



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y
SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLÁSTICAS**

Otto Iván Augusto Orozco y Orozco

Asesorado por el Ing. Héctor Rubén Bravo Soto

Coasesorado por la Dra. Milta de Rodríguez

Guatemala, octubre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y
SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLÁSTICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

OTTO IVAN AUGUSTO OROZCO Y OROZCO

ASESORADO POR EL ING. HÉCTOR RUBÉN BRAVO SOTO

COASESORADO POR LA DRA. MILTA DE RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, OCTUBRE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

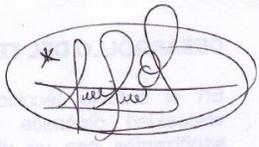
DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Adrián Antonio Soberanis Ibáñez
EXAMINADOR	Ing. Jaime Domingo Carranza González
EXAMINADOR	Ing. Mario José Mérida Meré
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLÁSTICAS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 6 de junio de 2013.

A handwritten signature in black ink, enclosed within a faint, light blue oval stamp. The signature is cursive and appears to read 'Otto Iván Augusto Orozco y Orozco'. There is a small asterisk-like mark above the first part of the signature.

Otto Iván Augusto Orozco y Orozco



Guatemala, 02 de septiembre de 2014
Ref. EIQ.TG-IF.033.2014

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **065-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **Otto Iván Augusto Orozco y Orozco**.
Identificado con número de carné: **2007-15368**.
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA IMPLMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLASTICAS

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero Químico: **Héctor Rubén Bravo Soto**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Adrian Antonio Soberanis Ibañez
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



Guatemala 15 de julio de 2014

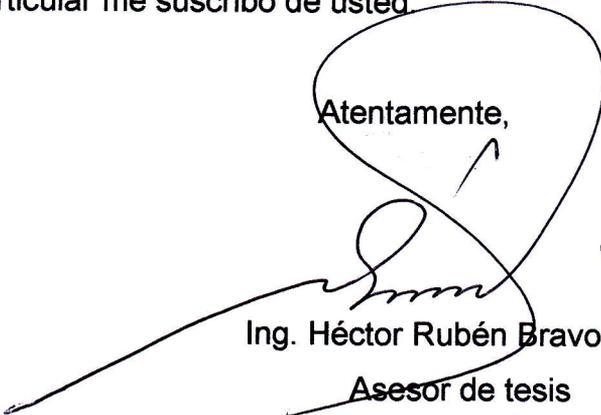
Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
Director
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Monzón:

Con un cordial saludo me dirijo a usted para informarle que he asesorado y aprobado el informe final de trabajo de graduación titulado: **“Estudio de factibilidad técnica-económica en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas”**, elaborado por el estudiante de Ingeniería química Otto Ivan Augusto Orozco y Orozco con carné 2007-15368. Considero que el informe final de trabajo de graduación satisface los requisitos exigidos.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Héctor Rubén Bravo Soto
Asesor de tesis

Héctor Rubén Bravo Soto
Ingeniero Químico
Colegiado 147



Ref.EIQ.TG.201.2014

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **OTTO IVÁN AUGUSTO OROZCO Y OROZCO** titulado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLÁSTICAS". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, octubre 2014

Cc: Archivo
VMMV/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala

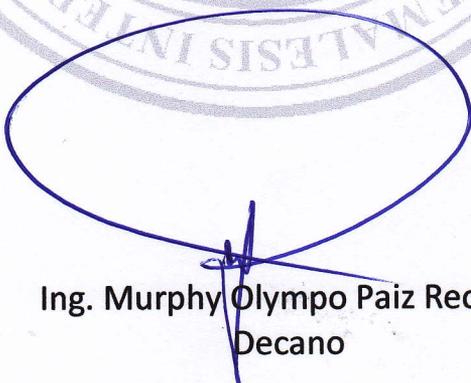


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 543.2014

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA-ECONÓMICA EN LA IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO AUTOMÁTICO DE LLENADO Y SELLADO DE GELES SANITIZANTES EN BOLSAS PLÁSTICAS**, presentado por el estudiante universitario **Otto Iván Augusto Orozco y Orozco**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 14 de octubre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Dador y fuente de sabiduría
Mis padres	Otto Elizardi Orozco y Elba Concepción Orozco, fuente de vida y amor.
Mis abuelos	Gonzalo Orozco, Victorina Orozco (q.e.p.d.), con mucho cariño, Alfredo Orozco (q.e.p.d.) y Ricarda Fuentes.
Mis hermanos	Gonzalo, Ivanova, Marcela, Victoria e Isabel Orozco.
Mi tío	Lázaro Vitelio Orozco (q.e.p.d.), maestro y guía.

AGRADECIMIENTOS A:

- Dios** Por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por permitirme sentir su amor.
- Mis padres** Por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación y por ser un ejemplo de vida a seguir.
- Mis hermanos** Por ser parte importante de mi vida, por el apoyo incondicional, por representar la unidad familiar y por ser un ejemplo de desarrollo profesional a seguir.
- Mis abuelos** Por su oraciones, por su confianza, sabias enseñanzas y apoyo que me brindaron en cada una de las etapas de mi vida.
- Mi tío Lázaro Orozco** Por el cariño, tiempo dedicado, sabias enseñanzas y consejos.
- Mis asesores** Ing. Héctor Rubén Bravo Soto y Dra. Milta de Rodríguez, por brindarme su amistad, confianza, apoyo, dedicación, y por compartir conmigo sus conocimientos y visión de la vida.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Forjadora de mi superación intelectual.

Alkemy, S. A.

Por haberme brindado la oportunidad de iniciar mi experiencia en el campo laboral, por todo el apoyo y experiencias compartidas en cada una de las ramas industriales que hoy me permiten desarrollar un criterio profesional.

**Aseguramiento de
Calidad Alkemy, S. A.**

Por recibirme fraternalmente en el departamento y compartir cada uno de los casos de análisis efectuados.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
Hipótesis.....	XVI
INTRODUCCIÓN	XVII
1. ANTECEDENTES	1
1.1. Situación actual	2
1.2. Justificación	3
1.3. Determinación del problema.....	3
1.3.1. Definición	3
1.3.2. Delimitación	4
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Geles	5
2.1.1. Sistema coloidal.....	5
2.1.2. Coloides liofilicos	5
2.2. Geles sanitizantes hidroalcohólicos.....	6
2.3. Ingredientes principales de los geles sanitizantes.....	6
2.3.1. Agentes gelificantes o gelantes	6
2.3.2. Agentes sanitizantes.....	8
2.3.3. Agentes neutralizantes	9
2.4. Reología	10

2.5.	Ley de Newton de la viscosidad.....	12
2.6.	Viscosidad.....	14
2.6.1.	Viscosidad dinámica o absoluta	14
2.6.2.	Viscosidad cinemática.....	15
2.6.3.	Variación de la viscosidad con la temperatura	15
2.7.	Fluidos newtonianos.....	16
2.8.	Fluidos no newtonianos.....	17
2.8.1.	Fluidos independientes del tiempo de aplicación	17
2.8.1.1.	Fluidos sin esfuerzo umbral.....	17
2.8.1.2.	Fluidos con esfuerzo umbral (viscoplásticos).....	19
2.9.	Funciones y características de los equipos de llenado por volumen.....	22
2.9.1.	Definición de llenado	22
2.9.2.	Principio de funcionamiento	22
2.9.3.	Control de la dosificación de producto	24
2.9.4.	Boquilla de llenado	26
2.10.	Tipos de sellado térmico y características de los empaques flexibles	27
2.10.1.	Función sellar bolsa	27
2.10.2.	Tipos de sellado	27
2.10.2.1.	Sellado por impulso.....	27
2.10.2.2.	Sellado por calor permanente	28
2.11.	Films poliméricos para envasado.....	29
2.11.1.	Estructuras de los materiales complejos	29
2.11.2.	Características de los materiales complejos	30
2.11.2.1.	Propiedades barrera.....	30
2.11.2.2.	Propiedades de resistencia a la temperatura.....	31

2.12.	Indicadores económicos	32
2.12.1.	Valor Presente Neto (VPN).....	32
2.12.2.	Tasa Interna de Retorno (TIR).....	33
2.12.3.	Relación beneficio/costo.....	33
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1.	Variables.....	35
3.2.	Delimitación de campo de estudio.....	36
3.3.	Recursos humanos disponibles.....	36
3.4.	Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos).....	37
3.5.	Técnica cualitativa o cuantitativa	37
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	38
3.7.	Ecuaciones	40
3.8.	Plan de análisis de los resultados	46
3.8.1.	Métodos y modelos de los datos según tipo de variables	46
3.8.2.	Programas a utilizar para análisis de los datos.....	47
4.	RESULTADOS	49
4.1.	Estudio técnico	49
4.1.1.	Viscosidad de geles sanitizantes	49
4.1.2.	Estudio de tiempos de las operaciones de llenado y sellado de geles sanitizantes con equipos semiautomáticos	51
4.1.3.	Diagramas de flujo y de recorrido en la producción de geles sanitizantes envasando con equipos semiautomáticos	52

4.1.4.	Diagramas de flujo y de recorrido en la producción de geles sanitizantes envasando con equipos automáticos	57
4.1.5.	Precisión y versatilidad de dosificación	62
4.1.6.	Evaluación y ponderación de empacadoras automáticas	64
4.1.7.	Evaluación y ponderación de bobinas plásticas	65
4.1.8.	Evaluación y ponderación de bombas para geles sanitizantes	67
4.2.	Estudio económico	70
4.2.1.	Costos de producción	70
4.2.2.	Pronóstico de ventas	72
4.2.3.	Flujo de caja	73
4.2.4.	Análisis de sensibilidad	77
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	81
	CONCLUSIONES	87
	RECOMENDACIONES	89
	BIBLIOGRAFÍA	91
	APÉNDICES	93

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de llenado y sellado de geles sanitizantes.....	2
2.	Efecto de la concentración y pH en la viscosidad de un gel.....	10
3.	Distintos tipos de deformaciones obtenidas con fuerzas de cizalladura	11
4.	Flujo entre dos placas paralelas desplazándose una respecto a la otra.....	11
5.	Desarrollo de perfil de velocidad	13
6.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos newtonianos.....	16
7.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos pseudoplásticos	18
8.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos dilatantes.....	19
9.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos plásticos	20
10.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos tixotrópicos.....	21
11.	Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos reopécticos.....	21
12.	Carga de la llenadora de pistón	23
13.	Descarga de la llenadora de pistón	24
14.	Control con finales de carrera neumáticos	25
15.	Control con sensores de posición <i>red switch</i>	26
16.	Empacadora automática de líquidos en bolsas plásticas	28
17.	Materiales complejos coextruidos de cinco capas	29
18.	Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel bactericida.....	49
19.	Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel médico.....	50
20.	Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel yodado	50

21.	Diagrama de flujo gel bactericida, envasado con equipo semiautomático.....	53
22.	Diagrama de flujo gel médico, envasado con equipo semiautomático.....	54
23.	Diagrama de flujo gel yodado, envasado con equipo semiautomático.....	55
24.	Diagrama de recorrido producción de geles sanitizante, envasado con equipo semiautomático	56
25.	Diagrama de flujo gel bactericida, envasado con equipo automático ...	58
26.	Diagrama de flujo gel médico, envasado con equipo automático	59
27.	Diagrama de flujo gel yodado, envasado con equipo automático	60
28.	Diagrama de recorrido producción de geles sanitizantes, envasado con equipo automático	61
29.	Diagrama de equipo para el envasado automático.....	69
30.	Equipo automático en planta de cosméticos.....	70
31.	Comportamiento de las ventas en los próximos cinco años	73
32.	Diagrama de flujo envasado con equipo semiautomático	76
33.	Diagrama de flujo envasado con equipo automático	76
34.	VPN en función de las ventas	78
35.	VPN en función del porcentaje de ventas	79

TABLAS

I.	Propiedades fisicoquímicas de los polímeros acrílicos	7
II.	Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico grado industrial al 95 %.....	9
III.	Unidades de viscosidad	15
IV.	Permeabilidad de poliamida y polietileno.....	31
V.	Temperaturas de sellado y termoformado	32

VI.	Variables de operación.....	35
VII.	Variables del proceso y rangos de operación	36
VIII.	Viscosidades y torque	38
IX.	Tiempos del proceso de producción de geles sanitizantes	39
X.	Evaluación de proveedores de equipos automáticos	39
XI.	Rangos de viscosidad en función del número de aguja y RPM	51
XII.	Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel bactericida en bolsas de 500 ml.....	51
XIII.	Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel médico en bolsas de 500 ml.....	52
XIV.	Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel yodado en bolsas de 800 ml	52
XV.	Envasado con equipo semiautomático (PL-149).....	62
XVI.	Envasado con equipo automático (EQ-A, Proveedor A)	62
XVII.	Envasado con equipo automático (EQ-B, Proveedor B)	63
XVIII.	Ventajas operativas de envasado en bolsas plásticas	63
XIX.	Desventajas operativas de envasado en bolsas plásticas	64
XX.	Evaluación técnica empacadoras automáticas	65
XXI.	Evaluación técnica empaque transparente	66
XXII.	Evaluación técnica empaque oscuro.....	67
XXIII.	Evaluación técnica de bombas.....	68
XXIV.	Equipo y accesorios	69
XXV.	Resumen de costos de producción de geles sanitizantes.....	71
XXVI.	Resumen de costos de envasado de geles sanitizantes.....	72
XXVII.	Pronóstico de ventas (crecimiento anual del 10 %)	72
XXVIII.	Flujo de caja envasado con equipo semiautomático	74
XXIX.	Flujo de caja envasado con equipo automático	75
XXX.	Indicadores económicos método actual y método propuesto.....	77
XXXI.	Indicadores económicos.....	77

XXXII. Modelos matemáticos y puntos de equilibrio en el envasado con
equipos semiautomáticos y automáticos79

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Å	Amstrong
BL	Balance de líneas
cm	Centímetros
cm ³	Centímetro cúbico
cP	Centipoise
CV	Coeficiente de variación
VOC	Compuestos orgánicos volátiles
SMC	Constante de aguja (Viscosímetro de Brookfield)
TR	Constante de torque (Viscosímetro de Brookfield)
%C	Crecimiento en ventas
D	Demanda
ρ	Densidad
EF	Eficiencia de línea
gl	Galón
°C	Grado Celsius
g	Gramo
Hz	Hertz
h	Hora
kg	Kilogramo
lb	Libra
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
ml	Mililitro

min	Minuto
nm	Nanómetros
n	Número de años económicos
NOP	Número de operarios
Pa	Pascal
PL	Planta de líquidos
P	Poise
%C	Porcentaje de concesiones
pH	Potencial de hidrógeno
Q	Quetzales, unidad monetaria
B/C	Relación beneficio costo
RPM	Revoluciones por minuto
R	Ritmo
s	Segundo
i	Tasa de descuento
TIR	Tasa interna de retorno
TC	Tiempo cronometrado
TD	Tiempo disponible
TS	Tiempo estándar
TSE	Tiempo estándar empleado
TN	Tiempo normal
TEA	Trietanolamina
Bar	Unidad de medida de presión
Psig	Unidad de medida de presión manométrica
F	Valor monetario en el futuro
P	Valor monetario en el presente
VPN	Valor Presente Neto
μ	Viscosidad absoluta
v	Viscosidad cinemática

GLOSARIO

Demora	Interferencia en el flujo de un objeto.
Diagrama de flujo	Representación gráfica de las actividades realizadas en la elaboración de un producto.
Dosificadora	Máquina industrial diseñada para extraer dosis exactas de algún tipo de producto para su posterior empaque.
Eficiencia de línea	Es la relación entre los recursos óptimamente empleados y los recursos disponibles en una línea de producción.
Factibilidad económica	Indica que la inversión que se está realizando es justificada por la ganancia que se generará.
Factibilidad técnica	Si existe, si está al alcance y es funcional la tecnología necesaria para un sistema.
Gel	Sistema coloidal semirrígido con un mínimo de dos componentes en el que ambos se extienden de forma continua a través del sistema.
Operación	Se da cuando un objeto está siendo modificado en sus características.

Precisión	Capacidad de un instrumento o equipo de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones
Sanitizante	Sustancia que reduce el número de microorganismos a un nivel seguro (99,999 %), con propiedades germicidas o antimicrobianas.
Versatilidad	Adaptable a muchas cosas o que tienen muchas aplicaciones.
Viscosímetro	Instrumento empleado para medir la viscosidad de los fluidos.

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo fue la evaluación técnica-económica en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas en presentación de 500 y 800 ml; el cual se derivó de la necesidad de mejorar, aumentar la eficiencia e innovar en el proceso de envasado de geles sanitizantes.

En el estudio técnico se determinó el comportamiento reológico de los geles sanitizantes; por medio de mediciones de su viscosidad con un viscosímetro digital, se realizó un diagrama de flujo y de recorrido del proceso de producción envasando con equipos semiautomáticos y con equipos automáticos, se calculó la eficiencia de llenado y sellado del método actual por medio de un estudio de tiempos y se realizaron pruebas de envasado con productos viscosos en el equipo actual (PL-149) y con equipos automáticos (EQ-A) y (EQ-B) ofertados por los proveedores A y B respectivamente, con lo cual se determinó que los equipos PL-149 y EQ-B son equipos versátiles, precisos y con un rendimientos de 3 y 15 bolsas por minuto respectivamente, bajo condiciones de operación controladas.

En el estudio económico se determinó el costo por bolsa de producto terminado de cada uno de los geles santizantes, por medio del costeo de materia prima, mano de obra directa, mano de obra indirecta y material de empaque; envasando con equipos semiautomáticos y automáticos, se realizó un pronóstico de ventas con un crecimiento anual del 10 % para los próximos cinco años (2014 - 2018).

Se determinó el flujo de caja para ambas alternativas y por medio del VPN y la relación B/C se determinó que la implementación del equipo automático de envasado; económicamente es viable cuando se alcancen niveles de producción promedio de 111 814 unidades anuales de geles sanitizantes, equivalentes a un crecimiento anual del 23 % respecto a las ventas del 2013.

OBJETIVOS

General

Determinar la factibilidad técnica-económica en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas.

Específicos

1. Determinar las características fisicoquímicas de los geles sanitizantes manufacturados.
2. Determinar la eficiencia del proceso de producción de geles sanitizantes realizando operaciones de llenado y sellado en bolsas plásticas con equipos semiautomáticos.
3. Evaluar la versatilidad y cotización de los equipos automáticos de llenado y sellado de líquidos viscosos en bolsas plásticas en función de las características de los geles manufacturados.
4. Determinar la eficiencia del proceso de producción de geles sanitizantes con datos teóricos o especificaciones técnicas de llenado y sellado en bolsas plásticas con equipos automáticos.

5. Analizar el valor presente neto y la relación beneficio/costo como criterios económicos en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado al proceso de producción de geles sanitizantes.

Hipótesis

El proceso de producción actual de geles sanitizantes no es eficiente ya que las operaciones de llenado y sellado con equipos semiautomáticos consumen demasiado tiempo y recurso humano, reflejándose en altos costos de producción.

Hipótesis nula:

Existe diferencia significativa en tiempo y mano de obra directa en el envasado de geles sanitizantes con equipos semiautomáticos y con automáticos reflejándose en los costos de producción.

Hipótesis alternativa:

No existe diferencia significativa en tiempo y mano de obra directa en el envasado de geles sanitizantes con equipos semiautomáticos y con automáticos reflejándose en los costos de producción.

INTRODUCCIÓN

El proceso actual de llenado y sellado se realiza con una dosificadora de pistón y una selladora de calor por impulso (equipos semiautomáticos), lo cual hace que las operaciones consuman demasiado tiempo y recurso humano produciendo cansancio y fatiga en los operadores, generando riesgo en el sello térmico de la bolsa plástica.

Con el propósito de tener una perspectiva clara de una posible implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes, un estudio técnico compara los procesos productivos de los geles sanitizantes envasando con equipos semiautomáticos y evalúa los equipos automáticos necesarios para envasar geles sanitizantes, un estudio de tiempos permite observar las operaciones, traslados, inspecciones y demoras, lo cual conlleva a un análisis comparativo y refleja un ahorro de tiempo y recurso humano, permitiendo costear el proceso por el método TDABC detectando costos ocultos.

Un pronóstico o estimación de ventas de los próximos cinco años (2014-2018) permite proyectar los gastos e ingresos por la producción y venta de los geles sanitizantes; generando un flujo de caja para ambas alternativas de producción, y por medio de indicadores económicos como el VPN y la relación B/C determinar la viabilidad y factibilidad económica de la implementación de un equipo automático de envasado de geles sanitizantes en bolsa plástica.

Un análisis de sensibilidad refleja la variación en los costos e indicadores económicos en función de variables como el número de unidades vendidas, permitiendo observar ventajas económicas de las alternativas de envasado de geles sanitizantes.

1. ANTECEDENTES

En la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala el Ing. Oscar Fernando Argueta Mayorga realizó la tesis de la Maestría en Formulación y Evaluación de Proyectos con un *Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta productora y envasadora de alcohol en gel en el municipio de Mixco del departamento de Guatemala* (septiembre 2011); en el cual se desarrollaron los siguientes estudios: mercado, técnico, administrativo legal, impacto ambiental y financiero. Cada uno de ellos coadyuva a la toma de la mejor decisión respecto de la implementación del proyecto. El estudio concluye con resultados positivos en todos los análisis realizados, por lo que se considera una opción viable de inversión que generará beneficios a los socios y brindará un impacto social positivo, ya que se generarán empleos para los habitantes del municipio de Mixco, departamento de Guatemala.

En la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas de El Salvador, Rubén Eladio Alfaro Avilés y José Miguel Moran Castellanos realizaron el *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack* (octubre 2011); el objetivo principal fue diseñar una máquina que realizara las siguientes tareas: indexación, apertura de bolsas, presentación de los empaques, llenado, sellado y despacho de bolsas, para las cuales se buscaron distintas soluciones. Para cada una de las tareas se realizaron dos matrices de decisión una técnica y otra económica, donde se evaluaron distintos aspectos. De cada una de estas tablas se obtuvo una nota técnica y nota económica, las cuales tienen un valor del 40 % y 60 % respectivamente de la nota final.

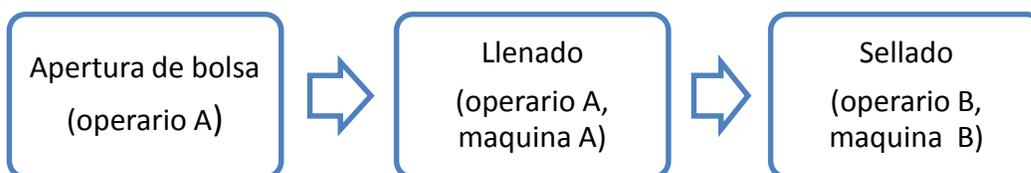
Se eligió esta ponderación, ya que todas las opciones cumplían con el aspecto técnico y era el aspecto económico el que tenía un límite. Utilizando este método se seleccionaron las variantes mejor puntuadas.

1.1. Situación actual

Actualmente las operaciones de llenado de geles sanitizantes se realizan con equipo semiautomático, donde un operario A abre la bolsa prefabricada, la coloca en la boquilla de una dosificadora de pistón y acciona la máquina que succiona el producto de una tolva y lo descarga en la bolsa, cuando termina la dosificación del gel el operario A coloca el producto en un área específica, con lo cual termina la operación de llenado.

El sellado se realiza con equipo semiautomático, donde un operario B recoge la bolsa y con una selladora de pedal por impulso funde las capas de la bolsa; la operación finaliza cuando el operario B coloca la bolsa en un recipiente para su etiquetado.

Figura 1. Diagrama de llenado y sellado de geles sanitizantes



Fuente: elaboración propia.

1.2. Justificación

Con la investigación se pretende la evaluación técnica-económica del equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas, en función de las características de los geles sanitizantes que se manufacturan en la planta de producción; con una posible implementación se garantizara el sellado de la bolsa y la dosificación de gel en un rango específico, al mismo tiempo se reducirá el tiempo de producción haciendo más eficiente el proceso en función del tiempo y del recurso humano, aumentando la productividad y garantizando el embalaje del producto. A la vez aumentaría la capacidad de respuesta ante un aumento en la demanda de geles sanitizantes.

