



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE
CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S.A.**

Eduardo Alejandro González González
Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, octubre de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE
CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE
AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

EDUARDO ALEJANDRO GONZÁLEZ GONZÁLEZ
ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADORA	Inga. Rosa Amarilis Dubon
EXAMINADOR	Ing. Oscar Estuardo de León Maldonado
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 31 de julio de 2015.

Eduardo Alejandro González González

Guatemala, abril de 2017

Ing. José Francisco Gómez Rivera
Director de Escuela
Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Atentamente me dirijo a usted para hacer constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante universitario **Eduardo Alejandro González González**, que se identifica con carné No. 200819340 de la carrera de Ingeniería Mecánica Industrial el cual lleva por título: **“DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S.A.”**

Habiendo dado el seguimiento respectivo considero que el mismo cumple con los objetivos por lo tanto LO DOY APROBADO, solicitando darle el tramite respectivo.

Atentamente

Alejandro Estrada Martínez
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado 5305



Ingeniero Alejandro Estrada Martínez

Colegiado 5305



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Alejandro González González**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Byron Chocooj Barrientos
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 4509

Ing. Byron Gerardo Chocooj Barrientos
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.145.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S. A.**, presentado por el estudiante universitario **Eduardo Alejandro González González**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

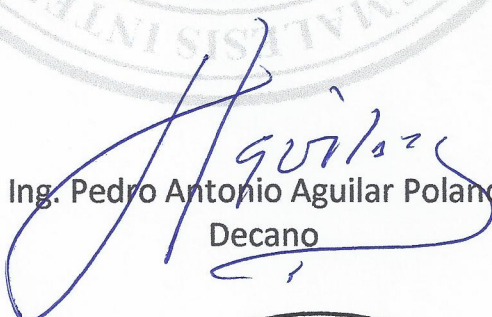


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 455.2017

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 Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE UNA MÁQUINA SEMI-AUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA EN SUPERFICIE CILÍNDRICA Y MECÁNICA, PARA OPTIMIZAR LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DE AMPOLLETAS EN LA DROGUERÍA PRODUPHARMA, S. A.,** presentado por el estudiante universitario: **Eduardo Alejandro González González** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, octubre de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser el guía en los momentos importantes de mi vida, por la sabiduría y la fuerza para alcanzar mis objetivos.
Mis padres	Cesar González e Irma González, por su apoyo incondicional, por brindarme la educación e inculcarme los valores y principios indispensables en mi formación.
Irma Laparra	Que con amor y esmero dedicó su vida para cuidarme.
Mis abuelos	Eterna gratitud por su dedicación, entrega y amor.
Mi familia	Por el cariño y apoyo en todo momento.
Mi novia	Alejandra Castañeda por el amor que me ha manifestado, por todo su apoyo, por su paciencia, por ser una persona a quien admiro y amo.
Mis amigos	De infancia y de Universidad por su amistad y por compartir experiencias y momentos inolvidables durante mi formación académica.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de
San Carlos de
Guatemala**

Por haber sido mi casa de estudios todos estos años, de la cual estoy y estaré orgulloso de pertenecer.

Facultad de Ingeniería

Por ser parte de uno de los principales proyectos de mi vida.

**Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial**

Por la oportunidad de desempeñarme como docente auxiliar agregando valor a mi experiencia laboral.

**Ingeniero Alejandro
Estrada Martínez**

Por su apoyo, ayuda y asesoría en el desarrollo de este trabajo de graduación.

**Ingeniero Byron Gerardo
Chocooj Barrientos**

Por su acompañamiento y cooperación con sus conocimientos y experiencia profesional brindada a lo largo del proceso de mi formación académica.

**Ing. José Francisco
Gómez Rivera**

Por compartir su amplia experiencia, sabiduría, conocimientos y gran apoyo para mi desarrollo profesional.

**Inga. Rossana Margarita
Castillo Rodríguez**

Por su amistad, aprecio, consejos, orientación y su admirable dedicación profesional que me sirven como ejemplo.

**Droguería
Produpharma, S. A.**

Por haberme abierto sus puertas y permitirme realizar en sus instalaciones el presente estudio para mi trabajo de graduación y a su propietario el señor Luis de León por darme la oportunidad de realizar la investigación desarrollada para poder culminar este logro.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Historia	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Misión	2
1.1.4. Visión.....	3
1.2. Tipo de organización	3
1.2.1. Organigrama.....	3
1.3. Productos de la empresa.....	4
1.3.1. Produfenaco (diclofenaco sódico).....	4
1.3.2. Produnerv (neurotropas).....	5
1.3.3. Dexamen (dexametasona).....	5
1.4. Máquinas.....	5
1.4.1. Definición	5
1.4.2. Tipos de máquinas	6
1.4.2.1. Manuales	6
1.4.2.2. Automáticas	6
1.4.2.3. Semiautomáticas	6

	1.4.2.3.1.	Mecanismos de las máquinas semiautomáticas	7
1.5.		Mantenimiento.....	7
	1.5.1.	Definición.....	7
	1.5.2.	Tipos de mantenimiento	7
		1.5.2.1. Mantenimiento preventivo	8
		1.5.2.2. Mantenimiento predictivo.....	8
		1.5.2.3. Mantenimiento correctivo	9
		1.5.2.4. Mantenimiento cero horas	9
1.6.		Descripción del proceso de serigrafía	10
	1.6.1.	Preparación del diseño o imagen	11
	1.6.2.	Elección del lienzo o seda	11
	1.6.3.	Preparación del marco	12
	1.6.4.	Emulsionar, quemar y revelar.....	12
	1.6.5.	Registro	13
	1.6.6.	Tiraje	13
1.7.		Aplicación de la serigrafía	13
1.8.		Emulsionantes.....	14
1.9.		Preparación de bastidores	14
1.10.		Serigrafía en superficies cilíndricas.....	15
	1.10.1.	Serigrafía en ampolletas.....	15
1.11.		Definición de ampolleta médica	16
	1.11.1.	Tipos de ampolletas médicas	16
		1.11.1.1. Ampolleta de 3 ml.....	17
		1.11.1.2. Ampolleta de 2 ml.....	17
		1.11.1.3. Ampolleta de 5 ml.....	17
		1.11.1.4. Ampolleta de 10 ml.....	17
1.12.		Definición de costos	17

1.12.1.	Costos de producción	18
1.12.1.1.	Costos variables	18
1.12.1.2.	Costos fijos	18
1.13.	Evaluación financiera y económica	19
1.13.1.	Evaluación financiera.....	19
1.13.2.	Evaluación económica.....	19
1.13.3.	Valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN)	20
1.13.4.	Tasa interna de retorno (TIR)	20
1.13.5.	Relación beneficio - costo (índice de deseabilidad)	21
1.14.	Análisis de sensibilidad.....	22
1.14.1.	Análisis unidimensional	22
1.14.2.	Análisis multidimensional.....	22
2.	SITUACIÓN ACTUAL.....	23
2.1.	Descripción del proceso de producción	23
2.1.1.	Diagrama del proceso.....	24
2.2.	Análisis de costos.....	25
2.2.1.	Costos directos fijos.....	25
2.2.2.	Costos directos variables.....	26
2.2.3.	Costos indirectos fijos.....	26
2.2.4.	Costos indirectos variables.....	27
2.3.	Análisis del costo del proceso de identificación del producto ..	27
2.3.1.	Costo de transporte	28
2.3.2.	Costo de materia prima perdida.....	28
2.3.3.	Costo de <i>outsourcing</i>	28
2.4.	Análisis de ingresos.....	29
2.5.	Evaluación de resultados.....	29

2.5.1.	Relación beneficio-costo	31
2.5.2.	Evaluación del valor presente neto (VPN).....	31
3.	PROPUESTA PARA REALIZAR EL DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA	33
3.1.	Descripción del sistema neumático	33
3.1.1.	Compresor.....	34
3.1.2.	Cilindros neumáticos	35
3.1.3.	Electroválvulas neumáticas	36
3.1.4.	Regulador de presión	36
3.1.5.	Unidad de mantenimiento.....	37
3.1.6.	Reguladores de presión	37
3.1.7.	Mangueras	37
3.1.8.	Silenciadores.....	38
3.2.	Descripción del sistema eléctrico	38
3.2.1.	Redes de distribución eléctrica.....	39
3.2.2.	Transformadores	39
3.2.3.	Interruptores	39
3.2.4.	Fusibles	40
3.2.5.	Contactores	40
3.2.6.	<i>Microswitch</i>	40
3.3.	Descripción del método de soldadura a utilizar	41
3.3.1.	Tipos de soldaduras	41
3.3.2.	Soldadura eléctrica tipo arco.....	43
3.4.	Análisis de los elementos y materiales de la máquina	46
3.4.1.	Aceros	46
3.4.2.	Electrodos	46
3.4.3.	Rodamientos	47
3.4.4.	Ejes	48

	3.4.5.	Tornillos	48	
	3.4.6.	Sistema neumático	48	
	3.4.7.	Sistema eléctrico	49	
3.5.		Configuración general de la máquina	50	
	3.5.1.	Bastidor	50	
	3.5.2.	Sistema neumático	50	
	3.5.3.	Sistema eléctrico	53	
3.6.		Planos de la máquina	53	
3.7.		Requerimientos para la construcción de la máquina	59	
	3.7.1.	Requerimientos mecánicos.....	59	
	3.7.2.	Requerimientos del sistema neumático	59	
	3.7.3.	Requerimientos del sistema eléctrico	60	
3.8.		Propuesta de mantenimiento	60	
	3.8.1.	Descripción del mantenimiento.....	61	
		3.8.1.1. Rodamientos.....	64	
		3.8.1.2. Ejes.....	64	
		3.8.1.3. Sistema neumático	64	
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	67	
	4.1.	Producción de ampolletas	67	
		4.1.1. Creación del departamento de serigrafía.....	67	
			4.1.1.1. Autorización de gerencia	68
			4.1.1.2. Recurso humano	68
			4.1.1.2.1. Puesto: diseñador gráfico.....	69
			4.1.1.2.2. Puesto: operador de impresión.....	70
			4.1.1.2.3. Puesto: auxiliar de impresión.....	71

	4.1.1.3.	Recurso financiero	72	
		4.1.1.3.1.	Recurso, maquinaria 73	
4.2.		Descripción del proceso de serigrafía	74	
	4.2.1.1.	Verificación de positivos	74	
	4.2.2.	Lavado de marcos.....	75	
	4.2.3.	Tensado de seda de marcos.....	76	
	4.2.4.	Quemado de marcos.....	76	
	4.2.5.	Impresión de ampollitas	77	
	4.2.6.	Secado	77	
4.3.		Implementación de los diagramas.....	78	
	4.3.1.	Diagrama de flujo de operaciones.....	78	
	4.3.2.	Diagrama de distribución del departamento	82	
	4.3.3.	Diagrama de recorrido.....	83	
	4.3.4.	Diagrama del proceso de producción	84	
4.4.		Departamento de serigrafía.....	85	
	4.4.1.	Costos	85	
		4.4.1.1.	Proyección de ingresos totales..... 85	
		4.4.1.2.	Proyección de egresos totales	86
4.5.		Implementación del mantenimiento.....	88	
4.6.		Evaluación financiera-económica.....	89	
	4.6.1.	Construcción de flujo de efectivo.....	91	
	4.6.2.	Estimación de valor presente neto (VPN).....	92	
	4.6.3.	Recuperación de la inversión	92	
4.7.		Cálculo de la relación beneficio-costos	94	
4.8.		Análisis de sensibilidad de la proyección	94	
	4.8.1.	Análisis sin departamento de serigrafía	95	
	4.8.2.	Análisis con la máquina semiautomática.....	96	
5.		MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA.....	101	

