

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Diseño y automatización de un nuevo proceso de fabricación, envasado y etiquetado de jabón líquido para manos en la empresa Genesis Partnership Company de Guatemala

Trabajo de investigación presentado por Giovanni Cardona para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala  
2005

Diseño y automatización de un nuevo proceso de fabricación, envasado y etiquetado de jabón líquido para manos en la empresa Genesis Partnership Company de Guatemala.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

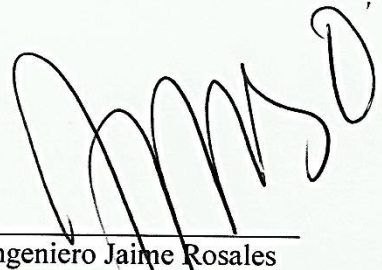
Facultad de Ciencias y Humanidades

Diseño y automatización de un nuevo proceso de fabricación, envasado y etiquetado de jabón líquido para manos en la empresa Genesis Partnership Company de Guatemala.

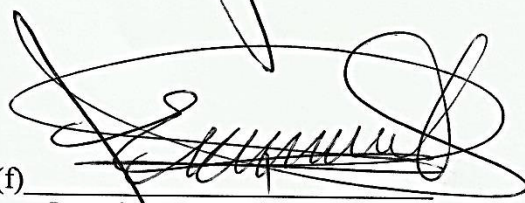
Trabajo de investigación presentado por Giovanni Cardona para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

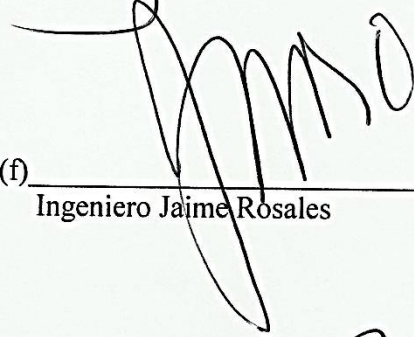
Guatemala  
2005

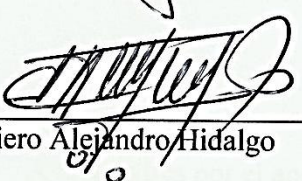
Vo. Bo.:

(f)   
Ingeniero Jaime Rosales

Tribunal:

(f)   
Ingeniero José Eduardo Calderón

(f)   
Ingeniero Jaime Rosales

(f)   
Ingeniero Alejandro Hidalgo

Fecha de Aprobación: Guatemala, 10 de Diciembre de 2005

Dedicado a:

A mis padres por el apoyo y el ejemplo otorgado.

A mi esposa, centro de mi familia, por todo su amor, consejos y apoyo durante estos años.

A mis hijos, porque sin ellos, no lo hubiese logrado.

A mis hermanas, por su cariño y palabras de aliento.

A mis amigos, parte fundamental de este éxito académico.

Y sobre todo a Dios Todopoderoso por darme la paciencia necesaria para lograrlo.

## PREFACIO

En especial agradezco al Ingeniero José Eduardo Calderón, Director del Departamento de Ingeniería Química, al Ingeniero Jaime Rosales, asesor del Trabajo de Graduación, al Ingeniero Alejandro Hidalgo y a todas las personas que, de alguna manera, ayudaron a realizar este trabajo.

# CONTENIDO

	Página
PREFACIO	vi
LISTA DE CUADROS	ix
LISTA DE GRÁFICOS	xi
LISTA DE DIAGRAMAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
A. Agentes de actividad superficial	2
B. Clasificación	2
C. Función de los jabones	3
D. Materias primas que constituyen el jabón líquido	4
E. Análisis de la factibilidad económica	5
F. Elementos de costo de un producto	6
III. JUSTIFICACIÓN	8
IV. OBJETIVOS	9
A. Objetivo general	9
B. Objetivos específicos	9
V. PROBLEMA A RESOLVER	10
VI. METODOLOGÍA	11
VII. RESULTADOS	12
A. Diseño de la línea de producción automatizada	12
B. Plano General de la Planta	13

C. Descripción de la maquinaria nueva	15
D. Descripción de maquinaria con la que ya se cuenta para el proceso	20
E. Descripción del proceso propuesto para la fabricación de jabón	21
F. Tipo de proceso que se va a utilizar en la nueva línea de producción	22
G. Costo de producción de cada unidad fabricada	23
H. Capacidad de producción del proceso actual y del nuevo proceso	24
I. Análisis económico del nuevo proyecto para producción de jabón con una línea automatizada	25
J. Análisis de la calidad del producto	26
VIII. DISCUSIÓN	27
IX. CONCLUSIONES	31
X. RECOMENDACIONES	32
XI. BIBLIOGRAFÍA	33
XII. APÉNDICE	34
A. Descripción del proceso actual de producción.	34
B. Determinación de procedimientos que deben de cambiarse en el actual proceso de producción.	35
C. Desglose de costos calculados para obtener el costo unitario con el nuevo proceso propuesto con la línea automatizada de producción.	36
D. Desglose de costos calculados para obtener el costo unitario con el proceso actual de producción.	39
E. Cálculo del tiempo total de producción para el proceso actual y el proceso automatizado	42
F. Cálculos para realizar el análisis financiero del proyecto de automatización propuesto.	43
G. Análisis para obtener tiempo de retorno de inversión, Tasa Interna de Retorno y Valor Actual Neto.	43

## LISTA DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Maquinaria y equipo a adquirir para la nueva línea	14
2. Costo de la nueva maquinaria	14
3. Monto total de inversión en maquinaria nueva	14
4. Especificaciones de la llenadora automática	15
5. Especificaciones de la tapadora automática	16
6. Especificaciones de la etiquetadora automática	17
7. Especificaciones de la bandas transportadoras	18
8. Especificaciones de la mesa de acumulación	19
9. Especificaciones del compresor de aire	20
10. Desglose de costo de cada unidad con la línea automatizada	23
11. Desglose de costo de cada unidad con el proceso actual	23
12. Costo primo, costo de conversión y costo de producción para la nueva línea automatizada	23
13. Distribución del costo unitario utilizando la nueva línea de Producción automatizada	23
14. Capacidad de producción del proceso actual	24
15. Capacidades de producción del proceso actual	24
16. Capacidad de producción con la línea automatizada	24
17. Capacidades de producción con la línea automatizada	24
18. Aumento en la capacidad de producción con la línea automatizada	25
19. Tiempo total de producción por batch con la línea automatizada	25
20. Tiempo total de producción por batch con el proceso actual	25
21. Tiempo de retorno de inversión, Tasa Interna de Retorno, Valor Actual Neto, Utilidad Neta y disminución en costo de producción.	25
22. Punto de equilibrio del proyecto con la línea automatizada	25

23. Análisis de mejora en la calidad del producto	26
24. Cálculo del costo de materia prima para el nuevo proceso con la Línea automatizada	36
25. Cálculo del costo de material de empaque para el nuevo proceso con la línea automatizada	36
26. Cálculo del costo de agua para el nuevo proceso con la línea automatizada.	37
27. Cálculo del costo de mano de obra para el nuevo proceso con la línea automatizada	37
28. Cálculo del costo de energía eléctrica para el nuevo proceso con la línea automatizada	38
29. Cálculo del costo de materia prima para el proceso actual de producción	39
30. Cálculo del costo de material de empaque para el proceso actual de producción	39
31. Cálculo del costo de agua para el proceso actual de producción	40
32. Cálculo del costo de mano de obra para el proceso actual de producción	40
33. Cálculo del costo de energía eléctrica para el proceso actual de producción	41
34. Tiempo total de producción por batch con el proceso automatizado	42
35. Tiempo total de producción por batch con el proceso actual	42
36. Costo financiero adquirido con el préstamo para la inversión inicial	43
37. Flujo de caja del proyecto a diez años	44
38. Costos variables utilizados para calcular el gasto de producción anual	45
39. Costos fijos utilizados para calcular el gasto de producción anual	45

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico	Página
1. Impacto de cada rubro en el costo unitario con la línea automatizada	46
2. Comparación de capacidad de producción entre el proceso actual y el proceso automatizado	47

## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama	Página
1. Diseño de la línea de producción automatizada	12
2. Plano general de la planta de producción	13

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo, fue proporcionar el diseño de una línea automatizada para la producción de jabón líquido para manos en la empresa Genesis Partnership Company de Guatemala. Dentro del trabajo se selecciono la maquinaria nueva necesaria para automatizar el proceso de producción. Además se propuso un nuevo plan de producción basado en estadísticas de producción anteriores.

Analizando el diseño propuesto y con base en la capacidad de producción de la línea automatizada, se determino que el costo unitario del producto es de Q.4,71361, obteniéndose una disminución del 4.5% comparado con el costo actual, siendo esta disminución consecuencia de la disminución de la mano de obra en el proceso. Se determinó que utilizando una línea de producción automatizada, trabajando al 50% de su capacidad, se logra aumentar la producción en un 33.33%, lo cual equivale a 149,760 unidades más.

En el análisis económico del proceso se determino que la Tasa Interna de Retorno del proyecto a 10 años es de 35%, con un tiempo de retorno de la inversión de 2 años y 8 meses, lo cual hace que el proyecto sea rentable a partir del tercer año de trabajo.

## ABSTRACT

The main objective of the present work was to provide the design of an automatic production line for liquid soap at Genesis Partnership Company. Within this project the selection of the proper machinery for the automatic line was made. In addition, based on passed statistics, a new production plan was made.

Analyzing the suggested design, an based on the production capacity of the automatic line, it was determined that the individual cost of the product is a total of Q.4,71361, obtaining a reduction of 4.5% compared with the actual cost, the reduction being a consequence of less labor during the process. It was also determined that using the automatic line, 50% of its capacity at work production will rise 33.33%, which is equivalent to 149,760 more units.

In the economical analysis that was made, it was determined that the Internal Return Rate for the project is 35%, evaluating it for 10 year and recovering the initial investment in 2 years and 8 months, which makes the project profitable from the third year.

## I. INTRODUCCIÓN

Este trabajo proporciono el diseño de una línea de producción automatizada de jabón líquido para manos. El jabón líquido es una mezcla de componentes tensoactivos que tienen una estructura molecular que actúa como un enlace entre el agua y las partículas de suciedad.

Actualmente dentro de la empresa Genesis Partnership Company se tiene un proceso de fabricación que ocupa demasiado tiempo y mano de obra. Es por ello que el objetivo principal del trabajo, es proporcionar un proceso de producción automatizado, que permita a la empresa aumentar su capacidad productiva de jabón líquido. La necesidad de aumentar la producción se debe a un aumento en la demanda del producto, tanto a nivel nacional, como Centroamericano. Adicionalmente a esto, el nuevo diseño de producción mejorara la calidad del producto terminado. Dentro del trabajo se detalló el equipo y maquinaria necesaria para la nueva línea de producción.