1.3. Determinación del problema

Se determina el problema existente en el envasado de geles sanitizantes y sus causas, delimitando el estudio a una factibilidad técnica-económica en la implementación de una empacadora automática.

1.3.1. Definición

No se cuentan con datos reales de eficiencia en la línea de producción de geles sanitizantes, lo cual hace pensar que las operaciones de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas con equipos semiautomáticos hacen el proceso de producción ineficiente en función del tiempo y del recurso humano, con la incerteza de que el sello térmico de la bolsa pueda romperse.

1.3.2. Delimitación

Estudio técnico-económico en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas en la línea de producción.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Geles

Un gel es un sistema coloidal semirrígido con un mínimo de dos componentes en el que ambos se extienden de forma continua a través del sistema.

2.1.1. Sistema coloidal

Está compuesto por partículas cuyas dimensiones, al menos en una dirección, se encuentran en el intervalo aproximado de 20 a 10^4 Å (2 a 1 000 nm) y por un medio en que se encuentran dispersas estas partículas. Las partículas se denominan partículas coloidales o fase dispersa; el medio se denomina fase de dispersión o fase continua. Las partículas coloidales pueden estar en fase sólida, líquida o gaseosa o incluso pueden ser moléculas individuales. El medio de dispersión puede ser un líquido, un sólido o un gas.

2.1.2. Coloides liofilicos

Son siempre moléculas poliméricas de uno u otro tipo, de forma que la solución está compuesta de una dispersión de moléculas únicas. La estabilidad del coloide liofilico es una consecuencia de las interacciones fuertes favorables disolvente-soluto. El proceso puede ser muy lento. Las primeras adiciones son absorbidas lentamente por el sólido, que se hincha como consecuencia (esta etapa se conoce como imbibición).

2.2. Geles sanitizantes hidroalcohólicos

Son dispersiones coloidales con base alcohólica (etanol isopropanol al 60 - 70 %): Eliminan flora residual y transitoria. La actividad antimicrobiana de los alcoholes se atribuye a su capacidad para desnaturalizar proteínas. Estos productos resultan ser efectivos para la sanitización de las manos. Los alcoholes en gel o geles hidroalcohólicos tienen una acción germicida rápida cuando se aplican sobre la piel, pero no tienen una actividad residual apreciable; sin embargo, añadiendo a las dispersiones coloidales de base alcohólica, otro producto antiséptico (clorhexidina, compuestos de amonio cuaternario, o triclosán, entre otros) se puede conseguir que su actividad persista durante más tiempo.

2.3. Ingredientes principales de los geles sanitizantes

Entre los ingredientes principales para la elaboración de los geles sanitizantes se encuentran los agente sanitizantes, los agentes gelantes y los agentes neutralizantes; los cuales determinan las propiedades fisicoquímicas del producto final.

2.3.1. Agentes gelificantes o gelantes

Los agentes gelificantes se utilizan para espesar y estabilizar los productos líquidos, dándoles así textura, son capaces de formar geles. En general, los agentes gelificantes son proteínas, polímeros o carbohidratos que, al disolverse en una fase líquida, forman una red tridimensional dentro del líquido.

Entre los agentes gelificantes más comunes en la industria química se encuentran los polímeros acrílicos, los cuales son polímeros reticulados del ácido acrílico. Se les considera polímeros hidrofílicos, es decir, no repelen el agua, tienen gran afinidad con el agua. En su estructura molecular, los ácidos carboxílicos cuentan con una buena cantidad de grupos carboxilos, lo que les permite hincharse en presencia de agua. Cuando las partículas del polímero acrílico se dispersan en el agua no solo se hinchan, también producen un ligero nivel de viscosidad, es decir, adquieren consistencia de gel.

Como se trata de polvos secos son altamente higroscópicos, tienden a aglomerarse o a humectarse parcialmente si se agregan al agua o a otro solvente polar en forma inadecuada. Los grumos del polímero acrílico son insolubles debido a la formación de una capa impermeable al agua que impide la humectación del grumo.

Tabla I. **Propiedades fisicoquímicas de los polímeros acrílicos**

Propiedades fisicoquímicas	
Forma	Polvo
pH 1 % W	(2,5 – 3,5)
Apariencia	Blanca
Olor	Acrílico suave
Solubilidad	Alta
Gravedad Especifica	1,4
VOC	< 0,5 %
Densidad (g/ml)	(0,19 - 0,24)

Fuente: *Material safety data sheet, acrylic polymer.*

Beneficios al emplear polímeros acrílicos:

- Geles humectantes
- Menos atrape de burbujas de aire
- Dispersión viscosa más consistente
- Alto rendimiento del producto (mayor volumen)
- Suspensión de ingredientes insolubles
- Estabilización de emulsiones
- Alta viscosidad con adelgazamiento de tasas reológicas

2.3.2. Agentes sanitizantes

Entre ellos se encuentran los alcoholes, donde su actividad antimicrobiana se atribuye a su capacidad de desnaturalizar proteínas). Las más efectivas son las soluciones del alcohol al 60 – 95 %, siendo concentraciones más altas menos potentes, ya que las proteínas no se desnaturalizan fácilmente en ausencia del agua. Los alcoholes tienen una acción germicida rápida cuando se aplican sobre la piel. Los alcoholes no deben usarse cuando las manos están visiblemente sucias o han sido contaminadas con materia orgánica.

La efectividad de los alcoholes para la higiene de las manos se ve afectada por varios factores, entre los que se incluyen el tipo de alcohol utilizado, su concentración, el tiempo de contacto, el volumen utilizado, y la presencia de humedad en las manos cuando se aplica la solución. La aplicación de volúmenes pequeños (0,2 – 0,5 ml) de alcohol en las manos puede reducir su efectividad. El volumen ideal de producto que debe aplicarse a las manos no está bien establecido, pudiendo variar entre diferentes preparados.

Tabla II. **Propiedades fisicoquímicas del alcohol etílico grado industrial al 95 %**

Propiedades fisicoquímicas	
Estado	Líquido
Punto de ebullición (°C)	78,3
Temperatura de ignición (°C)	363
Viscosidad absoluta a 20°C (cP)	1,17
Densidad a 20 °C (g/ml)	0,7893

Fuente: *Material safety data sheet, ethyl alcohol.*

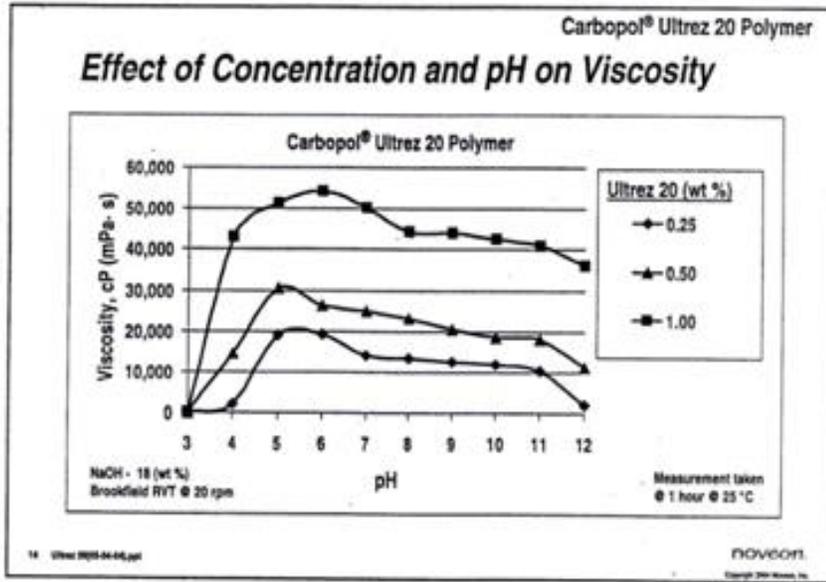
2.3.3. Agentes neutralizantes

Al neutralizar los polímeros acrílicos con una base soluble en agua, el nivel de hinchazón de sus partículas se incrementa drásticamente, al mismo tiempo que su nivel de viscosidad.

Se puede lograr el espesamiento de mezclas de alcohol etílico y agua con polímeros acrílicos mediante el uso de una amina soluble en agua como la trietanolamina (TEA) en concentraciones de alcohol hasta un 50 %, para concentraciones de más de 50 % de alcohol se requieren aminas solubles en alcohol como 2-hidroxipropil etilen-diamina (QUADROL) o cocamina.

En la siguiente figura se observa el comportamiento de la viscosidad en función del pH, para una dispersión coloidal utilizando carbopolultrez 20 polymer a diferentes concentraciones como agente gelificante y neutralizado con una solución de hidróxido de sodio; se observa que el valor máximo de viscosidad no se alcanza a un pH neutro, lo cual limita el intervalo de viscosidad para los geles.

Figura 2. Efecto de la concentración y pH en la viscosidad de un gel



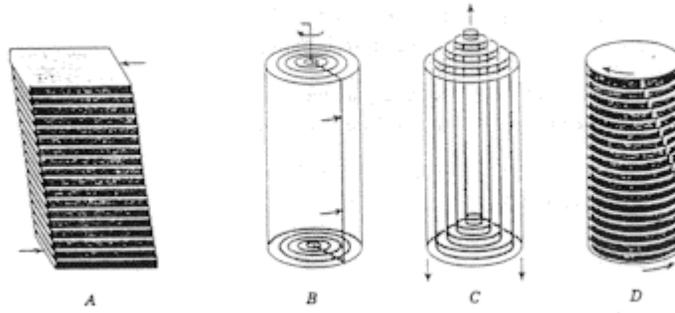
Fuente: Especificaciones de carbopolultrez 20 polymer.

2.4. Reología

Es la ciencia que estudia el flujo y la deformación de la materia, es decir la reacción o comportamiento que tendrá un material ante una fuerza. Los parámetros que caracterizan la reología son la viscosidad, la tensión de cizallamiento y la velocidad de cizallamiento.

Las deformaciones provocadas por esfuerzos de cizalladura pueden presentar formas diversas, en la figura 3 se observan deformaciones planas (A), rotacionales cilíndricas (B), telescópicas (C) y rotacionales planas (D).

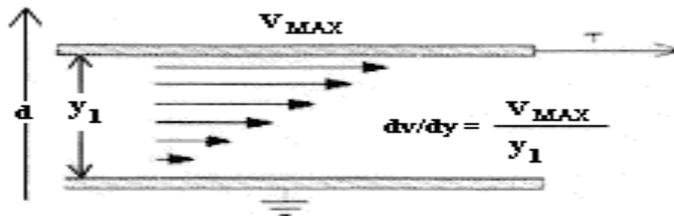
Figura 3. **Distintos tipos de deformaciones obtenidas con fuerzas de cizalladura**



Fuente: FLORES SALAS, Ana Lucia. *Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica I.* p. 3.

La deformación plana permite definir de manera sencilla las magnitudes esfuerzo cortante τ , deformación γ , y gradiente de velocidad dv/dy (figura 4):

Figura 4. **Flujo entre dos placas paralelas desplazándose una respecto a la otra**



Fuente: FLORES SALAS, Ana Lucia. *Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica I.* p. 3.

El cociente entre la fuerza que actúa sobre la placa que se mueve y la superficie de contacto de la placa con el líquido se define como el esfuerzo cortante o cizalla. El cambio de velocidad de los elementos del fluido en la dirección perpendicular a las placas es el gradiente de velocidad.

Esfuerzo de corte (cizalla) o tensión de cizallamiento (τ): fuerza por unidad de área necesaria para alcanzar una dada deformación:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{\text{Fuerza}}{\text{Area}} = \left(\frac{N}{m^2} \right) \quad [\text{Ecuación No. 1}]$$

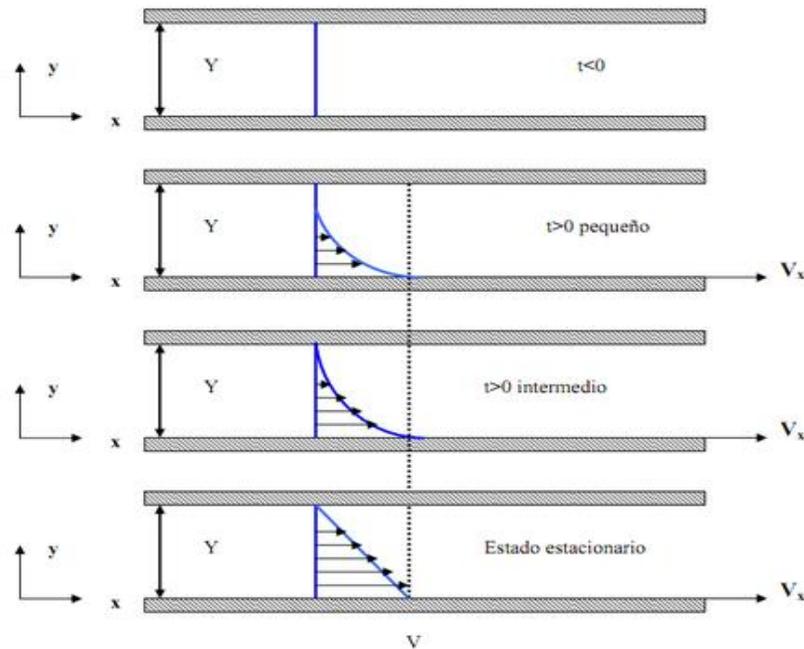
Velocidad de corte o cizalla (γ): cambio de velocidad a través de una distancia.

$$\gamma = \frac{dv}{dy} = \left(\frac{1}{s} \right) \quad [\text{Ecuación No. 2}]$$

2.5. Ley de Newton de la viscosidad

Relaciona el esfuerzo cortante con la velocidad de deformación (gradiente de velocidad). Por medio de la ley de Newton se determina el comportamiento reológico de los fluidos.

Figura 5. Desarrollo de perfil de velocidad



Fuente: FLORES SALAS, Ana Lucia. *Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica I*. p. 4.

En la figura 5 el sistema está inicialmente en reposo, y al cabo del tiempo $t = 0$, la lámina inferior se pone en movimiento en la dirección x , con una velocidad v . A medida que transcurre el tiempo el fluido gana cantidad de movimiento, y finalmente se establece el perfil de velocidad en régimen estacionario. Una vez alcanzado dicho estado estacionario de movimiento, es preciso aplicar una fuerza constante F para conservar el movimiento de la lámina inferior.

Para el flujo laminar se cumple:

$$\frac{F}{A} = m \left(\frac{v}{y} \right) \quad \text{ó} \quad \tau = \mu (\gamma) \quad \text{[Ecuación No. 3]}$$

En esta ecuación la constante de proporcionalidad es la viscosidad (μ)

$$\mu = \frac{\tau}{\gamma} \quad \text{[Ecuación No. 4]}$$

2.6. Viscosidad

La viscosidad es la resistencia al flujo, llamada también fricción interna. Indica la resistencia de un fluido a deslizarse o también la resistencia de un fluido al movimiento de los cuerpos en su interior. La viscosidad para un fluido depende de las atracciones intermoleculares (fuerzas de cohesión). Depende también de las moléculas que componen un fluido (forma), del tamaño de estas. En tal efecto cuantos mayores son las moléculas, tienen más dificultad para moverse entre sí. Los fluidos formados por moléculas largas y flexibles que pueden doblarse entre sí también son más viscosos.

2.6.1. Viscosidad dinámica o absoluta

Resistencia al flujo que se encuentra cuando una capa o plano de fluido intenta moverse sobre otra capa o plano de fluido a una velocidad dada. La viscosidad absoluta suele denotarse a través de la letra griega μ .

2.6.2. Viscosidad cinemática

Es la relación entre la viscosidad absoluta y la densidad de un fluido. Esta suele denotarse como ν .

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad \text{[Ecuación No. 5]}$$

Tabla III. Unidades de viscosidad

Sistema de unidades	Viscosidad dinámica	Viscosidad cinemática
Sistema Internacional (SI)	$\frac{N \cdot s}{m^2}, Pa \cdot s, \frac{kg}{m \cdot s}$	$\frac{m^2}{s}$
Sistema CGS	$Poise = \frac{dina \cdot s}{m^2}$	$Stoke = \frac{cm^2}{s}$

Fuente: MOTT, Robert. *Mecánica de fluidos aplicada*. p. 25 y 26.

2.6.3. Variación de la viscosidad con la temperatura

La viscosidad es fuertemente dependiente de la temperatura, la mayoría de los materiales disminuyen su viscosidad con la temperatura; la dependencia es exponencial y puede haber variaciones de hasta un 10 % por cada °C modificado.

En la ecuación de Arrhenius se observa una disminución en la viscosidad a mayor temperatura, esto se debe a que las fuerzas viscosas son superadas por la energía cinética.

$$\mu = A * e^{\left(\frac{B}{T}\right)}$$

[Ecuación No. 6]

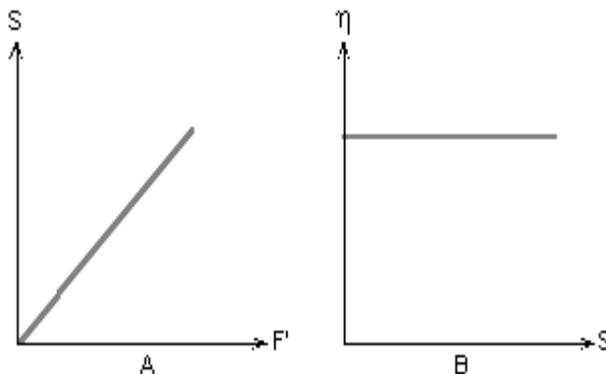
Dónde: A y B son constantes en función del líquido y T es la temperatura en °C.

2.7. Fluidos newtonianos

Los fluidos que obedecen la ley de viscosidad de Newton se llaman fluidos newtonianos, en ellos existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad (velocidad cortante); significa que la viscosidad es constante e independiente de la velocidad de corte.

La viscosidad de los fluidos newtonianos no depende del tiempo de aplicación del esfuerzo.

Figura 6. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos newtonianos**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems.* p.15.

2.8. Fluidos no newtonianos

Los fluidos no newtonianos no obedecen la ley de Newton, en ellos no existe una relación lineal entre el esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad (velocidad cortante); significa que la viscosidad no permanece constante sino que está en función de la velocidad cortante.

Las suspensiones densas, los lodos, emulsiones, soluciones de polímeros de cadena larga son fluidos no newtonianos.

Los fluidos no newtonianos se diferencian en dependientes e independientes del tiempo.

2.8.1. Fluidos independientes del tiempo de aplicación

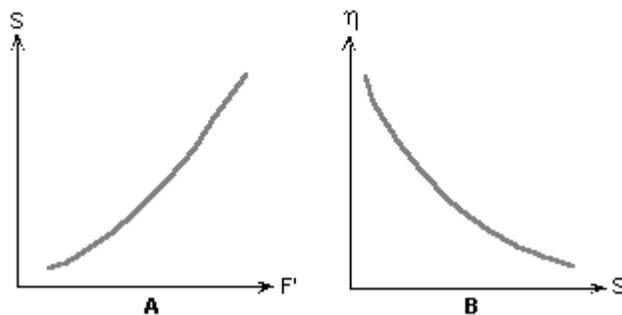
Estos fluidos se pueden clasificar dependiendo si tienen o no esfuerzo umbral, es decir si necesitan un mínimo valor de esfuerzo cortante para que el fluido se mantenga en movimiento.

2.8.1.1. Fluidos sin esfuerzo umbral

- Fluidos pseudoplásticos: se caracterizan por una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación.

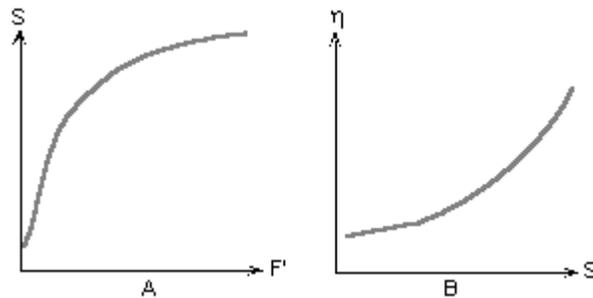
- Fluidos dilatantes: son suspensiones en las que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad. El fenómeno de dilatancia se produce debido a la fase dispersa del fluido, en el cual tiene lugar un empaquetamiento de las partículas, dejando a la fase continua casi sin espacio. Si posteriormente se aplica un esfuerzo, el empaquetamiento se altera y los huecos entre las partículas dispersas aumentan. Además, conforme aumenta la velocidad de deformación aplicada, mayor turbulencia aparece y más difícil es el movimiento de la fase continua por los huecos, dando lugar a un mayor esfuerzo cortante (la viscosidad aumenta).

Figura 7. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos pseudoplásticos**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems.* p. 16.

Figura 8. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos dilatantes**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems*. p. 16.

2.8.1.2. Fluidos con esfuerzo umbral (viscoplásticos)

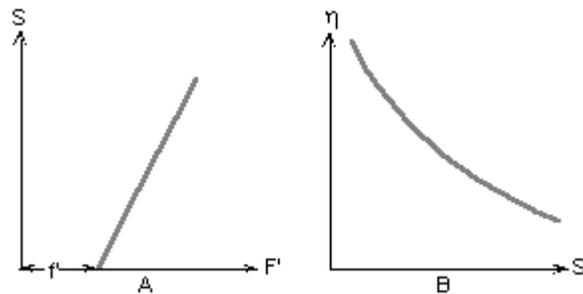
Este tipo de fluidos se comporta como un sólido hasta que sobrepasa un esfuerzo cortante mínimo (esfuerzo umbral) y a partir de este valor se comporta como un líquido. La razón por la que se comportan así los fluidos plásticos es la gran interacción existente entre las partículas suspendidas en su interior, formando una capa llamada de solvatación. Están formados por dos fases, con una fase dispersa formada por sólidos y burbujas distribuidos en una fase continua. En estos fluidos las fuerzas de Van Der Waals y los puentes de hidrogeno, producen una atracción mutua entre partículas, también aparecen fuerzas de repulsión debidas a potenciales de la misma polaridad.

En este tipo de fluidos se forman coloides cuyas fuerza repulsivas tienden a estructuras de tipo gel. Si las partículas son muy pequeñas poseen una gran superficie específica, rodeados de una capa de adsorción formada por moléculas de fase continua.

Gracias a esta capa, las partículas inmovilizan gran cantidad de fase continua hasta que no se aplica sobre ellas un esfuerzo cortante determinado.

Los fluidos plásticos, a su vez, se diferencian en la existencia de proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, a partir de su esfuerzo umbral. Si existe proporcionalidad se denominan fluidos plástico de Bingham y si no la hay se denominan solo plásticos.

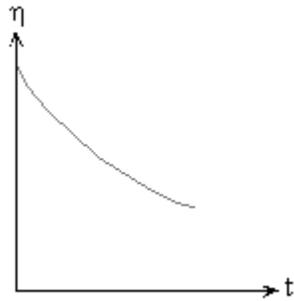
Figura 9. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos plásticos**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems*. p. 16.

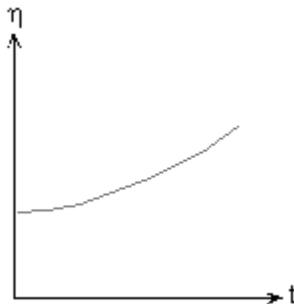
Los fluidos plásticos se clasifican en dos tipos: los fluidos tixotrópicos, en los que sus viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante, recuperando su estado inicial después de un reposo prolongado, y los fluidos reopéticos, en los cuales su viscosidad aumenta con el tiempo de aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo.

Figura 10. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos tixotrópicos**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems*. p. 16.

Figura 11. **Curvas de fluidez y de viscosidad de fluidos reopécticos**



Fuente: BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems*. p. 16.

2.9. Funciones y características de los equipos de llenado por volumen

Describen las funciones principales de los equipos de llenado por volumen, así como los elementos principales de los equipos en cada ciclo de llenado de líquidos viscosos.

2.9.1. Definición de llenado

El objetivo de la función de llenado de la máquina, es la de dosificar el producto a empacar, con un sistema que sea repetible, manteniendo márgenes de error por repetición aceptables (ejemplo $\pm 0,1$ % de la cantidad programada en cada llenada). Dosificar el producto consiste en medir la cantidad o porción de producto por ciclo de llenado.

