	586.42	537.28	527.28
1.10	567.91	618.38	608.38
1.15	558.7	658.92	648.92
1.20	549.54	669.45	659.45
1.25	540.42	739.98	729.98

Cuadro 68

Variación del TIR en función de volúmenes de ventas, precio y costo del material de empaque (línea automatizada)

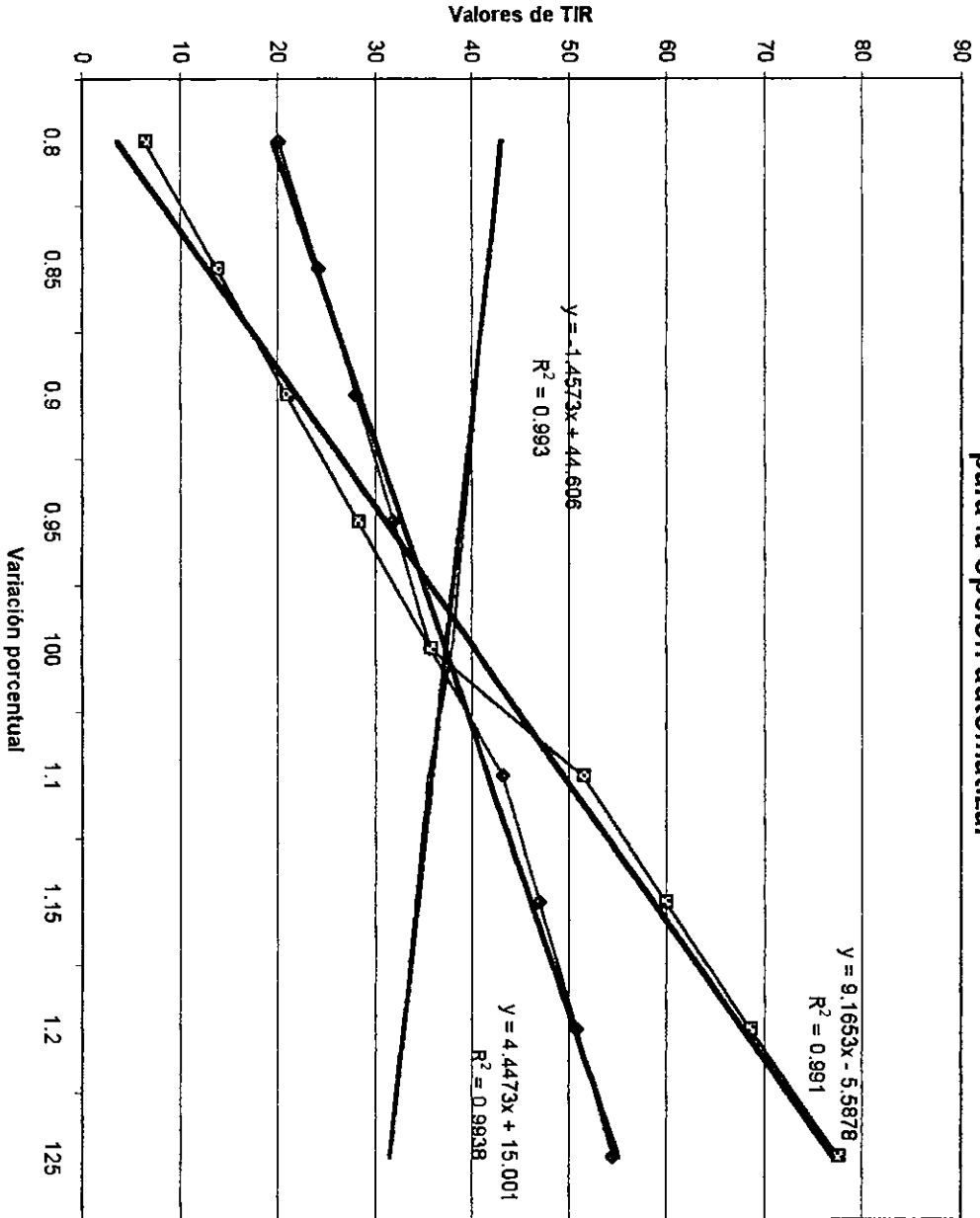
Tasa de variación porcentual %	TIR al variar volumen de ventas	TIR al variar precio de venta	TIR al variar costo de material de empaque
0.80	20.08	6.42	42.84
0.85	24.07	13.68	41.61
0.90	28.00	20.88	40.38
0.95	31.87	28.19	39.14
100.00	35.69	35.69	37.90
1.10	43.25	51.48	35.40
1.15	47.00	59.82	34.14
1.20	50.73	68.49	32.87
1.25	54.45	77.50	31.59