Finalmente, se realizo un análisis económico del diseño del proceso, para poder establecer la factibilidad económica del mismo, tomando en cuenta la proyección de venta del producto y la capacidad actual de inversión de la empresa.

## II. ANTECEDENTES

### A. AGENTES DE ACTIVIDAD SUPERFICIAL

Los agentes activos superficiales o surfactantes (derivado del inglés surface active agents) son moléculas que contienen un segmento liposoluble (soluble en aceite) y otro hidrosoluble (soluble en agua). La solubilidad parcial, tanto en agua como en aceite, permite al surfactante ocupar la interfase. (Kirk 1997). Los agentes de actividad superficial son sustancias químicas que reducen la tensión superficial de los líquidos. (Kirk 1997).

Los surfactantes pueden ser clasificados por la carga iónica de la parte superficialmente activa de la molécula. En los surfactantes aniónicos, la carga molecular es negativa; en los catiónicos, positiva; en los no iónicos, no hay carga y en los anfóteros existen cargas tanto positivas como negativas en la molécula. (Kirk 1997)

### B. CLASIFICACIÓN

1. AGENTES ANIÓNICOS. Los surfactantes aniónicos contienen generalmente uno de cuatro grupos polares solubles - carboxilato, sulfonato, sulfato o fosfato – combinado con una cadena hidrocarbonada hidrófoba. Si esa cadena es corta son muy hidrosolubles, y en caso contrario tendrán baja hidrosolubilidad y actuarán en sistemas no acuosos como aceites lubricantes. (Kirk 1997)

Dentro de esta clasificación se encuentran compuestos como el alquil bencen sulfonato lineal (LABS), los alquil sulfatos (AS) derivados principalmente del petróleo, y de utilización en la industria de jabones y detergents (Kirk 1997)

2. AGENTES CATIÓNICOS. Los surfactantes catiónicos comúnmente utilizados en detergentes, agentes limpiadores líquidos lavaplatos y cosméticos estas compuestos por una molécula lipofílica y otra hidrofílica consistente en uno o varios grupos amonio terciarios o cuaternarios. Las sales de cadenas larga de amonio terciarias, obtenidos por neutralización de las aminas con ácidos orgánicos o

inorgánicos, son raramente usadas en detergentes y preparaciones para limpieza. Su principal aplicación esta en el tratamiento de textiles y ocasionalmente como suavizantes tipo rinse. En aplicaciones cosméticas, su aplicación está restringida a especialidades. (Kirk 1997)

Las sales de amonio cuaternarias con un solo grupo alquilo (C12-C18), o dos grupos más cortos (C8-C10) son usados como sustancias activas antimicrobianos. Debido a su capacidad para absorber sobre fibras o cabello, los inicialmente mencionados sirven como acondicionadores para el cabello. (Kirk 1997)

3. AGENTES NO IÓNICOS. En contraste a sus contrapartes iónicas, los surfactantes no iónicos son se disocian en iones hidratados en medios acuosos. Las propiedades hidrofílicas son provistas por hidratación de grupos amido, amino, eter o hidroxilo. Cuando existe un número suficiente de estos grupos la solubilidad acuosa es comparable con la de los surfactantes iónicos. Las aplicaciones son extensas y dependen de la cantidad de grupos polares presentes, que determinaran la solubilidad tanto en agua como en aceite (cuantificada en la práctica mediante el índice HLB, o balance hidrofílico – lipofílico). (Kirk 1997)

## C. FUNCIÓN DE LOS JABONES

La mayoría de los jabones eliminan la grasa y otras suciedades debido a que algunos de sus componentes son agentes activos en superficie o agentes tensoactivos. Estos agentes tienen una estructura molecular que actúa como un enlace entre el agua y las partículas de suciedad, soltando las partículas de las fibras subyacentes o de cualquier otra superficie que se limpie. La molécula produce este efecto porque uno de sus extremos es hidrófilo (atrae el agua) y el otro es hidrófugo (atraído por las sustancias no solubles en agua). El extremo hidrófilo es similar en su estructura a las sales solubles en agua. La parte hidrófuga de la molécula está formada por lo general por una cadena hidrocarbonada, que es similar en su estructura al aceite y a muchas grasas. El resultado global de esta peculiar estructura permite al jabón reducir tensión superficial del agua (incrementando la humectación) y adherir y hacer solubles en agua sustancias que normalmente no lo son. El jabón en polvo es una mezcla hidratada de jabón y carbonato de sodio. El jabón líquido es una disolución de jabón blando de potasio disuelto en agua. (Spitz 1997)

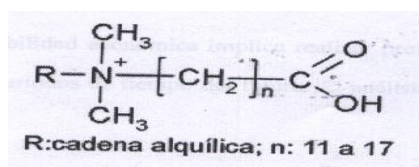
A finales de la década de 1960, debido al aumento de la preocupación por la contaminación del agua, se pudo en entredicho la inclusión de compuestos químicos dañinos, como los fosfatos, en los detergentes. En su lugar se usan mayoritariamente agentes biodegradables, que se eliminan con facilidad y pueden ser asimilados por algunas bacterias. (Spitz 1997)

#### D. MATERIAS PRIMAS QUE CONSTITUYEN EL JABÓN LÍQUIDO

El jabón líquido para manos se elabora con materias primas obtenidas de un proceso previo de transformación. Dentro de las materias primas utilizadas en el proceso se encuentran:

1. Lauril éter sulfato de sodio. Es la base del jabón para manos. Es un detergente obtenido mediante la sulfatación con  $\text{SO}_3$ , lo cual hace estar libre de cloruro sódico y posee una estructura gelatinosa fluida. Es una materia prima detergente anión activa de alta concentración que se utiliza en la industria de los cosméticos portadores de sustancias tensoactivas, como shampoos, jabones, etc. Contiene un 70%- 75% de sustancia activa detergente. Debido a su bajo contenido en agua puede considerarse como un material ventajoso desde del punto de vista económico. Además provee un jabón con gran poder detergente y espumoso, incluso en presencia de agua dura. (Documentación Henkel 2002)

2. Amida de ácido graso con estructura de betaína. Esta materia prima pertenece a una clase de tensoactivos anfóteros con estructura betaínica (Derivada de sebo, aceite o coco)



Por sus propiedades especiales este producto es particularmente apropiado en mezcla con éter sulfatos de alcoholes grasos, para la elaboración de preparaciones tensoactivas suaves, como por ejemplo productos de higiene personal. Esta materia prima es compatible con toda clase de tensoactivos usados en cosmética, tanto aniónicos, como con catiónicos y no iónicos. Ayuda en conjunto con el lauril éter a obtener productos altamente viscosos. (Documentación Henkel 2002)

3. Dietanolimida de ácido graso de coco. Dentro de la composición del ácido graso se encuentra el ácido láurico, mirístico, palmítico, esteárico y oléico. Posee efectos espesantes y estructurantes en soluciones y emulsiones tensoactivas. Se emplea como agente espesante con propio efecto detergente en la elaboración de preparados líquidos para el baño. Principalmente por su contenido de ácidos grasos ya mencionados se utiliza por su efecto humectante para la piel ya que el ligero sobreengrase produce un efecto protector. (Documentación Henkel 2002)

4. Mezcla de éter sulfatos de alcoholes grasos con sustancias nacarantes y avivantes. Esta materia prima se utiliza para la elaboración de preparados cosméticos con brillo nacarado. Posee un poder nacarante y reengrasante para la piel. (Documentación Henkel 2002)

5. Éter 2,4,4-tricloro-2-hidroxidifenílico. Agente microbiano muy eficaz, de amplio espectro de acción contra bacterias grampositivas y gramnegativas, así como contra hongos y levaduras. Soluble en muchos disolventes orgánicos y tensoactivos. (Documentación Henkel 2002)

## E. ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA

El análisis de la factibilidad económica implica realizar previsiones de los gastos e ingresos del producto en los distintos periodos de tiempo del futuro. El análisis de los ingresos supone hacer previsiones de las ventas y del precio de venta. El análisis de los gastos implica estudiar todos los componentes de los costes. (Sapag 1998)

Una vez estimados los beneficios previstos para los distintos años y las inversiones necesarias se puede calcular la rentabilidad esperada del producto. (Sapag 1998)

## F. ELEMENTOS DE COSTOS DE UN PRODUCTO

Los elementos de costo de un producto o sus componentes son los materiales, la mano de obra y los costos variables de fabricación, estos son los componentes que suministran la información necesaria para la medición del ingreso y la fijación del precio del producto. (Sapag 1998)

1. Los materiales son los principales recursos que se usan en la producción; estos se transforman en bienes terminados con la ayuda de la mano de obra y los costos variables de fabricación. (Sapag 1998)

2. La mano de obra es el esfuerzo físico o mental empleados para la elaboración de un producto. (Sapag 1998)

3. Costos fijos: son aquellos que no dependen en nada de las unidades producidas, por ejemplo el sueldo base. (Sapag 1998)

4. Costos variables: son aquellos que dependen directamente de la producción. (Sapag 1998)

### 5. ESQUEMAS DE COSTOS

- Costo primo o primer costo, compuesto por la suma: MATERIALES + MANO DE OBRA. (Sapag 1998)
- Costo de conversión: MANO DE OBRA + COSTOS VARIABLES DE FABRICACION. (Sapag 1998)
- Costo de producción: MATERIALES + MANO DE OBRA + COSTOS VARIABLES DE FABRICACIÓN. (Sapag 1998)

Otras definiciones importantes son:

- **Gastos:** partidas o conceptos que demanda un proceso de producción y venta. Se considera un resultado negativo del periodo al cual corresponden (gastos de administración, que no se activan). (Blank 1999)
- **Costos:** partidas o conceptos consumidos por la producción de un bien o la prestación de un servicio. Son activables hasta el periodo de su venta, en el que se transforman en un resultado negativo, que comparado con el ingreso que se genera la venta, determina la utilidad bruta. (Blank 1999)
- **Costo de la producción:** es el valor monetario de los bienes y servicios consumidos por la empresa en su actividad de transformación incluyendo los costos de la mano de obra (MO), de los materiales y de los costos variables. En la reducción de costos, las empresas pueden optar por : (Blank 1999)

Aprovechar los recursos existentes sin realizar nuevas inversiones

Realizando nuevas inversiones que mejoren la tecnología

Reducir los costos sin reducir la calidad

Aumentar la eficiencia mediante un indicador de eficiencia: productividad.