2.9.2. Principio de funcionamiento

Utiliza el principio de llenado por pistón para fluidos viscosos. Esta máquina dosifica el volumen de producto a llenar, como se explica a continuación:

Una llenadora de pistón mide y entrega el producto en el empaque con la acción de un pistón que se mueve dentro de un contenedor para medir el volumen de producto. En la carrera de carga, el pistón con un sello tipo O-ring crea un vacío que succiona el producto desde el dispositivo de alimentación (tolva, manguera, etcétera) hacia el contenedor volumétrico. En esta acción, la salida de producto hacia el empaque a llenar debe estar bloqueada.

Figura 12. Carga de la llenadora de pistón

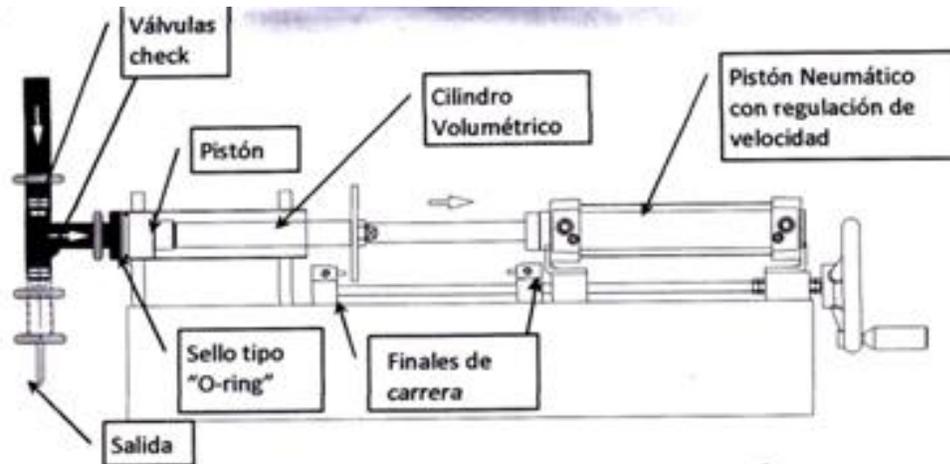
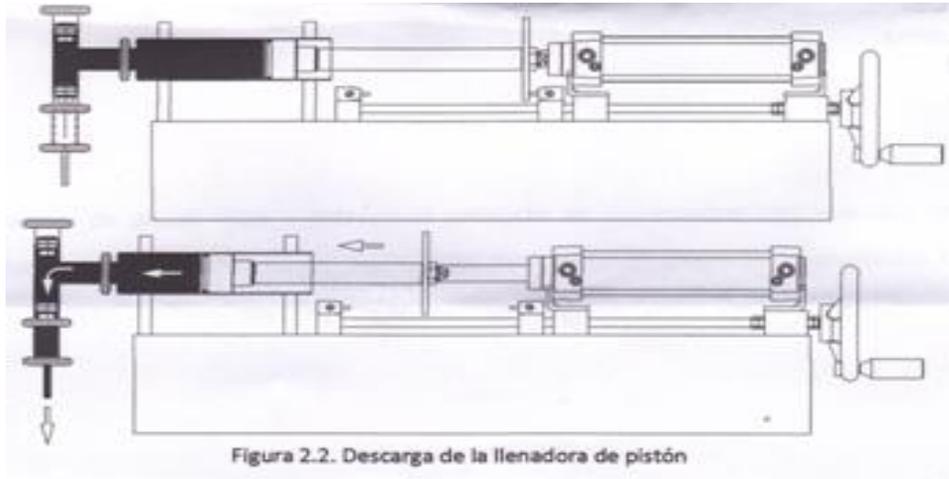


Figura 2.1. Carga de la llenadora de pistón

Fuente: RUBEN ALFARO, José Moran. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack*. p. 11.

El pistón continúa en su carrera hasta que llega al final de carrera, que para el movimiento del pistón cuando el volumen en el contenedor volumétrico es el deseado y comienza el movimiento hacia adelante, descargando el producto.

Figura 13. **Descarga de la llenadora de pistón**



Fuente: RUBEN ALFARO, José Moran. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack*. p. 11.

La descarga continúa hasta que se acciona el final de carrera de descarga, que indica que el ciclo de dosificación se ha completado. En el modo manual, cada ciclo de llenado debe ser accionado por el operador. En modo automático, los ciclos se repiten de manera continua. El esquema básico de la llenadora puede incluir diferentes elementos dependiendo del rendimiento, precisión y tipo de producto que se maneja con la máquina.

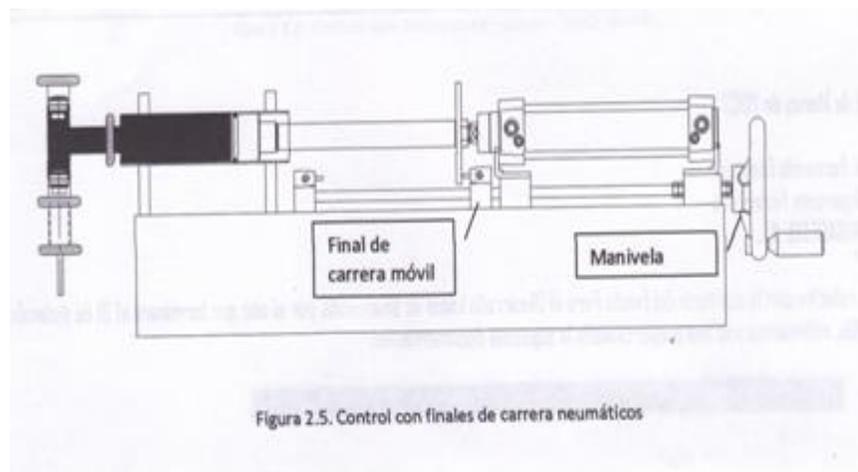
2.9.3. Control de la dosificación de producto

Como se explica en el principio de funcionamiento, el mecanismo dosifica el producto por volumen. Por lo tanto, diferentes volúmenes requeridos necesitan diferentes carreras del pistón. Para controlar la carrera del pistón de cuentan con dos opciones:

- Opción 1: control mediante finales de carrera neumáticos

Dos finales de carrera neumáticos detectan la posición del pistón neumático. La carrera se regula moviendo el final de carrera de atrás, dejando fijo el de adelante. Este final de carrera se regula mediante una manivela que mueve el final de carrera hasta la posición necesaria para llenar el volumen deseado, de manera fácil y rápida. Este tipo de control, permite que la única fuente de energía para el sistema de llenado sea el aire comprimido, y se evitan elementos de control electrónico.

Figura 14. **Control con finales de carrera neumáticos**



Fuente: RUBEN ALFARO, José Moran. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack*. p. 15.

- Opción 2: control mediante *readswitches*

La carrera también se puede controlar con sensores que detecten el pistón dentro del cilindro neumático. En este caso, el sensor debe ajustarse directamente sobre el cilindro neumático.

El sistema se vuelve más compacto, al no necesitar finales de carrera ni elementos que lo accionen. Estos sensores deben protegerse a la suciedad y evitar ser manipulados innecesariamente ya que su ajuste es delicado.

Figura 15. **Control con sensores de posición *reed switch***

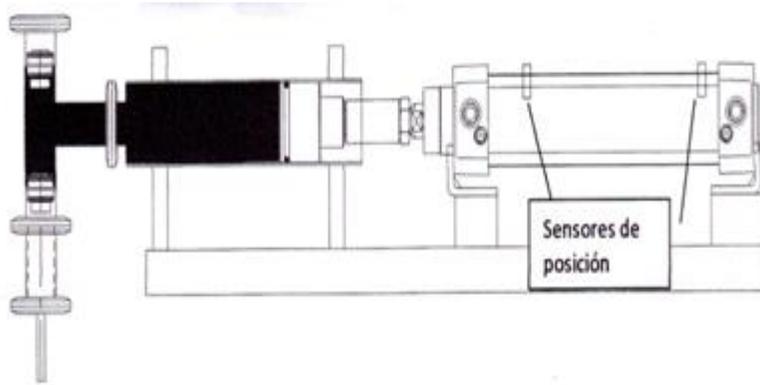


Figura 2.6. Control con sensores de posición "reed switch"

Fuente: RUBEN ALFARO, José Moran. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack*. p. 15.

2.9.4. Boquilla de llenado

La boquilla de llenado, es la encargada de depositar el producto en el empaque a llenar. Ciertos productos debido a su viscosidad, pueden gotear de la boquilla después de que la dosificación ha terminado. Este goteo genera que el empaque y la máquina se ensucien constantemente.

Para evitar este goteo, se usa una boquilla antigoteo de cierre positivo. Este tipo de boquillas, evita el goteo tapando la salida con un dispositivo mecánico (pistón interno, externo, sello, etcétera).

Debido a que la máquina debe ser capaz de manejar varios tipos de producto, la boquilla antigoteo es necesaria.

2.10. Tipos de sellado térmico y características de los empaques flexibles

Describen las formas o tipos de sellado térmico para empaques flexibles, así como las características y propiedades de los empaques flexibles que se ajustan a las envasadoras automáticas.

2.10.1. Función sellar bolsa

Una vez que el empaque está lleno, debe sellarse de acuerdo al material del que está hecho. El sellado básicamente consiste en dos piezas o mordazas que generan calor en el empaque y lo derriten, fundiendo las dos capas de empaque.

2.10.2. Tipos de sellado

Dependiendo del material existen dos tipos principales de sellado que se adecúan a las bolsas prefabricadas o bobinas poliméricas:

2.10.2.1. Sellado por impulso

La característica principal de este tipo de sellado es que la resistencia eléctrica que genera el calor para sellar, solo se enciende al accionar la selladora en el momento del sellado. No necesita precalentamiento y el ancho del sello es limitado. El tiempo de aplicación del calor es regulado por un *timer*, permitiendo sellar diferentes calibres de bolsa.

Son de gran utilidad para el sellado de bolsas de polietileno, polipropileno y cualquier material termosellable.

2.10.2.2. Sellado por calor permanente

En este sellado, las mordazas que hacen el sello en el empaque deben permanecer a una temperatura constante, por lo que las resistencias eléctricas están encendidas gran parte del tiempo. El calibre de la bolsa determina la temperatura de sellado. Es ideal para materiales como polipropileno, laminadas de aluminio y bolsas de grueso calibre.

Figura 16. **Empacadora automática de líquidos en bolsas plásticas**



Fuente: <http://www.rezpackmachine.es/2-2-6-liquid-filling-machine.html>.

Consulta: 12 de octubre de 2013.

2.11. Films poliméricos para envasado

Entre la gama de polímeros básicos para filmes con base en termoplásticos se pueden mencionar a los polietilenos, polipropilenos, poliamidas, poliestirenos, poliésteres, cada uno de ellos con diferentes características como resistencia, barrera al oxígeno, resistencia y capacidad de termoformado; dichas características se pueden combinar obteniendo materiales denominados complejos.

2.11.1. Estructuras de los materiales complejos

En general un film complejo se compone de un substrato y un film que permite su termosellado, por ejemplo un substrato de poliamida (PA) que proporciona barrera, termoformabilidad, resistencia mecánica y un film termosellable como el polietileno (PE) y un adhesivo intercalado, es posible realizar diferentes combinaciones entre las utilizadas en industrias de alimentos y químicos se encuentran los films de cinco capas.

Figura 17. **Materiales complejos coextruidos de cinco capas**



Fuente: VALLE, Alfredo. *Materiales complejos para el envasado de alimentos al vacío o atmósfera modificada*. p. 3.

2.11.2. Características de los materiales complejos

Las posibles combinaciones de las propiedades de los films como sus características mecánicas, barrera a gases, comportamientos térmicos son elementos fundamentales a considerar a la hora de definir el tipo de envase para el producto.

2.11.2.1. Propiedades barrera

La cualidad como barrera de un material viene definida y se cuantifica por la característica contraria: la permeabilidad.

La permeabilidad es la cantidad de un determinado gas (generalmente oxígeno y vapor de agua) que traspasa el material, por una determinada unidad de superficie, en un determinado tiempo y bajo determinadas condiciones; cuanto menor es la permeabilidad de un film a un gas, mayor es su barrera al mismo, en materiales complejos la barrera es la combinación de los materiales simples.

En la siguiente figura se muestran valores de permeabilidad de los films poliméricos más empleados en envasado, se considera como adecuada una permeabilidad menor o igual a $1,5 \text{ g} / \text{m}^2 / 24 \text{ h}$ la cual proporciona una buena barrera a la humedad y una permeabilidad al oxígeno de $100 \text{ cm}^3 / \text{bar} / \text{m}^2 / 24 \text{ h}$ como adecuada.

Tabla IV. **Permeabilidad de poliamida y polietileno**

Barrera a	Tipo de polímero	Espesor del polímero		
		40 micras	100 micras	500 micras
Vapor de agua (g / m ² / 24 h)	PA	20	10	0
	PE	2	1	0
Oxígeno (cm/bar/m/24h)	PA	25	10	0
	PE	3 000	1 500	300

Fuente: referencia 9, figura 2.p.5.

2.11.2.2. **Propiedades de resistencia a la temperatura**

Siendo los *films* de envasado termoplásticos, es decir, cadenas de polímeros que se deforman y transforman mediante la aplicación de temperatura, las distintas consecuencias de la aplicación de la misma sobre los diferentes materiales es de mucha importancia.

En la siguiente tabla se indican diferentes niveles de influencia de temperatura para ciertos procesos a los que se pueden someter los diferentes plásticos, a la hora de evaluar las propiedades térmicas de *films* complejos, la temperatura de referencia debe ser la menor de las combinaciones de *monofilms* considerada.

Tabla V. **Temperaturas de sellado y termoformado**

Material	Temperatura de sellado (°C)	Temperatura de termoformado (°C)
PE	80	130
HDPE	150	140
PA	-	80
PP	180	155
PETP	-	130

Fuente: VALLE, Alfredo. *Materiales complejos para el envasado de alimentos al vacío o atmósfera modificada*. p. 6.

2.12. Indicadores económicos

Determinan la rentabilidad financiera o económica de los proyectos de inversión en un período de vida determinado; tomando como base el flujo de caja o flujo de fondos proyectado.

2.12.1. Valor Presente Neto (VPN)

El método de Valor Presente Neto de alternativas es muy popular debido a que los gastos o los ingresos se transforman en dólares, quetzales, etcétera. Equivalentes de ahora. Es decir todos los flujos futuros de efectivo asociados con una alternativa se convierten en dólares o quetzales presentes. En esta forma es muy fácil, ver la ventaja económica de una alternativa sobre otra. La comparación de alternativas con vidas iguales mediante el método VPN es directa. Los flujos de efectivo incluirán entradas y desembolsos, las entradas por ejemplo, podrían provenir de las ventas de un producto, de los valores de salvamento de los equipos.

Por tanto, aunque las alternativas comprendan solamente desembolsos, o entradas, se aplican las siguientes guías para seleccionar una alternativa utilizando el método de VPN.

Una alternativa: si $VPN \geq 0$, la tasa de retorno solicitada es lograda o excedida y la alternativa es financieramente viable.

Dos alternativas o más: cuando solo puede escogerse una alternativa (las alternativas son mutuamente excluyentes), se debe seleccionar aquella con el VP que sea mayor en términos numéricos, es decir menos negativo o más positivo, indicando un VPN de costos más bajo o VPN más alto de un flujo de efectivo neto de entradas y desembolsos.

2.12.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

Con la Tasa Interna de Retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR), se evalúa el proyecto en función a una tasa de rendimiento por un período, con la cual el valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN) es igual a cero. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad. Si la tasa de rendimiento del proyecto, supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

2.12.3. Relación beneficio/costo

El método de selección de alternativas está basado en la razón de los beneficios a los costos. Se considera que un proyecto es atractivo cuando los beneficios derivados de su implementación y reducidos por los beneficios negativos esperados exceden sus costos asociados.

Por tanto, el primer paso en un análisis B/C es determinar cuáles de los elementos son beneficios positivos, negativos y costos. Se pueden utilizar las siguientes descripciones que deben ser expresadas en términos monetarios.

- Beneficios (B): ventajas experimentadas por el propietario.
- Beneficios Negativos (BN): desventajas para el propietario.
- Costos (C): gastos anticipados por construcción, operación, mantenimiento, etcétera, menos cualquier valor de salvamento.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Las variables son propiedades o características que pueden variar y cuya variación es susceptible de medirse, cuantificarse y observarse en un fenómeno en estudio.

Tabla VI. **Variables de operación**

Variable	Dimensional	Factor potencial de diseño		Factores perturbadores	
		Constante	Variable	Controlables	No controlables
Variables en la medición de viscosidad					
Aguja o eje de rotación del viscosímetro			x	x	
Velocidad de rotación aguja viscosímetro	RPM		x	x	
Temperatura del gel	°C			x	
Variables en la llenadora y selladora de geles en bolsas plásticas					
Volumen	ml		x	x	
Presión manométrica	Psig		x	x	
Temperatura de sellado	°C		x	x	
Tiempo de sellado	s		x	x	

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Variables del proceso y rangos de operación**

Variable	Dimensional	Rango
Aguja o eje de rotación del viscosímetro		(61 – 64)
Velocidad de rotación aguja viscosímetro	RPM	(0,3 – 100)
Temperatura del gel	°C	(20 – 30)
Volumen	ml	(500 – 1000)
Presión	Psig	(20 – 50)
Temperatura de sellado	°C	(60 – 90)
Tiempo de sellado	s	(5 – 15)

Fuente: elaboración propia.

3.2. Delimitación de campo de estudio

El proyecto se llevará a cabo en una industria de especialidades químicas, directamente en el área de producción y aseguramiento de calidad. Por medio de un estudio exploratorio y descriptivo del proceso de producción de geles sanitizantes realizando las operaciones de llenado y sellado con equipo semiautomático en la planta de cosméticos y la determinación de la factibilidad técnica-económica en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles en bolsas plásticas.

3.3. Recursos humanos disponibles

Investigador: Otto Iván Orozco y Orozco.

Asesor de tesis: Ing. Héctor Rubén Bravo Soto.

Coasesora de tesis: Dra. Milta de Rodríguez.

3.4. Recursos materiales disponibles (equipo, cristalería, reactivos)

Equipo:

- Viscosímetro digital (Brookfield)
- Balanzas analíticas y semianalíticas
- Termómetros
- Cronómetros
- Computadora
- Scanner, impresora

Cristalería:

- Beakers
- Earlenmeyers
- Probetas

3.5. Técnica cualitativa o cuantitativa

Se emplearan técnicas cuantitativas en la determinación de los rangos de viscosidad de geles sanitizantes, costos de producción, eficiencia de líneas de producción, flujos de efectivo y cálculo de indicadores económicos en la evaluación de proyectos o alternativas.

3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

Indica la forma en que deben tabularse y ordenarse los datos en las mediciones de viscosidad, los tiempos cronometrados de las operaciones en la producción de los geles sanitizantes.

Tabla VIII. **Viscosidades y torque**

Temperatura (°C)	RPM	No. Aguja	Torque (dina/cm ²)	Viscosidad (cP)
23	5	61	T ₁	V ₁
	10		T ₂	V ₂
	50		T ₃	V ₃
	60		T ₄	V ₄
	100		T ₅	V ₅
23	5	62	T ₁	V ₁
	10		T ₂	V ₂
	50		T ₃	V ₃
	60		T ₄	V ₄
	100		T ₅	V ₅
23	5	63	T ₁	V ₁
	10		T ₂	V ₂
	50		T ₃	V ₃
	60		T ₄	V ₄
	100		T ₅	V ₅
23	5	64	T ₁	V ₁
	10		T ₂	V ₂
	50		T ₃	V ₃
	60		T ₄	V ₄
	100		T ₅	V ₅

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Tiempos del proceso de producción de geles sanitizantes**

Operación	Tc (s)	Tn (s)	Te (s)	Tee (s)	Ritmo	NOP	BL	Operador más lento
Metrología	t ₁	t _{1,1}	t _{1,1,1}	t _{se}		X ₁	Y ₁	Z ₁
Formulación	t ₂	t _{2,1}	t _{2,1,1}	t _{se}		X ₂	Y ₂	Z ₂
Liberación de producto terminado	t ₃	t _{3,1}	t _{3,1,1}	t _{se}		X ₃	Y ₃	Z ₃
Llenado	t ₄	t _{4,1}	t _{4,1,1}	t _{se}		X ₄	Y ₄	Z ₄
Sellado	t ₅	t _{5,1}	t _{5,1,1}	t _{se}		X ₅	Y ₅	Z ₅
Etiquetado	t ₆	t _{6,1}	t _{6,1,1}	t _{se}		X ₆	Y ₆	Z ₆
Encajado	t _{n-1}	t _{n-1,1}	t _{n-1,1,1}	t _{se}		X _{n-1}	Y _{n-1}	Z _{n-1}

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Evaluación de proveedores de equipos automáticos**

Requerimientos		Punteo	Proveedor A	Proveedor B
Funcionales	Llenado automático	10 %		
	Sellado automático	10 %		
	Versátil	10 %		
	Señal de alarma cuando no exista bobina	5 %		
Técnicos de funcionamiento	Dimensiones máximas (1,50 m * 1,50 m * 2,00 m)	5 %		
	Tamaño del empaque (Largo: 129 – 257 m), (ancho: 70 – 210 m)	5 %		
	Rango de dosificación (125 – 1.250) ml	10 %		
	Precisión de llenado	10 %		
	Detalle de componentes eléctricos	2,5 %		
	Detalle de componentes mecánicos	2,5 %		
	Mantenimiento y soporte técnico	10 %		
Operacionales	Móvil	5 %		
	Limpieza rápida	5 %		
	Ergonómica	5 %		
	Fácil de operar	5 %		
Sumatoria		100 %		

Fuente: elaboración propia.

3.7. Ecuaciones

- Cálculo de rango máximo de viscosidad:

$$FSR = (Tk)(SMC) \left(\frac{1000}{RPM} \right) \quad \text{[Ecuación No. 7]}$$

Donde:

FSR = máximo rango de viscosidad (Cp)

Tk = constante de torque (viscosímetro LVDV-E 0.093)

SMC = constante de aguja en función del viscosímetro

RPM = revoluciones por minuto

- Cálculo de error de medición en la máxima escala

$$E = FSR * 1 \% \quad \text{[Ecuación No. 8]}$$

Donde:

E = error de máxima escala de viscosidad

FSR = máxima escala de viscosidad

- Cálculo de eficiencia del proceso de producción de geles sanitizantes realizando operaciones con equipos semiautomáticos de llenado y sellado.

$$T_n = (T_c)(E) \quad \text{[Ecuación No. 9]}$$

Donde:

T_n = tiempo normal (s)

T_c = tiempo cronometrado (s)

E = eficiencia requerida (%)

$$T_e = (T_n)(\% C + 1) \quad \text{[Ecuación No. 10]}$$

Donde:

T_e = tiempo estándar (s)

T_n = tiempo normal (s)

$\% C$ = porcentaje de concesiones

$$R = \left(\frac{D}{T_d} \right) \quad \text{[Ecuación No. 11]}$$

Donde:

R = ritmo (U/s)

D = demanda (U)

T_d = tiempo disponible (s)

$$EL = \left(\frac{\sum Te}{\sum Tee} \right) \quad \text{[Ecuación No. 12]}$$

Donde:

EL = eficiencia de línea (%)

$\sum Te$ = sumatoria de tiempo estándar (s)

$\sum Tee$ = sumatoria de tiempo estándar empleado (s)

$$NOP = \frac{(Tei)(R)}{EL} \quad \text{[Ecuación No. 13]}$$

Donde:

NOP = número de operarios

T_{ei} = tiempo estándar de operación (s)

R = ritmo (U/s)

EL = eficiencia de línea

$$OPL = \frac{(Tei)}{BL} \quad \text{[Ecuación No. 14]}$$

Donde:

OPL = operador más lento (s)

T_{ei} = tiempo estándar de operación (s)

BL = balance de líneas (operarios)

$$Rr = \left(\frac{1}{OPL} \right) (EL)$$

[Ecuación No. 15]

Donde:

R = ritmo real de trabajo (U/s)

OPL = operador más lento (s)

EL = eficiencia de línea

- Cálculo de costos de producción de geles sanitizantes en bolsas plásticas.

$$Cmp = (Cu)(Pc)$$

[Ecuación No. 16]

Donde:

Cmp = costo de materia prima (Q)

Cu = cantidad utilizada (lb)

Pc = precio de compra (Q/lb)

$$Cd = (ht)(S)(N)$$

[Ecuación No. 17]

Donde:

Cd = costo de mano de obra directa (Q)

ht = horas trabajadas

S = sueldo (Q/h)

N = número de operarios

$$C_i = (V)(f)$$

[Ecuación No. 18]

Donde:

C_i = costo de mano de obra indirecta (Q)

V = volumen de producción (lb)

f = factor de cálculo (44veread) (Q/lb)

$$I = (UV)(P_v)$$

[Ecuación No. 19]

Donde:

I = ingresos al año (Q)

UV = unidades vendidas

P_v = precio de venta

- Calculo de depreciación de equipos por el método de línea recta

$$D = (P)(20 \% \text{ anual})$$

[Ecuación No. 20]

Donde:

D = depreciación anual (Q/año)

P = precio de compra (Q)

Nota: depreciación de equipos 20 % anual, artículo 19 ley ISR.