5.1.	Descripción del uso de la máquina	101
5.2.	Resultados.....	102
5.3.	Rutinas	103
5.4.	Programación	106
5.5.	Acciones correctivas.....	107
5.6.	Estadísticas	108
5.6.1.	Histograma de chequeos	109
5.6.2.	Historial de la máquina	111
5.7.	Auditorías	117
5.7.1.	Internas.....	117
5.7.2.	Externas	126
CONCLUSIONES		127
RECOMENDACIONES		131
BIBLIOGRAFÍA.....		133
APÉNDICES		135
ANEXO		139

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama general de la empresa.....	4
2.	Técnica de serigrafía.....	10
3.	Proceso actual	24
4.	Valor presente neto actual	31
5.	Bastidor de la máquina de serigrafía.....	54
6.	Diseño de portamarcos de serigrafía	55
7.	Plano de rodamientos de la máquina de serigrafía	56
8.	Diseño de máquina semiautomática de serigrafía	57
9.	Diagrama neumático	58
10.	Organigrama del departamento de serigrafía.....	68
11.	Diagrama de flujo del proceso de serigrafía.....	79
12.	Diagrama de distribución del departamento de serigrafía, empresa Produpharma, S. A.....	82
13.	Diagrama de recorrido Proceso de Impresión de ampolleta	83
14.	Diagrama del proceso de producción propuesto.....	84
15.	Flujo de efectivo proyectado anualmente.....	92
16.	Formato de control de inspección	105
17.	Proyección de histograma de chequeos	111
18.	Fundamentos de la auditoría interna del mantenimiento.....	118
19.	Auditoría del mantenimiento.....	120

TABLAS

I.	Criterio de evaluación VPN.....	20
II.	Criterio de evaluación beneficio/costo	21
III.	Costos directos de producción.....	26
IV.	Costos indirectos fijos	27
V.	Costo de materia prima perdida.....	28
VI.	Costos de <i>outsourcing</i> (servicio de serigrafía).....	29
VII.	Ingresos mensuales.....	29
VIII.	Evaluación de resultados (cifras expresadas en quetzales)	30
IX.	Corriente y revestimiento del electrodo (norma AWS).....	45
X.	Características del cilindro de doble efecto	51
XI.	Nomenclatura de lubricantes y grasas.....	63
XII.	Mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía	66
XIII.	Presupuesto para la Implementación del departamento de serigrafía.....	73
XIV.	Estimación del ingreso total mensual.....	86
XV.	Costos de operación de serigrafía	87
XVI.	Costos de inversión	87
XVII.	Costos de operación proyectado	89
XVIII.	Sueldos y salarios del departamento de serigrafía	90
XIX.	Costos indirectos fijos proyectados.....	90
XX.	Estado de resultados proyectado.....	91
XXI.	Flujo de efectivo, recuperación de la inversión	93
XXII.	Análisis de sensibilidad sin departamento de serigrafía	95
XXIII.	Flujo de efectivo anual sin el departamento de serigrafía.....	96
XXIV.	Flujo de efectivo anual con departamento de serigrafía	97
XXV.	Análisis de Sensibilidad con Departamento de Serigrafía	97

XXVI.	Análisis comparativo de la sensibilidad sin departamento de serigrafía y con departamento de serigrafía.....	98
XXVII.	Manual del uso de la máquina	101
XXVIII.	Acciones correctivas	108
XXIX.	Proyección de chequeos anuales	110
XXX.	Formato del historial de mantenimiento	113
XXXI.	Formato de historial de fallas y averías.....	115
XXXII.	Formato de reporte mensual de actividades	117
XXXIII.	Formato de la información general de la empresa	121
XXXIV.	Formato de información de los equipos	122
XXXV.	Formato de estado del mantenimiento	123
XXXVI.	Formato de antecedentes de costos de mantenimientos	124
XXXVII.	Formato de efectividad del mantenimiento.....	125

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grado centígrado
HRS	Horas
ML	Mililitro
mm	Milímetros
N	Newton
π	Pi
%	Porcentaje
"	Pulgadas
Q	Quetzales

GLOSARIO

Aire comprimido	Es una determinada masa de aire que se encuentra sometida a una presión superior a la atmosférica.
Aleación	Es una mezcla ente dos metales que se da por fusión o su solidificación.
Blisteadado	Soporte de cartón con una lámina de plástico transparente que forma cavidades utilizadas como empaque de ciertos productos.
Campo magnético	Campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas.
Caudal	Cantidad de fluido que puede avanzar en una unidad de tiempo. También, se le puede llamar caudal volumétrico o índice de flujo de fluido, se expresa en masa o volumen.
Electrodo	Es un conductor eléctrico utilizado para realizar un contacto con una parte no metálica dentro de un circuito.

Émbolo	Es un accesorio de una bomba o cilindro con un movimiento de arriba hacia abajo impulsado por un fluido o bien recibiendo el impulso de él.
Energía monofásica	Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica formado por una única corriente alterna y que el voltaje varía de la misma forma.
Energía trifásica	Sistema de producción, distribución y consumo de energía eléctrica compuesto por tres corrientes alternas monofásicas de igual frecuencia y amplitud.
Mecanismo	Es un dispositivo que transmite o transforma un movimiento de entrada en una fuerza resultante que permite resolver una necesidad o problema técnico planteado.
<i>Outsourcing</i>	Proceso en el que una empresa externaliza una parte de su actividad, por lo cual contrata a una empresa externa para que se haga cargo de ciertas actividades complementarias a la actividad principal
Poliuretano	Es un material plástico que se presenta principalmente en la preparación de barnices, adhesivos y aislantes térmicos.

Presión atmosférica

Es el peso que ejerce el aire de la atmósfera como consecuencia de la gravedad sobre la superficie terrestre o sobre una de sus capas de aire.

Termoplástico

Es un tipo de plástico fabricado con un polímero que se vuelve líquido homogéneo cuando se calienta a temperaturas relativamente altas y que cuando se enfría es un material duro.

Vástago

Barra que sujeta al centro de una de las dos caras del émbolo y sirve para transmitirle movimiento a un mecanismo.

RESUMEN

La producción de ampollas médicas es un proceso que debe cumplir con varias normas de salud, higiene y legales; dentro del proceso productivo de medicamentos es importante la identificación del producto para su comercialización y venta. Actualmente, la droguería Produpharma, S. A; sufre esa necesidad por medio de empresas que deriven una serie de inconvenientes: pérdida de tiempo y materia prima durante el transporte, costos adicionales en el proceso, retraso en la entrega de pedidos, entre otros.

Sin embargo, el proceso serigráfico de ampollas es indispensable porque es la etiqueta primaria del producto; sin embargo, aunque este proceso representa una fluctuación muy grande, en la producción de medicamentos no puede ser eliminado. No obstante, si es posible la reducción del tiempo efectuado en la operación; por lo cual, el presente trabajo de graduación propone una alternativa con la elaboración de una máquina semiautomática de serigrafía en superficies cilíndricas.

Esta propuesta plantea la selección de los elementos mecánicos y neumáticos idóneos para la máquina, diseño estructural, mecánico, eléctrico y neumático de la máquina, una guía para la selección del personal capacitado para realizar la operación serigráfica en superficies cilíndricas, diagrama del flujo de las operaciones del proceso de identificación de ampollas y un manual de mantenimiento preventivo y correctivo que garantice el perfecto funcionamiento de la máquina de serigrafía.

Es importante que la alternativa del procedimiento sea factible; en consecuencia, en la propuesta se comprueba que la implementación de la máquina semiautomática de serigrafía, además de reducir tiempo en el proceso, reduce de manera considerable los costos totales de la elaboración de ampollitas; según el estudio financiero que proyecta los ingresos que actualmente percibe la droguería y estima los costos de implementación del nuevo procedimiento dentro del laboratorio farmacéutico.

OBJETIVOS

General

Diseñar una máquina semiautomática de serigrafía en superficie cilíndrica para optimizar los costos de producción de ampollitas en la droguería Produpharma, S.A.

Específicos

1. Aumentar la utilidad de la empresa.
2. Reducir los tiempos de entrega de los lotes de producto terminado a los clientes.
3. Disminuir los desperdicios del proceso de identificación del producto en las empresas terceras de serigrafía.
4. Seleccionar los mejores elementos y sistemas que darán movimiento a cada uno de los mecanismos de la máquina.
5. Definir una guía de mantenimiento para la máquina y que garantice su funcionamiento óptimo.
6. Proponer que se implemente un departamento de serigrafía que cumpla con todas las herramientas necesarias para dicho proceso.

7. Realizar un manual de la máquina para que el personal de la droguería Produpharma, S.A. lo consulte por cualquier duda.

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre ha buscado facilitar sus tareas por medio de instrumentos, maquinaria y tecnología, cuya función principal es suplir las necesidades de un proceso; se han logrado grandes avances: reducción de tiempos, precisión en los parámetros de un diseño, mejoramiento en la calidad de un producto, minimizar el esfuerzo humano y optimizar los costos empleados en la producción de un bien.

Para toda industria, lucrativa o no, la disminución de costos es fundamental para alcanzar eficazmente sus metas; basado en este principio se hace el enfoque en la droguería Produpharma S. A., productora y comercializadora de productos farmacéuticos la cual busca agilizar su proceso y optimizar costos y tiempo en la producción de ampollitas.

Por lo tanto, que el presente trabajo de graduación se plantea el diseño de una máquina semiautomática para serigrafía, con el fin de proveer una solución óptima a la empresa ya que actualmente suplen dicha necesidad empleando el método de *outsourcing*, es decir, utilizan los servicios de una empresa de serigrafía externa para el etiquetado de sus productos, lo que evidentemente aumenta en su índice costo productivo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

Produpharma, S. A., es una empresa con más de diez años dedicada a la elaboración y comercialización de productos farmacéuticos. La empresa trabaja constantemente para formar capital humano y el mejor equipo de trabajo. El ambiente que se le brinda al personal es agradable, son capacitados constantemente y reciben beneficios adicionales que contribuyen en su formación integral.

Además, la empresa trabaja con el objetivo de brindar a sus clientes capitalinos y del interior del país productos fabricados con normas de calidad y comprometidos para ofrecer siempre un excelente servicio.

1.1.1. Historia

Produpharma, S. A., es una empresa familiar que ha crecido con el paso de los años; sin embargo, la idea surge del Sr. Emilio De León quien, tras dedicar 25 años de su vida a la carrera como visitador médico, decide independizarse para fundar su propia droguería.

Se registra como marca en el año de 1999 para luego en septiembre del año 2002 facturar los primeros pedidos; contaba en el listado con únicamente dos productos: Producef (tabletas y suspensión oral). Con el transcurrir de los años, la empresa introduce al mercado los distintos productos ya registrados, para el año 2005 se contaba en el listado de venta con cinco productos más:

Produfluor, Sinameb, Produnerv. Para finales de 2008, el listado creció a 11 productos entre los cuales destaca: Produbac, Produvit Vial, Dolo produnerv, Produgrip y Vasodil. Debido a las exigencias de los clientes, la lista aumentó para la segunda parte del año 2011 con los productos Produfenaco tableta, Produvit jarabe, Produfenaco ampolla y Produgastric.

A la fecha se tienen en el registro de la propiedad intelectual un total 16 marcas registradas; su mira es pasar de ser una droguería a un laboratorio farmacéutico que fabrique sus propios medicamentos para el pueblo de Guatemala.