- **La calidad:** es la idoneidad o la adecuación al uso, es decir, la bondad del producto definida por su valor, prestigio y utilidad. Calidad es el conjunto de propiedades o características de un producto o servicio que le confiere su aptitud para satisfacer unas necesidades expresadas o implícitas. Los costos de la no calidad consisten en el valor de los artículos defectuosos. Muchas empresas de servicios entienden por la calidad, conformidad interna o externa. Hablamos de conformidad interna cuando se refiere a aspectos de los servicios que el cliente no puede percibir; hablamos de conformidad externa cuando se refiere a los aspectos que el cliente si puede percibir. (Blank 1999)
- **Punto de equilibrio:** punto económico en el cual los egresos totales son iguales a los ingresos totales (generados por las ventas). En algunas ocasiones se determina por el número de unidades producidas y vendidas, suficientes para cubrir con los costos fijos. (Sapag 1998)

### III. JUSTIFICACIÓN

Actualmente en la empresa Genesis Partnership Company, S.A. se cuenta con un proceso de fabricación de jabón que ocupa mucha mano de obra para su realización. Lógicamente, el costo de fabricación del producto es elevado debido a que las horas-hombre ocupadas solamente para este producto son elevadas. Además, cabe mencionar que la empresa no solamente se dedica a fabricar este producto. Dentro de la gama de productos de la empresa, este producto es el de mayor demanda por lo cual es necesario rediseñar y automatizar el proceso y poder suplir la demanda actual y futura del producto.

Cabe recordar que con la Globalización y próximamente con la firma del Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos, la calidad de los productos nacionales jugará un papel preponderante para la supervivencia de la pequeña y mediana empresa en nuestro país.

Es necesario determinar de qué manera se puede aumentar la capacidad productiva de una empresa. Una de las formas puede ser la elaboración de un nuevo proceso de producción, en donde la mayoría de los pasos del proceso deben ser automatizados. De esta forma se pueden obtener productos que cumplan con los estándares de calidad establecidos y satisfacer la demanda existente en el mercado.

## IV. OBJETIVOS

### A. Objetivo general

1. Diseñar un nuevo proceso automatizado para la fabricación envasado y etiquetado de jabón para manos, que permita suplir de manera rápida y eficiente la demanda en el sector comercial centroamericano.

### B. Objetivos específicos

1. Determinar procedimientos dentro del proceso actual de fabricación que deben de suprimirse y cambiarse por procesos automatizados que permitan mayor eficiencia en la fabricación.
2. Diseñar la maquinaria y equipo necesarios en el nuevo proceso y establecer su costo.
3. Establecer el costo de producción de cada unidad con el nuevo proceso y compararlo con el costo actual.
4. Determinar la capacidad de producción diaria, semanal, mensual y anual de la nueva línea de producción.
5. Realizar el estudio económico del proceso de producción propuesto.
6. Asegurar por medio de la automatización la calidad determinada para el producto final.

## V. PROBLEMA A RESOLVER

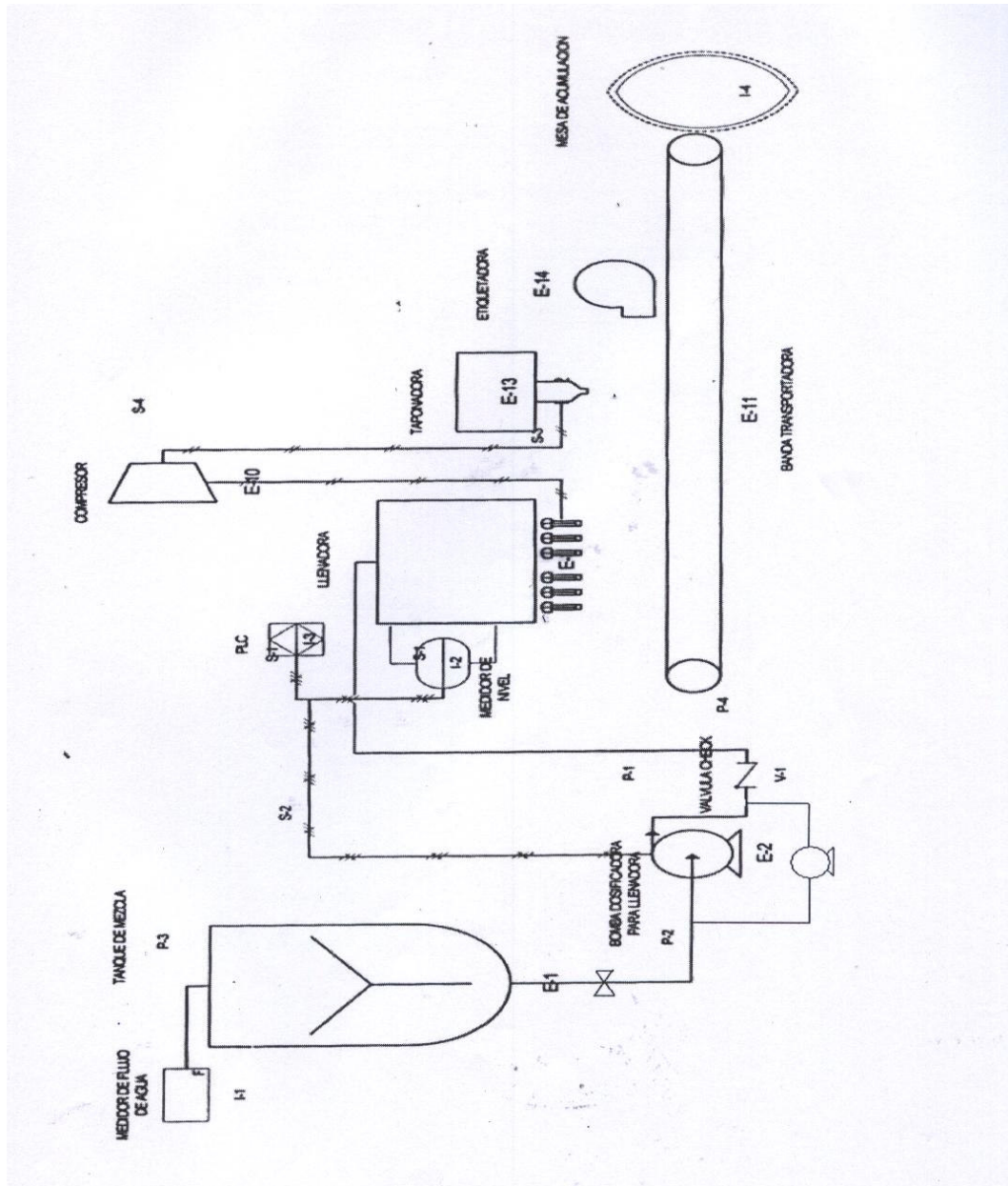
En la empresa Genesis Partnership Company no existe un proceso de producción que permita suplir de manera rápida y eficiente la demanda del jabón líquido. Además existen irregularidades para cumplir con los estándares de calidad esperados para el producto terminado.

## VI. METODOLOGÍA

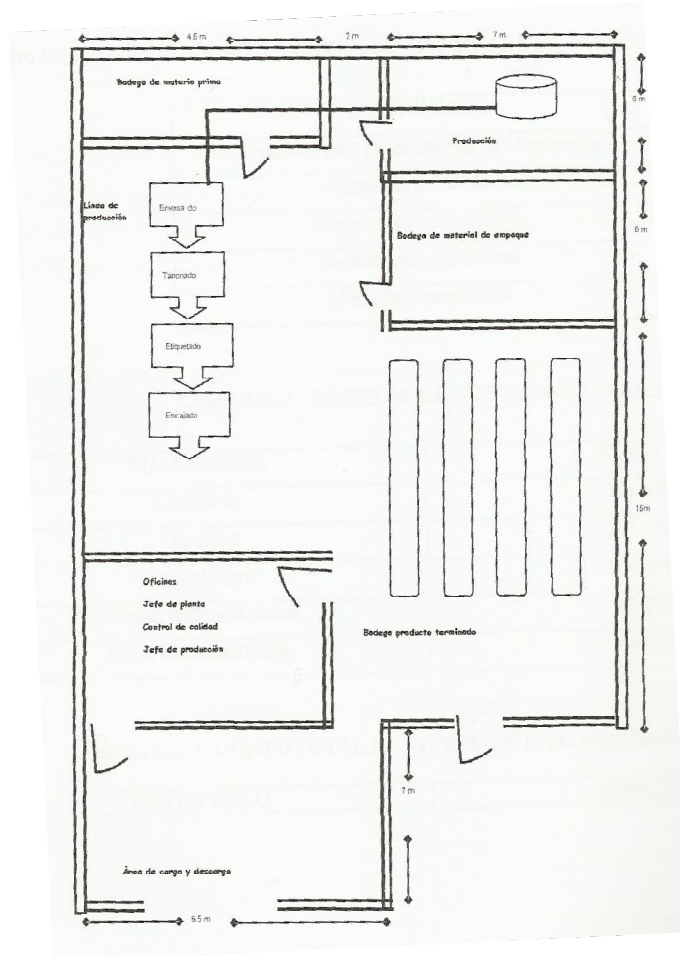
1. Análisis del proceso actual: poder analizar detalladamente el proceso actual de producción. Para ello se tomarán en cuenta los procedimientos del proceso, desde el pesado de materia prima hasta el encajado de producto terminado. Por otro lado, se tomarán tiempos en cada uno de los procedimientos del proceso, para poder obtener un tiempo total por lote de producción. También se hará un análisis de costos actuales y se determinará el equipo o material que se pueda utilizar en el nuevo proceso.
2. Implementación de nuevos procedimientos: a partir del análisis previo se sugerirán cambios en el proceso que no dependen del diseño de la línea de producción.
3. Diseño de la nueva línea de producción: determinar el equipo y maquinaria necesarios en el nuevo diseño y que se necesitan comprar. Dimensionar el equipo tanto de mezcla, llenado, etiquetado y taponado de envases y establecer las condiciones de operación de la maquinaria necesaria.
4. Costos de nueva maquinaria y equipo: establecer el costo de todo el material, equipo y maquinaria necesarios para el nuevo proceso, para obtener un monto total de inversión.
5. Análisis económico del nuevo diseño: realizar un estudio económico del diseño propuesto para evaluar la rentabilidad del proceso. Obtener el costo de producción unitario con el nuevo proceso y comparar el proceso actual con el proceso propuesto en términos de costo de producción.
6. Estudio de la capacidad productiva: determinar la capacidad de producción diaria, semanal, mensual y anual de la nueva línea de producción y compararla con la capacidad de producción actual.
7. Presentar un diseño final del nuevo proceso de producción para la empresa.