- Cálculo de indicadores económicos.

$$P = \frac{F}{(1+i)^n}$$

[Ecuación No. 21]

Donde:

P = cantidad de dinero en el presente (Q)

F = cantidad de dinero en el futuro (Q)

i = tasa de descuento (%)

n = período de tiempo (años)

$$P = A \left(\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right)$$

[Ecuación No. 22]

Donde:

P = cantidad de dinero en el presente (Q)

A = anualidades (Q)

i = tasa de interés mínima (%)

n = período de tiempo (años)

$$B/C = \frac{B-BN}{C}$$

[Ecuación No. 23]

Donde:

B/C = Relación beneficio costo

B = Beneficios positivos (Q)

BN = Beneficios negativos (Q)

C = Costos (Q)

3.8. Plan de análisis de los resultados

Se obtendrán datos numéricos y se analizará el comportamiento reológico de los geles sanitizantes y se estandarizarán los tiempos de envasado de geles sanitizantes.

3.8.1. Métodos y modelos de los datos según tipo de variables

Método gráfico en dos dimensiones en el análisis de viscosidades de los geles sanitizantes en función de las revoluciones por minuto y número de aguja empleada. Modelos y regresiones (lineales o cuadráticas) en la descripción del comportamiento de los geles sanitizantes.

- Método de estandarización en las actividades u operaciones realizadas en la producción de geles sanitizantes por medio de un estudio de tiempos.
- Método de costeo tradicional en la cuantificación de costos de materia prima. Método de costeo basado en el tiempo invertido por actividad en la asignación de costos de mano de obra directa e indirecta.
- Método de depreciación en línea recta en la devaluación del equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas.
- Métodos de Valor Presente Neto, beneficio/costo y Tasa Interna de Retorno en la evaluación de llenado y sellado de geles con equipos semiautomáticos y equipos automáticos.

3.8.2. Programas a utilizar para análisis de los datos

Software: Microsoft Excel 2010, para análisis estadístico de rangos de viscosidad en el viscosímetro de Brookfield.

Software: AutoCAD 2004-2013, elaboración de diagramas de flujo y recorrido del proceso de producción y en la proyección de flujo de efectivo del proyecto.

Software: Microsoft Excel 2010, cálculos de costos de producción y cálculo de indicadores económicos en la evaluación de alternativas.

Software: Microsoft Word 2010, redacción de informe final.

4. RESULTADOS

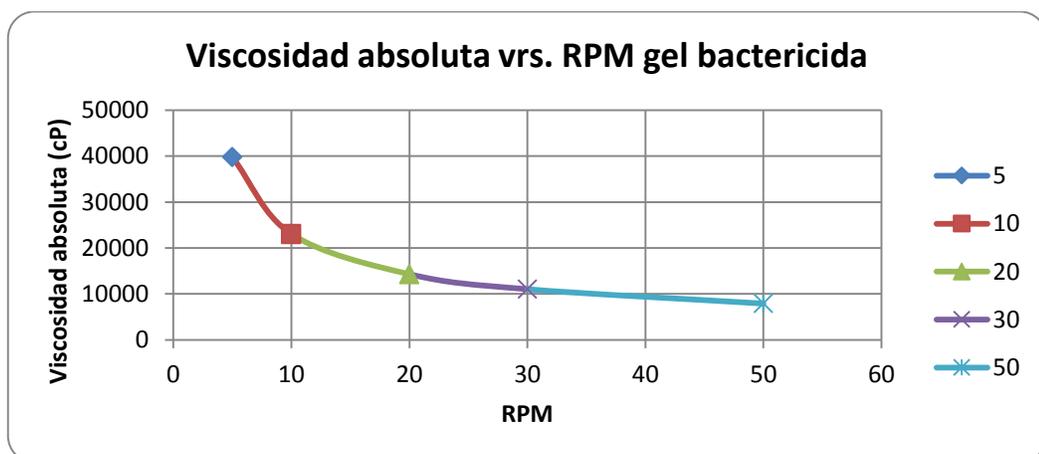
4.1. Estudio técnico

Determina la factibilidad técnica del proyecto; evaluando viscosidades, el proceso de producción, los equipos de envasado, bombas para el transporte de los fluidos y el empaque primario de cada uno de los geles sanitizantes.

4.1.1. Viscosidad de geles sanitizantes

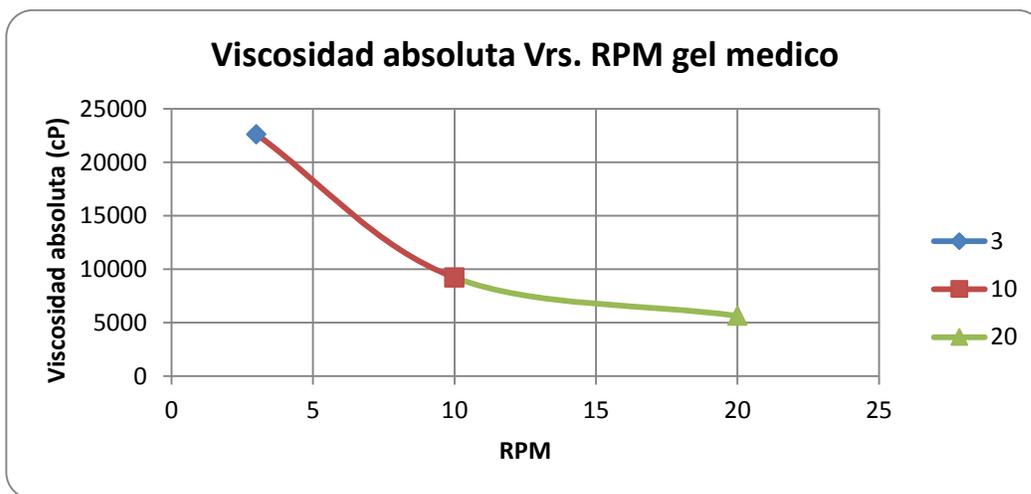
Describe el comportamiento reológico de los geles sanitizantes variando las revoluciones por minuto en el viscosímetro de Brookfield a una temperatura constante de 24,3 °C.

Figura 18. **Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel bactericida**



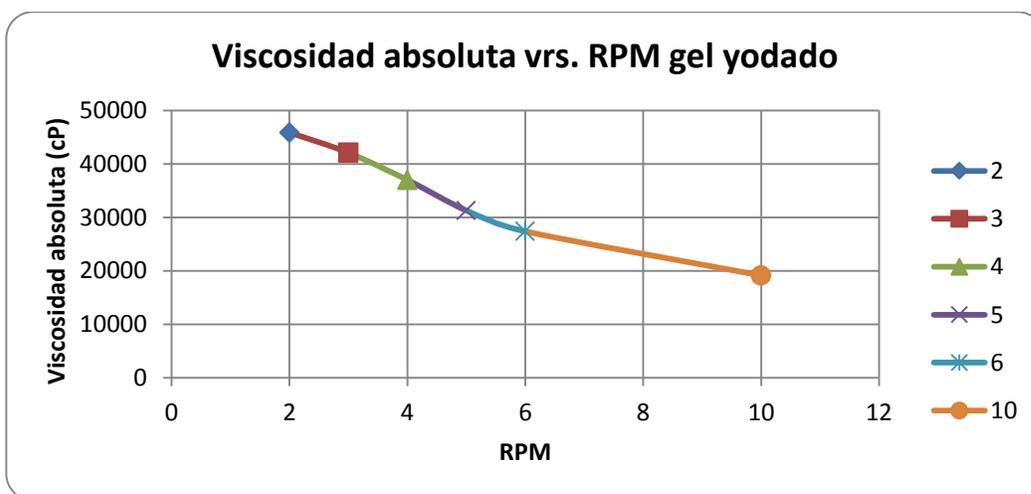
Fuente: elaboración propia, mediciones realizadas en laboratorios A.C.

Figura 19. **Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel médico**



Fuente: elaboración propia, mediciones realizadas en laboratorios A.C.

Figura 20. **Comportamiento de la viscosidad en función de RPM, gel yodado**



Fuente: elaboración propia, mediciones realizadas en laboratorios A.C.

Tabla XI. Rangos de viscosidad en función del número de aguja y RPM

Producto	Temperatura (°C)	No. Aguja	RPM	Torque (%)	Viscosidad absoluta (Cp)
Gel bactericida	24,3	64	20	47,3	(13 848 – 14 733)
Gel médico	24,3	63	3	55,8	(21 259 – 22 901)
Gel yodado	24,3	64	4	24,5	(35 130 – 35 870)

Fuente: elaboración propia, mediciones realizadas en laboratorios A.C.

4.1.2. Estudio de tiempos de las operaciones de llenado y sellado de geles sanitizantes con equipos semiautomáticos

Permite determinar el tiempo invertido por los operadores en el llenado de geles sanitizantes y el sellado de la bolsa plástica (ciclo de envasado), así como la eficiencia de la operación.

Tabla XII. Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel bactericida en bolsas de 500 ml

Fecha de empaque: 16 de julio de 2013		Demanda bolsas		Eficiencia requerida (%)	Concesiones (%)	TD (min)
		3.178		110	12	955

Nombre del operador	Operación	Tc (s/bolsa)	In (s/bolsa)	Te (s/bolsa)	I _{ee} (s)	Ritmo (bolsas/min)	Eficiencia (%)	NOP	BL
Operador 1	Llenado	7	7,7	8,62	12,32	3,33	85	0,47	1
Operador 2	Sellado	10	11,0	12,32	12,32			0,67	1
Tiempo total		17	18,7	20,94	24,64			Total operarios	2

Fuente: elaboración propia, tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

Tabla XIII. Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel médico en bolsas de 500 ml

Fecha de empaque: 8 de julio de 2013		Demanda bolsas		Eficiencia requerida (%)	Concesiones (%)	TD (min)
		700		110	12	276

Nombre del operador	Operación	TC (s/bolsa)	TN (s/bolsa)	TS (s/bolsa)	TSE (s)	Ritmo (bolsas/min)	Eficiencia (%)	NOP	BL
Operador 1	Llenado	7	7,70	8,62	12,32	3,24	85	0,33	1
Operador 3	Sellado	10	11,0	12,32	12,32			0,47	1
Tiempo total		17	18,70	20,94	24,64			Total operarios	2

Fuente: elaboración propia, tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

Tabla XIV. Balance de líneas y eficiencia en las operaciones de llenado y sellado de gel yodado en bolsas de 800 ml

Fecha de empaque: 24 de junio de 2013		Demanda bolsas		Eficiencia requerida (%)	Concesiones (%)	TD (min)
		1.157		110	12	419

Nombre del operador	Operación	TC (s/bolsa)	TN (s/bolsa)	TS (s/bolsa)	TSE (s)	Ritmo (bolsas/min)	Eficiencia (%)	NOP	BL
Operador 1	Llenado	8	8,80	9,85	14,78	2,76	83	0,33	1
Operador 3	Sellado	12	13,20	14,78	14,78			0,49	1
Tiempo total		20	22,00	24,64	29,56			Total operarios	2

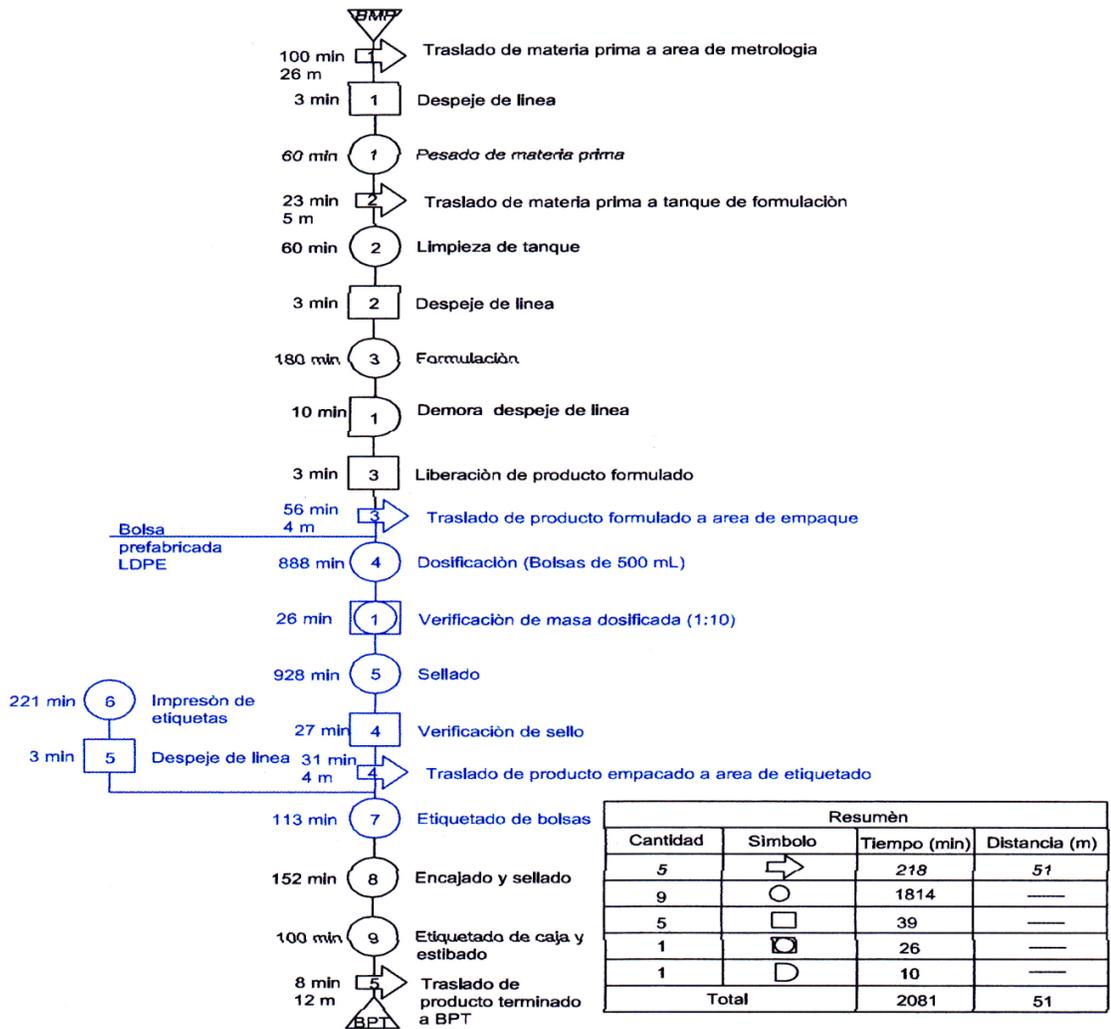
Fuente: elaboración propia, tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

4.1.3. Diagramas de flujo y de recorrido en la producción de geles sanitizantes envasando con equipos semiautomáticos

Son representaciones gráficas de las operaciones que se realizan en la producción de geles sanitizantes y el recorrido de los materiales y personal operativo dentro de la planta de producción envasando con equipos semiautomáticos.

Figura 21. Diagrama de flujo gel bactericida, envasado con equipo semiautomático

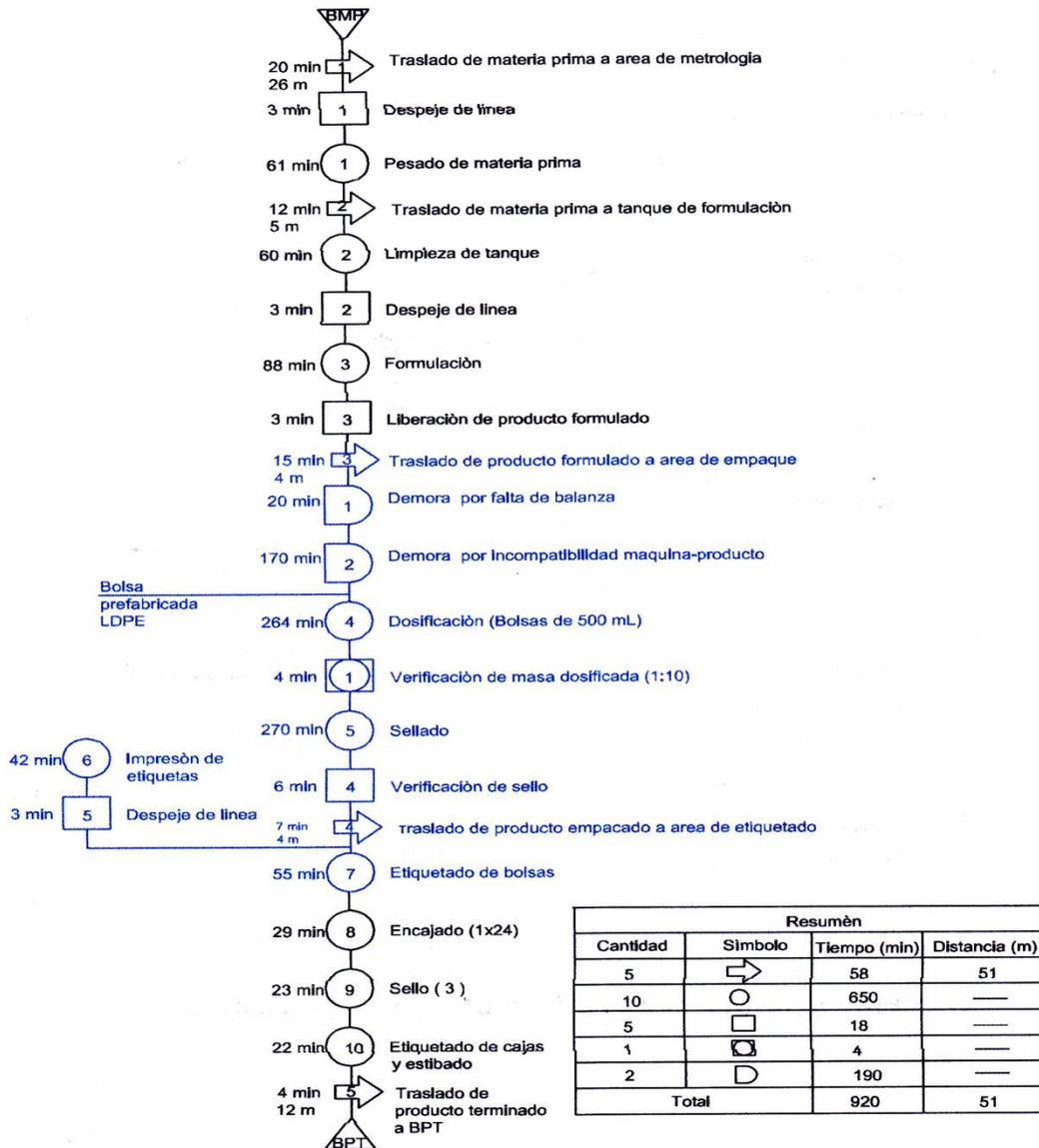
Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel bactericida	Cantidad: 3178 bolsas (500 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo máximo	34.68 horas



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 22. Diagrama de flujo gel médico, envasado con equipo semiautomático

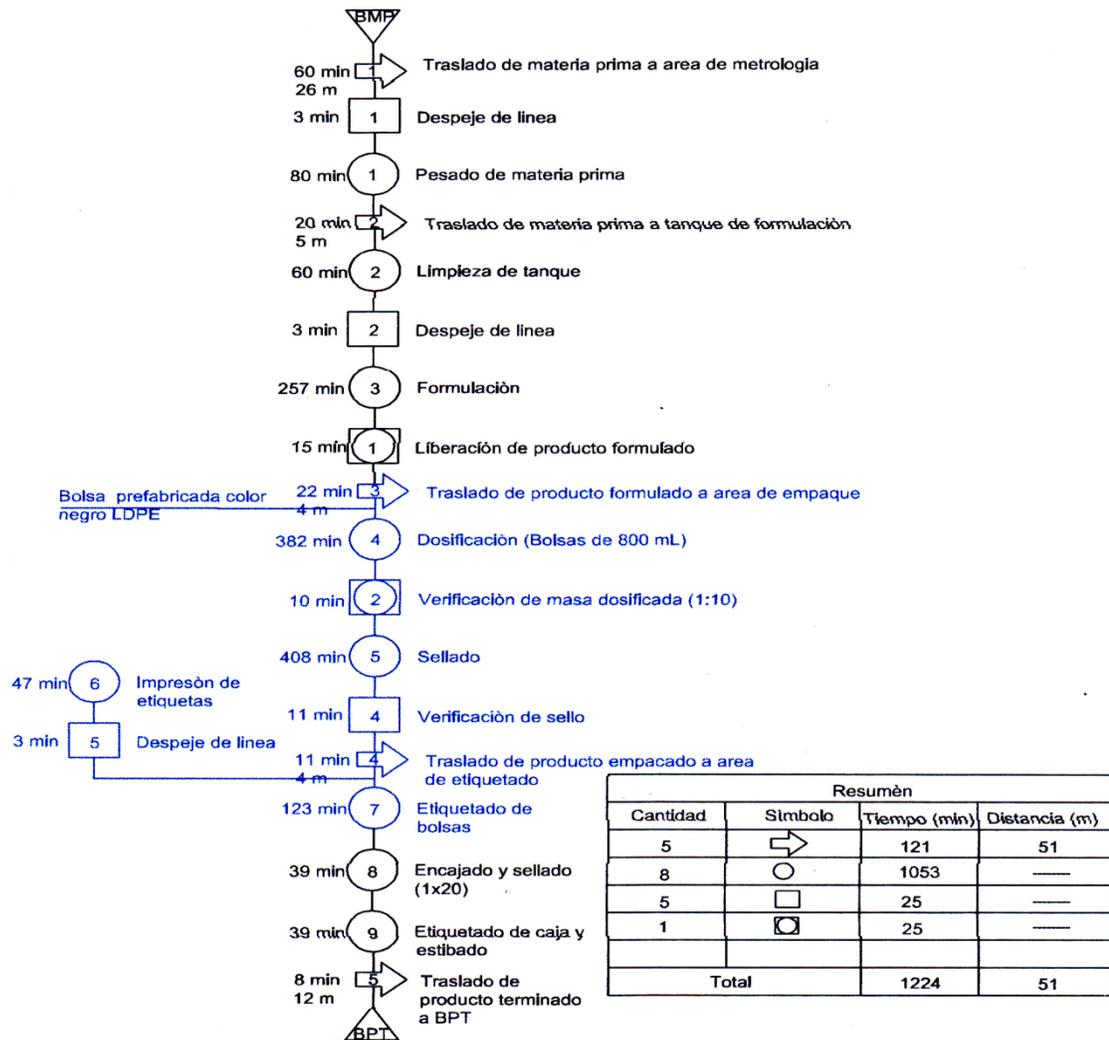
Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel médico	Cantidad: 700 bolsas (500 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo máximo	15.33 horas



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 23. Diagrama de flujo gel yodado, envasado con equipo semiautomático