1.1.2. Ubicación

La empresa Produpharma, S. A., se encuentra ubicada en el municipio de Villa Nueva. Colinda al norte con la ciudad de Guatemala, al sur con el municipio de Amatitlán y al oriente con el municipio de San Miguel Petapa. La ubicación exacta de la empresa es: 2da calle “C” 2-80, zona 5, Villa Nueva, Residenciales El Tabacal.

1.1.3. Misión

“Brindar una solución a las necesidades de nuestros clientes, satisfaciendo sus requerimientos mediante la comercialización de medicamentos y suministros médicos elaborados con nuestra marca, garantizando altos estándares de calidad y eficiencia de los productos farmacéuticos, asegurando el crecimiento personal, profesional y económico de nuestra empresa.”¹

¹ Empresa de medicamentos Produpharma, S. A. <http://www.deguate.com.gt/guatemala/medicina-y-salud/laboratorios-farmaceuticos.php>. Consulta: 29 de julio de 2015.

1.1.4. Visión

“Ser una empresa en permanente superación, que sea reconocida por el compromiso con la sociedad guatemalteca en el área de salud, ser la mejor alternativa en el mercado por la incesante búsqueda de fármacos de la mejor calidad para la satisfacción y bienestar de la comunidad”².

1.2. Tipo de organización

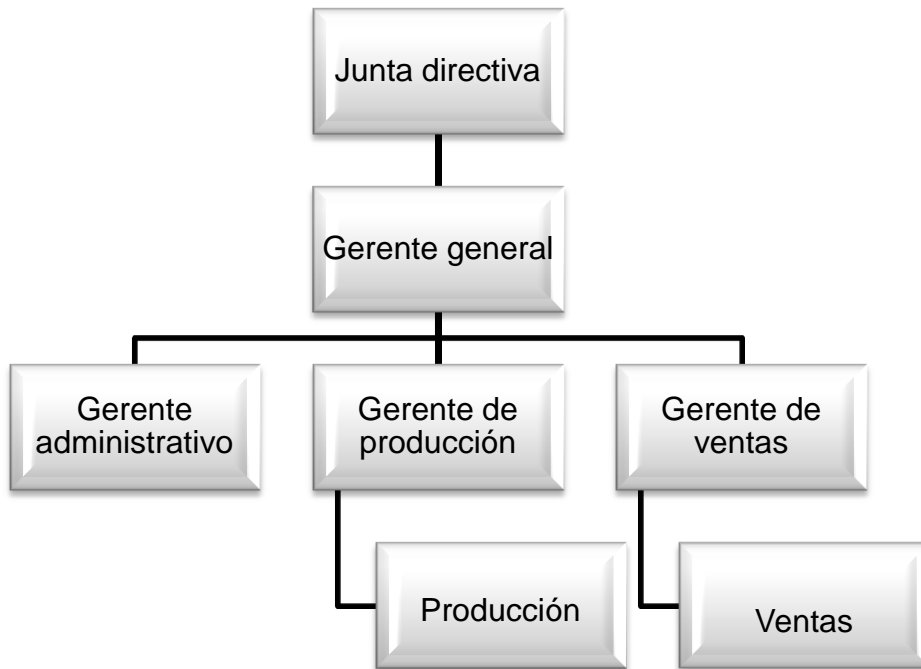
La droguería Produpharma, S. A., se conforma como una sociedad anónima y utiliza un tipo de organización con fines de lucro y formal; es decir, su objetivo es lograr un beneficio o utilidad; las disposiciones de la empresa las tiene el gerente general, luego, son expuestas a la Junta Directiva conformada por los socios, quienes tienen la decisión de aprobar o reprobar dichas disposiciones.

1.2.1. Organigrama

El organigrama representa las relaciones e interacción entre las funciones de cada uno de los departamentos de la empresa; también, ayuda a la gerencia a detectar deficiencias en cualquier departamento. El organigrama de empresa es de tipo vertical: presenta los niveles jerárquicos desde la gerencia hasta el nivel de operarios.

² Empresa de medicamentos Produpharma, S. A. <http://www.deguate.com.gt/guatemala/medicina-y-salud/laboratorios-farmaceuticos.php>. Consulta: 29 de julio de 2015.

Figura 1. **Organigrama general de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

1.3. Productos de la empresa

La empresa Produpharma, S. A., produce varios medicamentos y suministros médicos; sin embargo, los fármacos de interés en el presente trabajo de graduación son los envasados en ampolletas.

1.3.1. Produfenaco (diclofenaco sódico)

El diclofenaco es un relajante para reducir inflamaciones, también, es utilizado como analgésico, puesto que reduce dolores causados por heridas leves hasta dolores elevados.

1.3.2. Produnerv (neurotropas)

Son tres vitaminas (B12, B1 y B6) que ejercen un efecto sobre el tejido nervioso y se utiliza para el tratamiento de la anemia, para procesos energéticos de las neuronas y sirve como estimulante para el sistema nervioso central.

1.3.3. Dexamen (dexametasona)

La dexametasona se usa para aliviar la inflamación y para tratar ciertas formas de artritis, trastornos en la piel, problemas en la sangre, riñones, alergias severas y asma.

1.4. Máquinas

Las máquinas son utilizadas para facilitar una tarea, con su uso se realizan trabajos que maximizan la eficiencia y minimizan el esfuerzo humano. En la actualidad, las máquinas son sustitutas de la mano de obra en las empresas debido a que la mayoría solo necesitan de dos o incluso una persona para su manipulación.

1.4.1. Definición

Una máquina es un conjunto de piezas que pueden ser fijas o móviles con el objetivo de realizar un trabajo. Una máquina es capaz de dirigir, regular y transformar energía para aprovecharla según las necesidades.

1.4.2. Tipos de máquinas

Existen diferentes tipos de máquinas de acuerdo a la necesidad requerida en la actividad; se pueden clasificar a partir de diversos criterios. En el presente trabajo de graduación se explicarán los tipos de máquinas según su tipo de propulsión.

1.4.2.1. Manuales

Son aquellas máquinas cuyo funcionamiento debe ser directamente supervisado por una persona, es decir, la máquina proporciona la fuerza y energía para realizar el trabajo, pero necesita de un operario que le proporcione el control durante la actividad.

1.4.2.2. Automáticas

Estas máquinas operan durante largos períodos de tiempo sin la necesidad de que una persona intervenga en el proceso. Para su funcionamiento requiere únicamente ser accionada y de una vigilancia cada cierto intervalo de tiempo.

1.4.2.3. Semiautomáticas

Las máquinas semiautomáticas funcionan con la ayuda de un programa de control y un operario. El operario tiene la función de cargar y descargar la máquina, sin embargo, la principal tarea la realizará el mecanismo semiautomático de la máquina.

1.4.2.3.1. Mecanismos de las máquinas semiautomáticas

Los mecanismos son los elementos que transforman las fuerzas y los movimientos. Los mecanismos de las máquinas semiautomáticas en su mayoría son ayudados por sistemas hidráulicos o neumáticos.

1.5. Mantenimiento

Es fundamental comprender la importancia del mantenimiento para una máquina para garantizar su buen y correcto funcionamiento; por lo tanto, a continuación, se exponen las siguientes definiciones.

1.5.1. Definición

El mantenimiento es un conjunto de acciones cuyo objetivo es el prevenir y asegurar el normal funcionamiento de los equipos o máquinas utilizadas en la industria. Para realizar dichas acciones es necesario contar con una planificación y organización para lograr un mantenimiento con el menor costo posible. Además, el mantenimiento busca alargar la vida útil de una máquina.

1.5.2. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento se diferencian en función de tres aspectos: el tiempo en que se realicen las operaciones; los recursos, y el por qué son puestos en marcha. A continuación, se analizarán cuatro tipos de mantenimientos.

1.5.2.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo también, llamado mantenimiento planificado, tiene como objetivo primordial mantener el óptimo servicio de los equipos, aunque estos no hayan dado indicios de falla; la mayoría de veces se realiza con base en las especificaciones del fabricante de la máquina y con la experiencia del personal a cargo. El mantenimiento preventivo presenta las siguientes características.

- Se realiza con base en un programa ya establecido donde se detalla el procedimiento, con el fin de tener todas las herramientas o repuestos en el lugar donde se realizará el mantenimiento.
- Se planifican fechas que indican el inicio y final de la tarea.
- Se ejecuta en un tiempo cuando la máquina no se encuentre produciendo.

1.5.2.2. Mantenimiento predictivo

Su función es realizar un diagnóstico a los equipos o máquinas mediante ensayos no destructivos; por lo tanto, este mantenimiento representa un alto costo debido a que la mayoría de inspecciones se ejecuta cuando el equipo se encuentra en funcionamiento y sin ocasionar paros en la producción.

Este tipo de mantenimiento necesita para su aplicación la identificación de variables físicas: la temperatura, la vibración de la máquina, el consumo de energía, el ruido, entre otros; estas variaciones se utilizan como indicadores de problemas en la máquina. El mantenimiento predictivo se utiliza como

información para realizar un programa adecuado de un mantenimiento preventivo.

1.5.2.3. Mantenimiento correctivo

Es el conjunto de acciones con la finalidad de corregir una falla en la máquina o el equipo cuando se produce, de tal forma que se dé una solución al problema en el menor tiempo posible, optimizando el costo de mantenimiento. La desventaja de dicho mantenimiento es que afecta el servicio del equipo sin previo aviso lo cual ocasiona paros inesperados en la producción. No obstante, cuando una falla se presenta, el mantenimiento correctivo es indispensable y forzoso para la continuidad en la producción.

Dicho mantenimiento está ligado a la antigüedad de la maquinaria, según su historial de fallas, estas se incrementarán por la existencia de un mayor desgaste en el equipo.

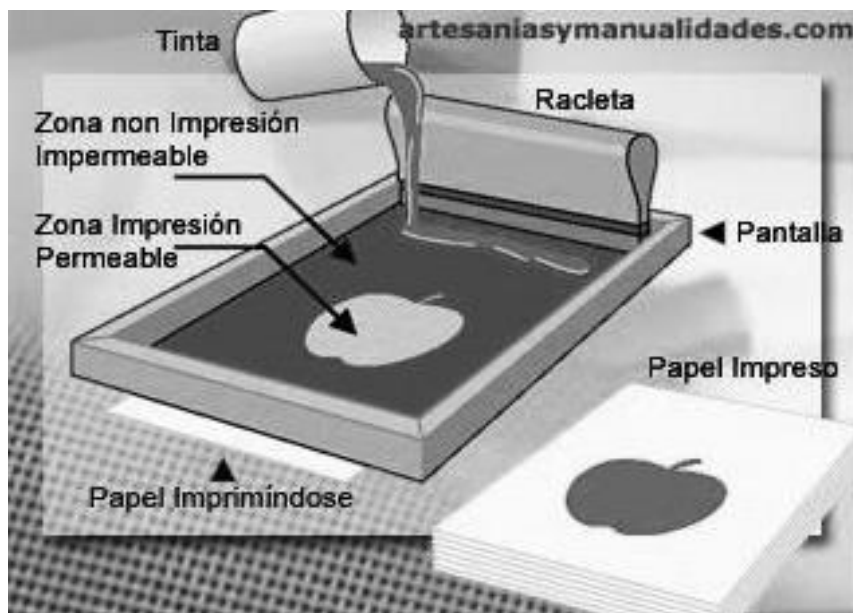
1.5.2.4. Mantenimiento cero horas

También llamado *overhaul* y tiene por objetivo realizar inspecciones en los equipos en intervalos de tiempos los cuales han sido programados mucho antes que las fallas aparezcan; cuando la fiabilidad de un equipo disminuye resulta arriesgado realizar estimaciones sobre su capacidad productiva. Este mantenimiento consiste en dejar el equipo a cero horas, es decir, como si la maquinaria fuese nueva, lo que conlleva a realizar un cambio en todas aquellas piezas que hayan sido sometidas a un desgaste por su uso y se pretende asegurar el tiempo de funcionamiento de la máquina con un alto índice de probabilidad.