Grafica 3
Variación de TIR en función del volumen de ventas, precio, costo del material de empaque, para la opción modificar



- TIR al variar costo empaque
- TIR al variar volumen ventas
- TIR al variar precio venta
- Lineal (TIR al variar volumen ventas)
- Lineal (TIR al variar costo empaque)

Gráfica 4
Variación del TIR en función del volumen de ventas, precio, costo del material de empaque para la opción automatizar



- ◆ TIR en función del volumen de ventas
- Tir en función n del precio
- TIR en función del costo de empaque
- Lineal (Tir en función del precio)
- Lineal (TIR en función del volumen de ventas)
- Lineal (TIR en función del costo de empaque)

XIII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A. Discusión:

Como resultado del análisis financiero se presenta el siguiente cuadro

	VPN	Flujo de caja anual equivalente	TIR
Mantener	325,995.62	77,757.37	3391.42%
Balancear	341,558.59	81,421.79	3235.43%
Modificar	395.994.00	94,453.58	537.28%
Automatizar	265,701.84	63,375.94	35.69%

Al comparar estos valores es notorio que todas las opciones son rentables para la empresa, ya que todas presentan valores de la TIR mayores a la TMAR, la que es de 20%. Por lo tanto, el análisis se basará en el VPN y el flujo de caja anual equivalente de las diferentes opciones.

Se determinó que las opciones mantener línea actual y la opción balancear línea no tienen la capacidad de cubrir toda la demanda, a partir del año 2003. De acuerdo a los planes de expansión de la empresa a nuevos mercados, no sería una buena estrategia tener una capacidad de producción inferior a la demanda ya que esto limitaría la oferta del producto en los nuevos mercados. Por lo tanto se descartan las opciones de “mantener” y “balancear” la línea como una solución adecuada al problema.

Sin embargo, mientras se espera la instalación de la nueva maquinaria, debe balancearse la línea a la mayor brevedad posible. Al hacer este cambio se obtiene una TIR incremental de 1,694.44 % y una ganancia anual de US \$ 3,664.42 anuales. Queda totalmente claro que la opción balancear línea solamente es adecuada durante un período menor a un año.

Por lo tanto, debe evaluarse cual sería la mejor opción de reemplazo: modificar la línea o automatizarla.

Al examinar las dos opciones se puede concluir que la opción "modificar línea" presenta la TIR más alta, así como el mayor flujo y VPN. Por lo tanto ésta es la opción más rentable para la empresa.

Al analizar la TIR de la opción modificar línea se encuentra que posee la misma sensibilidad a la variación del precio que a la variación del volumen de ventas y que son éstas las variables que más la afectan, con una pendiente de 45.818. En menor grado es afectada por la variación del costo del material de empaque, con una pendiente de -10.82. Esto indica que esta opción es sumamente sensible al precio y al volumen de ventas y que por lo tanto, mientras más se logre vender, la opción aumentará su rentabilidad. Si se toma en cuenta que la capacidad de producción que poseería la empresa sería bastante mayor que la demanda pronosticada, esta opción no presentaría una limitación para la oferta del producto.