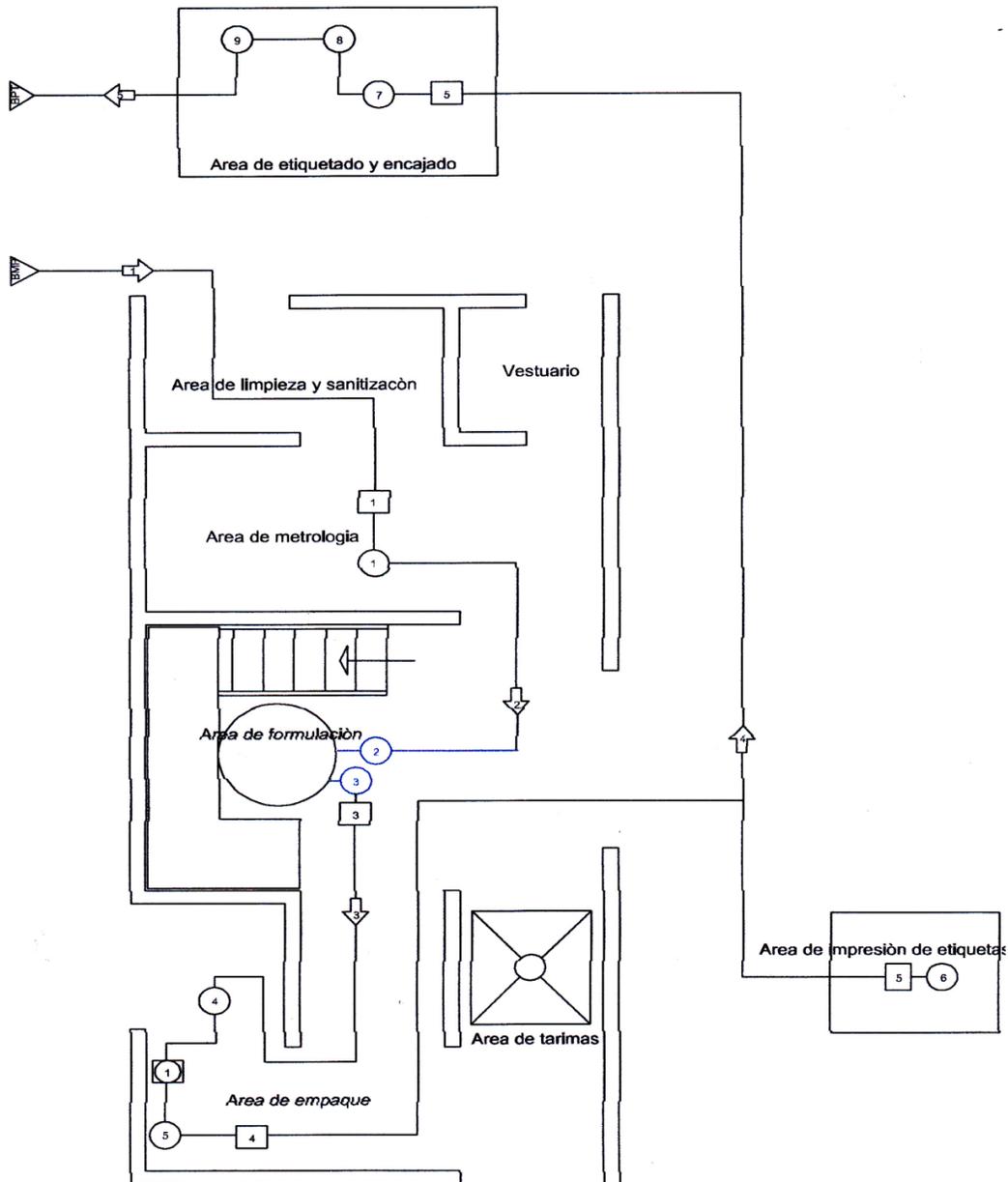
Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel yodado	Cantidad: 1157 bolsas (800 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo máximo	20,40 horas



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 24. Diagrama de recorrido producción de geles sanitizante, envasado con equipo semiautomático

Departamento	Producción		
Nombre del proceso	Producción de geles sanitizantes (planta de cosméticos)		Presentación: Bolsa de 500 y 800 mL
Diagrama	Recorrido	Realizo	Otto Ivan Orozco
Fecha: Julio 2013	No. hoja	1/1	Verifico Ing. Harry Oxom



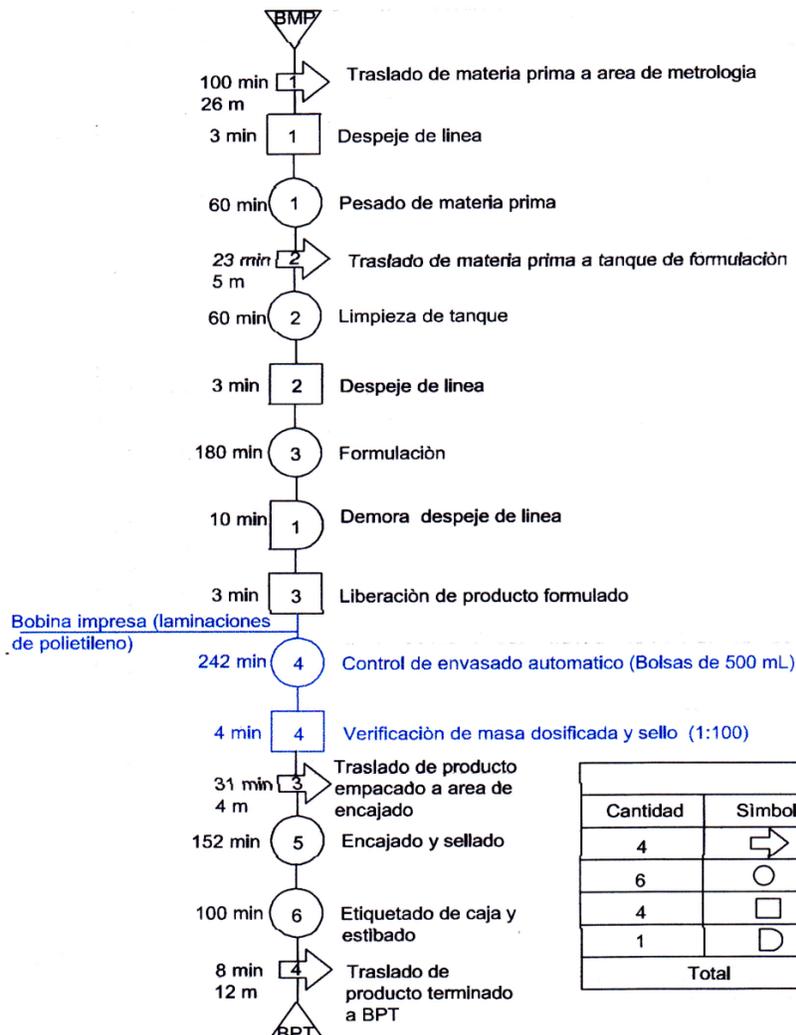
Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

4.1.4. Diagramas de flujo y de recorrido en la producción de geles sanitizantes envasando con equipos automáticos

Son representaciones gráficas de las operaciones que se realizan en la producción de geles sanitizantes y el recorrido de los materiales y personal operativo dentro de la planta de producción envasando con equipos automáticos.

Figura 25. Diagrama de flujo gel bactericida, envasado con equipo automático

Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel bactericida	Cantidad: 3178 bolsas (500 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo maximo	16.36 horas

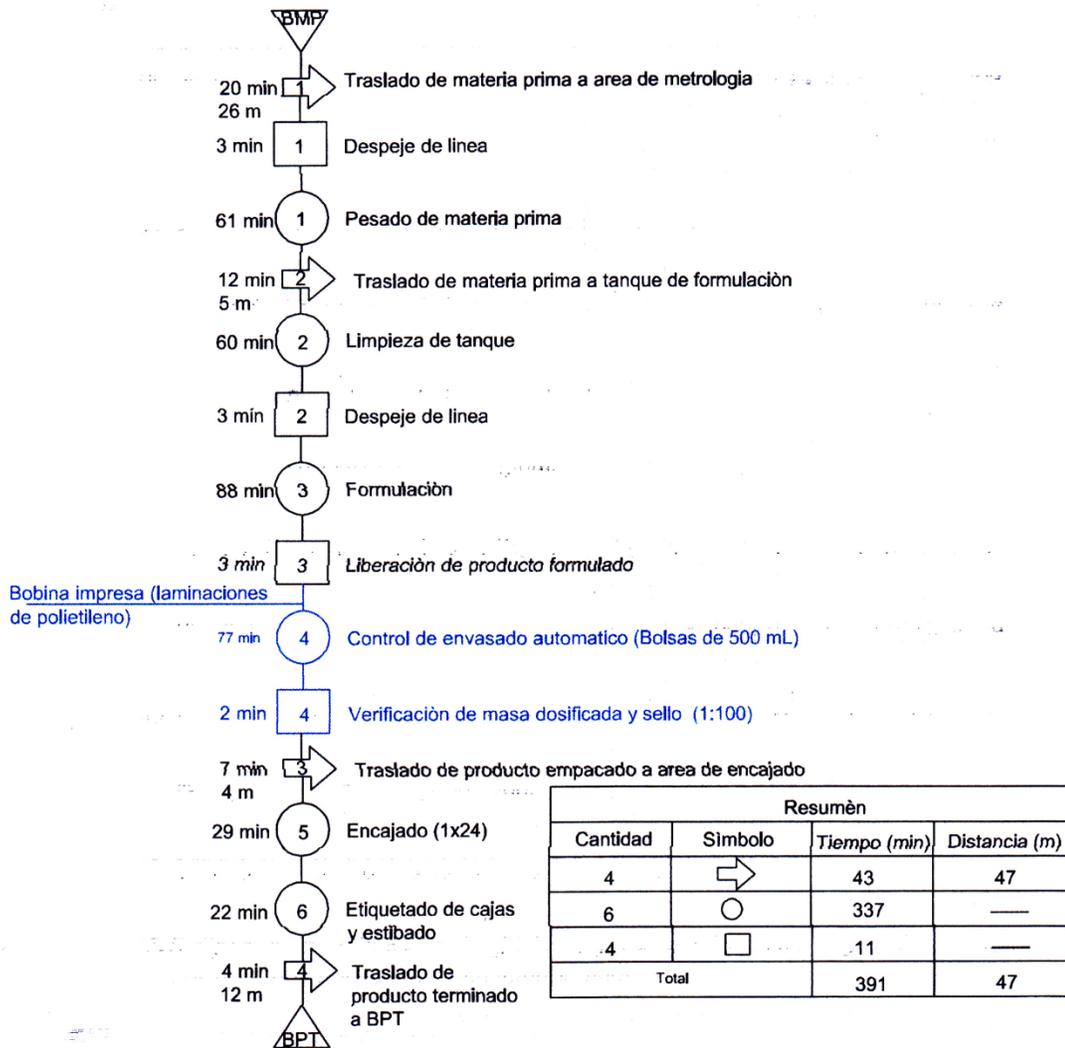


Resumèn			
Cantidad	Símbolo	Tiempo (min)	Distancia (m)
4	➡	162	47
6	○	794	—
4	□	16	—
1	⬇	10	—
Total		982	47

Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 26. Diagrama de flujo gel médico, envasado con equipo automático

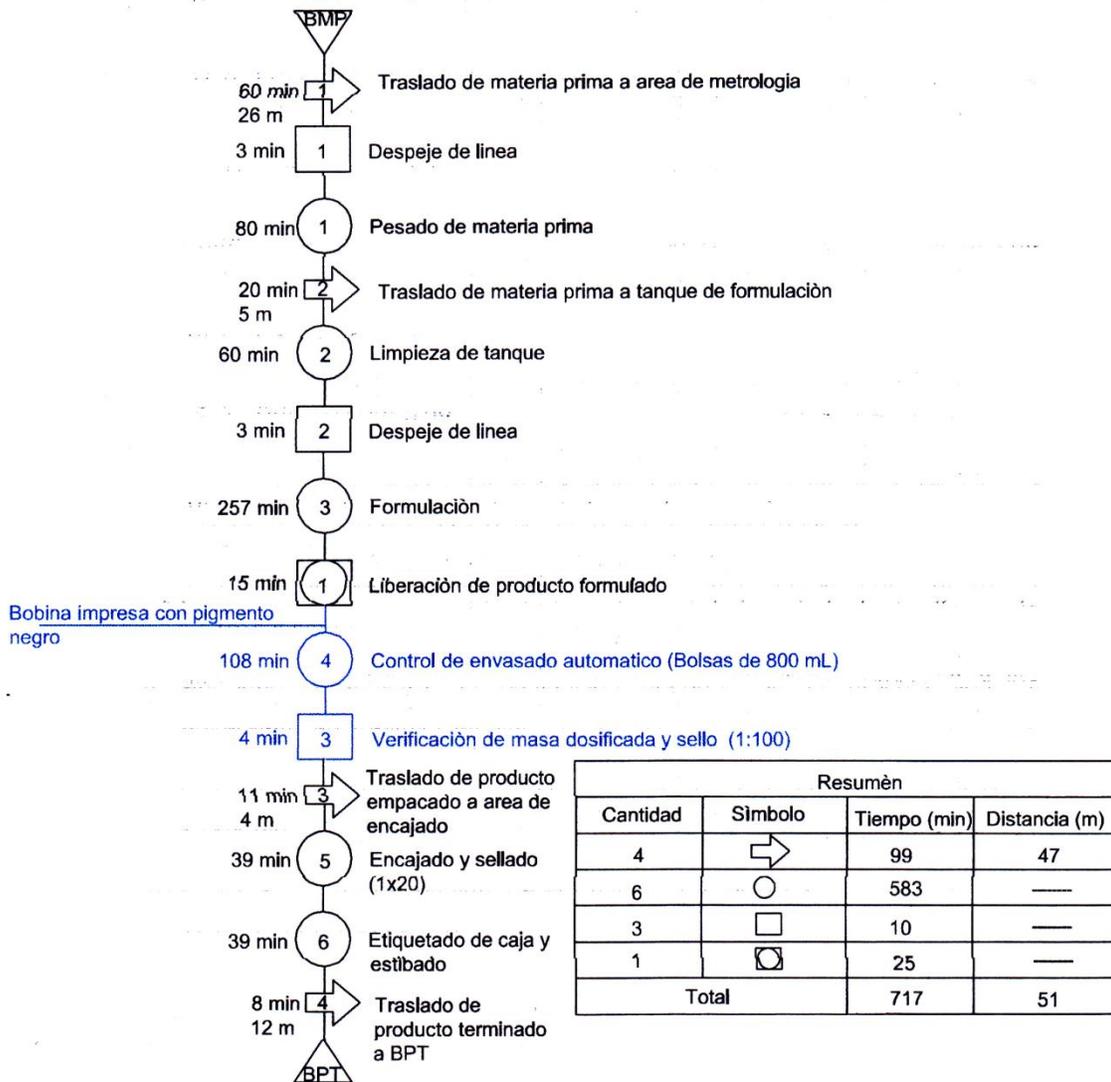
Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel médico	Cantidad: 700 bolsas (500 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo máximo	6.51 horas



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

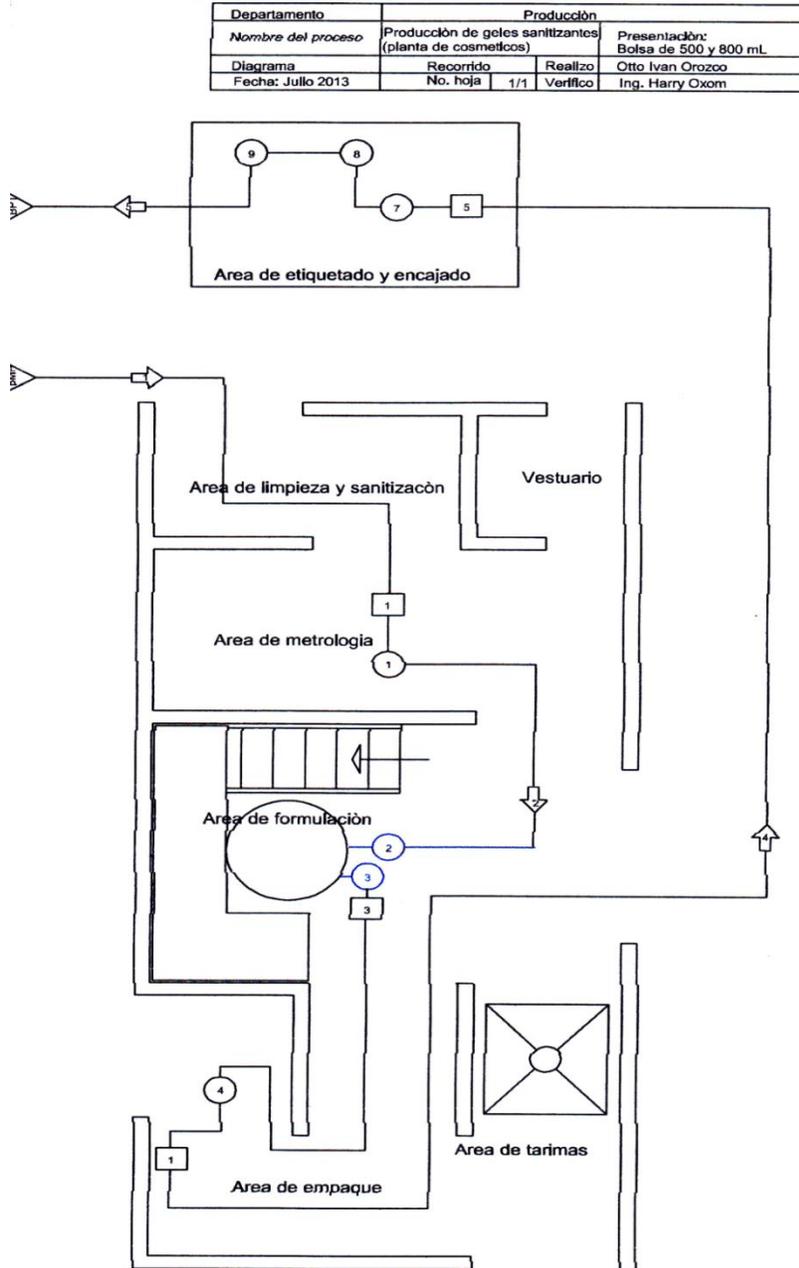
Figura 27. Diagrama de flujo gel yodado, envasado con equipo automático

Departamento	Producción		
Nombre del producto	Gel yodado	Cantidad: 1157 bolsas (800 mL)	
Fecha	Julio 2013	Realizo	Otto Ivan Orozco
Diagrama	Flujo	Verifico	Ing. Harry Oxom
No. hoja	1/1	Tiempo maximo	11.95 horas



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 28. Diagrama de recorrido producción de geles sanitizantes, envasado con equipo automático



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

4.1.5. Precisión y versatilidad de dosificación

Se evalúa la precisión de dosificación de geles sanitizantes en las envasadoras automáticas ofertadas por los proveedores; como criterio estadístico el equipo debe tener un coeficiente de variación menor al 1%.

Tabla XV. **Envasado con equipo semiautomático (PL-149)**

No. bolsas empacadas	Producto	Media aritmética (g)	Desviación estándar (g)	CV (%)	Ritmo de envasado (bolsas/min)
30	Gel bactericida (500 ml)	455,10	1,67	0,36	3,33
38	Gel médico (500 ml)	413,00	3,00	0,74	3,24
83	Gel yodado (800 ml)	786,78	6,90	0,88	2,76

Fuente: elaboración propia, masas y tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

Tabla XVI. **Envasado con equipo automático (EQ-A, Proveedor A)**

No. bolsas empacadas	Producto	Media aritmética (g)	Desviación estándar (g)	CV (%)	Ritmo de envasado (bolsas/min)
24	Gel médico (500 ml)	376,03	8,74	2	15
52	Gel yodado (500 ml)	324,38	10,83	3	15

Fuente: elaboración propia, masas y tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

Tabla XVII. **Envasado con equipo automático (EQ-B, Proveedor B)**

No. bolsas empacadas	Producto	Media aritmética (g)	Desviación estándar (g)	CV (%)	Ritmo de envasado (bolsas/min)
12	Gel médico (800 ml)	781,15	6,01	0,77	15
12	Gel yodado (800 ml)	790,00	4,10	0,52	15
12	Gel médico (500 ml)	502,40	4,38	0,87	15
12	Gel yodado (800 ml)	498,80	2,26	0,45	15

Fuente: elaboración propia, masas y tiempos cronometrados en planta de cosméticos.

Tabla XVIII. **Ventajas operativas de envasado en bolsas plásticas**

Equipo semiautomático	Equipo automático
<ul style="list-style-type: none"> • Versátil. • Preciso. • Equipos pequeños. • Fácil de operar. • Se almacena solo el empaque necesario. 	<ul style="list-style-type: none"> • El operador no tiene contacto con el producto, reduciendo fuentes de contaminación. • Se reduce la fatiga y cansancio. • Limpieza en sitio (CIP). • Solo requiere de un operador. • El traslado del producto se realiza por medio de una bomba. • Calibración o ajuste de volumen con panel de control eléctrico. • Versátil. • Preciso. • Alto rendimiento. • Soporte y servicio técnico inmediato. • Garantía en el sello térmico, misma temperatura y misma presión.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Desventajas operativas de envasado en bolsas plásticas**

Equipo semiautomático	Equipo automático
<ul style="list-style-type: none"> • Dolor de cuello. • Dolor de columna. • Inhalación de alcohol. • Contacto con el producto. • Limpieza manual. • Requiere dos operadores. • Requiere carga a cada 5 galones. • Traslado del producto a tonel. • Traslado del producto de tonel a la tolva de almacenamiento. • Calibración o ajuste de volumen manual. • Bajo rendimiento. • No hay soporte y servicio técnico inmediato. • Si no se inspecciona el sello térmico no hay garantía del mismo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo grande. • Riesgo de que se opere mal. • Se almacena demasiado empaque en bodega (bobinas).

Fuente: elaboración propia.

4.1.6. **Evaluación y ponderación de empacadoras automáticas**

Se determinan el equipo automático y a su proveedor para el envasado de geles sanitizantes por medio de una ponderación basada en los siguientes requerimientos: funcionales, operacionales y técnicos.

Tabla XX. **Evaluación técnica empacadoras automáticas**

Requerimientos		Punteo	Proveedor B	Proveedor A
Funcionales	Llenado automático	10%	10	10
	Sellado automático	10%	10	10
	Versátil	10%	10	0
	Señal de alarma cuando no exista bobina	5%	5	0
Técnicos de funcionamiento	Dimensiones máximas (1,50 m x 1,50 m x 2,00 m)	5%	0	5
	Tamaño del empaque (Largo: 129 m - 257 m), (ancho: 70 m - 210 m)	5%	5	5
	Rango de dosificación (125 – 1250) ml	10%	10	5
	Precisión de llenado	10%	10	0
	Detalle de componentes eléctricos	2,5%	2,5	2,5
	Detalle de componentes mecánicos	2,5%	2,5	2,5
	Mantenimiento y soporte técnico	10%	10	0
Operacionales	Móvil	5%	5	5
	Limpieza rápida	5%	5	5
	Ergonómica	5%	5	5
	Fácil de operar	5%	5	3
Económicos	Precio equipo (Q)	0%	Q. 358 000,00	Q. 92 000,00
Sumatoria		100 %	95 %	58%

Fuente: elaboración propia.

4.1.7. Evaluación y ponderación de bobinas plásticas

Se determinan el empaque primario ideal y a su proveedor para el envasado de geles sanitizantes, por medio de una ponderación basada en los siguientes requerimientos: estructura, presentación, usos y aplicaciones.

Tabla XXI. Evaluación técnica empaque transparente

Características de bobina transparente		Punteo	Proveedor C		Proveedor D	
Estructura (ver cotización)	Gramaje total (g/m ²)	20 %	100	20 %	93	18,6 %
	Ancho bobina (mm)		325		325	
	Largo bobina (mm)		225		225	
	Rendimiento (bolsas/kg)	20 %	136	18,5 %	147	20 %
	Consumo (kg/1000 bolsas)		7,31		6,80	
Usos y aplicaciones	Empaque de desinfectantes	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de detergentes	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de multilimpiadores	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de alimentos	5 %	--	0 %	x	5 %
Presentación	Brillante	15 %	x	15 %	x	15 %
	No se quiebra	5 %	--	5 %	x	0%
	Termosellabilidad	20 %	Muy buena	20%	Buena	15 %
Económicos	Precio (Q/bolsa)		0,5265		0,3917	
	Valor de placas flexográficas 5 colores (\$)		\$ 2 000,00		\$ 1 000,00	
Sumatoria		100 %		93,5 %		73,6 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Evaluación técnica empaque oscuro**

Características de bobina transparente		Punteo	Proveedor C		Proveedor D	
Estructura (ver cotización)	Gramaje total (g/m ²)	20 %	100	20 %	98	19,6 %
	Ancho bobina (mm)		325		325	
	Largo bobina (mm)		225		225	
	Rendimiento (bolsas/kg)	20 %	136	19,5 %	139	20 %
	Consumo (kg/1000 bolsas)		7,31		7,16	
Usos y aplicaciones	Empaque de desinfectantes	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de detergentes	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de multilimpiadores	5 %	x	5 %	--	0 %
	Empaque de alimentos	5 %	--	0 %	x	5 %
Presentación	Brillante	15 %	x	15 %	x	15 %
	No se quiebra	5 %	--	5 %	x	0 %
	Termosellabilidad	20 %	Muy buena	20%	Buena	10 %
Económicos	Precio (Q/bolsa)		0,6318		0,5697	
	Valor de placas flexográficas 5 colores (\$)					
Sumatoria		100 %		94,5 %		69,6 %

Fuente: elaboración propia.