1.6. Descripción del proceso de serigrafía

Es un conjunto de pasos cuyo objetivo es reproducir un diseño sobre cualquier material. El proceso serigráfico es una técnica de impresión que consiste en transferir tinta a través de un lienzo sintético también llamada seda o malla, la cual está tensada a un marco; la malla es preparada con anterioridad con productos químicos que bloquean el paso de tinta en las zonas donde no haya diseño y queda libre para el paso de tinta en las áreas del arte que será impreso.

Figura 2. Técnica de serigrafía



Fuente: *Técnica de serigrafía*. www.artesaniasymanualidades.com. Consulta: 20 de junio de 2016.

1.6.1. Preparación del diseño o imagen

La imagen debe ser opaca a la luz, especialmente a la luz ultravioleta; dicha imagen corresponde al diseño que será impreso. Puede realizarse de manera manual o con programas de computación como *Photoshop* o *Freehand*. En el caso de que el diseño o imagen posea dos o más colores estos se tienen que separar y transformarlos a blanco y negro.

1.6.2. Elección del lienzo o seda

Un lienzo o seda serigráfica es un tejido sintético fino y resistente que tiene como función el paso de la tinta serigráfica. Para su correcto y adecuado uso deben tomarse en cuenta las siguientes características:

- Estructura del hilo de la malla: pueden ser monofilamento o multifilamento; la primera estructura facilita el paso de tinta, es más sencilla de limpiar y posee alta resistencia a la tracción; por el contrario, la estructura multifilamento es más difícil de limpiar, es pobre en la tracción y desgaste, sin embargo, presenta una buena adherencia en las emulsiones y un bajo costo.
- Numeración de las mallas: se refiere al número de hilos que hay en un centímetro lineal o una pulgada lineal; las numeraciones de malla para el uso serigráfico están comprendidas en un intervalo de 10 y 200 hilos por centímetro lineal. En general, las mallas más abiertas, las de numeración baja, dejan un depósito más grueso de tinta y se utilizan cuando se requiere estampar diseños de menor definición. Por otra parte, las mallas más finas dejan depósito de tinta menos denso y se utilizan para estampados de diseños de mayor definición.

1.6.3. Preparación del marco

Dentro de la serigrafía se pueden utilizar marcos de madera o metálicos; los de menor costo son los fabricados de madera, los cuales son muy fáciles de confeccionar, también, más sencillos para tensar el lienzo; sin embargo, posee el inconveniente de que la madera se puede doblar lo que genera que su vida útil sea menor; por el contrario, los marcos elaborados de materiales metálicos son más duraderos y de mejor calidad, pero por su peso son más utilizados en máquinas automáticas de serigrafía.

1.6.4. Emulsionar, quemar y revelar

- Emulsionar: es el proceso en el cual con la ayuda de un aplicador le es colocada una emulsión a toda la malla tensionada en el marco, previamente lavada, desengrasada y seca; seguidamente, debe dejarse secar en un cuarto totalmente oscuro. Para obtener mejores resultados, se debe emplear la emulsión en una posición inclinada de abajo hacia arriba; debe aplicarse dos capas por dentro y dos capas por fuera del marco de manera homogénea y el secado se debe esperar de dos a seis horas.
- Quemar: este proceso también es conocido como exposición, consiste en colocar la imagen o el diseño en contacto con la emulsión por el lado exterior en una mesa de vacío y se expone el tiempo necesario, este tiempo varía según el tipo de lámpara con la que se quemará el diseño y la transparencia de la imagen.
- Revelar: se revela con agua tibia o fría mojando suavemente por un intervalo de dos minutos; luego, se realizará con presión para destapar

las zonas de imagen a estampar. Si al revelar se cae la emulsión indica que faltó tiempo de quemado; en caso de no se destapa la zona de imagen, se abusó del tiempo de quemado.

1.6.5. Registro

El registro se utiliza para mantener la impresión en un mismo lugar, la mayoría de las veces se realiza este proceso cuando el diseño tiene varios colores y se requiere de todos los estenciles se acoplen exactamente en el mismo lugar de impresión.

1.6.6. Tiraje

Se le llama de esta forma al proceso de repetición continua de impresión de la imagen en las superficies deseadas.

1.7. Aplicación de la serigrafía

En la actualidad, la industria de la serigrafía ha evolucionado en gran manera, debido a la versatilidad en la impresión de una imagen que puede ser prácticamente en cualquier superficie; en consecuencia, sus aplicaciones son muchas, por lo tanto, en continuo crecimiento; por ello se desarrollarán las más utilizadas:

- Etiquetas: la serigrafía por su facilidad se puede realizar en etiquetas para productos, calcos para promociones, adhesivos de papel y etiquetas de seguridad.

- Industria textil: hoy en día es utilizado en el estampado en camisetas, playeras, gorras, uniformes, etcétera.
- Envases: se pueden imprimir todo tipo de envases de cualquier material: cartón, plástico, vidrio, madera; y distintas formas: circulares, rectangulares o planos.

1.8. Emulsionantes

En el mercado existen varios tipos de emulsiones que dependen de la tinta, la más utilizada en Guatemala es la emulsión *fotoserigame* de color azul, utilizada para estampar con tinta a base de agua.

La adherencia de la emulsión al marco dependerá de la forma en que se aplique el sensibilizador con la emulsión. Previo a pegar la película en el estencil, debe dejarse reposar la mezcla de los componentes (emulsión y sensibilizador) por un lapso de treinta minutos para liberar las burbujas de aire; el proceso de sensibilizador debe realizarse en un cuarto oscuro bajo luz roja o amarilla o la penumbra.

1.9. Preparación de bastidores

Luego de haber construido el marco y elegido el lienzo, se debe proceder al tensado de la malla serigráfica al marco, esto se puede realizar manualmente con herramientas caseras o bien mediante un proceso neumático o mecánico. Para tensar un marco con el proceso neumático se utilizan tenazas o pinzas colocadas alrededor del marco que sujeta la seda con mordazas; las tenazas se componen de un émbolo accionado por medio de aire comprimido, cuando se le

aplica dicho aire estira automáticamente la seda hacia afuera, mientras que otras pinzas, apoyados sobre el marco, ejercen fuerza hacia el exterior.

Un marco con una malla correctamente tensada tiene varias ventajas: se puede definir mejor el diseño, logra un rápido despegue de contacto entre la malla y el material que evita la distorsión de la impresión.

1.10. Serigrafía en superficies cilíndricas

La serigrafía en superficie cilíndrica se conoce dentro de las artes gráficas como serigrafía rotativa. Es un tipo de impresión muy ligada al sector industrial, porque se puede realizar en envases, plásticos o de vidrio; este sistema de impresión se puede realizar con máquinas cilíndricas debido a que las superficies cilíndricas que se desean imprimir deben colocarse en una guía compuesta por rodamientos para que el material tenga un movimiento rotacional y se consiga una impresión completa en el área superficial del cilindro que se esté estampando; además de lograr una impresión de buena calidad.

1.10.1. Serigrafía en ampollitas

En el área farmacéutica muchas de las medicinas son envasadas en recipientes cilíndricos, de plástico o vidrio; lo más utilizado por la seguridad, estabilidad del fármaco y la resistencia química son los tubos de vidrios, llamados ampollitas.

Sin embargo, para la comercialización de los medicamentos es necesario colocar la información propia del fármaco: el nombre del producto, el número de lote, la fecha de vencimiento, el detalle de la fórmula química, entre otros datos;

por tal razón la industria de la serigrafía resulta muy útil, porque para la identificación de ampollitas se utiliza el arte gráfico con la serigrafía rotacional.

1.11. Definición de ampollita médica

Una ampollita médica consiste en tubos de vidrio que se utilizan para todo tipo de aplicaciones farmacéuticas; estos envases ofrecen una ventaja especial ya que el fármaco solo está en contacto con el vidrio el cual ya ha sido previamente esterilizado.

El manejo de los medicamentos en ampollitas brinda estabilidad de su fórmula; una mejor inspección de contaminación y defectos en los puntos, cortes y anillos, cuenta con sistema específico que permiten una apertura fácil y segura de la ampolla que evita la contaminación,

1.11.1. Tipos de ampollitas médicas

A nivel mundial existen diferentes tipos de envases utilizados para la industria farmacéutica los cuales se pueden caracterizar con diseños específicos que van desde 1 ml hasta 50 ml, fabricado en material vidrio en colores transparente, amarillo y ámbar.

De acuerdo a su forma, las ampollitas pueden ser de punta fina, de doble punta y tipo campana; estas últimas son las que utiliza para su comercialización la droguería Prodopharma, S. A.; por lo tanto, se realizará un enfoque en este tipo de ampollitas y sus presentaciones de 2 ml, 3 ml, 5 ml y 10 ml; a continuación, se detallará.

1.11.1.1. Ampolleta de 3 ml

Este tipo de ampolleta es la más utilizada para el envasado de productos farmacéuticos; su volumen es de tres mililitros; sus dimensiones físicas son 1, 225 cm de diámetro, 3,5 cm de altura y su área superficial es de 13, 85 cm².

1.11.1.2. Ampolleta de 2 ml

El volumen de estas ampolletas es de dos mililitros; sus dimensiones físicas son de 1 cm de diámetro, 3,4 cm de altura y su área superficial es de 10,68 cm².

1.11.1.3. Ampolleta de 5 ml

Sus dimensiones físicas son de 1,4 cm de diámetros, 4,2 de altura y su área superficial es de 18,47 cm²

1.11.1.4. Ampolleta de 10 ml

Esta presentación es más utilizada para la comercialización de vitaminas que son suministradas viablemente; el volumen de esta ampolleta es de diez mililitros; sus dimensiones físicas son de 1,65 cm, 5,7 de altura y su área superficial es de 29, 55 cm².

1.12. Definición de costos

Es la suma del esfuerzo y los recursos económicos que representa la fabricación de un producto, la comercialización de un bien o el prestar un

servicio. Un costo se expresa en unidades monetarias que representan el valor de adquirir un bien o servicio.

Los costos ayudan a la toma de decisiones que permiten mejorar los resultados financieros de cualquier negocio.

1.12.1. Costos de producción

El costo de producción está basado en tres fundamentales aspectos: la materia prima, la mano de obra y los costos generales del proceso productivo. Estos costos también son llamados costos de operación y son necesarios para mantener un proyecto, una línea de producción o un equipo en funcionamiento. La diferencia de estos costos conjuntamente con los ingresos de las ventas significa la utilidad o beneficio bruto de cualquier entidad o empresa.

1.12.1.1. Costos variables

Están en función directa con el volumen de producción por lo que si el nivel de producción varía, por ende, estos costos también varían proporcionalmente al cambio.

1.12.1.2. Costos fijos

Se caracterizan por permanecer constantes en el proceso de producción, es decir, estos costos se tienen que efectuar sin importar que la empresa produzca mayor o menor cantidad de productos.

1.13. Evaluación financiera y económica

Es el estudio de los antecedentes de un proyecto a través de fuentes primarias de información; algunos le llaman factibilidad y tienen como objetivo brindar conceptos fundamentales para entender la estructura, el alcance y la importancia del proceso de la evaluación en un escenario específico.