## VII. RESULTADOS

### A. DISEÑO DEL PROCESO AUTOMATIZADO DIAGRAMA DE FLUJO



## B. PLANO DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PARA PRODUCCIÓN DE JABÓN LÍQUIDO PARA MANOS.



Cuadro No. 1. MAQUINARIA Y EQUIPO ADQUIRIDO PARA LA NUEVA LÍNEA

MAQUINARIA
Llenadora para productos de alta viscosidad
Tapadora automática
Etiquetadora automática
Bandas transportadoras
Mesa de acumulación

Cuadro No. 2. COSTO DE LA NUEVA MAQUINARIA

MAQUINARIA	COSTO (Q)
Llenadora	246,400.00
Tapadora	292,600.00
Etiquetadora	269,500.00
Bandas transportadoras	77,000.00
Mesa de acumulación	30,800.00

Cuadro No. 3. MONTO TOTAL DE INVERSIÓN EN MAQUINARIA NUEVA

COSTO TOTAL	Q. 916,300.00
-------------	---------------

## C. Descripción de la maquinaria nueva.

### 1. Llenadora para productos de alta viscosidad

a. Condiciones de operación: 220 Trifásico, 60 ciclos, 4 kPa

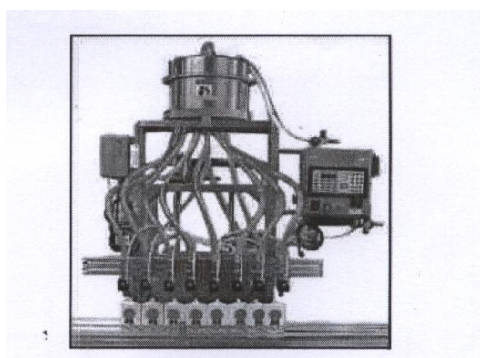
b. Descripción. Llenadora de presión/gravedad en acero inoxidable  $\frac{3}{4}$  " con seis válvulas llenadoras. Funciona con sistema contador no envase/no llena para evitar que la máquina empiece el ciclo de llenado antes de que los seis envases estén en su respectivo lugar. Contiene una charola contra goteo para capturar cualquier desperdicio durante el llenado de los envases. La llenadora cuenta con dos válvulas de retención de acero inoxidable  $\frac{3}{4}$  " de alta presión. Para poder mantener el nivel de producto en el tanque de la llenadora, se cuenta con un sistema de flotador conectado mediante un controlador a la bomba de dosificación que inyecta producto al tanque de la llenadora al llegar al límite inferior del nivel. Para evitar derrames se utiliza un sistema de orientación de los envases bajo las válvulas para poder alinear los cuellos de los envases exactamente debajo de las boquillas de las válvulas. La automatización cuenta con un sistema de llenado automático con puertas controlado con un microprocesador Nema 4.

c. Especificaciones;

Cuadro No. 4. Especificaciones de la llenadora automática.

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Precisión en el tiempo de llenado	0.1 segundos
Presión nominal en el llenado	+/- 5%
Voltaje AC	220 V, 50/60 Hz
Consumo de energía	3.0 amperios
Temperatura de operación	273-323 K
Requerimiento de aire comprimido	<70 L/min a 5.6 bar
Masa	227 Kg
Dimensiones exteriores	1.3 m(ancho) x 1.1 m(profundidad) x 2.8 m (altura)

d. Foto de la llenadora automática.



## 2. Taponadora automática

a. Condiciones de operación: 220 trifásico, 60 ciclos, 4 kPa

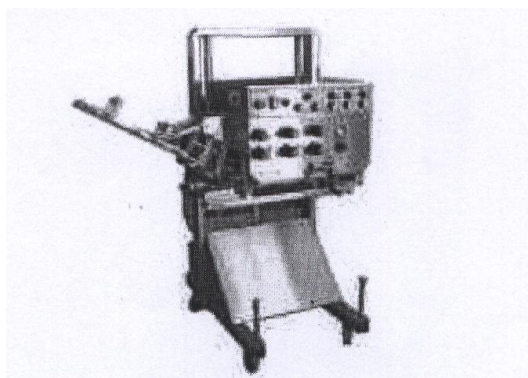
b. Descripción. Taponadora automática diseñada para tapas de rosca. Automáticamente coloca y aprieta las tapas sin necesidad de un operador. Incluye un tazón vibratorio que se utiliza para ordenar las tapas antes del tapado. En su construcción posee tres pares de ruedas incluyendo dos clutches de aire en el segundo y tercer par para controlar el torque. Utiliza un separador de botellas para facilitar el tapado. Como medio de seguridad, trabaja con sistema de protección Interlock que apaga la tapadora al abrir las puertas protectoras. La velocidad de sellado dependerá de la velocidad con que se llenen los envases.

c. Especificaciones:

Cuadro No. 5. Especificaciones de la tapadora automática

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Material de la rueda de torque	Poliuretano
Velocidad de tapado	30 tapas por minuto máximo
Torque Nominal	Hasta 0.7 Kg-m (60 in-lb)
Consumo de energía	15 amperios
Temperatura de operación	273-323 K
Requerimiento de aire comprimido	85 L/min a 5.6 bar
Masa	318 Kg
Dimensiones exteriores	1.5 m(ancho) x 0.9 m(profundidad) x 1.1 m (altura)
Voltaje AC	220 V, 50/60 Hz

d. Foto de la tapadora automática.



### 3. Etiquetadora automática

a. Condiciones de operación: 220 trifasico, 60 ciclos

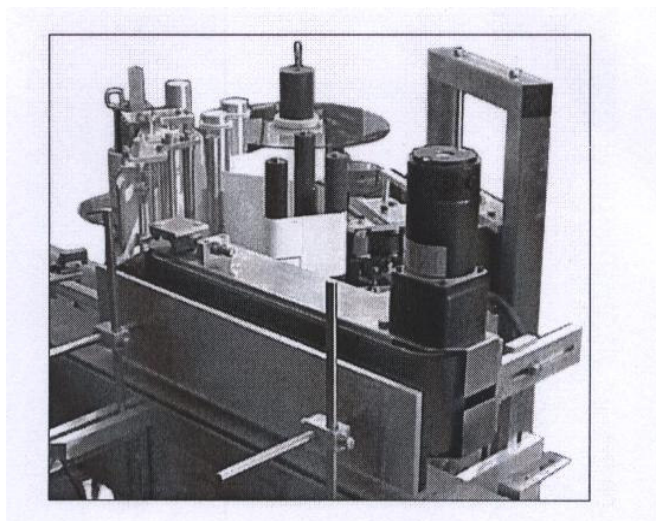
b. Descripción: Etiquetadora para etiquetas autoadheribles de un lado. Trae integrada una banda transportadora de 3.04 metros de largo. Posee un cinturón para poder etiquetar envases redondos. Utiliza un sistema separador de botellas para facilitar el etiquetado. Puede utilizarse tanto para envases redondos como planos.

c. Especificaciones

Cuadro No. 6. Especificaciones de etiquetadora automática

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Incertidumbre	+/- 1.5 mm
Tamaño de rollo de etiqueta	16" diámetro exterior
Voltaje	220 V, 50/60 Hz
Amperaje	3 A
Temperatura de operación	273-323 K
Masa	160 Kg
Dimensiones	0.457 m (ancho) x 0.838 m (largo) x 0.559 m (alto)

## d. Foto de la etiquetadora automática



## 4. Bandas Transportadoras

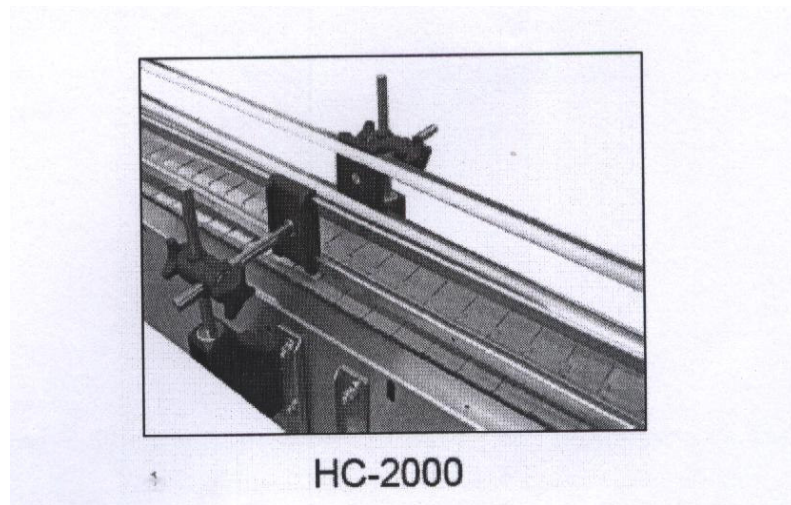
a. Descripción. Dos bandas transportadoras de velocidad variable con una longitud cada una de 4.56 metros. Una se utilizará para la llenadora y una para la tapadora, ya que la etiquetadora incluye su propia banda. Las bandas son fabricadas en acero inoxidable.

## b. Especificaciones

Cuadro No. 7. Especificaciones de bandas transportadoras

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Serie	HC 2000
Voltaje	120 V, 50/60 Hz
Amperaje	8 A
Temperatura de operación	273-323 K
Masa	68 Kg
Dimensiones	Largo 4.56 m cada una con un ancho de banda de 0.20 m.

c. Foto de la banda transportadora



5. Mesa de acumulación giratoria:

a. Descripción. Esta es una mesa giratoria fabricada en acero inoxidable con 1 metro de diámetro para acumular los envases ya etiquetados previo a encajarlos. Este tipo de equipo agiliza el encajado de producto ya que agrega orden al proceso de encajado.

b. Especificaciones

Cuadro No. 8 Especificaciones de la mesa de acumulación.

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Material de fabricación	Acero inoxidable 304
Voltaje	120 V, 50/60 Hz
Amperaje	3 A
Temperatura de operación	0-50°C
Masa	160 Kg
Dimensiones	Diámetro de 1 m Altura de 0.95 m

c. Foto de la mesa de acumulación



#### D. Descripción de maquinaria con la que ya se cuenta para el proceso.

1. Tanque de mezcla. Actualmente se cuenta con un tanque de mezcla fabricado con polipropileno, con una capacidad de producción máxima de 2500 litros por lote. Este tanque de mezcla cuenta con un agitador activado por medio de un motor eléctrico. El agitador tiene una longitud de 1 metro. El tanque cuenta con válvula de paso colocada en la parte inferior para poder vaciar el tanque por gravedad en la parte inferior y poder realizar el lavado del equipo.