4.1.8. **Evaluación y ponderación de bombas para geles sanitizantes**

Se determinan el tipo de bomba y a su proveedor para el transporte de geles sanitizantes por medio de una ponderación basada en los siguientes requerimientos: técnicos de funcionamiento y operacionales.

Tabla XXIII. Evaluación técnica de bombas

Requerimientos		Punteo	Proveedor E	Proveedor F	
Técnicos de funcionamiento	Caudal Mínimo (8 gal/min)	15 %	15 %	8 %	
	Altura de levante 4 metros	25 %	25 %	25 %	
	Bombeo de fluidos viscosos (5000 – 50000)cP	15 %	10 %	0 %	
	Materiales		15%	5 %	10 %
	Teflón (5%)	Acero inoxidable (10%)			
	Uso de energía		15%	10 %	5 %
	Neumática (10%)	Eléctrica (5%)			
Operacionales	Móvil	5%	5 %	5 %	
	Limpieza rápida	5%	2 %	5 %	
	Fácil de operar	5%	5 %	5 %	
Económicos	Precio equipo (Q)	0%	Q. 9 000,00	Q. 11 000,00	
Sumatoria		100 %	77 %	63%	

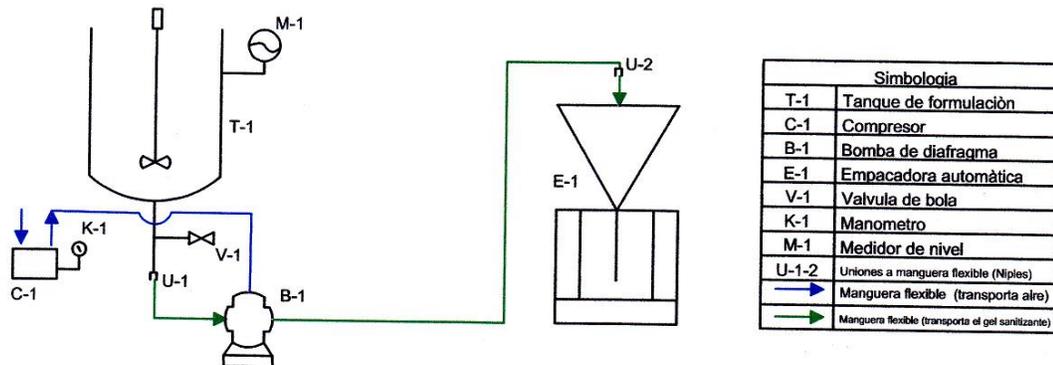
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Equipo y accesorios**

Equipos o accesorios	Código	Proveedor	Precio (Q)
Empacadora automática	EQ-B	A	290 120,00
Fechador convencional			14 500,00
Fotocelda			11 100,00
Guardas frontales abatibles			10 950,00
Placas flexográficas	Color 1	C	3 200,00
	Color 2		3 200,00
	Color 3		3 200,00
	Color 4		3 200,00
	Color 5		3 200,00
	Color 6		3 200,00
Bomba de diafragma		E	9 000,00
Diafragmas de repuesto	2 diafragmas/año	Q. 355,00/Diafragma	3 550,00
Niple de 1"	4 Unidades	Q. 12,00/Unidad	48,00
Manguera reforzada Transparente (diámetro 1")	4 metros	Q. 30,00/m	120,00
Abrazaderas (1")	4 Unidades	Q. 7,00/U	28,00
Levantamiento cielo falso	20 metros cuadrados	(Q. 350,00/m ²)	7 000,00
Total Inversión inicial			365 616,00

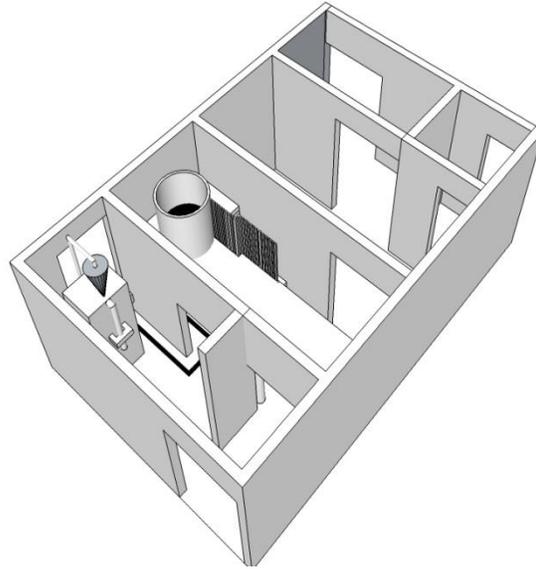
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Diagrama de equipo para el envasado automático**



Fuente: elaboración propia, con base al programa AutoCAD 2007.

Figura 30. **Equipo automático en planta de cosméticos**



Fuente: elaboración propia, con base al programa Google SketchUp.

4.2. Estudio económico

Se determina la factibilidad económica del proyecto; por medio del análisis comparativo de indicadores económicos como el Valor Presente Neto (VPN) y la relación beneficio-costo del flujo de caja de los procesos productivos de envasado con equipos semiautomáticos y automáticos.

4.2.1. Costos de producción

Se presenta un detalle comparativo de los costos de producción de cada uno de los geles sanitizantes, envasados con equipos semiautomáticos y automáticos.

Tabla XXV. Resumen de costos de producción de geles sanitizantes

Producto	Descripción	Equipo semiautomático	Equipo automático	Ahorro	Ahorro (%)
Gel bactericida (3.178 bolsas)	Tiempo de producción (min)	2 081	982	1 099	52,81
	Costo de mano de obra directa (Q)	2 305,00	1 106,00	1 199,00	52,00
	Costo de mano de obra indirecta (Q)	3 000,00	3 000,00	-	-
	Costo de materia prima (Q)	12 109,00	12 109,00	-	-
	Costo de material de empaque (Q)	4 960,00	3 353,00	1 607,00	32,39
	Costo por bolsa (Q/U)	7,04	6,16	0,88	12,43
Gel médico (700 bolsas)	Tiempo de producción (min)	916	391	525	57,31
	Costo de mano de obra directa (Q)	1 284,00	438,00	846,00	65,92
	Costo de mano de obra indirecta (Q)	615,00	615,00	-	-
	Costo de materia prima (Q)	3 553,00	3 553,00	-	-
	Costo de material de empaque (Q)	1 092,00	782,00	310,00	28,39
	Costo por bolsa (Q/U)	9,35	7,70	1,65	17,65
Gel yodado (1.157 bolsas)	Tiempo de producción (min)	1 214	717	497	40,94
	Costo de mano de obra directa (Q)	1 413,00	680,00	733,00	51,90
	Costo de mano de obra indirecta (Q)	1 816,00	1 816,00	-	-
	Costo de materia prima (Q)	13 545,00	13 545,00	-	-
	Costo de material de empaque (Q)	1 968,00	1 552,00	416,00	21,16
	Costo por bolsa (Q/U)	16,20	15,20	1,00	6,70

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Resumen de costos de envasado de geles sanitizantes

Producto	Descripción	Equipo semiautomático	Equipo automático	Ahorro	Ahorro (%)
Gel bactericida (3.178 bolsas)	Tiempo de envasado y etiquetado (min)	1379	246	1 133	82,16
	Costo de MOD en el envasado (Q)	1 485,00	286,00	1 199,00	80,75
	Costo de material de empaque (Q)	4 960,00	3 353,00	1 607,00	32,39
Gel médico (700 bolsas)	Tiempo de envasado y etiquetado (min)	398	86	312	78,39
	Costo de MOD en el envasado (Q)	622,00	92,00	531,00	85,26
	Costo de material de empaque (Q)	1 092,00	782,00	310,00	28,39
Gel yodado (1.157 bolsas)	Tiempo de envasado y etiquetado (min)	625	123	502	80,32
	Costo de MOD en el envasado (Q)	869,00	143,00	726,00	83,56
	Costo de material de empaque (Q)	1 968,00	1 552,00	416,00	21,16

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Pronóstico de ventas

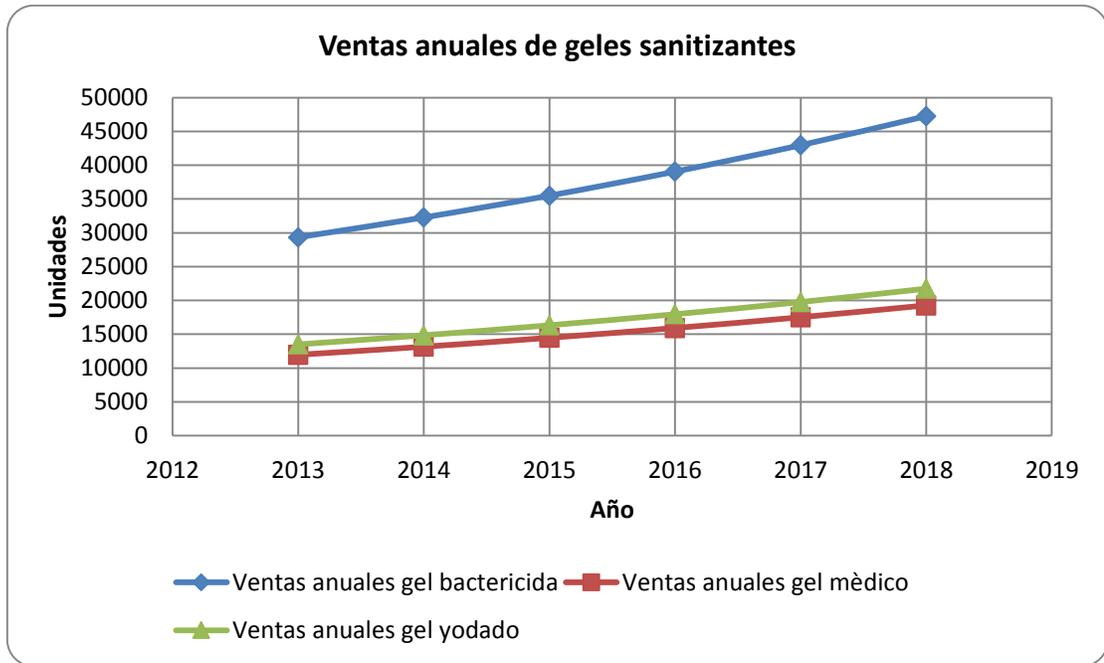
Se estima la cantidad de geles sanitizantes que son demandados por los clientes y que se deben envasar en bolsas plásticas durante los próximos cinco años.

Tabla XXVII. Pronóstico de ventas (crecimiento anual del 10 %)

Producto / año	2014	2015	2016	2017	2018
Gel bactericida (Unidades)	32 275	35 503	39 053	42 958	47 254
Gel médico (Unidades)	13 165	14 481	15 929	17 522	19 275
Gel yodado (Unidades)	14 850	16 335	17 969	19 765	21 742
Total ventas anuales (Unidades)	60 290	66 319	72 951	80 246	88 270

Fuente: elaboración propia, histórico de ventas 2013.

Figura 31. **Comportamiento de las ventas en los próximos cinco años**



Fuente: elaboración propia, histórico de ventas 2013.

4.2.3. Flujo de caja

Se presenta el detalle de los ingresos y egresos afectos a impuestos, gastos no desembolsables, egresos no afectos a impuestos; durante los próximos cinco años para los procesos productivos de envasado con equipos semiautomáticos y automáticos.

Tabla XXVIII. Flujo de caja envasado con equipo semiautomático

Descripción general	Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos y egresos afectos a impuestos	Costo de producción	-	- Q. 590 796,90	- Q. 649 876,59	- Q. 714 864,24	- Q. 786 350,67	- Q. 864 985,74
	Ingresos por ventas	-	Q. 984 661,49	Q. 1 083 127,64	Q. 1 191 440,41	Q. 1 310 584,45	Q. 1 441 642,89
	Utilidad bruta	-	Q. 393 864,60	Q. 433 251,06	Q. 476 576,16	Q. 524 233,78	Q. 576 657,16
	Gasto de ventas y administración	-	- Q. 295 398,45	Q. 324 938,29	- Q. 357 432,12	- Q. 393 175,33	- Q. 432 492,87
Gastos no desembolsables	Depreciación de activos fijos	-	-	-	-	-	-
Calculo de impuesto	Utilidad de operación	-	Q. 98 466,15	Q. 108 312,76	Q. 119 144,04	Q. 131 058,44	Q. 144 164,29
	Gastos financieros	-	- Q. 49 233,07	- Q. 54 156,38	- Q. 59 572,02	- Q. 65 529,22	- Q. 72 082,14
	Utilidad antes de ISR	-	Q. 49 233,07	Q. 54 156,38	Q. 59 572,02	Q. 65 529,22	Q. 72 082,14
	ISR	-	- Q. 15 262,25	- Q. 16 788,48	- Q. 18 467,33	- Q. 20 314,06	- Q. 22 345,46
	Utilidad neta	-	Q. 33 970,82	Q. 37 367,90	Q. 41 104,69	Q. 45 215,16	Q. 49 736,68
Ajustes por gastos no desembolsable	Depreciación de activos fijos	-	-	-	-	-	-
	Sub total	-	Q. 33 970,82	Q. 37 367,90	Q. 41 104,69	Q. 45 215,16	Q. 49 736,68
Ingresos y egresos no afectos a impuestos	Inversión inicial activos fijos intangibles	-	-	-	-	-	-
Flujo neto		-	Q. 33 970,82	Q. 37 367,90	Q. 41 104,69	Q. 45 215,16	Q. 49 736,68

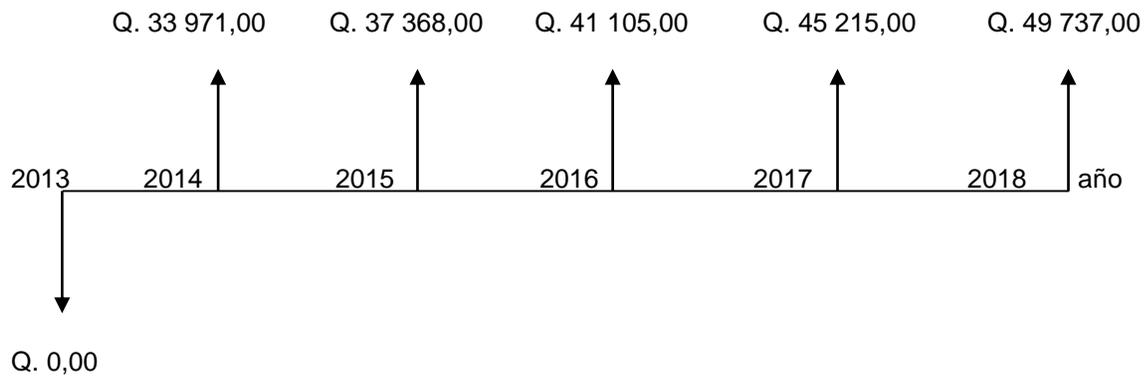
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. Flujo de caja envasado con equipo automático

Descripción general	Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Ingresos y egresos afectos a impuestos	Costo de producción	-	- Q. 525 984,26	- Q. 578 582,69	- Q. 636 440,96	- Q. 700 085,06	- Q. 770 093,56
	Ingresos por ventas	-	Q. 984 661,49	Q. 1 083 127,64	Q. 1 191 440,41	Q. 1 310 584,45	Q. 1 441 642,89
	Utilidad bruta	Q. 0,47	Q. 458 677,23	Q. 504 544,95	Q. 554 999,45	Q. 610 499,39	Q. 671 549,33
	Gasto de ventas y administración	-	- Q. 295 398,45	- Q. 324 938,29	- Q. 357 432,12	- Q. 393 175,33	- Q. 432 492,87
Gastos no desembolsables	Depreciación de activos fijos	-	- Q. 73 123,20				
Calculo de impuesto	Utilidad de operación	Q. 0,09	Q. 90 155,58	Q. 106 483,46	Q. 124 444,13	Q. 144 200,86	Q. 165 933,26
	Gastos financieros	-	- Q. 49 233,07	- Q. 54 156,38	- Q. 59 572,02	- Q. 65 529,22	- Q. 72 082,14
	Utilidad antes de ISR	Q. 0,04	Q. 40 922,51	Q. 52 327,08	Q. 64 872,11	Q. 78 671,64	Q. 93 851,12
	ISR	-	- Q. 12 685,98	- Q. 16 221,39	- Q. 20 110,35	- Q. 24 388,21	- Q. 29 093,85
	Utilidad neta	Q. 0,03	Q. 28 236,53	Q. 36 105,68	Q. 44 761,75	Q. 54 283,43	Q. 64 757,27
Ajustes por gastos no desembolsable	Depreciación de activos fijos	Q. 73 123,20					
	Sub total	Q. 101 359,73	Q. 109 228,88	Q. 117 884,95	Q. 127 406,63	Q. 137 880,47	Q. 101 359,73
Ingresos y egresos no afectos a impuestos	Inversión inicial activos fijos intangibles (equipo)	- Q. 358 616,00	-	-	-	-	-
	Inversión inicial activos fijos intangibles (obra civil)	- Q. 7 000,00	-	-	-	-	-
Flujo neto		- Q. 365 616,00	Q. 101 359,73	Q. 109 228,88	Q. 117 884,95	Q. 127 406,63	Q. 137 880,47

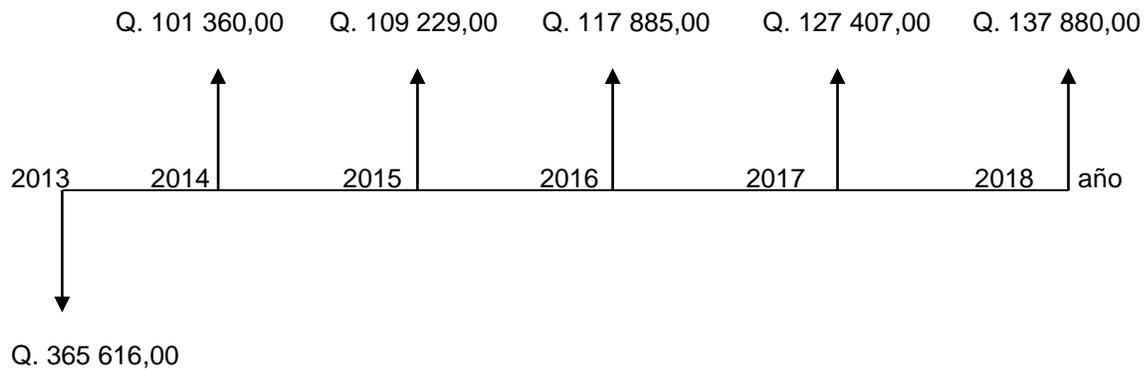
Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Diagrama de flujo envasado con equipo semiautomático**



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Diagrama de flujo envasado con equipo automático**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Indicadores económicos método actual y método propuesto**

Indicadores económicos	Método actual	Método propuesto
Tasa de descuento	12%	12%
Años de evaluación	5	5
VPN	Q. 146 335,00	Q. 55 076,00
B/C	0	0,15

Fuente: elaboración propia.

4.2.4. Análisis de sensibilidad

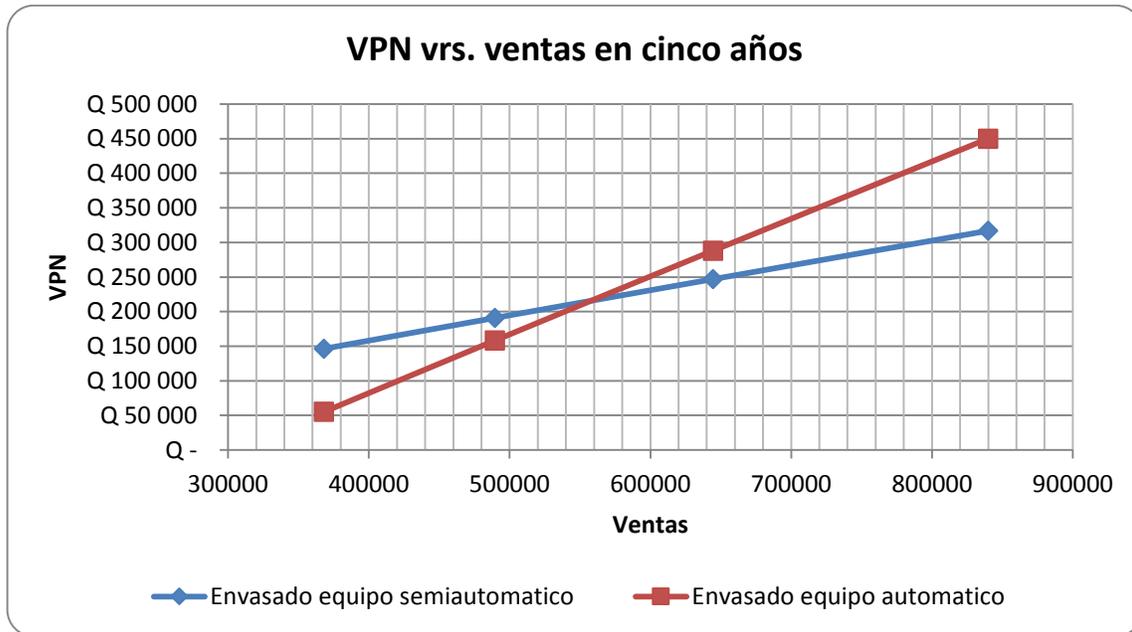
Permite evaluar cuanto se altera o que tan sensible es el Valor Presente Neto y la relación beneficio-costos de los procesos productivos si se realizan cambios en los valores estimados de las ventas de los geles sanitizantes.

Tabla XXXI. **Indicadores económicos**

Crecimiento en ventas (%)	Ventas totales en cinco años (Bolsas)	VPN envasado con equipo semiautomático (Q)	VPN envasado con equipo automático (Q)	Relación B/C con equipo automático
10	368 076	146 335,00	55 076,00	0,15
20	489 440	190 826,00	158 136,00	0,43
30	644 336	246 864,00	287 945,00	0,79
40	839 884	316 815,00	449 983,00	1,23

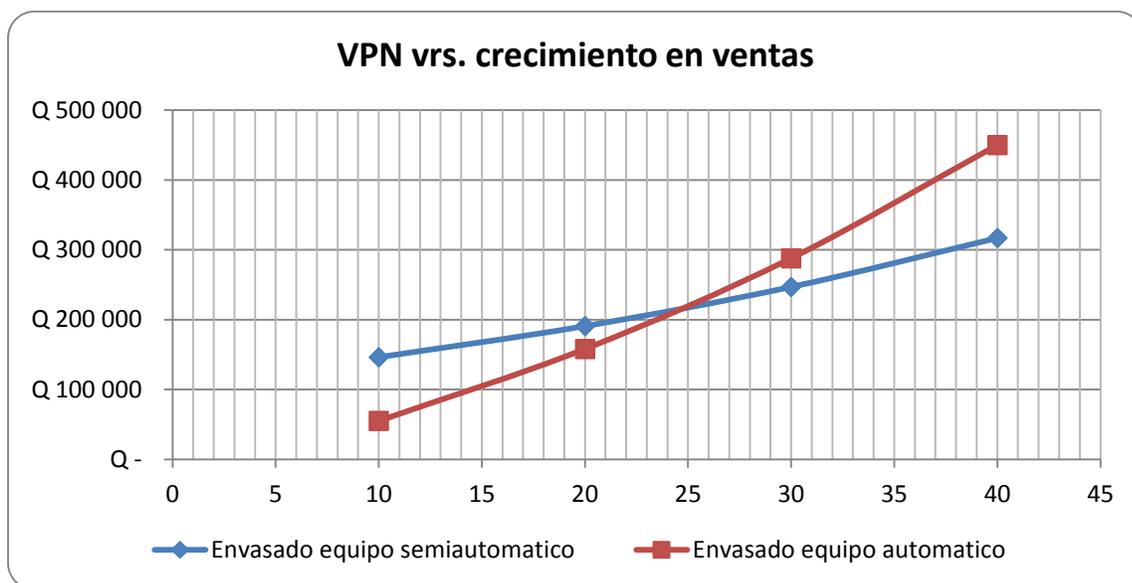
Fuente: elaboración propia.