No es adecuado evaluar los proyectos basándose únicamente en los resultados del análisis numérico, ya que existen otros factores de peso que no aparecen reflejados directamente en los números. Al estudiar la opción "modificar línea" se deben considerar los siguientes factores no numéricos:

1. El envase que se le puede dar a este producto por medio de la línea modificada es bastante rústico y con el surgimiento de competencia extranjera ya se presentan en el mercado envases más sofisticados. Sin embargo, debido a la cultura de los consumidores del nivel socioeconómico C + y C- (el grueso de la población) aún existe resistencia a esta innovación y no han aceptado este envase en su totalidad. No es posible predecir el momento exacto en que los consumidores lleguen a aceptar este producto, pero en el momento en que lo hagan el envase puede convertirse en un factor de mucho peso en la preferencia del cliente.

2. La introducción de la grapa al envase podría tener cierto rechazo por parte del consumidor, debido a la cultura de compra que éste posee; pero con un buen manejo podría venderse como un concepto de garantía al sellar el producto.

La opción automatizar línea presenta por su parte dos grandes ventajas:

1. Reduce el uso de factor humano que involucra ciertas dificultades inherentes.

2. Da la opción de entrar al mercado con un envase tan sofisticado como el que presentan las marcas extranjeras.

Pero también presenta la dificultad de que es necesario contar con personal calificado para su manejo y mantenimiento.

Esta opción es más sensible al precio de venta con una pendiente 9.16 que a cualquiera de las otras variables, pero su sensibilidad respecto a este factor es menor que la de la opción modificar línea. En segundo lugar es sensible al volumen de venta con una pendiente de 4.44. En todos los casos la opción automatizar línea es menos sensible a las variables analizadas. Esto indica que la TIR de esta opción es más estable.

Sería aconsejable llevar a cabo un estudio de mercado para determinar el grado de importancia que los clientes dan al envase y poder de esta manera dar un peso más concreto a este factor.

B. Conclusiones

1. Es necesario balancear la línea lo antes posible, pero no debe permanecer así durante más de un año, al cabo del cual se debe optar por otra de las posibles opciones.
2. De acuerdo a los cálculos, la opción más rentable para la empresa es automatizar la línea.
3. Para tener una mejor apreciación de la opción balancear línea es recomendable llevar a cabo un estudio de mercado, con el objetivo de evaluar qué tan influyente es el envase a la hora de que el cliente hace sus compras.
4. Las ventas del producto "mayonesa 16/900 g. envasado en bolsa plástica tienen buenas posibilidades de aumento.

XIV. BLIOGRAFÍA :

- Blank T. Leland, 1999. *Ingeniería Económica*. 4ta ed.. Bogotá, Mc Graw Hill. 679 págs.
- Guiltinan J., Gordon P. 1998. *Administración de Marketing* 5ta ed. Bogotá, Mc Graw Hill. 576 pp.
- Hodson K. William, 1996. *Manual del Ingeniero Industrial*. 4ta ed. México D.F., Mc Graw -Hill. 2 vols.
- Niebel W. Benjamin,. .1996. *Ingeniería Industrial Métodos Tiempos y Novimientos*9ª ed. México D.F, Alfaomega. 880 pp.
- Vollmann ,T.; Berry, W., Clay Whybark,D.1 1997. *Sistemas de Planificación y Control de la Fabricación*, 1ª ed. Bogota ,Mc Graw -Hill Colombia. 679 pp.
- Cengel, Yunus Y Michael Boles. 1996. *Termodinámica*. Tomo II. Segunda edición. México Mc. Graw-Hill Interamericana Editores, S.A, de C, V.865 pp
- Almanaque Mundial 2002*. 2001. Editorial América, S.A. ed. única . Panamá, pp.683
- Internet
- www.cnee.gob.gt
- [www. woodrow.mpls.frb.fed.us/economy/calc/hist1913.html](http://www.woodrow.mpls.frb.fed.us/economy/calc/hist1913.html)
- www.banguat.gob.gt

Instituciones

Instituto Nacional de Estadística I.N.E, Guatemala, Guatemala de la Asunción

Ministerio de Trabajo y Prevención Social, Guatemala, Guatemala de la Asunción