2. Agitador en tanques de mezcla. El agitador funciona con un voltaje de 220 V y un amperaje de 30 A. Está construido en acero inoxidable 316 para prevenir su deterioro. Utiliza un rodete del mismo material.

3. Compresor de aire. Se cuenta con un compresor de aire con las siguientes características

Cuadro No. 9. Especificaciones del compresor de aire.

PARÁMETRO	VALOR O DESCRIPCIÓN
Marca	Maxus
Voltaje	220 V
Masa	115 Kg
Volumen de aire	0.227 m <sup>3</sup> (60 galones)
Presión máxima	9 atm
Caballaje de operación	3 Hp
Hz	60 Hz
Amperaje	15 A
Aire libre CFM	0.004 m <sup>3</sup> /s

4. Bomba. Actualmente se cuenta con una bomba de piston que trabaja con aire comprimido. La bomba es capaz de transportar el producto desde el tanque de mezcla hacia la llenadora, ya que la altura es de aproximadamente 2 metros, por lo que la bomba que se tiene actualmente funciona de manera perfecta para el nuevo proyecto.

5. Llenadora a gravedad. Llenadora fabricada en acero inoxidable con tres boquillas de llenado. La capacidad máxima de llenado con esta llenadora es de 15 libros de jabón por minuto. Con el nuevo proceso se cambiara por una llenadora presión/gravedad para un funcionamiento más rápido.

6. Medidor de flujo de agua. El medidor de flujo de agua permite dosificar el volumen de agua deseado para la preparación del batch.

## E. Descripción del proceso propuesto para fabricación de jabón

1. Pesado de materia prima y medición de volumen de agua. El agua necesaria para la preparación del batch será medida con el medidor automático de flujo de agua, agregando la cantidad de agua establecida en la hoja de producción. Las materias primas deben pesarse según las cantidades descritas en la hoja de producción elaborada por el jefe de procesos. Este procedimiento estará a cargo del encargado de producción.

2. Preparación del producto. Mezclar todas las materias primas en el orden establecido en la hoja de producción. Agitar la mezcla durante 30 minutos y esperar aproximadamente 3 horas para que la espuma baje y se obtenga el jabón con las características deseadas. Solicitar a control de calidad la autorización para proceder al envasado del producto. La producción estará a cargo de un operario, que pesará y mezclará las materias primas hasta obtener el producto final.

3. Envasado de productos. La bomba que trasladará el producto terminado hacia la llenadora es activada automáticamente por el controlador programable que contiene la llenadora. Este control está directamente en contacto con el medidor del nivel del tanque de la llenadora. En el momento en que el nivel de producción este en el set point establecido en el programa, el controlador activará la bomba para poder mantener la continuidad en el llenado de producto. El llenado de envases estará a cargo de un solo operario, encargado de verificar que la máquina este llenando con normalidad y que los envases circulen de manera adecuada. La llenadora es capaz de llenar desde 15 hasta 20 envase por minuto, dependiendo de la viscosidad del producto. Este mismo operario será el encargado de colocar los envases vacios al inicio de la banda transportadora de la llenadora para no dejar sin envases el proceso hasta su finalización.

4. Taponado de envases. La taponadora que se utilizara en este nuevo proceso funciona también en forma automática. La taponadora se activará y funcionará solamente en el momento en que los envases pasen justo debajo del taponador. Esta etapa del proceso estará a cargo de un tercer operario, el cual deberá mantener una cantidad adecuada de tapas en el ordenador de tapas incorporado a la taponadora. En este paso solamente se deben chequear periódicamente algunos envases para verificar que el tapado sea el correcto. Justo después de la taponadora, continua la banda transportadora que conduce los envases hacia la etiquetadora.

5. Etiquetado de envases. El etiquetado de envases se llevará a cabo con una etiquetadora automática que es capaz de pegar etiquetas tanto a envases cilíndricos como planos. En esta parte del proceso el operario encargado será el mismo que controla la taponadora, ya que realmente el trabajo es únicamente verificar que todo funcione de la manera ya establecida. Los envases llegarán a la etiquetadora por la banda transportadora y la máquina colocará las etiquetas en cada envase sin necesidad de mano de obra.

6. Acumulación de envases y encajado. Los envases ya etiquetados llegarán a una mesa de acero inoxidable en donde se acumularan para hacer el encajado de producto de una forma más ordenada y rápida. Esta tarea estará a cargo de un cuarto operario encargado de llenar las cajas manualmente. Las cajas utilizadas serán cajas de 24 litros. Una vez encajadas serán transportadas al área de almacenaje por medio de un montacargas.

## F. Tipo de proceso que se utilizará con la nueva línea de producción.

El tipo de proceso que se utilizará es un proceso tipo batch en donde se usa un solo tanque de mezcla, con una capacidad de producción de 2,500 libras por batch. El tanque será preparado al iniciar la jornada de trabajo que será de 8 horas. Esto se hará para aprovechar el tiempo en que no opera la maquinaria al finalizar el batch para lavar el equipo y se pueda empezar a trabajar desde el inicio de la jornada del día siguiente. La fabricación de jabón es actualmente de cuatro aromas diferentes. Para poder trabajar de acuerdo a estadísticas de producción reales se tomaron los datos de fabricación de jabón del último año para poder determinar la demanda de cada uno de los aromas actualmente. Para poder observar el plan de producción referirse al apéndice. La producción mensual de jabón será distribuida según la estadística de producción del último año. Durante las ocho horas de trabajo la producción y la limpieza del equipo quedaran determinadas.

## G. Costo de producción de cada unidad fabricada.

Cuadro No. 10. Desglose de costo de cada unidad con la línea automatizada.

INSUMO	COSTO (Q)
Agua	0.00142
Materia Prima	2.022
Energía eléctrica	0.01799
Mano de obra	0.1802
Material de empaque	2.492
<b>COSTO TOTAL POR UNIDAD</b>	<b>4.71361</b>

Cuadro No. 11. Desglose de costo de cada unidad con el proceso actual.

INSUMO	COSTO (Q)
Agua	0.00142
Materia Prima	2.022
Energía eléctrica	0.00813
Mano de obra	0.4096
Material de empaque	2.492
<b>COSTO TOTAL POR UNIDAD</b>	<b>4.93315</b>

Cuadro No. 12. Costo Primo, costo de conversión y costo de producción para la nueva línea automatizada

Tipo de costo	Composición	Total
Costo primo	Materiales + mano de obra	4.6942
Costo de conversión	Mano de obra + costos variables	0.19961
Costo de producción	Materiales + mano de obra + costos variables	4.71361

Cuadro No. 13. Distribución del costo unitario utilizando la nueva línea de producción automatizada

Rubro	Porcentaje en el costo unitario
Agua	0.030 %
Materia Prima	42.897 %
Energía	0.382 %
Mano de obra	3.823 %
Empaque	52.868 %

(Referirse al Gráfico No. 1 para ver la distribución gráficamente.)

## H. Capacidad de producción del proceso actual y del nuevo proceso propuesto

Cuadro No. 14. Capacidad de producción del proceso actual.

AROMA	PRESENTACIÓN	DÍAS DE TRABAJO	UNIDADES PRODUCIDAS
Talco de bebé	Litro	10	18720
Manzana	Litro	7	13104
Cereza	Litro	2	3744
Melocotón	Litro	1	1872

Cuadro No. 15 Capacidades de producción del proceso actual

Capacidad diaria	1,872 Litros
capacidad semanal	9,360 Litros
Capacidad mensual	37,440 Litros
Capacidad anual	449,280 Litros

En este cuadro se toman semana de 5 días, meses de 20 días y años de 240 días.

Cuadro No. 16. Capacidad de producción con la línea automatizada

AROMA	PRESENTACIÓN	DÍAS DE TRABAJO	UNIDADES PRODUCIDAS
Talco de bebé	Litro	10	24960
Manzana	Litro	7	17472
Cereza	Litro	2	4992
Melocotón	Litro	1	2496

Cuadro No. 17. Capacidades de producción con la línea automatizada

Capacidad diaria	2496 Litros
capacidad semanal	12,480 Litros
Capacidad mensual	49,920 Litros
Capacidad anual	599,040 Litros

En este cuadro se toman semanas de 5 días, meses de 20 días y años de 240 días

Cuadro No. 18. Aumento en la capacidad de producción con la línea automatizada

Capacidad de producción anual con el proceso actual	449,280 litros
Capacidad de producción anual con la línea automatizada	599,040 litros
Porcentaje de aumento en la capacidad de producción	33.33%

Cuadro No. 19. Tiempo total de producción por lote con la línea automatizada. Calculo para lote de 2496 litros

Tiempo total en minutos	376.4 minutos
Tiempo total en horas	6.27 horas

Cuadro No. 20. Tiempo total de producción por lote con el proceso actual. Calculo para lote de 1872 litros

Tiempo total en minutos	432 minutos
Tiempo total en horas	7.2 horas

## I. Análisis económico del nuevo proyecto para producción de jabón con una línea automatizada.

Cuadro No. 21. Tiempo de retorno de inversión, tasa interna de retorno, valor neto actual, utilidad neta y disminución en el costo de producción.

Tiempo de Retorno de Inversión	2 años y 10 meses
Tasa Interna de Retorno	35% anual
Valor neto actual	Q 1,087,953.28
Disminución en costo de producción	4.45%
Utilidad neta anual del proyecto	353,435.10 a partir del 2do. Año

Cuadro No. 22. Punto de equilibrio del proyecto con la línea automatizada calculado en base a un año.

Unidades necesarias para alcanzar el punto de equilibrio	527,118 unidades vendidas en un año
Monto del punto de equilibrio	Q.5,798,298.77

## J. Analisis de la calidad del producto.

Cuadro No. 23. Análisis de mejora en la calidad del producto.

Unidades rechazadas por lote con el proceso Actual.	15 unidades
Unidades rechazadas por lote con la línea automatizada.	2 unidades
Aumento porcentual en la calidad del producto.	86%

## VIII. DISCUSIÓN

Este trabajo profesional tuvo como objetivo proporcionar el diseño de una línea de producción automatizada de jabón líquido para manos. El jabón líquido que actualmente se produce es solamente una mezcla de materias primas que son el resultado de una transformación previa.