Figura 34. VPN en función de las ventas



Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **VPN en función del porcentaje de ventas**



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. **Modelos matemáticos y puntos de equilibrio en el envasado con equipos semiautomáticos y automáticos**

	Modelo matemático envasado con equipo semiautomático	Modelo matemático envasado con equipo automático
VPN en función de las unidades vendidas	$VPN = 0,361U + 13766$	$VPN = 0,836U - 25201$
$Ec_1 = Ec_2$	$0,361U + 13766 = 0,836U - 25201$	
Punto de equilibrio entre ambas alternativas	$U = 559066$ bolsas en cinco años	
Porcentaje de crecimiento en ventas	$VPN = 5674(\%C) + 83341$	$VPN = 13145(\%C) - 90847$
$Ec_3 = Ec_4$	$5674(\%C) + 83341 = 13145(\%C) - 90847$	
Punto de equilibrio entre ambas alternativas	Crecimiento en las ventas = 23 % anual durante cinco años	

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El objetivo general del presente trabajo fue la evaluación técnica-económica en la implementación de un equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes en bolsas plásticas en presentación de 500 y 800 ml; el cual se derivó de la necesidad de mejorar, aumentar la eficiencia e innovar en el proceso de envasado de geles sanitizantes.

En las figuras 18, 19 y 20 se observa el comportamiento de la viscosidad absoluta de los geles sanitizantes en función de las revoluciones por minuto (RPM) con las agujas 63 y 64; en las cuales la viscosidad absoluta disminuye al aumentar el número de revoluciones por minuto (RPM), lo cual permite clasificarlos como fluidos no newtonianos con independencia del tiempo.

En la tabla XI se observan los valores de las variables de temperatura, número de aguja y revoluciones por minuto (RPM) a las cuales se deben de realizar las mediciones de viscosidad con el viscosímetro digital BrookfieldLV para obtener valores de viscosidad absoluta dentro del intervalo mencionado para cada uno de geles sanitizantes; como parámetro complementario en la liberación de producto terminado ya que la viscosidad del producto es función del pH y como dato fisicoquímico relevante en el transporte y manejo de los mismos en equipos de dosificación, bombas y tuberías.

En las figuras XII, XIII y XIV se observa que la línea de envasado de geles sanitizantes se encuentra balanceada en cada una de sus operaciones (llenado y sellado) con una eficiencia de 85 % en el envasado de geles hidroalcohólicos y una eficiencia de 83 % en el envasado de gel a base de yodo, lo cual se debe a que los tiempos empleados en cada ciclo de llenado y sellado no son equivalentes; siendo la operación más lenta el sellado con una diferencia promedio de 3,33 segundos por bolsa.

Actualmente la empresa no cuenta con diagramas de flujo y recorrido de la producción de geles sanitizantes en bolsas plásticas; por lo cual se realizó el diagrama de flujo y diagrama de recorrido de la producción actual de gel bactericida (3 178 bolsas de 500 ml), gel médico (700 bolsas de 500 ml) y gel yodado (1 157 bolsas de 800 ml) realizando las operaciones de llenado y sellado con equipos semiautomáticos (método actual) y con equipos automáticos (método propuesto), por medio de los diagramas mencionados se observan gráficamente todas las operaciones, inspecciones, traslados y demoras del proceso productivo, en el cual se detectó que existen demoras por falta de una balanza en el área de envasado de la planta de cosméticos, demoras debidas al desgaste mecánico por la fricción entre el cabezal y su eje de rotación, provocando un funcionamiento anormal del equipo, generando costos ocultos de producción.

En los diagramas de flujo realizando operaciones de llenado y sellado con equipos automáticos se observa que se eliminan los traslados de producto formulado al área de empaque, se eliminan las operaciones semiautomáticas de llenado y sellado, también se eliminan las operaciones de impresión de etiquetas adhesivas y el etiquetado de las bolsas; debido a que las envasadoras automáticas utilizan bobinas impresas.

En la tabla XV se observan los resultados de las pruebas de llenado y sellado de los geles sanitizantes con la dosificadora de pistón PL-149 con un coeficiente de variación menor al 1 % y con un rendimiento promedio de 3 bolsas por minuto para productos con diferentes viscosidades; lo cual indica que la dosificadora de pistón es un equipo versátil y preciso bajo condiciones de operación controladas (presión de aire constante, nivel de líquido constante en la tolva de almacenamiento).

En la tabla XVI se observa que los coeficientes de variación del envasado de productos viscosos con la empacadora automática EQ-A ofertada por el proveedor A se encuentran en un rango de (2 – 3 %) siendo esta inadecuada e imprecisa en la dosificación requerida.

En la tabla XVII se observa que los coeficientes de variación del envasado de productos viscosos en presentación de 800 y 500 ml oscilan entre (0,45 - 0,85 %) con la empacadora automática EQ-B alcanzando un rendimiento de 15 bolsas por minuto, cumpliendo los requerimientos de precisión, versatilidad y eficiencia establecidos.

En las tablas XX, XXI, XXII, y XXIII se observa la ponderación de los requerimientos de envasado, transporte y empaque para los geles sanitizantes en función de la importancia en el proceso, el estudio técnico finalizó con la elección del equipo y proveedores necesarios basados en la ponderación más alta, siendo los siguientes: proveedor A para la empacadora automática, proveedor C para el empaque laminado de polietileno y para el transporte de los geles una bomba de diafragma ofertada por el proveedor E.

En la tabla XXV se presenta un resumen del tiempo total de producción y el costeo respectivo de cada uno de los geles sanitizantes envasados con equipos semiautomáticos y equipos automáticos, en el cual se observa un ahorro promedio en el tiempo total de producción del 50,35 % al realizar las operaciones de llenado y sellado con equipo automático; siendo una ventaja operativa porque reduciría el cansancio y la fatiga en las actividades realizadas por los operadores y el tiempo ahorrado podría emplearse en otras actividades productivas, se observa también un ahorro promedio en el costo de mano de obra directa del 56,61 %, un ahorro promedio en material de empaque del 27,31 %, reduciendo el costo por bolsa de producto terminado en 12,08 % del precio actual (envasado semiautomático).

En la tabla XXVI se presenta un resumen del tiempo de envasado por el método actual y con equipos automáticos, el costo de materia prima y el material de empaque respectivo de cada uno de los geles sanitizantes envasados, en el cual se observa un ahorro promedio en el tiempo de llenado y sellado del 80,29 % al realizar las operaciones de envasado con equipo automático, se observa también un ahorro promedio en el costo de mano de obra directa del 83,19 %, un ahorro promedio en material de empaque del 27,31 % del precio actual reflejando las ventajas operativas y económicas del envasado con equipos automáticos.

Se realizó un pronóstico o estimación de ventas en unidades físicas de gel bactericida, gel médico y gel yodado para los próximos cinco (2014 - 2018) con un crecimiento interanual del 10 % basados en el histórico de ventas del 2013; cuya importancia radica en la utilización de instalaciones, insumos, equipos, personal operativo y flujo de caja de los procesos de producción.

En las tablas XXVIII y XXIX se presenta el flujo de caja de la producción de geles sanitizantes realizando las operaciones de envasado con equipos semiautomáticos y equipos automáticos, en el cual se observan los costos de producción en función del pronóstico de ventas en unidades físicas, los ingresos por la venta de los geles, los gastos de ventas y administración, la depreciación del equipo automático y obra civil (activos tangibles) en forma lineal durante los cinco años de vida útil de los equipos, la importancia de la depreciación radica en la deducción permitida (escudo fiscal) en el impuesto sobre la renta el cual se calcula sobre la utilidad de operación.

En la tabla XXX se observa que el valor numérico del valor presente neto del flujo de caja de producción de geles sanitizantes envasado con equipos semiautomáticos (método actual) es mayor que el valor numérico del valor presente neto del flujo de caja de producción de geles sanitizantes envasado con equipos automáticos; con una diferencia de Q. 91 259,00, los cuales representan las utilidades netas futuras equivalentes a utilidades netas ahora, por lo tanto es más rentable el proceso de producción envasado con equipos semiautomáticos, como criterio económico complementario se observa que la relación beneficio/costo (0,15) de la producción de geles envasado con equipos automáticos es menor que 1 por lo tanto el método de envasado económicamente no se justifica; ya que los beneficios económicos (beneficios positivos) no igualan a los costos (inversión inicial), debido al bajo volumen de ventas de geles santizantes.

En la tabla XXXI se observa el análisis de sensibilidad del valor presente neto y la relación beneficio/costo en función del crecimiento en las ventas de los geles sanitizantes, se observa que el valor presente neto de la producción de geles sanitizantes envasando con equipos automáticos aumenta en mayor proporción que envasando por el método actual, en la figura 35 se observa que la tendencia del valor presente neto para ambas alternativas es lineal con pendiente positiva, con una mayor pendiente envasado con equipos automáticos lo cual significa que su valor presente neto crece a mayor rapidez, la intersección de las dos curvas localiza el punto de equilibrio entre ambas alternativas con un valor numérico de 559 066 bolsas en cinco años (111 814 bolsas/anuales) equivalentes a un crecimiento en las ventas actuales del 23 %, por lo tanto, si se espera que el número de unidades vendidas sea mayor que la cantidad de equilibrio se selecciona el equipo de envasado automático, puesto que el costo total de operación será más bajo. En forma opuesta un nivel de ventas menor al punto de equilibrio favorece el envasado con equipos semiautomáticos.

CONCLUSIONES

1. La línea de envasado de geles sanitizantes opera con una eficiencia de 83 a 85 %, debido a que el tiempo empleado en la dosificación y sellado no son equivalentes, también existen factores como el cansancio físico, fatiga, irritación de ojos y vías respiratorias en el envasado de geles hidroalcohólicos de lotes relativamente grandes (3 000 bolsas) que disminuyen la productividad de la operación y ponen en riesgo la calidad de sellado térmico.
2. Con base en los resultados de las pruebas de envasado en bolsa plástica la empresa cuenta con un equipo (PL-149) versátil y preciso en la dosificación bajo condiciones de operación controladas.
3. Con base en los resultados de las pruebas de envasado en bolsa plástica con la empacadora automática EQ-B, la maquina ofertada por el proveedor A posee ventajas técnicas importantes como versatilidad, precisión, alto rendimiento, sello térmico garantizado y ventajas operacionales como eliminación de fatiga y cansancio.
4. Con base en el análisis económico de Valor Presente Neto y la relación B/C de los procesos de producción envasando con equipos semiautomáticos (actual) y con equipos automáticos (propuesta), la implementación del equipo automático económicamente es factible cuando se alcancen niveles de producción de 111 814 unidades anuales equivalentes a un crecimiento en las ventas del 23 % durante los próximos cinco años respecto a las ventas del 2013.

RECOMENDACIONES

1. Medir la viscosidad de los geles sanitizantes, como parámetro de liberación de producto terminado.
2. Implementar metas de envasado e inspecciones periódicas, por parte del supervisor de producción durante el llenado y sellado de geles sanitizantes.
3. Realizar la inspección del sello térmico en cada una de las bolsas selladas por el operador responsable.
4. Requerir los servicios externos de un electricista o ingeniero eléctrico en el diseño e implementación de un temporalizador y medidor de temperatura en la selladora de calor por impulso.
5. Llevar un histórico o registro del mantenimiento y funcionamiento de la dosificadora de pistón así como del rendimiento del teflón en la selladora de calor por impulso.
6. Planificar la producción de geles sanitizantes considerando que si se etiqueta el línea se ahorra el 7,11 % del tiempo total de producción pero se eleva el costo del producto terminado en Q. 0,09/bolsa

7. Realizar un estudio de mercado de los geles sanitizantes, para implementar el equipo automático de llenado y sellado de geles sanitizantes y determinar el tiempo en que se alcanzara el punto de equilibrio en unidades físicas entre las alternativas de envasado.

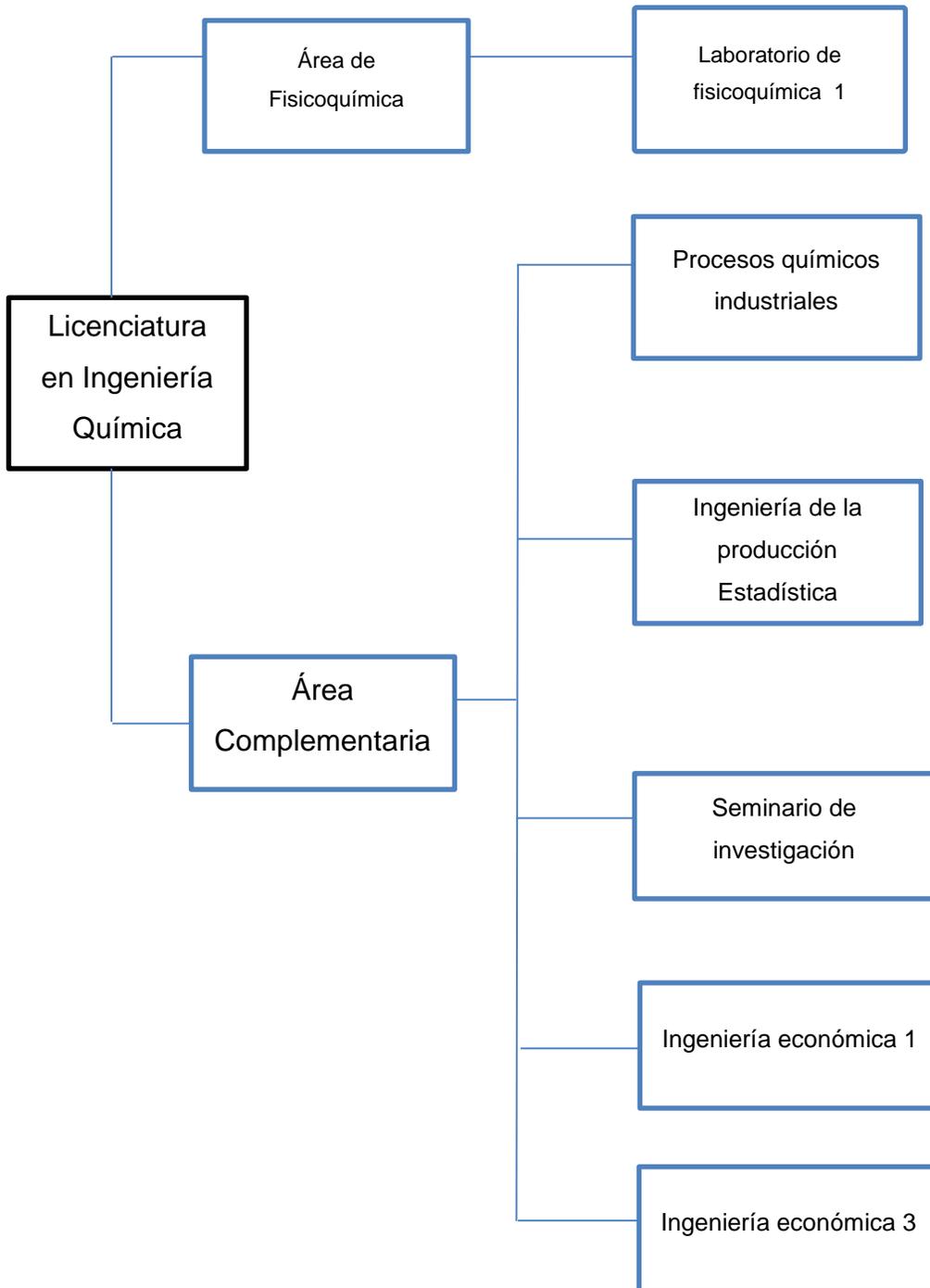
BIBLIOGRAFÍA

1. ARGUETA MAYORGA, Oscar Fernando. *Estudio de prefactibilidad para la instalación de un planta productora y envasadora de alcohol en gel, en el municipio de Mixco departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Maestro en formulación y evaluación de proyectos. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas, 2011. 146 p.
2. BLANK, Leland. *Ingeniería económica*. 4a ed. Colombia McGraw-Hill, 1999. ISBN: 958-600-966-1. 722 p.
3. BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *Brookfield DV-E digital viscosimeter, operating instructions (Manual No. M/98-350-H0410)*. Estados Unidos. 33 p.
4. BROOKFIELD, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. *More solutions to sticky problems*. Estados Unidos. 25 p.
5. FLORES SALAS, Ana Lucia. *Ejemplo de un procedimiento del análisis reológico de una pintura con solvente mineral y resina alquídica*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 132 p.
6. LEVINE, Ira. *Fisicoquímica*. 5a ed. España McGraw-Hill, 1996. 495 p.

7. MONZON OXOM, Rodolfo Eduardo. *Análisis de operaciones para el mejoramiento del proceso, en la línea de producción de aceite vegetal (900 ml), en Olmeca, S.A., aplicando el estudio de tiempos y movimientos*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2008. 124 p.
8. RUBEN ALFARO, José Moran. *Diseño de modelo de máquina empacadora de bolsas prefabricadas tipo doy pack*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Centroamérica Simeón cañas, Antigua Cuscatlán. El Salvador, 20011. 115 p.
9. VALLE, Alfredo. *Materiales complejos para el envasado de alimentos al vacío o atmósfera modificada*. [en línea] [http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/7381D4D08275908BC1256F250063FA93/\\$FILE/Materiales%20complejos%20Vac%C3%ADo-MAP.SUEDPACK.pdf?OpenElement](http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/0/7381D4D08275908BC1256F250063FA93/$FILE/Materiales%20complejos%20Vac%C3%ADo-MAP.SUEDPACK.pdf?OpenElement) [Consulta: 12 de Octubre de 2013]
10. WALPOLE, Ronald. *Probabilidad y estadística*. 4a ed. México McGraw-Hill, 1992. ISBN: 0-02-424210-1. 797 p.

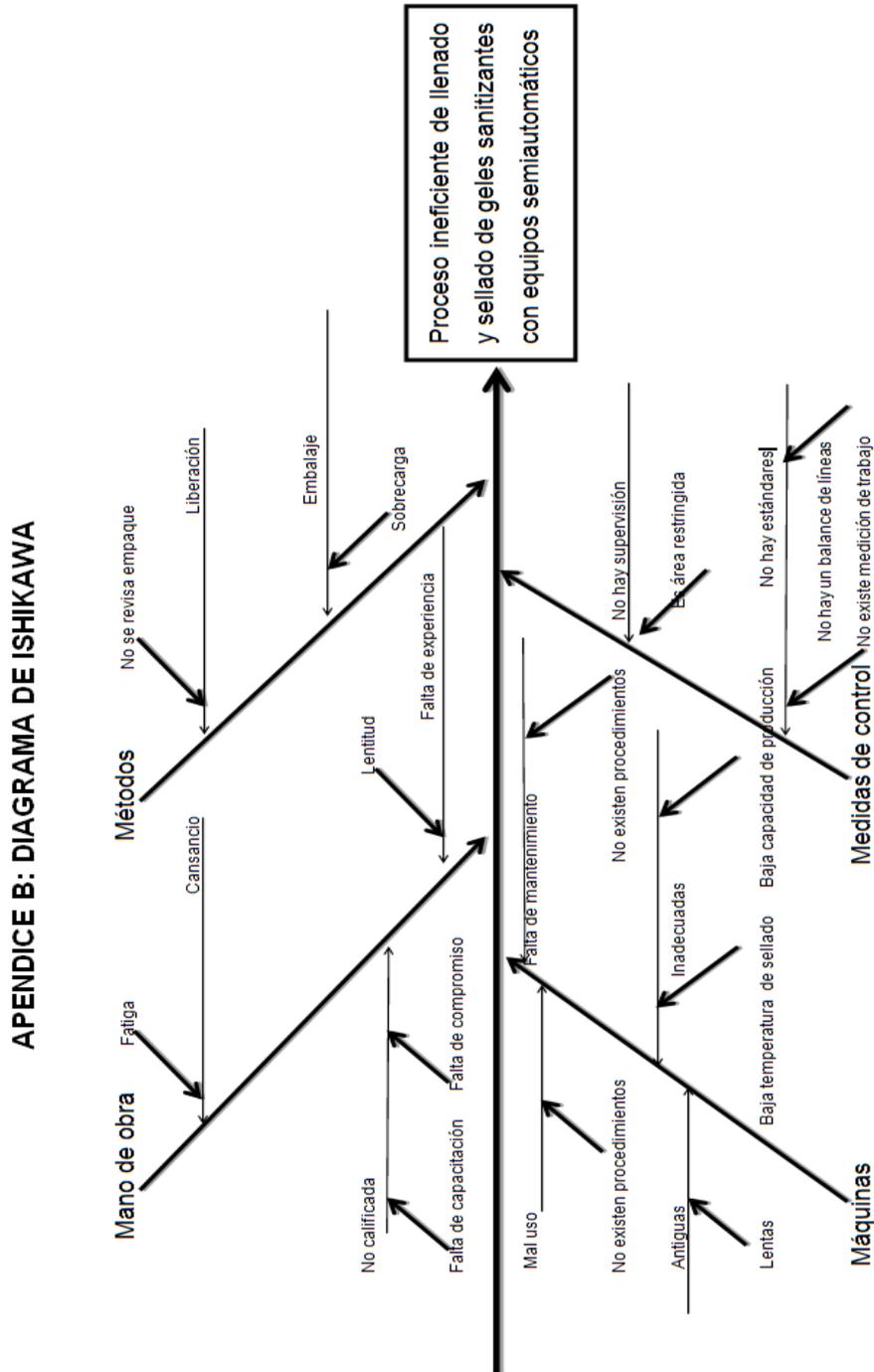
APÉNDICES

APÉNDICE A: TABLA DE REQUISITOS ACADÉMICOS



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE B: DIAGRAMA DE ISHIKAWA



Fuente: elaboración propia.

APÉNDICE B: CÁLCULOS DE INVESTIGACIÓN

Viscosidad absoluta de geles sanitizantes

Producto	Temperatura (°C)	No. Aguja	RPM	Torque (dina/cm ²)	Viscosidad (cP)
Gel bactericida	24,3	64	5	33,20	39 800
			10	38,40	23 040
			20	47,30	14 290
			30	54,20	11 020
			50	66,00	78 90
			100	Error	Error
Gel médico	24,3	63	3	55,80	22 630
			10	76,60	9 230
			20	94,00	5 639
			30	Error	Error
			60	Error	Error
			100	Error	Error
Gel yodado	24,3	64	2	29,60	88 800
			3	32,40	64 800
			4	35,00	52 500
			5	35,90	43 100
			6	38,60	38 600
			10	43,30	25 970

Fuente: elaboración propia.

Errores de medición y límites de viscosidad absoluta de geles sanitizantes

Producto	Aguja	TK	SMC	RPM	FSR	Precisión (cP)	Viscosidad (cP)	Error de medición (cP)	Error admisible (cP)	Límite inferior (cP)	Límite superior (cP)
Gel bactericida	64	0.0937	640	20	29 994	300	14 290	143	443	13 847	14 733
Gel médico	63	0.0937	128	3	39 991	400	22 630	226	626	22 004	23 256
Gel yodado	64	0.0937	640	5	119 974	1 200	31 300	313	1513	29 787	32 813

Fuente: elaboración propia.