1.13.1. Evaluación financiera

La evaluación financiera se puede entender como el análisis de los factores financieros involucrados en un proyecto; tiene como finalidad medir la capacidad y rentabilidad del capital invertido en un proyecto; estudia la factibilidad de que todos los costos sean cubiertos de manera oportuna con los ingresos que se obtendrán en el proyecto.

Este estudio tiene la capacidad de trabajar los flujos de ingresos y egresos para generar información y realizar un análisis comparativo del proyecto con otras oportunidades de inversión.

1.13.2. Evaluación económica

Tiene como objetivo medir el aporte neto de un proyecto al bienestar de los inversionistas de manera eficiente; consiste en comparar los beneficios obtenidos con los costos de la inversión, dicha comparación ayudará a saber si se tendrán ventajas del proyecto con otros proyectos distintos.

La evaluación económica involucra métodos financieros matemáticos que consideran el valor del dinero a través del tiempo tales como la tasa interna de retorno (TIR) y el valor presente neto (VPN).

1.13.3. Valor actual neto o valor presente neto (VAN o VPN)

Es un método que se utiliza para la toma de decisiones de una inversión cuya finalidad es determinar si una inversión es factible o no; de esta manera evita inversiones que generen pérdidas a la empresa. El valor presente neto consiste en llevar los flujos netos de efectivo pronosticados al periodo cero, tomando en cuenta que el dinero tiene un valor en el tiempo. Con el resultado obtenido del valor presente neto, se pueden evaluar tres criterios de decisión para saber si se acepta o se rechaza el proyecto.

Tabla I. Criterio de evaluación VPN

Resultado	Decisión
Positivo (VPN>0)	Cuando el resultado es un valor positivo indica que la inversión es aceptable y según el criterio puede ser factible un aumento en el porcentaje de utilidad.
VPN=0	En este caso indica que el porcentaje de utilidad deseado es exactamente el mismo.
Negativo (VPN<0)	Cuando el resultado es un valor negativo y muy alejado del cero indica que el proyecto no es rentable; sin embargo, cuando es negativo y muy cercano a cero nos indica que posiblemente el porcentaje de utilidad esperado es muy alto.

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que cuando se desean comparar dos alternativas de inversión deben hacerse en el mismo período de tiempo de vida útil.

1.13.4. Tasa interna de retorno (TIR)

Se conoce como tasa interna de retorno (TIR) al porcentaje máximo de utilidad que puede pagarse o bien que se puede obtener en un proyecto. Esta tasa se encuentra cuando el valor presente neto (VPN) es igual a cero; por lo

que para su cálculo se debe interpolar entre un VPN positivo y un VPN negativo con sus respectivas TIR.

$$TIR = VPN_{beneficio} - VPN_{costos} = 0$$

TIR 1	VPN (+)
TIR	VPN (0)
TIR 2	VPN (-)

1.13.5. Relación beneficio - costo (índice de deseabilidad)

Es una herramienta que se utiliza para evaluar la eficiencia de un proyecto a través de sus ingresos y costos; se establece una relación entre ambos y si los ingresos superan los costos determina la aceptación del proyecto o de lo contrario el rechazo del proyecto. Este método de toma de decisiones solamente toma en cuenta los ingresos por ventas y los egresos del período.

Los criterios de evaluación de la relación beneficio – costo son los siguientes.

Tabla II. **Criterio de evaluación beneficio/costo**

RESULTADO	DECISIÓN
Mayor (B/C>1)	Indica que los beneficios son mayores a los costos, por lo tanto, es un proyecto aceptable.
Igual (B/C=1)	Indica que los ingresos son iguales a los egresos, por lo tanto, el proyecto es indiferente.
Menor (B/C<1)	Indica que los beneficios son menores a los costos, por lo tanto, no es aconsejable el proyecto.

Fuente: elaboración propia.

1.14. Análisis de sensibilidad

Un análisis de sensibilidad es aquel que permite medir cuán sensible es la evaluación respecto a las variaciones de uno o más parámetros de decisión; este análisis sirve para agregar información a los resultados pronosticados del proyecto y se basa en realizar un diagnóstico que indique el grado de riesgo o evaluar datos no cuantificados en el proyecto. Se dice que un proyecto es sensible cuando al incluir variaciones en el criterio de evaluación la decisión inicial cambia. Según la cantidad de variables que sensibilicen al proyecto, puede ser unidimensional o multidimensional.

1.14.1. Análisis unidimensional

Este análisis mide el grado de sensibilidad de un proyecto aplicado a una sola variable.

1.14.2. Análisis multidimensional

El análisis multidimensional estudia las consecuencias que producen los resultados al agregar variables simultáneas en dos o más variables relevantes; sin embargo, el abuso de este análisis puede generar deficiencias en la evaluación.

2. SITUACIÓN ACTUAL

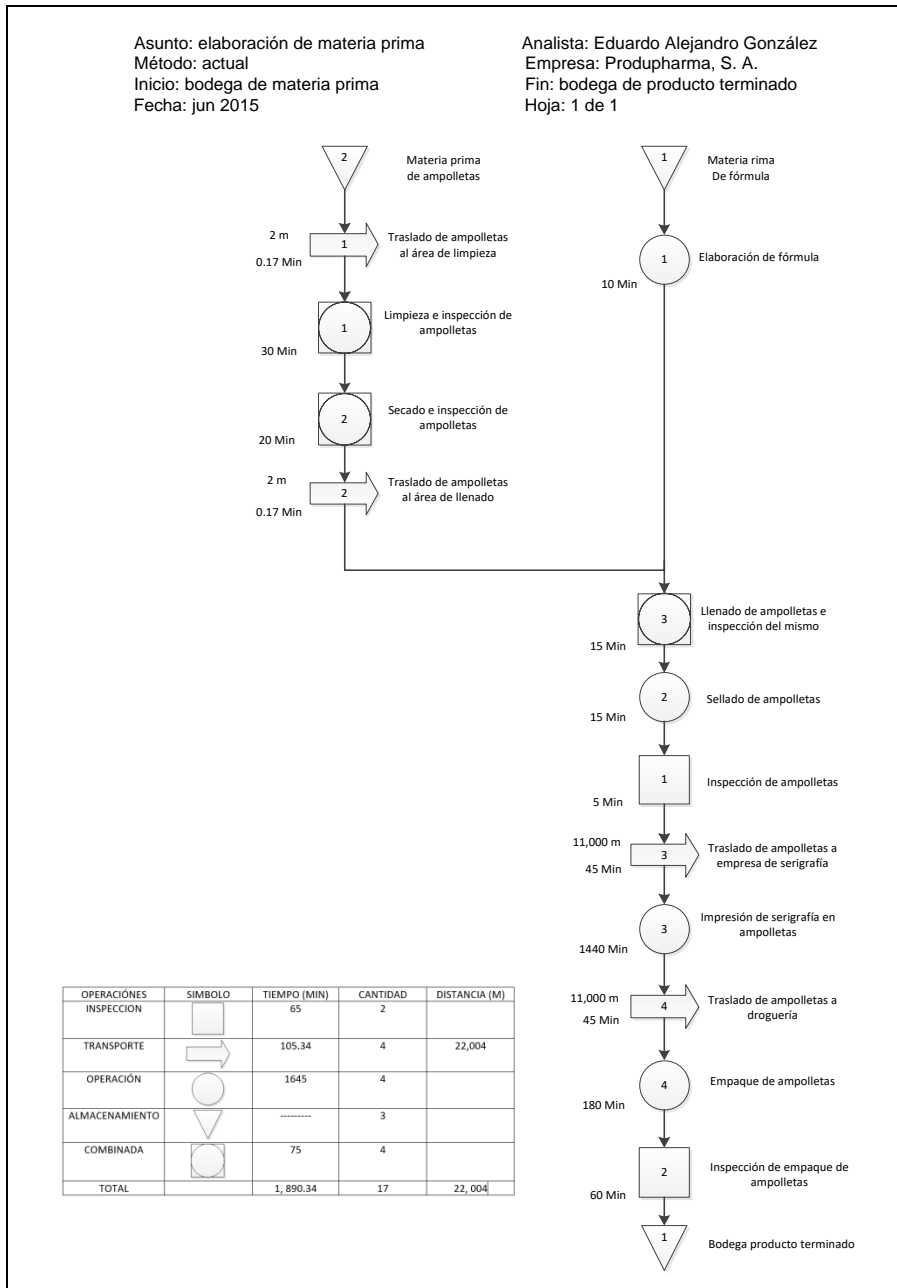
2.1. Descripción del proceso de producción

El proceso de producción de ampolletas en la droguería Produpharma S. A., inicia con la compra del tubo de vidrio vacío y esterilizado; la materia prima con la que se realizará la fórmula del producto es comprada con sus distribuidores respectivos. Una vez con la ampolleta vacía y la materia prima se procede a realizar la fórmula correspondiente a cada producto. Se utiliza una máquina especial de llenado con la que se procede a introducir el fármaco dentro de la ampolleta al nivel de referencia y se transporta al área de sellado, donde se realiza el proceso de sellar las puntas de ampolletas con una máquina especializada.

Llenas las ampolletas, se procede al proceso de identificación del producto por lo que se transporta a la empresa de serigrafía que es la encargada de estampar los datos del fármaco; luego de la impresión en la ampolleta, se transporta de nuevo a la droguería para el área de empaque y es donde se realiza el blisteado que contendrá las ampolletas previo a ser empacadas en sus respectivas cajas de venta. El producto terminado es trasladado a la bodega de almacenamiento a disposición de pedidos, cabe mencionar que dicho lugar cumple con las condiciones de un ambiente fresco y seguro. A continuación, se presenta el diagrama del proceso de la producción de ampolletas.

2.1.1. Diagrama del proceso

Figura 3. Proceso actual



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2. Análisis de costos

Se analizaron los costos que incurren en la producción de ampollitas de los tres productos que se comercializan en presentación de ampollita médica (Produnerv, Produfenaco y Dexamen); dichos datos fueron extraídos de los libros contables manejados en la droguería Produpharma, S. A.

Es importante mencionar que se analizarán lotes de 2 000 unidades; en el caso del fármaco Dexamen que se comercializa en presentación de dos ampollitas los lotes seguirán es de 2 000 unidades, pero el número de ampollitas será de 4 000. Además, se tiene como información que la droguería es capaz de producir 10 lotes de cada producto mensualmente.

En cada lote se producen diez ampollitas de más; esto se realiza para prevenir errores en llenado o sellado que impliquen quebraduras de ampollitas.

2.2.1. Costos directos fijos

En la producción de ampollitas los únicos costos que intervienen directamente en la elaboración de fármacos; además, permanecen fijos sin importar el nivel de producción son los de mano de obra; la droguería tiene a su servicio ocho personas en el departamento de producción y su salario mensual asciende a cuatro mil doscientos quetzales exactos (Q. 4 000,00) por lo que el costo total de mano de obra es:

Costo total de mano de obra = Q. 32 000,00

2.2.2. Costos directos variables

Luego de consultar el proceso de producción, se obtuvieron los costos que incurren directamente en la elaboración de ampollitas y los cuales varían según el nivel de producción. La siguiente tabla detalla dichos costos por unidad, por lote de 2 000 unidades y el costo mensual de 10 lotes producidos.