En la empresa Genesis Partnership Company actualmente se produce jabón de manos con un proceso prácticamente manual, en donde las capacidades de producción son bastante limitadas. En estos momentos con la firma del Tratado de Libre Comercio, existen oportunidades muy buenas de exportación de productos sin restricciones fiscales. Este factor crea una oportunidad de mercado para la empresa, ya que se puede competir en un mercado masivo de consumidores, agregando a esto que el jabón para manos es un bien de consumo constante. Tomando en consideración el hecho de participar en un mercado de consumo más grande que el actual, en donde la demanda del producto no sólo será mayor sino que de forma inmediata, se planteó un nuevo diseño de producción automatizado con el cual se logra aumentar de manera significativa la capacidad de producción de jabón líquido para manos.

Los resultados obtenidos se pueden dividir en varias partes. En primer lugar se realizó el diseño del proceso propuesto. El nuevo diseño consta de equipo nuevo y equipo con el que ya se cuenta actualmente que se puede utilizar ya que se encuentra en buen estado. En la sección de resultados, inciso A se muestra el equipo nuevo que se necesita adquirir. Esta sección incluye una descripción de cada equipo, incluyendo sus condiciones de operación y dimensiones. Dentro del equipo nuevo se encuentra una llenadora automática con un PLC incorporado que ayuda a tener un llenado continuo de jabón sin necesidad de tener a un operario trabajando en ello. Enseguida se encuentra la taponadora automática que trabaja de manera continua, tapando el envase en el momento de pasar debajo del enroscador. Seguidamente se colocó una etiquetadora automática para etiquetas autoadhesibles, lo cual hace que el proceso sea continuo, sin necesidad de incluir mano de obra en esta parte del proceso. Por último se utilizó una mesa de acumulación giratoria que ayuda a que el encajado del producto sea mucho más eficiente y ordenado.

Observando detenidamente el diseño propuesto y el costo de la inversión inicial, se observa que la inversión inicial es realmente alta para el tipo de proceso que se desea realizar. En el momento de decidir por el tipo de la maquinaria, se tomó en cuenta no tanto el precio sino que la calidad de fabricación y disposición de instalación, mantenimiento y asesoría que brindaba cada uno de los proveedores. Finalmente se eligió trabajar con la marca EPAK ya que es una marca de prestigio dedicada exclusivamente a los procesos de empaque continuo, lo cual era lo que se estaba buscando. Además se debe mencionar que con la automatización, el único procedimiento en donde se necesita mano de obra directa, es en el proceso de fabricación del producto y en el encajado final. La automatización del proceso lógicamente asegura la calidad deseada en el producto final, el cual era uno de los objetivos de este trabajo. La calidad del producto no es solamente el jabón en sí, sino que

también incluye otros factores. Uno de ellos es un nivel de producto exacto en cada envase, lo cual hace que el producto luzca uniforme en la góndola de venta. Con la taponadora se obtiene un buen tapado para evitar derrames durante el manejo del producto y evitar reclamos que conllevan a pérdidas o pérdida de confianza en el cliente. Uno de los problemas de calidad actuales es el hecho que las etiquetas son adheridas en forma manual, por lo que en algunos envases las etiquetas van pegadas a diferentes alturas, lo cual hace lógicamente que el producto en góndola luzca diferentes presentaciones. En cambio utilizando una etiquetadora automática, la incertidumbre de alturas disminuye considerablemente y ayuda a tener un producto con la calidad deseada tanto por la empresa como por el consumidor. Como conclusión, la maquinaria seleccionada brinda al proceso una capacidad de producción mayor y se obtiene un producto con calidad estándar, con lo cual se puede pensar en una futura expansión de mercado.

Después de la selección de la maquinaria se procedió a establecer o describir el nuevo proceso utilizando el diseño planteado, el cual se encuentra en la sección de Resultados Inciso E. esta descripción plasmó de manera teórica el proceso a seguir con la automatización incorporada. Este nuevo proceso de producción brindara mayor facilidad a los operarios y dará mayor efectividad al proceso.

Para poder hacer una comparación detallada del proceso actual y del proceso basado en el nuevo diseño, se asumió el hecho de que en la empresa mencionada se produce únicamente jabón para manos, y se estableció su capacidad de producción máxima. La capacidad de producción máxima se obtuvo tomando tiempos de trabajo durante el proceso de fabricación de jabón. Esto se asumió debido a que en la empresa se fabrican alrededor de 100 productos diferentes que no permiten dedicarse exclusivamente a este producto. La idea de analizar un nuevo diseño de debió a que el jabón para manos tiene un movimiento alto en el mercado y es el producto más rentable actualmente. Analizando el proceso actual de producción se determino que si la planta se dedica únicamente a fabricar jabón para manos se pueden producir 1872 litros de jabón por día, esto es, desde la preparación del producto, hasta el encajado final. Para comparar el nuevo diseño de producción se asumió una jornada de trabajo con la misma duración, la cual es de 8 horas diarias. Tomando como base este tiempo se hicieron los cálculos de la línea automatizada para trabajar durante 8 horas diarias. Como resultado se determino que se pueden fabricar 2496 litros diarios de jabón en su capacidad mínima, lo cual equivales a un 33.33% de incremento en producción (ver grafica No. 2 en Apéndice). Se debe mencionar que la línea automatizada es capaz de producir el doble de lo que se calculo pero se necesitaría una jornada de dos turnos de trabajo. Se decidió proponer una jornada de 8 horas, ya que al inicio es una etapa de incertidumbre acerca de las ventas. La ventaja de la línea diseñada es que todavía puede crecer en un 200% de su capacidad, según la demanda lo requiera en el futuro, ayudando así, a disminuir el costo unitario del producto.

Para poder establecer un proceso de fabricación adecuado, se obtuvo el dato histórico de producción de los cuatro aromas de jabón fabricados. Con base en eso se elaboró un plan de producción por aroma para poder planificar las semanas de trabajo de la nueva línea. El resultado planificado se encuentra en el cuadro No. 16 de la sección de resultados. Analizando esta planificación

se puede decir que esto brinda una llave bastante útil para la producción ya que no se trabaja en base a pedidos, sino que se trabaja para tener un stock adecuado de producto para poder suplir rápidamente la demanda del cliente. El dato histórico de producción facilita el trabajo en la planta por el hecho de tener establecida la rutina de trabajo, con lo cual la productividad de la línea se vuelve más eficiente en el sentido de producir en base a la demanda de cada aroma de jabón.

Uno de los objetivos del trabajo era determinar el costo unitario de producción. Con base en los cuadros No. 10 y 11 se puede determinar que con la línea automatizada se obtiene una reducción en el costo del producto, lo cual hace que la utilidad neta aumente al finalizar un periodo de trabajo. Como se puede observar existe una disminución del 4.5% en el costo del producto, tomando en cuenta tanto costos variables como fijos. Dentro de los costos variables se tomaron en cuenta el costo de agua, energía eléctrica, materia prima y material de empaque. Dentro de los costos fijos se tomo en cuenta el costo de mano de obra en el proceso. Para poder determinar los costos ya mencionados se trabajo de acuerdo a la capacidad de producción y el tiempo de trabajo tanto de la maquinaria como de los operarios. Para poder observar el desglose del costo de cada rubro referirse al Apéndice, Incisos C y D. Observando detenidamente la composición del costo unitario (cuadro No. 13) se puede ver que el rubro con el porcentaje más alto es el de material de empaque con casi el 53%, seguido de la materia prima con un 43% y la mano de obra con cerca del 4%. Esto permite determinar que para poder disminuir el costo del jabón se podría trabajar un doble turno de trabajo. Al analizar el costo del producto se determinó que la única manera de poder diluir el costo del producto es produciendo en mayor cantidad para disminuir aun más el costo de mano de obra, el cual como ya se determinó hace que el costo unitario del producto disminuya en un 4.5%. Comparando los costos unitarios que se obtuvieron, se puede ver que hubo una disminución de cerca de Q.0.22 con la línea automatizada. Esta disminución en el costo es sumamente importante ya que si pensamos en la producción anual que será de 599,040 litros, esta significa un ahorro de Q.131,788 anuales, por consiguiente aumenta la utilidad neta, lo cual hace que el proyecto sea rentable vendiendo esa cantidad de unidades. Para poder observar gráficamente la composición del costo unitario referirse al Apéndice, Grafica No. 1. La disminución en el número de operarios es un aspecto importante de mencionar. Los operarios en el proceso actual suman un número de 6 operarios con un costo por unidad de Q.0.4096, en cambio en el proceso automatizado el número de operarios disminuye a 4 con un costo de Q.0.18 por unidad producida. Este aspecto hace que la productividad de la planta aumente ya que se estaría produciendo un 33.33% más de producto en un 33% menos de mano de obra.

Analizando productivamente el proyecto, en cuanto al costo unitario de producción, se puede ver que el proyecto trae ventajas tanto de producción como de costo de producto. Esta ventaja se ve reflejada en la utilidad neta anual que se obtiene con el diseño de la línea automatizada. Incrementando la producción anual y disminuyendo el costo unitario del producto, se obtiene un proceso altamente rentable, desde el punto de vista productivo.

Otro factor importante que es debe mencionar es el tiempo de producción con cada uno de los procesos investigados. En el caso del proceso actual se tiene un tiempo de proceso de 7.2 horas lo cual dificulta el lavado de la maquinaria utilizada. En cambio con la línea automatizada se produce un

33% más de litros diarios en una hora menos de trabajo. Analizando la producción en función de las horas-hombre, se puede determinar que el proceso automatizado aumenta la productividad y brinda mayor tranquilidad a los operarios del proceso, ya que el desgaste físico es menor, porque se produce más, pero con menor tiempo de trabajo.

Para poder decidirse por la implementación de una línea de producción automatizada fue necesario un análisis económico/financiero, con el cual se tiene un panorama mucho más claro de la factibilidad del proyecto y se pueden obtener datos de proyecciones de venta en el futuro. Para poder realizar un análisis detallado se obtuvo un dato total de venta anual. Con este dato se calculó el costo de esas unidades vendidas y se restaron, tanto los costos administrativos, financieros y de ventas para poder obtener una utilidad anual bruta. Una vez que se obtuvo este dato se calculó la utilidad neta, restando el valor de impuestos a la utilidad bruta. Si se observa el cuadro No. 21 de los Resultados y el Cuadro No. 37 del Apéndice se puede ver que la utilidad del primer año es de Q.288,912.31 con lo cual se puede tener el retorno de la inversión en tres años. A partir del segundo año la utilidad neta es de Q.353,435.10 ya que no se tienen gastos financieros del préstamo.