Tiempos cronometrados

Tiempos de operación en la producción de Gel bactericida		Lote No.
Cantidad bolsas	Cantidad cajas de 24 Unidades	Fecha de producción: julio de 2013
3178.00	132.42	

No. operarios	Nombre del operador	Ritmo (min/B)	Ritmo (s/B)	Operación	Tc (min)	Tc (h)
1.00	Operario 4			Traslado de MP	100,00	2,67
1.00	Operario 4			Pesado de MP	60,00	1,00
1.00	Operario 3			Formulación	319,00	4,42
1.00	Operario 3			Retraso por espera de despeje de línea	10,00	0,17
1.00	Operario 5			Liberación de producto terminado	12,00	0,20
1.00	Operario 1	0,2900	17,25	Llenado	913,80	15,23
1.00	Operario 2	0,3000	18,03	Sellado	955,20	15,92
1.00	Operario 6	0,0700	4,00	Impresión de etiqueta	220,69	3,68
1.00	Operario 7			Traslado de toneles con gel tipo A	31,00	0,52
3.00	Operario 7 Operario 8 Operario 9	0,0354	2,12	Etiquetado de bolsas	112,40	1,87
1.00	Operario 6	0,6667		Encajado	88,28	1,47
1.00	Operario 7	0,4800		Sellado cajas	63,56	1,06
1.00	Operario 6	0,7600		Etiquetado de cajas y estibado	108,64	1,81
Tiempo total					2 994,56	50,01

Fuente: elaboración propia.

Tiempos cronometrados

Tiempos de operación en la producción de Gel médico		Lote No.
Cantidad bolsas	Cantidad cajas de 24 Unidades	Fecha de producción: julio de 2013
700.00	29.00	

No. operarios	Nombre del operador	Ritmo (min/B)	Ritmo (s/B)	Operación	Tc (min)	Tc (h)
1	Operario 10			Traslado de MP	20,00	0,33
1	Operario 10			Pesado de MP	61,00	1,02
1	Operario 3			Formulación	175,00	2,92
1	Operario 3			Demora (No había balanza)	20,00	0,33
2	Operario 1 Operario 3			Incompatibilidad (M-llenadora-producto)	170,00	2,83
	Operario 5			Liberación de producto terminado	12,00	0,20
1	Operario 1	0,34	20,31	Llenado	268,00	4,47
1	Operario 3	0,36	21,69	Sellado	276,00	4,60
1	Operario 6			Impresión de etiqueta	42,00	0,70
1	Operario 7			Traslado de toneles con gel tipo B	7,00	0,12
2	Operario 6 Operario 7	0,11		Etiquetado de bolsas	55,20	0,92
1	Operario 6	0,67	1,01	Encajado	29,40	0,49
1	Operario 7	0,48		Sellado (1 sello)	13,80	0,23
1	Operario 7			Sellado (3 sellos)	9,00	0,15
1	Operario 7	0,90		Etiquetado de cajas y estibado	26,00	0,43
Tiempo total					1 184,40	19,74

Fuente: elaboración propia.

Tiempos cronometrados

Tiempos de operación en la producción de gel yodado		Lote No.
Cantidad bolsas	Cantidad cajas de 20 Unidades	Fecha de envasado: julio de 2013
1157.00	57.85	

No. operarios	Nombre del operador	Ritmo (Min/B)	Ritmo (S/B)	Operación	Tc (min)	Tc (h)
1	Operario 10			Traslado de MP	60.00	1.00
1	Operario 10			Pesado de MP	80.00	1.33
1	Operario 3			Formulación	359.00	5.98
1	Operario 5			Liberación de producto terminado	24.00	0.40
1	Operario 1	0.34	20.31	Llenado	391.60	4.47
1	Operario 3	0.36	21.69	Sellado	419.00	4.55
1	Operario 6			Impresión de etiqueta	48.60	0.81
2	Operario 7	0.11		Etiquetado de bolsas	133.75	2.23
1	Operario 6	0.67		Encajado y sellado	38.57	0.64
1	Operario 6	0.68		Etiquetado de cajas y estibado	47.49	0.79
Tiempo total					1602.01	22.21

Fuente: elaboración propia.

Condiciones de envasado de gel bactericida

Pruebas de llenado y sellado bolsa de 500 ml				Fecha: julio 2013
Producto: Gel bactericida		Equipo = PL-149		Densidad = 0.9102 g/ml
No. Lote		P= 40 psig		Masa= 456 g
No. bolsas	Masa promedio (g)	Tiempo (s)	Capacidad (b/s)	Capacidad (b/min)
30	455.1	1090	0.055	3.33

Fuente: elaboración propia.

Condiciones de envasado de gel médico

Pruebas de llenado y sellado bolsa de 500 ml				Fecha: julio 2013
Producto: Gel médico		Equipo = PL-149		Densidad = 1.024 g/mL
No. Lote		P= 40 psig		Masa = (411 - 435) g
No. bolsas	Masa promedio (g)	Tiempo (s)	Capacidad (b/s)	Capacidad (b/min)
38	412.52	1185	0.07	4.02

Fuente: elaboración propia.

Condiciones de envasado de gel yodado

Pruebas de llenado y sellado bolsa de 800 ml				Fecha: julio 2013
Producto: Gel yodado		Equipo = PL-149		Densidad=0.95 g/mL
No. Lote		P= 40 psig		Masa = (769-798) g
No. bolsas	Masa promedio (g)	Tiempo (s)	Capacidad (b/s)	Capacidad (b/min)
83	786.78	2000.51	0.04	2.49

Fuente: elaboración propia.

Resumen de datos estadísticos del envasado de geles sanitizantes

Producto	Gel bactericida	Gel médico	Gel yodado
Media aritmética (g)	455,10	412,52	786,78
Desviación estándar (g)	1,67	3,04	6,90
Varianza (g ²)	2,79	9,23	47,63
CV (%)	0,37	0,74	0,88

Fuente: elaboración propia.

Procedimiento de limpieza

Procedimiento de limpieza y desinfección	Código:	Revisión No. 1	Página 1 de 1
	Fecha de aprobación:		
	Descripción: Procedimiento de limpieza y desinfección de dosificadora de pistón		
	Elaborado por: Otto Orozco	Revisado por:	Aprobado por:

Equipo a limpiar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agregue 227 ml de A-HC-327 a 49.5 Lb de agua 2. Agregue la solución del paso 1 a la tolva de almacenamiento, accione la dosificadora 5 veces y deje reposar por 10 minutos 3. Llene la tolva con agua y descargue inmediatamente. 4. Agregue 85 g de saniclor a 49.5 Lb de agua 5. Agregue la solución del paso 4 a la tolva de almacenamiento, accione la dosificadora 5 veces y deje reposar por 8 minutos 6. Llene la tolva con agua y descargue inmediatamente. 7. Verifique las ppm de cloro en el agua (máximo 3ppm) 			
Dosificadora de pistón				
Insumos o productos químicos				
A-HC-327				SC (85g)
Frecuencia				
Envasado de geles sanitizantes				
Tiempo máximo: 46 minutos				

Fuente: elaboración propia.

**Equipo de seguridad necesario para el envasado de geles
hidroalcohólicos (Llenador y sellador)**

1. Overol
2. Botas de hule
3. Cofia
4. Gabacha vinílica
5. Mascarilla de filtros

**Recomendaciones de mantenimiento de la dosificadora de pistón y
selladora de pedal por impulso**

1. Revisar medidores de presión (manómetros)
2. Revisar componentes eléctricos de los equipos
3. Revisar partes mecánicas de la dosificadora de pistón
4. Revisar el estado de los empaques en la boquilla
5. Revisar el *timer* en la selladora de pedal
6. Revisar el fusible de la selladora de pedal

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 3178 BOLSAS DE GEL BACTERICIDA
ENVASANDO CON EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS**

Costos de mano de obra directa

Operación	Operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 4	160,00	1.0375	Q166.99
Formulación	Operario 3	319,00	1.1625	Q370.59
Demora por despeje de línea	Operario 3	10,00	1.1625	Q11.61
Liberación de producto terminado	Operario 5	12,00		
Llenado	Operario 1	913,80	0.5750	Q527.03
Sellado	Operario 2	955,20	0.5125	Q493.46
Impresión de etiqueta	Operario 6	220,69	1.2000	Q264.56
Etiquetado de bolsas	Operario 7	143,40	0.5500	Q78.84
Etiquetado de bolsas	Operario 8	112,40	0.4875	Q55.10
Etiquetado de bolsas	Operario 9	112,40	0.5875	Q65.83
Encajado	Operario 6	88,20	1.2000	Q105.74
Sellado cajas	Operario 7	63,56	0.5500	Q34.95
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 6	108,64	1.2000	Q130.24
Total		3219,29		Q2,304.91

Fuente: elaboración propia.

Costos de mano de obra indirecta

Total gastos indirectos	Q	3,000.00
Libras producidas	Q	3,200.00
Overhead (Q/Lb)		0.94

Fuente: elaboración propia.

Costos de materia prima

Materia prima	Cantidad usada (Lb)	Costo (Q/Lb)	Costo (Q)
1	7.94	173.8000	Q1,380.80
2	3.24	61.3875	Q199.08
3	1904.28	5.3625	Q10,222.55
4	15.89	10.7125	Q170.19
5	4.70	29	Q136.38
6	1263.94	0	
Total	3200.00		Q12,108.99

Fuente: elaboración propia.

Costos de material de empaque

Material de empaque	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo empaque (Q)
Bolsa	3178	0.2250	Q 724.19
Etiqueta de bolsa	3178	0.9375	Q 2,984.54
Caja	132.42	8.5125	Q 1,126.80
Etiqueta de caja	132.42	0.9375	Q 124.35
			Q 4,959.89

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel bactericida (3 178 bolsas)

Descripción de costos	Monto (Q)	
Costos directos:		
Materia prima	Q	12,108.99
Material de empaque	Q	4,959.89
Mano de obra		Q2,304.91
Costos indirectos:		
Overhead	Q	3,000.00
Total	Q	22,373.78

Costo por bolsa de producto terminado	
Q	7.04

Fuente: elaboración propia.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 700 BOLSAS DE GEL MÉDICO
ENVASANDO CON EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS.**

Costos de mano de obra directa

Operación	Nombre del operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 10	81.00	0.7500	Q 60.66
Formulación	Operario 10	175.00	1.1625	Q 203.30
Demora (No habia balanza)	Operario 3	20.00	1.1625	Q 23.24
Incompatibilidad (M-llenadora-producto)	Operario 3	170.00	0.5750	Q 98.05
Incompatibilidad (M-llenadora-producto)	Operario 5	170.00	1.1625	Q 197.49
Liberación de producto terminado	Operario 1	12.00		
Llenado	Operario 3	268.00	0.5750	Q 154.56
Sellado	Operario 6	273.00	1.1625	Q 317.15
Impresión de etiqueta	Operario 7	42.00	1.2000	Q 50.35
Etiquetado de bolsas	Operario 6	62.20	0.5500	Q 34.20
Etiquetado de bolsas	Operario 7	55.20	1.2000	Q 66.18
Encajado	Operario 6	29.40	1.2000	Q 35.25
Sellado (1 sello)	Operario 7	13.80	0.5500	Q 7.59
Sellado (3 sellos)	Operario 7	9.00	0.5500	Q 4.95
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 7	26.00	1.2000	Q 31.16
Total		1406.60		Q 1,284.10

Fuente: elaboración propia.

Costos de mano de obra indirecta

Total gastos	Q 615.00
Libras producidas	656
Overhead (Q/Lb)	0.94

Fuente: elaboración propia.

Costos de materia prima

Materia prima	Cantidad usada (Lb)	Costo (Q/Lb)	Costo (Q)
1	2.42	173.8	Q 421.09
2	0.60	61.3875	Q 36.65
3	536.31	5.3625	Q 2,879.00
4	1.37	6.1875	Q 8.48
5	1.37	151.85	Q 208.13
6	157.93	0	
Total	700		Q 3,553.34

Fuente: elaboración propia.

Costos de material de empaque

Material de empaque	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo Producto (Q)
Bolsa	700	0.2250	Q 159.51
Etiqueta de bolsa	700	0.9375	Q 657.39
Caja	29	8.5125	Q 248.20
Etiqueta de caja	29	0.9375	Q 27.39
			Q 1,092.49

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel médico (700 bolsas)

Descripción de costos	Monto (Q)
Costos directos:	
Materia prima	Q 3,553.34
Material de empaque	Q 1,092.49
Mano de obra	Q 1,284.10
Costos indirectos:	
Overhead	Q 615.00
Total	Q 6544.93

Costo por bolsa de producto terminado	
Q	9.35

Fuente: elaboración propia.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1157 BOLSAS DE GEL YODADO
ENVASANDO CON EQUIPOS SEMIAUTOMÁTICOS**

Costos de mano de obra directa

Operación	Nombre del operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 10	140.00	0.7500	Q 104.85
Formulación	Operario 10	337.00	1.1625	Q 391.49
Liberación de producto terminado	Operario 3	24.00	0	
Llenado	Operario 5	391.60	0.575	Q 225.85
Sellado	Operario 1	440.30	1.1625	Q 511.50
Impresión de etiqueta	Operario 3	48.60	1.2000	Q 58.26
Etiquetado de bolsas	Operario 6	134.00	0.5500	Q 73.68
Encajado y sellado	Operario 7	38.57	0.5500	Q 21.20
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 6	48.00	0.5500	Q 26.39
Total		1580.07		Q 1,413.21

Fuente: elaboración propia.

Costos de mano de obra indirecta

Total gastos	Q 1,815.78
Libras producidas	1936.83
Overhead (Q/Lb)	0.94

Fuente: elaboración propia.

Costos de materia prima

Materia prima	Cantidad usada (Lb)	Costo (Q/Lb)	Costo (Q)
1	15.77	173.8000	Q 2,740.84
2	9.85	61.3875	Q 604.68
3	19.75	6.1625	Q 121.70
4	59.20	151.0125	Q 8,940.01
5	128.25	8.0875	Q 1,036.79
6	98.65	1.0125	Q 100.50
7	1605.35		
Total	1936.83		Q 13,544.51

Fuente: elaboración propia.

Costos de material de empaque

Material de empaque	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo (Q)
Bolsa	1272.7	0.7898	Q. 1,005.11
Caja	57.85	8.5095	Q. 492.28
Etiqueta de caja	57.85	0.9405	Q. 54.41
Total			Q. 1,551.80

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel yodado (1157 bolsas)

Descripción de costos	Monto (Q)
Costos directos:	
Materia prima	Q. 13,544.51
Material de empaque	Q. 1,551.80
Mano de obra	Q. 1,413.21
Costos indirectos:	
Overhead	Q. 1,815.78
Total	Q 18,741.25

Costo por bolsa de producto terminado	
Q	16.20

Fuente: elaboración propia.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 3178 BOLSAS DE GEL BACTERICIDA
ENVASANDO CON EQUIPO AUTOMÁTICO**

Costos de mano de obra directa

Operación	Nombre del operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 4	160.00	1.0375	Q. 166.99
Formulación	Operario 3	319.00	1.1625	Q. 370.59
Retraso por espera de despeje de línea	Operario 3	10.00	1.1625	Q. 11.61
Liberación de producto terminado	Operario 5	12.00	0	
Control de envasado automático	Operario 3	246.00	1.1625	Q. 285.78
Encajado	Operario 6	88.50	1.2000	Q. 106.09
Sellado cajas	Operario 7	63.56	0.5500	Q. 34.95
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 6	108.64	1.2000	Q. 130.24
Total		1007.70		Q. 1,106.24

Fuente: elaboración propia.

Costos de material de empaque

Material de empaque	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo empaque (Q)
Bobina impresa	3193.89	0.6625	Q 2,101.98
Caja	132.42	8.5125	Q 1,126.80
Etiqueta de caja	132.42	0.9375	Q 124.35
Total			Q 3,353.14

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel bactericida (3178 bolsas)

Descripción de costos	Monto (Q)
Costos directos:	
Materia prima	Q. 12,108.99
Material de empaque	Q. 3,353.14
Mano de obra	Q. 1,106.24
Costos indirectos:	
Overhead	Q. 3,000.00
Total	Q. 19,568.36

Costo por bolsa de producto terminado
Q. 6.16

Fuente: elaboración propia.

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 700 BOLSAS DE GEL MÉDICO ENVASANDO CON EQUIPO AUTOMÁTICO

Costos de mano de obra directa

Operación	Nombre del operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 10	81.00	0.7500	Q 60.66
Formulación	Operario 3	175.00	1.1625	Q 203.30
Liberación de producto terminado	Operario 5	9.00		
Control de envasado automático	Operario 3	79.00	1.1625	Q 91.78
Encajado	Operario 6	36.00	1.2000	Q 43.16
Sellado (1 sello)	Operario 7	13.80	0.5500	Q 7.59
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 6	26.00	1.2000	Q 31.16
Total		419.80		Q 437.65

Fuente: elaboración propia.

Costos de material de empaque

Material de empaque	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo (Q)
Bolsa	770	0.6581	Q 506.76
Caja	29	8.5095	Q 248.20
Etiqueta de caja	29	0.9391	Q 27.39
Total		0	Q 782.34

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel médico (700 bolsas)

Descripción de costos	Monto (Q)
Costos directos:	
Materia prima	Q. 3,553.34
Material de empaque	Q. 782.34
Mano de obra	Q. 437.65
Costos indirectos:	
Overhead	Q. 615.00
Total	Q. 5,388.33

Costo por bolsa de producto terminado	
Q	7.70

Fuente: elaboración propia.

**COSTOS DE PRODUCCIÓN DE 1157 BOLSAS DE GEL YODADO
ENVASANDO DE FORMA AUTOMÁTICA**

Costos de mano de obra directa

Operación	Nombre del operador	Minutos trabajados	Salario (Q/min)	Costo total (Q)
Metrología	Operario 10	140.00	0.7500	Q. 104.85
Formulación	Operario 3	337.00	1.1625	Q. 391.49
Liberación de producto terminado	Operario 5	24.00	0	
Control automático de envasado	Operario 3	123.00	1.1625	Q. 142.89
Encajado y sellado	Operario 7	39.00	0.5500	Q. 21.44
Etiquetado de cajas y estibado	Operario 6	47.00	0.5500	Q. 25.84
Total		710.00		Q. 679.78

Fuente: elaboración propia.

Costos de material empaque

Materia prima	Cantidad requerida (U)	Precio de compra (Q/U)	Costo (Q)
Bolsa	1272.7	0.7898	Q. 1,005.11
Caja	57.85	8.5095	Q. 492.28
Etiqueta de caja	57.85	0.9405	Q. 54.41
Total			Q. 1,551.80

Fuente: elaboración propia.

Resumen de costos de producción de gel yodado (1157 bolsas)

Costos directos:	
Materia prima	Q13,544.51
Material de empaque	Q1,551.80
Mano de obra	Q679.78
Costos indirectos:	
Overhead	Q1,815.78
Total	Q17,591.86

Costo por bolsa de producto terminado	
Q	15.20

Fuente: elaboración propia.

CALCULO DE COSTO UNITARIO DE EMPAQUE A PARTIR DE BOBINAS LAMINADAS

Proveedor	Empaque	Largo (m)	Ancho (m)	Área (m ² /bolsa)	Peso estructura (g/m ²)	KGS X MILLAR	RENDIMIENTO	Precio (Kg/m ²)	Costo (\$/m ²)	Costo (\$/bolsa)	Costo (\$/millar)	Costo (Q/bolsa)
Sigma Q	Transparente	0,225	0,325	0,073	100	7,313	136,752	9	1,125	0,083	82,266	0,659
	Oscuro	0,225	0,325	0,073	100	7,313	136,752	10,8	1,350	0,099	98,719	0,790
Polytec	Transparente	0,225	0,325	0,073	93	6,801	147,045	7,2	0,838	0,061	61,206	0,490
	Oscuro	0,225	0,325	0,073	98	7,166	139,543	7,6	0,931	0,068	68,080	0,545

Fuente: elaboración propia.

Costos de producción y precio de venta de geles sanitizantes

Costos de producción		
Producto	Precio actual (Q/B)	Precio maquina nueva (Q/B)
Gel bactericida	7,04	6,16
Gel médico	9,35	7,70
Gel yodado	16,20	15,20

Precio de venta		
Producto	Precio actual (Q/B)	Precio maquina nueva (Q/B)
Gel bactericida	11,73	11,73
Gel médico	15,58	15,58
Gel yodado	27	27

Fuente: elaboración propia.

Pronóstico de ventas método: crecimiento del 10 % anual

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Gel bactericida (Unidades)	29341	32275	35503	39053	42958	47254
Gel médico (Unidades)	11968	13165	14481	15929	17522	19275
Gel yodado (Unidades)	13500	14850	16335	17969	19765	21742
Total ventas anuales (Unidades)	54809	60290	66319	72951	80246	88270

Fuente: elaboración propia.

Costos de producción envasado con equipo semiautomático

Costos de producción					
Año	2014	2015	2016	2017	2018
Gel bactericida (Q)	Q (227,136)	Q (249,850)	Q (274,835)	Q (302,318)	Q (332,550)
Gel médico (Q)	Q (123,091)	Q (135,400)	Q (148,940)	Q (163,834)	Q (180,217)
Gel yodado (Q)	Q (240,570)	Q (264,627)	Q (291,090)	Q (320,199)	Q (352,219)
Total costos anual (Q)	Q (590,797)	Q (649,877)	Q (714,864)	Q (786,351)	Q (864,986)

Fuente: elaboración propia.

Ingresos por ventas

Ingresos por ventas					
Año	2014	2015	2016	2017	2018
Gel bactericida (Q)	Q 378,560	Q 416,416	Q 458,058	Q 503,863	Q 554,250
Gel medico (Q)	Q 205,151	Q 225,667	Q 248,233	Q 273,057	Q 300,362
Gel yodado (Q)	Q 400,950	Q 441,045	Q 485,150	Q 533,664	Q 587,031
Total ingresos anual (Q)	Q 984,661	Q 1,083,128	Q 1,191,440	Q 1,310,584	Q 1,441,643

Fuente: elaboración propia.

Costos de producción envasado con equipo automático

Costos de producción					
Año	2014	2015	2016	2017	2018
Gel bactericida (Q)	Q (198,895)	Q (218,785)	Q (240,663)	Q (264,730)	Q (291,203)
Gel medico (Q)	Q (101,369)	Q (111,506)	Q (122,656)	Q (134,922)	Q (148,414)
Gel yodado (Q)	Q (225,720)	Q (248,292)	Q (273,121)	Q (300,433)	Q (330,477)
Total costos anual (Q)	Q (525,984)	Q (578,583)	Q (636,441)	Q (700,085)	Q (770,094)

Fuente: elaboración propia.

REQUERIMIENTO DE MÁQUINA AUTOMÁTICA DE LLENADO Y SELLADO EN BOLSAS PLÁSTICAS

Requerimientos funcionales:

Llenado automático

1. Llenado automático de sanitizantes yodados e hidroalcohólicos , ambos viscosos en un rango (5000-40000) centipoise
2. Llenado automático de líquidos desengrasantes espumosos y alcalinos en un rango (13-14)
3. Llenado automático de jabones líquidos espumosos (pH=7)
4. Llenado automático de jabones líquidos viscosos en un rango (600-5000) centipoise
5. Termo Sellar la bolsa automáticamente.

Forma de realizar las tareas

1. Tareas realizadas en línea.
2. Protección contra llenado y sellado cuando no existan bobinas de empaque.

Requerimientos técnicos de funcionamiento

1. Tipo de empaque: laminaciones de polietileno
2. Temperatura del producto a envasar: (20-30) °C
3. Energía:

- Aire comprimido
 - Energía eléctrica 110-220 VAC
4. Detalle de los componentes mecánicos y eléctricos de la máquina
 5. Tamaño del empaque:
 - Largo: 10.5"
 - Ancho 6"

6. Fechador:

6.1 Convencional

(P08-2013, V08-2014)

6.2 Actual

Fab. 12/08/2013

Vence: 12/08/2014

Lote No.: 13080200

7. Dimensiones convencionales de máquinas Flexipack.
8. Pedestal

Cantidades de producto a llenar:

1. 500 ml y 800 ml
2. Precisión de llenado $\pm 1\%$

Construcción en acero inoxidable 304 y materiales grado sanitario, aptos para el contacto con productos sanitizantes y resistentes a productos desengrasantes alcalinos de pH 13 - 14.

Requerimientos operacionales

1. Seguridad para el personal
2. Control electromecánico.
3. De fácil limpieza

Requerimientos comerciales

1. Garantía
2. Soporte, servicio técnico y venta de repuestos de uso local.
3. Cotización detallada de la máquina.