Tabla III. Costos directos de producción

NOMBRE	PRODUNERV	PRODUFENACO	DEXAMEN	COSTO TOTAL
PRESENTACIÓN	1 AMP (3ML)	1 AMP (3 ML)	2 AMP (2ML)	
VIDRIO	Q. 0,43	Q. 0,43	Q. 0,74	Q. 1,60
MATERIA PRIMA	Q. 0,22	Q. 0,22	Q. 0,25	Q. 0,69
MAQUILA	Q. 0,10	Q. 0,10	Q. 0,20	Q. 0,40
SERIGRAFÍA	Q. 0,18	Q. 0,18	Q. 0,36	Q. 0,72
BLISTEADO Y EMPAQUE	Q. 0,45	Q. 0,45	Q. 0,45	Q. 1,35
COSTO POR UNIDAD	Q. 1,38	Q. 1,38	Q. 2,00	Q. 4,76
COSTO POR LOTE	Q. 2 760,00	Q. 2,760,00	Q. 4 000,00	Q. 9 520,00
COSTO MENSUAL	Q. 27 600,00	Q. 27,600,00	Q. 40 000,00	Q. 95 200,00

Fuente: elaboración propia.

2.2.3. Costos indirectos fijos

Entre los costos indirectos fijos del proceso de producción de ampollitas son los servicios básicos y los salarios mensuales del personal administrativo y de ventas. El cual se detallará en la siguiente tabla.

Tabla IV. **Costos indirectos fijos**

DESCRIPCIÓN	TOTAL
Gerente general	Q 12 000,00
Gerente administración	Q 8 000,00
Gerente producción	Q 8 000,00
Gerente de ventas	Q 8 000,00
Personal de ventas (5)	Q 22 500,00
Alquiler	Q 8 200,00
Agua	Q 250,00
Teléfono e internet	Q 400,00
Luz	Q 1 014,50
Total de costos indirectos fijos	Q 68 364,50

Fuente: elaboración propia.

2.2.4. Costos indirectos variables

El proceso de producción de ampollitas tiene solo un costo indirecto variable: el transporte; se considera indirecto ya que no transforma el producto y variable puesto que depende del nivel de producción mensual; el recorrido del transporte es de llevar la materia prima a la droguería donde es maquilada; luego, a la empresa de serigrafía; después, es llevada a la empresa de blisteado; terminados todos los procesos retorna a la droguería.

Costo total de transportes mensual: Q. 6 300, 00

2.3. Análisis del costo del proceso de identificación del producto

El estudio de los costos del proceso de identificación del producto son los que se desarrollan a continuación.

2.3.1. Costo de transporte

Según los datos obtenidos de los libros de contabilidad se establece que los costos totales de transportar las ampollitas de la droguería hacia la empresa de serigrafía es aproximadamente el monto de Q. 3 100,00.

2.3.2. Costo de materia prima perdida

Los costos de materia prima perdida proceden de la quebradura de ampollitas en la empresa de serigrafía; aproximadamente de un lote de 2 000 se quiebran 15 ampollitas por lote, lo cual genera una pérdida según como se detalla en la tabla V.

Tabla V. Costo de materia prima perdida

NOMBRE	Ampollitas pérdidas por lote	Costo de ampollitas pérdidas por lote	Costo de ampollitas pérdidas mensuales
Produnerv	30	Q 22,50	Q 225,00
Produfenaco	30	Q 22,50	Q 225,00
Dexamen	45	Q 53,55	Q 535,50
Total de materia prima perdida			Q 985,50

Fuente: elaboración propia.

2.3.3. Costo de *outsourcing*

Para el proceso de estampado se contratan los servicios de una empresa dedicada a las artes serigráficas, sus costos se detallan en la tabla VI.

Tabla VI. **Costos de outsourcing (servicio de serigrafía)**

NOMBRE	Costo de serigrafía por una ampollita	Costo de serigrafía por lote	Costo de serigrafía mensual
Produnerv	Q 0,18	Q 360,00	Q 3 600,00
Produfenaco	Q 0,18	Q 360,00	Q 3 600,00
Dexamen	Q 0,36	Q 720,00	Q 7 200,00
Costo total de serigrafía			Q 14 400,00

Fuente: elaboración propia.

2.4. Análisis de ingresos

La droguería Produpharma, S. A., obtiene sus ingresos de las ventas a clientes y distribuidores quienes hacen sus pedidos aproximadamente de cinco lotes de unidades de cada tipo de fármaco en el periodo de un mes. En la siguiente tabla se detallan los datos manejados por la empresa.

Tabla VII. **Ingresos mensuales**

NOMBRE	Ingreso por unidad	Ingreso por lote	Ingreso mensual
Produnerv	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Produfenaco	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Dexamen	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Total	Q 12,00	Q 24 000,00	Q 240 000,00

Fuente: elaboración propia.

2.5. Evaluación de resultados

En relación de todos los análisis de costos y de los ingresos, se realizó la siguiente tabla que describe el flujo de efectivo mensual, se toma en cuenta el impuesto sobre la renta (ISR) de 5 %.

Tabla VIII. **Evaluación de resultados (cifras expresadas en quetzales)**

	INGRESOS			
	Ventas de fármacos	Q 240 000,00		
	COSTOS			
(-)	Costo de producción		Q 95 200,00	
(-)	Costo de mano de obra		Q 32 000,00	
	Utilidad bruta			Q 112 800,00
(-)	Gastos de ventas		Q 22 500,00	
	Utilidad sobre ventas			Q 90 300,00
(-)	Gastos de administración		Q 36 000,00	
(-)	Servicios básicos		Q 9 864,50	
(-)	Transporte		Q 6 300,00	
(-)	Gasto de materia prima perdida en <i>outsourcing</i>		Q 985,50	
	Utilidad en operación			Q 37 150,00
	IMPUESTOS			
(-)	Impuesto sobre la renta ISR 5 %		Q 1 857,50	
	Utilidad neta			Q 35 292,50

Fuente: elaboración propia.

La evaluación de resultados muestra una utilidad neta de treinta y cinco mil doscientos noventa y dos quetzales con cincuenta centavos (Q. 35 292,50).

Sin embargo, el porcentaje de utilidad que los inversionistas de la droguería desean obtener es del 20 %.

$$\text{porcentaje de utilidad} = \frac{240\,000 - 204\,707,50}{204\,707,50} = 0,1724 * 100 = 17,24 \%$$

Se puede observar que, aunque se están percibiendo ganancias, no se está obteniendo el margen de utilidad deseado.

2.5.1. Relación beneficio-costo

Según los datos obtenidos en la evaluación de resultados los ingresos brutos totales son de Q. 240 000,00 mensuales y los egresos brutos totales son de Q. 204 707,50 con estos datos se realiza la relación beneficio costo.

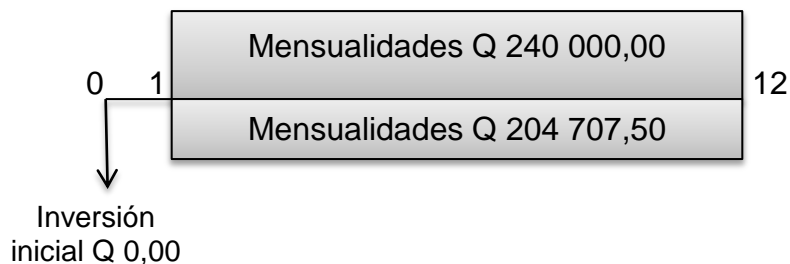
$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{Q.240\,000,00}{Q.204\,707,50} = 1,17$$

Según los criterios de decisión y ya que la relación beneficio costo es mayor a uno, se concluye que el negocio es rentable debido a que los ingresos generados mensualmente alcanzan la cobertura de los costos.

2.5.2. Evaluación del valor presente neto (VPN)

El cálculo del valor presente neto se realizará a un año, tomando en cuenta los datos aproximados de los ingresos y egresos mensuales en la producción de ampollitas. Se realiza el VPN con una tasa del 0,4070 % mensual considerando la tasa que ofrecen los bancos actualmente.

Figura 4. Valor presente neto actual



Fuente: elaboración propia.

$$\text{VPN} = 240\,000 \left[\frac{(1,004070)^{12} - 1}{(0,004070)(1,004070)^{12}} \right] - 204\,707,50 \left[\frac{(1,004070)^{12} - 1}{(0,004070)(1,004070)^{12}} \right]$$

$$\text{VPN} = 412\,515,64$$

El valor presente neto de la droguería en un período de un año es de Q. 412 515,64 y esto representan las ganancias durante ese periodo para una tasa de interés del 5 % anual o 0,4070 % mensual.

3. PROPUESTA PARA REALIZAR EL DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE SERIGRAFÍA

En los capítulos anteriores, se han desarrollado aspectos generales sobre la serigrafía y los costos que incurren en el hecho de no poseer una máquina de serigrafía para la identificación del producto en la droguería. En este capítulo, se realizará la propuesta del diseño de la máquina semiautomática de serigrafía. Se toma en cuenta que se necesitan definir los sistemas que harán funcionar la máquina: neumático, eléctrico y los materiales mecánicos necesarios para su construcción. A continuación, se detallará cada sistema, sus componentes, usos, para luego identificar los componentes que se adapten a las funciones de la máquina semiautomática de serigrafía.

3.1. Descripción del sistema neumático

La neumática es una rama de la mecánica que estudia las propiedades mecánicas de los gases, principalmente, del aire comprimido. El uso del aire comprimido se ha ido expandiendo en toda la industria en donde se necesita la automatización de los procesos. Los sistemas neumáticos están compuestos de diversos grupos de elementos, estos grupos conforman una vía para la transmisión de indicaciones de mando desde el lado de la emisión de señales (entrada) hasta la ejecución del trabajo (salida). Las ventajas de un sistema neumático son múltiples:

- Almacenamiento: el aire comprimido puede ser almacenado fácilmente en grandes cantidades, para ello se utilizan depósitos diseñados para proteger el gas.

- Simplicidad del diseño y control: los componentes utilizados en un sistema neumático son de configuración sencilla y de fácil montaje.
- Elección de movimiento: se puede elegir entre dos movimientos: lineal o angular y las velocidades de los movimientos pueden ser fijas o continuamente variables.
- Economía: la instalación de un sistema neumático tiene un costo relativamente bajo ya que los componentes pueden encontrarse a módicos precios y requieren poco mantenimiento.
- Fiabilidad: el sistema neumático es muy confiable ya que la vida útil que tienen los componentes es más duradera con relación a otros sistemas.
- Resistencia al entorno: las altas temperaturas no afectan al funcionamiento del sistema neumático.

Los componentes básicos que lleva un sistema neumático son los siguientes.

3.1.1. Compresor

También llamado unidad compresora, es un elemento que tiene un funcionamiento con base en la aspiración de aire a presión atmosférica y lo comprime mecánicamente. Existen diversos tipos de compresores: compresor de émbolo, de rotor y de paletas que a su vez se subdividen en centrífugos y axiales.

3.1.2. Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos actúan de una forma lineal, a través del uso del aire comprimido generan un movimiento rectilíneo de avance y retroceso de un mecanismo. Los cilindros neumáticos están constituidos por un tubo circular cerrado por dos tapas, entre las cuales se desliza un émbolo que separa las dos cámaras. El émbolo va unido a un vástago que sale de una o de las dos tapas ya mencionadas; la función del vástago es permitir que se utilice la fuerza desarrollada por el cilindro; dicha fuerza es creada por la presión del fluido al actuar sobre la superficie del émbolo.

Los cilindros neumáticos se clasifican según su accionamiento: de simple efecto, doble efecto y doble efecto - doble vástago.