El tiempo de retorno de la inversión es bastante aceptable ya que en muchas compañías toman como buen tiempo de retorno de inversión aproximadamente dos años. Para poder tener idea del valor que tiene la inversión realizada a través del tiempo se calcularon valores de tasa interna de retorno y valor neto actual. La tasa interna de retorno reportó un valor de 35%, tomando como base de tiempo 10 años de proyecto, esto es el interés generado por la inversión realizada al inicio del proyecto. El valor neto actual reportó un valor de Q.1,087,953.28 el cual corresponde al valor del proyecto en el presente, esto también tomando como base 10 años de proyecto. Analizando estos datos financieros del proyecto es claro que el proyecto es rentable ya que se está obteniendo un 35% anual de interés, lo cual es mucho mayor que la tasa de retorno ofrecida en un banco en particular.

Para poder establecer un parámetro de rentabilidad en el proyecto se obtuvo un valor de punto de equilibrio en el cual se asegura que la empresa no esté ganando ni perdiendo dinero. Para poder observar los resultados, referirse al Cuadro No. 22. Estos datos son bastante útiles para saber en qué momento la empresa está siendo rentable o cuando se está trabajando con pérdida.

Como conclusión se puede decir que el proyecto propuesto con la línea de producción automatizada es sumamente rentable, tomando en cuenta una venta anual de 599,040 unidades, lo cual equivale a producir con la maquinaria a un 50% de su capacidad de trabajo.

## IX. CONCLUSIONES

- A. Al comparar el proceso manual con el proceso automatizado se determinó que con la automatización la capacidad de producción aumenta un 33.33%.
- B. Se determinó que la línea de producción automatizada reduce el costo unitario de producción en un 4.5%, esto debido a la disminución en el costo de la mano de obra en el proceso.
- C. La capacidad de producción anual con la línea automatizada es de 599,040 unidades, logrando de esta forma incursionar en mercados de venta más grandes que en la actualidad.
- D. Con la línea de producción automatizada, se logra asegurar que la calidad del producto terminado cumpla con los estándares empresariales y puedan satisfacer al consumidor final.
- E. Se logró determinar que realizando una inversión inicial de Q.916,400 y evaluando el proyecto a diez años, la tasa interna de retorno es de 35% con un tiempo de recuperación de la inversión de dos años y diez meses, lo cual hace al proyecto rentable.

## X.RECOMENDACIONES

- A. Es necesario un estudio de mercado profundo que permita establecer datos reales de venta en el mercado extranjero para establecer planes de producción reales.
- B. Es necesario la sistematización del control de calidad durante el proceso de fabricación, para poder establecer puntos críticos en el proceso que afecten la presentación del producto final.

## XI.BIBLIOGRAFÍA

- Blank, Celand. 1999. *Ingenieria Economica*. 3ra. Edicion Prentice may
- Folger, H. Scout. 1999. *Elements of Chemical Reaction Engineering*. 3ra. Edición. Prentice Hall.
- Kenkel. 2002. *Documentación de materias primas*.
- Kira, Othmer. 1997. *Enciclopedia de Tecnología Química*.
- Levenspiel, Octave. 1999. *Chemical Reaction Engineering*. New York. John Wiley & Sons.
- Mc Cabe, Warren; Smith Julian. 2002. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 6ta. Edición. Mc Graw Hill.
- Perry, Robert H; Green, Don. *Chemical Engineers's Handbook*. 6ta. Edición. McGraw Hill Book Company.
- Peter, Max; Timmerhaus, Klaus. 1991. *Plant Design and Economy for Chemical Engineers*. 4ta. Edición. McGraw Hill.
- Sapag Cahin, Nassir; Sapag Cahin, Reinaldo. 1998. *Preparación y Evaluación de proyectos*. 3ra. Edición. McGraw Hill.
- Spitz, Louis. 1997. *Technology of Soaps and Detergents*.

## XII. APÉNDICE

### A. Descripción del proceso actual de producción

Actualmente el proceso de fabricación de jabón para manos en la empresa Genesis Partnership Company es esencialmente un proceso realizado con bastante mano de obra y con poca automatización. El proceso se puede describir claramente de la siguiente forma.

1. Preparación del producto. Las materias primas se pesan en una balanza digital de acuerdo a la hoja de producción entregada por el Jefe de Producción. El encargado de producción agrega las materias primas al tanque de mezcla según el orden previamente establecido para la fabricación. El volumen de agua se agrega al tanque de mezcla por medio de un dosificador programable de agua para poder tener precisión en la cantidad de agua. El tiempo de agitación de la mezcla es de aproximadamente 30 minutos. Una vez se ha concluido con la agitación, se procede a esperar durante 3 horas para que la espuma baje y se pueda proceder a vaciar el tanque. En esta parte del proceso se utiliza solamente un operario.

2. Vaciado de tanque de mezcla. El tanque de mezcla se vacía por gravedad hacia barriles de 55 galones para trasladarlos al área de llenado. El traslado al área de llenado lo hace el encargado de llenado. El tiempo en el que se realiza este procedimiento es de 1800 segundos (30 minutos).

3. Traslado de barriles al área de llenado. El encargado de llenado traslada los barriles al área de llenado para proceder al llenado. El tiempo de esta operación es de 300 segundos (5 minutos).

4. Llenado de litros en llenadora de gravedad. El encargado de llenado procede a envasar con la llenadora automática de gravedad. Esta llenadora tiene una capacidad máxima de llenado de 15 litros por minuto. Los envases se colocan manualmente debajo de las tres boquillas y luego de que están llenos se trasladan manualmente al operario encargado del taponado de envases. El tiempo total en esta parte del proceso es de 7488 segundos (124.8 minutos), el cual es el tiempo necesario para envasar el batch de 1872 litros.

5. Taponado de envases. El proceso de taponado de envases se realiza manualmente, utilizando solamente a un operario para ello. Este operario es capaz de ponerle la tapa a los 3 litros que sales de la llenadora antes de que salgan otros tres, es decir que el tiempo del tapado de envases es el mismo tiempo que el tiempo de llenado.

6. Etiquetado de envases. El etiquetado de envases lo realizan dos operarios más debido a que es la parte del proceso que ocupa mayor tiempo. La etiqueta debe colocarse a una altura estándar en cada uno de los litros. El tiempo que ocupa esta parte del proceso es de 3732 segundos (62.2 minutos) más que el tiempo de llenado y etiquetado.

7. Encajado de producto terminado. El proceso de encajado es manual en donde un sexto operario es el encargado de colocar los litros en cajas de cartón de 24 unidades cada una. Las cajas se apilan para luego ser transportadas al área de almacenaje en donde permanecerá hasta su despacho.

## **B. Determinación de procedimientos que deben cambiarse en el actual proceso de producción.**

Actualmente el proceso de producción cuenta con pasos que se realizan manualmente. Estos procedimientos ayudan a que la calidad del producto terminado tenga variaciones en cada batch de producción. En el caso de la preparación del producto, es necesario que el tiempo de agitación y el orden de las materias primas sea el adecuado, ya que puede influir en la colocación final del producto. Uno de los procedimientos que afectara la fluidez del proceso es el momento en el que el tanque de mezcla se vacía a barriles para trasladar el producto al área de llenado. En el momento de llenar el producto es necesario que el operador tenga cuidado de que el nivel del producto sea el establecido y que no existan derrames de producto. Al momento de poner las etiquetas en el envase, existen variaciones en las alturas de cada una, lo cual hace que el producto no tenga muy buena presentación puesto ya en la góndola de venta. Todos estos aspectos necesitan corregirse para poder tener un proceso con mayor eficiencia y un producto con calidad.

C. Desglose de costos calculados para obtener el costo unitario con el nuevo proceso propuesto con la línea de producción automatizada.

Cuadro No. 24. Cálculo del costo de materia prima para el nuevo proceso con línea automatizada de producción.

Materia prima	Unidad de medida	Cantidad por lote	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida (Q)	Costo/litro (Q)
A	kg	173.85	0.0696	13.332	0.929
B	kg	11.99	0.0048	21.406	0.103
C	kg	26.97	0.0108	10.758	0.116
D	kg	134.88	0.0540	1.276	0.069
E	kg	5.60	0.0022	85.272	0.192
F	gramo	606.69	0.2431	0.36	0.088
AROMA	gramo	11988.71	4.8032	0.109	0.524
COLORANTE	gramo	178.05	0.0713	0.032	0.002
<b>TOTAL</b>					<b>2.021503</b>

Cuadro No. 25. Cálculo del costo de material de empaque para el nuevo proceso con la línea automatizada.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad por lote	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida (Q)	Costo/litro (Q)
Envase	Unidad	2496	1	1.72	1.72
Etiqueta	Unidad	2496	1	0.54	0.54
Sello	Unidad	2496	1	0.05	0.05
Caja de 24 litros	Unidad	104	0.0417	4.37	0.1821
<b>TOTAL</b>					<b>2.492083</b>

Cuadro No. 26. Cálculo del costo de agua para el nuevo proceso con la línea automatizada.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad por lote	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida (Q)	Costo/litro (Q)
Agua	Metro cubico	1.75968	0.00094	1.51	Q 0.0014194
<b>TOTAL</b>					<b>Q 0.0014194</b>

Cuadro No. 27 Cálculo del costo de mano de obra para el nuevo proceso con la línea automatizada.

Puesto	Operarios	Salario mensual (Q)	Salario diario (Q)	Unidades producidas	Costo/unidad (Q)
Producción	1	3550	177.5	2496	0.07111378
Llenado	1	2414	120.7	2496	0.03321314
Tapado y etiquetado	1	2414	120.7	2496	0.03321314
Encajado	1	2130	106.5	2496	0.04266827
<b>TOTAL</b>					<b>0.18020833</b>

En este cuadro se incluyen dentro de los salarios el 42% de prestaciones laborales, que incluye, vacaciones, bono 14, aguinaldo, IGSS, IRTRA. Además se toma como mes de trabajo 20 días hábiles.

Cuadro No. 28. Cálculo del costo de energía eléctrica para el nuevo proceso con la li automatizada

Equipo	Voltaje	Amperaje	Tiempo de operación	Kw	kW-h	Costo kW-h (Q)	Costo total (Q)	Costo/litro (Q)
Compresor	220	15	2.7733	3.3	9.15	1.3858	12.6827	0.0051
Medidor de flujo	220	15	0.25	3.3	0.83	1.3858	1.1433	0.0005
Agitador tanques	220	30	0.5	6.6	3.30	1.3858	4.5731	0.0018
Llenadora	220	3	2.7733	0.66	1.83	1.3858	2.5365	0.0010
Etiquetadora	220	3	2.7733	0.66	1.83	1.3858	2.5365	0.0010
Taponadora	220	15	2.7733	3.3	9.15	1.3858	12.6827	0.0051
Mesa Rotatoria	120	3	2.7733	0.36	1.00	1.3858	1.3836	0.0006
Banda transportadora	120	8	5.5466	0.96	5.32	1.3858	7.379	0.0030
<b>TOTAL</b>								<b>0.01799578</b>

D. Desglose de costos calculados para obtener el costo unitario con el proceso actual de producción.

Cuadro No. 29. Cálculo del costo de materia prima para el proceso actual de producción.

Materia prima	Unidad de medida	Cantidad por lote	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida (Q)	Costo/litro (Q)
A	kg	173.85	0.0696	13.332	0.929
B	kg	11.99	0.0048	21.406	0.103
C	kg	26.97	0.0108	10.758	0.116
D	kg	134.88	0.0540	1.276	0.069
E	kg	5.60	0.0022	85.272	0.192
F	gramo	606.69	0.2431	0.36	0.088
AROMA	gramo	11988.71	4.8032	0.109	0.524
COLORANTE	gramo	178.05	0.0713	0.032	0.002
<b>TOTAL</b>					<b>2.021503</b>

Cuadro No. 30. Cálculo del costo de material de empaque para el proceso actual de producción.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad por lote	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida (Q)	Costo/litro (Q)
Envase	Unidad	2496	1	1.72	1.72
Etiqueta	Unidad	2496	1	0.54	0.54
Sello	Unidad	2496	1	0.05	0.05
Caja de 24 litros	Unidad	104	0.0417	4.37	0.1821
<b>TOTAL</b>					<b>2.492083</b>

Cuadro No. 31 Cálculo del costo de agua para el proceso actual de producción.

Insumo	Unidad de medida	Cantidad por batch	Cantidad por litro	Costo de unidad de medida	Costo/litro
Agua	Metro cúbico	1.75968	0.00094	Q.1.51	Q.0.0014194
<b>TOTAL</b>					<b>Q.0.0014194</b>

Cuadro No. 32. Cálculo del costo de mano de obra para el proceso actual de producción.

Puesto	Operarios	Salario mensual (Q)	Salario diario (Q)	Unidades producidas	Costo/litro (Q)
Produccion	1	3550	177.5	1872	0.09482
Llenado	1	2414	120.7	1872	0.06448
Tapado	1	2414	120.7	1872	0.06448
etiquetado	2	4828	241.4	1872	0.12895
Encajado	1	2130	106.5	1872	0.05689
<b>TOTAL</b>					<b>0.40961538</b>

En este cuadro se incluyen dentro de los salarios el 42% de prestaciones laborales que incluye, vacaciones, bono 14, aguinaldo, IGSS, IRTRA. Además se toma como mes de trabajo 20 días hábiles.

Cuadro No. 33. Cálculo del costo de energía eléctrica para el proceso actual de producción.

Equipo	Voltaje	Amperaje	Tiempo de operación	Kw	kW-h	Costo kW-h (Q)	Costo total (Q)	Costo/litro (Q)
Compresor	220	15	2.08	3.3	6.864	1.3858	9.5121312	0.00508127
Medidor de flujo	220	15	0.25	3.3	0.825	1.3858	1.43285	0.00061073
Agitador tanques	220	30	0.5	6.6	3.30	1.3858	4.57314	0.00244292
<b>TOTAL</b>								<b>0.00813491</b>

### E. Cálculo del tiempo total de producción para el proceso actual y el proceso automatizado

Cuadro No. 34. Tiempo total de producción por lote con el proceso automatizado. El lote es de 2,496 litros.

Proceso	Tiempo en minutos	Tiempo en horas	Tiempo en segundos
Pesado	30.00	0.50	1,800.00
Preparación	180.00	3.00	10,800.00
Llenado de producto	166.40	2.77	9,984.00
Taponado de envases	Mismo tiempo que llenado	Mismo tiempo que llenado	Mismo tiempo que llenado
Etiquetado	Mismo tiempo que llenado	Mismo tiempo que llenado	Mismo tiempo que llenado
<b>TOTAL</b>	<b>376.40</b>	<b>6.27</b>	<b>22584</b>

Cuadro No. 35. Tiempo total de producción por lote con el proceso actual. El lote es de 1872 litros.

Proceso	Tiempo en minutos	Tiempo en horas	Tiempo en segundos
Pesado	30	0.5	1800
Preparación	180	3	10800
Vaciado de tanque	30	0.5	1800
Traslado a área de llenado	5	0.083	300
llenado de producto	124.8	2.08	7488
Taponado de envases	Mismo tiempo de llenado	Mismo tiempo de llenado	Mismo tiempo de llenado
Etiquetado	62.2	1.036	3732
<b>TOTAL</b>	<b>432</b>	<b>7.2</b>	<b>25920</b>

## F. Cálculos para realizar el análisis financiero del proyecto de automatización propuesto.

Cuadro No. 36. Costo Financiero adquirido con el préstamo para la inversión inicial.

Meses	Saldo	Cuota capital	Intereses	Cuota mensual
1	916,300.00	76,358.33	15,271.67	91,630.00
2	839,941.67	76,358.33	13,999.03	90,357.36
3	763,583.34	76,358.33	12,726.39	89,084.72
4	687,225.01	76,358.33	11,453.75	87,812.08
5	610,866.68	76,358.33	10,181.11	86,539.44
6	534,508.35	76,358.33	8,908.47	85,266.80
7	458,150.02	76,358.33	7,635.83	83,994.16
8	381,791.69	76,358.33	6,363.19	82,721.52
9	305,433.36	76,358.33	5,090.56	81,448.89
10	229,075.03	76,358.33	3,817.92	80,176.25
11	152,716.70	76,358.33	2,545.28	78,903.61
12	76,358.37	76,358.33	1,272.64	77,630.97

El préstamo inicial es de Q.916,300.00 obtenidos con un préstamo con tasa de interés del 20%, con mensualidades calculadas con intereses sobre saldo. El monto total del interés en el año es de Q.99,265.84. Este valor de interes es el costo financiero incluido en el cálculo de la utilidad neta del proyecto.

## G. Análisis para obtener el tiempo de retorno de inversión, tasa interna de retorno y valor neto actual.

Para determinar el tiempo de retorno de inversión se obtuvo la utilidad neta de cada año, calculada en el Cuadro No. 37 (página No.44). Sabiendo que esa utilidad se obtiene en cada año, se obtuvo con un cálculo simple los meses necesarios para obtener la utilidad equivalente a la inversión inicial, determinándose un tiempo total de dos años ocho meses.

En el cálculo de la tasa interna de retorno y del valor neto actual se utilizaron funciones en Excel para establecer los valores obtenidos. El análisis que se realizó se hizo en base a un proyecto de diez años, ingresándose en la fórmula, datos de utilidad anual y costo inicial de inversión para obtener los resultados mostrados.

Cuadro No. 37. Flujo de caja para el proyecto evaluado a diez años.

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Inversión inicial (Q)	916300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ventas netas (unidades)		599040	599040	599040	599040	599040	599040	599040	599040	599040	599040
Precio de venta por unidad (Q)		11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Ingresos por ventas (Q)		6589440	6589440	6589440	6589440	6589440	6589440	6589440	6589440	6589440	6589440
Gasto de producción (Q)											
Costos fijos (Q)		430265	331000	331000	331000	331000	331000	331000	331000	331000	331000
Costos variables (Q)		2888640	2888640	2888640	2888640	2888640	2888640	2888640	2888640	2888640	2888640
Gasto administrative (Q)		1078272	1078272	1078272	1078272	1078272	1078272	1078272	1078272	1078272	1078272
Costo de ventas (Q)		1797120	1797120	1797120	1797120	1797120	1797120	1797120	1797120	1797120	1797120
Depreciación (Q)		91630	91630	91630	91630	91630	91630	91630	91630	91630	91630
Utilidad antes de impuestos (Q)		303511	402777	402778	402779	402780	402781	402782	402783	402784	402785
Impuestos (35%) (Q)		106228	140971	140972	140972	140973	140973	140973	140974	140974	140975
Utilidad después de impuestos (Q)		197282	261805	261805	261806	261807	261807	261808	261808	261809	261810
Depreciación (Q)		91630	91630	91631	91632	91633	91634	91635	91636	91637	91638
Flujo neto de efectivo (Q)	-916300	288912	353435	353436	353438	353440	353441	353443	353444	353446	353447

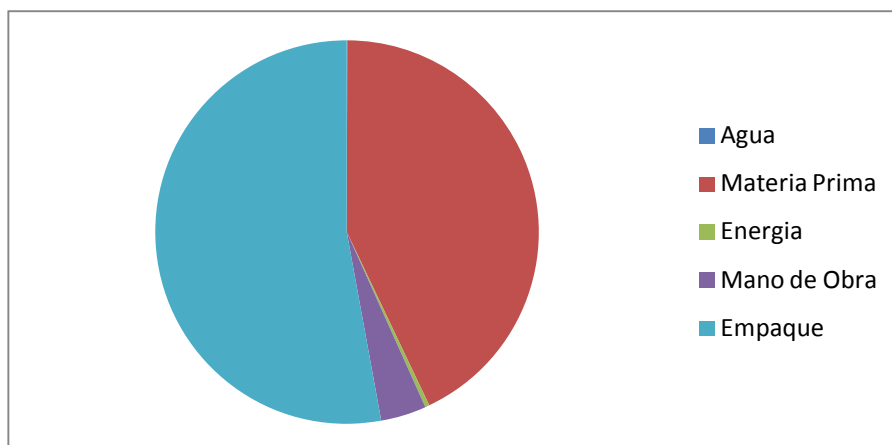
Cuadro No. 38. Costos variables utilizados para calcular el gasto de producción anual.

Costo	Monto (Q)
Servicios	5,000
Mantenimiento	50,000
Costos de laboratorio	10,000
Materia Prima	1,211,258
Mano de obra	107,947
Agua	850.6368
Energía eléctrica	10,776.72

Cuadro No. 39. Costos fijos utilizados para calcular el gasto de producción anual.

Costo	Monto (Q)
Financiamiento	99265.84
Impuestos	1000
Seguros	90000
Rentas	240000

Gráfico No. 1. Impacto de cada rubro en el costo unitario con la línea automatizada.



Rubro	Porcentaje en el costo unitario
Agua	0.030%
Materia Prima	42.897%
Energía	0.382%
Mano de Obra	3.823%
Empaque	52.868%

Gráfico No. 2. Comparación de capacidad de producción entre el proceso actual y el proceso automatizado.