- Cilindro de simple efecto: este cilindro solo puede producir trabajo en una dirección; el retorno inicial se realiza por medio de un resorte recuperador que lleva incorporado o por fuerzas exteriores; los cilindros de simple efecto se utilizan como elementos auxiliares en los procesos automáticos.
- Cilindro de doble efecto: estos cilindros realizan el movimiento de carrera y de retroceso por medio del aire comprimido, por lo general, son fabricados con tubo de acero. El funcionamiento del avance del cilindro se da cuando entra aire a presión en la cámara posterior y comunica la cámara anterior con la atmósfera; el movimiento de retroceso se da cuando se invierte el proceso, es decir se le aplica aire a presión a la cámara anterior y comunica la cámara posterior con la atmósfera.

- Cilindro de doble efecto - doble vástago: estos se aplican en sistemas neumáticos con movimientos sencillos. También, se emplean en sistemas neumáticos que precisan la regulación exacta de su avance.

3.1.3. Electroválvulas neumáticas

Son elementos de regulación y control de la presión y el caudal del aire. Las electroválvulas también pueden dirigir, distribuir y hasta bloquear el paso del aire para accionar elementos de trabajos. Funcionan luego de que el aire es generado por el compresor.

Este tipo de válvulas son controladas a través de la variación de corriente que circula dentro de un conductor dentro de la misma, muy cerca del émbolo. La corriente, a la circular cerca del conductor, genera un campo magnético que atrae a un émbolo móvil. Al finalizar el campo magnético, el émbolo vuelve a su posición original por efecto de un resorte o por la presión del fluido. Las electroválvulas se pueden clasificar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma; según su aplicación puede ser de acción operada o directa; según su construcción puede ser abierta o cerrada y según su forma se clasifican con base en el número de vías que tienen las electroválvulas.

3.1.4. Regulador de presión

El regulador de presión también es conocido como regulador de caudal, su función principal es controlar la presión de aire que se le dará a la máquina en su totalidad.

3.1.5. Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento, también conocida como FRL, está conformada por un filtro de aire comprimido, un regulador de presión y un lubricador de aire comprimido. La función principal es de acondicionar una corriente óptima de aire comprimido para el uso de la máquina.

El filtro de aire comprimido sirve para eliminar contaminantes de tipo sólido, el regulador de presión, como su nombre lo indica, regula la presión del aire y el lubricador de aire comprimido dosifica una cantidad requerida de aceite para el equipo.

3.1.6. Reguladores de presión

Los reguladores de presión tienen la misión de mantener la presión de trabajo (presión secundaria), lo más constante posible, sin importar las variaciones que sufra la presión de red (presión primaria) y del consumo de aire. Estos reguladores se utilizan en cada uno de los actuadores o componentes de cualquier sistema neumático.

3.1.7. Mangueras

Las mangueras son elaboradas de tubo de poliuretano con mejores características que los materiales termoplásticos; tienen más flexibilidad y una mejor resistencia a la abrasión. Son también resistentes a muchos productos químicos, gases, a la mayoría de combustibles, aceites y grasas. Además, tienen alta resistencia al desgaste, alta resistencia a la tracción y al desgarro.

3.1.8. Silenciadores

La función principal de los silenciadores es reducir efectivamente el ruido del equipo neumático. Están elaborados para el equilibrio óptimo entre la reducción de ruido y la presión aceptable en el sistema neumático.

Los silenciadores se pueden dividir por el material con el que están elaborados que pueden ser de plástico o de metal; los más utilizados son los de plástico ya que brindan más ventajas sobre los de metal, por ejemplo, un peso más liviano, más resistencia a la corrosión, más tiempo de vida útil.

Están diseñados con un adaptador roscado sólido integrado para garantizar un fácil montaje en el equipo neumático.

3.2. Descripción del sistema eléctrico

La mayoría de máquinas necesita una fuente de energía para su funcionamiento. En la industria, las máquinas funcionan con electricidad proporcionada por la Empresa Eléctrica de Guatemala u otras empresas proveedoras de energía eléctrica. Esta puede ser monofásica con dos conductores y trifásica con tres conductores.

Por lo mencionado anteriormente se tiene que dedicar un espacio al estudio de los dispositivos eléctricos que se utilizarán en la elaboración de la máquina semiautomática de serigrafía. Además, estos ayudan al mando y control de los dispositivos hidráulicos y neumáticos.

3.2.1. Redes de distribución eléctrica

Es un conjunto de equipos que permite energizar de una forma segura y confiable un determinado número de cargas, en distintos niveles de tensión, ubicados en distintos lugares.

La red de distribución eléctrica, también, es llamada línea de distribución; estas pueden ser de corriente trifásica y monofásica a una frecuencia de 60 Hz o ciclos por segundo. La red de distribución eléctrica está dividida por fases y se les denomina R, S, T o I, II, III y al neutro 0.

3.2.2. Transformadores

Son dispositivos integrales de una red de distribución eléctrica, de la protección de sobrecargas y la medición de uso. El transformador tiene la función de medir, supervisar y controlar el circuito en el momento de transmitir la corriente reducida a los equipos.

3.2.3. Interruptores

Es un dispositivo que permite cerrar o abrir un circuito, es decir, corta el paso de la corriente.

Los interruptores pueden ser accionados de manera manual o de manera programada.

3.2.4. Fusibles

Son pequeños dispositivos que permiten el paso de la corriente eléctrica hasta que supera el valor máximo permitido, la misión del fusible es proteger el circuito eléctrico de una sobrecarga de voltaje. Los fusibles siempre se colocan al principio de una instalación eléctrica y se instala uno por fase, cuando uno de estos dispositivos se quema, es decir, alguna parte del circuito ha consumido más electricidad de la necesaria.

No es correcto instalar un fusible sobre dimensionado ya que funcionan por medio de calor producido por un cortocircuito, lo que significa que el calor podría ocasionar un incendio que llevaría a la destrucción total del equipo.

3.2.5. Contactores

Es un dispositivo eléctrico cuyo funcionamiento es establecer o cortar la corriente eléctrica de una instalación mandado por un electroimán. Los contactores son utilizados en circuitos de potencia para alimentar motores, resistencias, etc.

El funcionamiento del contactor se da cuando el electroimán genera un campo magnético y con esto acciona elementos mecánicos en el dispositivo y los cambia de posición. Los elementos mecánicos no regresarán a su posición inicial hasta que el electroimán deje de generar el campo magnético.

3.2.6. *Microswitch*

Son también llamados microinterruptores y su funcionamiento permite controlar y unir el paso de corriente eléctrica de un circuito o instalación.

Sus aplicaciones en la industria pueden ser accionamiento de máquinas, indicador de presencia, fin de carrera, como inversor de polaridad, entre otros. Sin exceder la carga máxima de un microinterruptor su vida útil puede llegar a ser mayor de 100 000 operaciones.

3.3. Descripción del método de soldadura a utilizar

En este apartado se tratará el tema de soldadura, que es fundamental ya que ayudará a unir todas las partes que conformarán la máquina semiautomática de serigrafía. La soldadura es un proceso de fabricación para unir dos metales por la acción del calor, con o sin aportación de material metálico.

Es necesario suministrar calor hasta que el material de aportación se funda y se realice la unión de las superficies, o bien lo haga el propio metal de las piezas.

La soldadura se puede realizar a través de diferentes métodos que dependerán del tipo de material que se quiere unir, la fuerza que se necesita entre las uniones, entre otros. Es importante remarcar que en la mayoría de los casos la soldadura puede cambiar la estructura física de los materiales que se sueldan, debido que algunas propiedades de los materiales que se están uniendo cambian bruscamente por el proceso de fabricación.

3.3.1. Tipos de soldaduras

Se pueden distinguir los siguientes tipos de soldaduras:

- Soldadura heterogénea: también conocida como soldadura de aleación. Se realiza entre materiales de distinta composición o naturaleza, con o sin material de aportación, también, se puede dar que los materiales son de la misma composición, pero el material de aportación debe ser de otra composición o naturaleza. Esta se subdivide en dos:
 - Soldadura blanda: este tipo de soldadura se realiza a temperaturas por debajo de los 400 °C. El material de aportación que más se utiliza es la aleación de plomo y estaño, que funde a una temperatura aproximadamente de 230 °C.
 - Soldadura fuerte: es muy similar a la blanda con la única variación en la temperatura; en este proceso de soldadura se realiza el proceso hasta una temperatura de 800 °C. Como material de aportación se utilizan la aleación de plomo y estaño, de cobre y cinc.

- Soldadura homogénea: los materiales que se desean unir y el material de aporte, si lo hay, deben de ser de la misma naturaleza. Cuando no hay material de aporte en las soldaduras homogéneas se les llama autógenas. Este proceso de soldadura se subdivide de la siguiente manera:
 - Soldadura por presión: este proceso se realiza cuando se le aplica calor a los materiales a unir pero con la salvedad de que no se les tiene que llevar al estado de fusión, sino que se les deja en el estado plástico; en dicho estado se unen los materiales a presión. La soldadura por presión se subdivide en frío y en caliente.

- Soldadura por fusión: los materiales se deben exponer a altos grados de temperaturas para lograr que estos materiales se derritan y se fundan entre sí. Este proceso se puede realizar con o sin material de aporte. Se puede subdividir en soldeo con gases al soplete, por arco y aluminotermia.

Para realizar la unión de los materiales que conformarán la máquina semiautomática de serigrafía se utilizará la soldadura eléctrica tipo arco, ya que luego de realizar un estudio profundo de los tipos de soldaduras, se llega a la conclusión de utilizar dicho proceso de fabricación por ser un sistema de reducido coste, muy fácil de realizarlo, acabados perfectos y es aplicable a los metales que serán utilizados para la fabricación de dicha máquina.

3.3.2. Soldadura eléctrica tipo arco

Se basa en el principio de poner en contacto dos conductores bajo tensión que producirá un corto circuito. Si estos se separan a una distancia considerada, se generará una chispa continua y es lo que se conoce como arco eléctrico.

El procedimiento de soldadura por arco consiste en provocar fusión entre los bordes de los materiales que se quieren soldar y el material de aporte llamado electrodo. Al momento de enfriarse la fusión anteriormente mencionada forman una pieza única, resistente y homogénea.

La fusión entre los materiales y el material de aporte se produce por la gran cantidad de calor que desarrolla el arco eléctrico. Para lograrlo se utilizan dos pinzas y un generador, que en la mayoría de veces es la máquina que se utiliza para soldar, una de las pinzas es colocada en el polo negativo de la

máquina de soldar y otra en el polo positivo. Es en el polo negativo donde se coloca el electrodo. Este proceso alcanza la temperatura de unos 3 500 °C.

Para que el proceso de soldadura se realice de una manera correcta es importante saber elegir el electrodo que se utilizará como material de aporte. El electrodo trae una cubierta protectora, al finalizar el cordón de soldadura la cubierta antes mencionada se levanta como escoria. La cubierta protectora tiene muchas finalidades: produce una estabilización del arco de soldadura y garantiza un cordón de soldadura de buen aspecto. Por otro lado, ayuda a conseguir la formación de un gas protector que tiene como función eliminar el aire con el oxígeno que está en el ambiente y así evitar que se produzcan óxidos en los materiales que se están trabajando, por lo tanto, la soldadura será resistente y duradera. Además, purifica el metal y elimina elementos no deseables: el azufre y fósforo; también, ayuda a reducir el enfriamiento del cordón de la soldadura. Al permitir un enfriamiento más pausado del cordón, se evitan choques térmicos que provocan la aparición de estructuras más frágiles.

Existe una amplia gama de electrodos para aceros dulces, con distintas características físicas y mecánicas. Es importante mencionar que se debe contar con una máquina de soldar que sea capaz de regular la tensión de cada tipo de electrodo. Dicha tensión depende del tipo de electrodo, de la preparación del material a soldar, su espesor y de la posición de soldar. Los electrodos cuentan con una nomenclatura específica, que los clasifica según sus características y su uso. La nomenclatura se encuentra estampada en los electrodos, por ejemplo, la nomenclatura se da de la siguiente manera: E7016.

En donde la E significa electrodo. Los dos primeros dígitos designan la mínima resistencia a la tracción en miles de lb/pulgadas², sin tratamiento térmico después de la soldadura; el tercer dígito indica las posiciones donde el

electrodo puede realizar satisfactoriamente soldaduras; el último dígito designa el tipo de cubierta sobre el electrodo y el tipo de corriente con la que se utilizará. A continuación, se encuentra la tabla IX, la cual contiene el tipo de corriente y revestimiento del electrodo según la norma AWS.

Tabla IX. **Corriente y revestimiento del electrodo (norma AWS)**

Clasificación AWS	Tipo de revestimiento	Posición de soldeo	Corriente eléctrica
E 6010	Alta celulosa, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 6011	Alta celulosa, potasio	F, V, OH, H	CA o CC (+)
E 6012	Alto titanio, sodio	F, V, OH, H	CA, CC (-)
E 6013	Alto titanio, potasio	F, V, OH, H	CA, CC (+) o CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	H-Filete	CA, CC (-)
E 6020	Alto óxido de hierro	F	CA, CC (+) o CC (-)
E 7014	Hierro en polvo, titanio	F, V, OH, H	CA, CC (+) o CC (-)
E 7015	Bajo hidrógeno, sodio	F, V, OH, H	CC (+)
E 7016	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA o CC (+)
E 7018	Bajo hidrógeno, potasio, hierro en polvo	F, V, OH, H	CA o CC (+)
E 7018M	Bajo hidrógeno, hierro en polvo	F, V, OH, H	CC (+)
E 7024	Hierro en polvo, titanio	H-Filete, F	CA, CC (+) o CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	H-Filete	CA, CC (-)
E 7027	Alto óxido de hierro, hierro en polvo	F	CA, CC (+) o CC (-)
E 7028	Bajo hidrógeno, potasio	H-Filete, F	CA o CC (+)
E 7028	Hierro en polvo		
E 7048	Bajo hidrógeno, potasio	F, V, OH, H	CA o CC (+)
E 7047	Hierro en polvo	F, V, OH, HV-Descendente	

Fuente: elaboración propia.

Según las normas AWS las posiciones de soldeo son las siguientes:

- F: plana
- H: horizontal

- H-Filete: filete horizontal
- V-Descendente: vertical descendente
- V: vertical
- OH: techo o sobre cabeza

3.4. Análisis de los elementos y materiales de la máquina

Anteriormente, se hizo un análisis sobre los sistemas y procesos de fabricación para el diseño de la máquina semiautomática de serigrafía. En este apartado se realizará un análisis más detallado de los elementos que se utilizarán en el sistema neumático y eléctrico, también, los materiales mecánicos que se necesitan para la fabricación de la máquina.

3.4.1. Aceros

Los aceros se pueden encontrar de varias medidas y formas. En este trabajo de graduación se propone utilizar perfil de acero al carbono, conocido también como hierro angular para realizar el bastidor de la máquina semiautomática de serigrafía, también, la base donde se colocarán los ejes. El hierro angular es un perfil de forma en que la sección transversal es un ángulo recto. Las medidas que se utilizarán para realizar el bastidor y la base de los ejes serán de 1 ½", con un espesor de 1/8".

3.4.2. Electroodos

Los electroodos que se utilizan frecuentemente para soldar aceros dulces son los electroodos E-6013, están diseñados para el alto rendimiento, fácil remoción de escoria, producción de cordones de soldadura en superficie suave, de aspecto liso y limpio con poca penetración.

Se pueden encontrar en diámetros de 3/32" hasta 3/16". Se recomienda utilizar los de diámetros de 3/32" (2,44 mm) ya que consumen una corriente entre 50 a 90 amperios, además, no es necesario utilizar grandes máquinas de soldar para quemar dicho electrodo.

3.4.3. Rodamientos

Los rodamientos tendrán la función de soportar y darle el movimiento de rotación a la ampollita que será la superficie de impresión. Estos se colocarán en una estructura sobre el cilindro de doble efecto vertical.

Existen dos tipos diferentes de rodamientos o cojinetes: los llamados antifricción (chumaceras) y los de elementos rodantes (bolas y rodillos). Los primeros tienen muy poco coeficiente de fricción y un material de rápido desgaste, están lubricados por una película de aceite o grasa que si se rompe dicho lubricante, el elemento se desgasta o dependiendo de la temperatura en la cual se trabaje se pueden quedar pegados los dos materiales.

Los cojinetes rodantes son los que se propondrán para el diseño de la máquina semiautomática de serigrafía ya que estos son utilizados para altas velocidades de funcionamiento como en este caso. Estos cojinetes de contactos rodantes aceptan cargas puramente radiales, pueden ser desmontables, son anticorrosivos, constan de elementos rodantes que pueden ser de bolas o rodillos y están colocados entre un anillo exterior y un anillo interior.

Los cojinetes de rodillo están elaborados de acero inoxidable SAE 52100 endurecido. El canal donde se colocan los elementos rodantes está rectificado con un acabado muy fino.

Para este trabajo de graduación, se utilizarán cuatro cojinetes con una medida de diámetro exterior de $\frac{3}{4}$ de pulgada y un diámetro interior de $\frac{1}{4}$ de diámetro de pulgada.

3.4.4. Ejes

Son utilizados en máquinas de toda clase, son elementos que son sometidos a cargas de torsión y flexión con una gran variedad de concentraciones de esfuerzos.

Para este caso los ejes tendrán la función de soportar el mecanismo que le da el movimiento longitudinal a la máquina de serigrafía.

3.4.5. Tornillos

Los tornillos son utilizados para aquellas partes de la máquina donde se complique el proceso de soldar o en los casos donde se requiera atornillar algún elemento ya sea del sistema neumático, eléctrico o algún elemento mecánico. Estos se utilizarán de rosca normal, comercial, de material acerado.

3.4.6. Sistema neumático

Para el sistema neumático se ha contemplado utilizar dos cilindros neumáticos de doble efecto: uno se utilizará en posición horizontal y el otro en posición vertical; más adelante se explicará a detalle el funcionamiento de dichos cilindros. Se tiene previsto utilizar un compresor para todo el funcionamiento de la máquina. El compresor que comúnmente se utiliza para los sistemas neumáticos en donde no se necesita mucha presión para

transportar el aire comprimido son los compresores de émbolo; estos pueden trabajar para presiones de 5 a 10 bares.

Para que un sistema neumático funcione y que su componente tenga una mayor vida útil se necesita que el aire comprimido que viene del compresor sea puro, es decir, el aire comprimido no contenga partículas sólidas o polvo. Por lo mencionado anteriormente se utilizará una unidad de mantenimiento compuesta por un filtro de aire comprimido, un regulador de presión y el lubricador de aire comprimido.

Los movimientos de los cilindros de doble efecto ya mencionados tienen que estar bien sincronizados para que exista un buen funcionamiento de la máquina. Esta sincronización estará encargada por dos electroválvulas que les brindará el tiempo del movimiento que tendrán dichos cilindros.

En cada uno de los accesorios se deben utilizar reguladores de presión para que la presión sea constante en todo el sistema neumático de la máquina semiautomática de serigrafía; además, hay que incluir los tubos de poliuretano (mangueras para aire comprimido), con un diámetro exterior de 5 mm, un diámetro interior de 3 mm, los cuales aceptan una presión de trabajo de hasta 11 bar.

3.4.7. Sistema eléctrico

Para el diseño de la máquina de serigrafía, se ha propuesto utilizar corriente 110 voltios, trifásica. El sistema eléctrico estará compuesto por los fusibles que transmitirán la corriente hacia la máquina. El encendido y apagado de la máquina lo indicará un interruptor de palanca y un temporizador de ahorro

de energía que controlará cuando cambiar el modo de la máquina a bajo consumo de energía.

3.5. Configuración general de la máquina

En esta sección se describirá el funcionamiento en conjunto de todos los elementos mecánicos y sistemas propuestos para el diseño de la máquina.

3.5.1. Bastidor

Este es el cuerpo de la máquina, es la estructura que soportará los demás mecanismos y sistemas de la máquina de serigrafía. Esta estructura será construida de perfil de acero dulce que se soldará para que tenga estabilidad, durabilidad y para que soporte los demás elementos de la máquina.

3.5.2. Sistema neumático

El sistema neumático empieza con el compresor que es el elemento neumático más importante; tiene la función de abastecer el aire comprimido para toda la máquina; el compresor irá conectado hacia la unidad de mantenimiento que es la encargada de limpiar el aire comprimido de toda impureza que contenga el aire que abastece el compresor, también, la unidad de mantenimiento tendrá la función de regular toda la presión del aire comprimido que circulará en la máquina.

Luego, la unidad de mantenimiento irá conectada a las dos electroválvulas que tendrán el mando y el tiempo para transportar el aire comprimido hacia los dos cilindros neumáticos de doble efecto; las electroválvulas tienen que estar bien programadas ya que si el tiempo y el mando son erróneos; el movimiento

de los cilindros neumáticos será también erróneo y dichos movimientos ayudarán para serigrafar bien la ampolla; los cilindros le darán movimiento al marco de serigrafía que será un movimiento horizontal y el otro se pondrá en forma vertical y le proporcionará el movimiento a la superficie que soportará la ampolla. A continuación, se darán a conocer sus características.

Tabla X. **Características del cilindro de doble efecto**

CARACTERÍSTICAS DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO	
Marca	Festo
Modelo	Cilindro de carrera corta ADVC-32-10-A-P
Carrera	10 mm
Diámetro del embolo	32 mm
Diámetro del vástago	10 mm

Fuente: elaboración propia.

La fuerza que necesitarán los cilindros de doble efecto para que avance el vástago depende de la presión del aire; para la máquina semiautomática de serigrafía se trabajará con una presión de 6 bares. Para el cálculo de la fuerza de avance se utiliza la siguiente ecuación:

$$S_{avance} = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Donde:

- S= fuerza de avance del émbolo
- D= diámetro del émbolo
- La fuerza necesaria es la siguiente:

$$S_{avance} = \frac{\pi * 3,2^2}{4} = 8,04 \text{ N}$$

Para la fuerza de retroceso se calcula con la siguiente fórmula:

$$S_{retroceso} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4}$$

Donde:

- S= fuerza de retroceso
- D= diámetro del émbolo
- d = diámetro del vástago
- La fuerza de retroceso necesaria es la siguiente:

$$S_{retroceso} = \frac{\pi(3,2^2 - 1^2)}{4} = 7,25 \text{ N}$$

El volumen del cilindro se calcula de la siguiente manera:

$$V = \frac{2\pi(D^2 - d^2)}{4} * e$$

Donde:

- D= diámetro del émbolo
- d = diámetro del vástago
- e= carrera del émbolo
- El volumen del cilindro es el siguiente:

$$V = \frac{2\pi(3,2^2 - 1^2)}{4} * 1 = 14,51\text{m}^3/\text{ciclo}$$

Los cilindros neumáticos también tendrán cada uno sus reguladores de presión debido a que el aire comprimido debe ser más controlado. Todos los componentes estarán conectados a través de mangueras de poliuretano para aire comprimido.

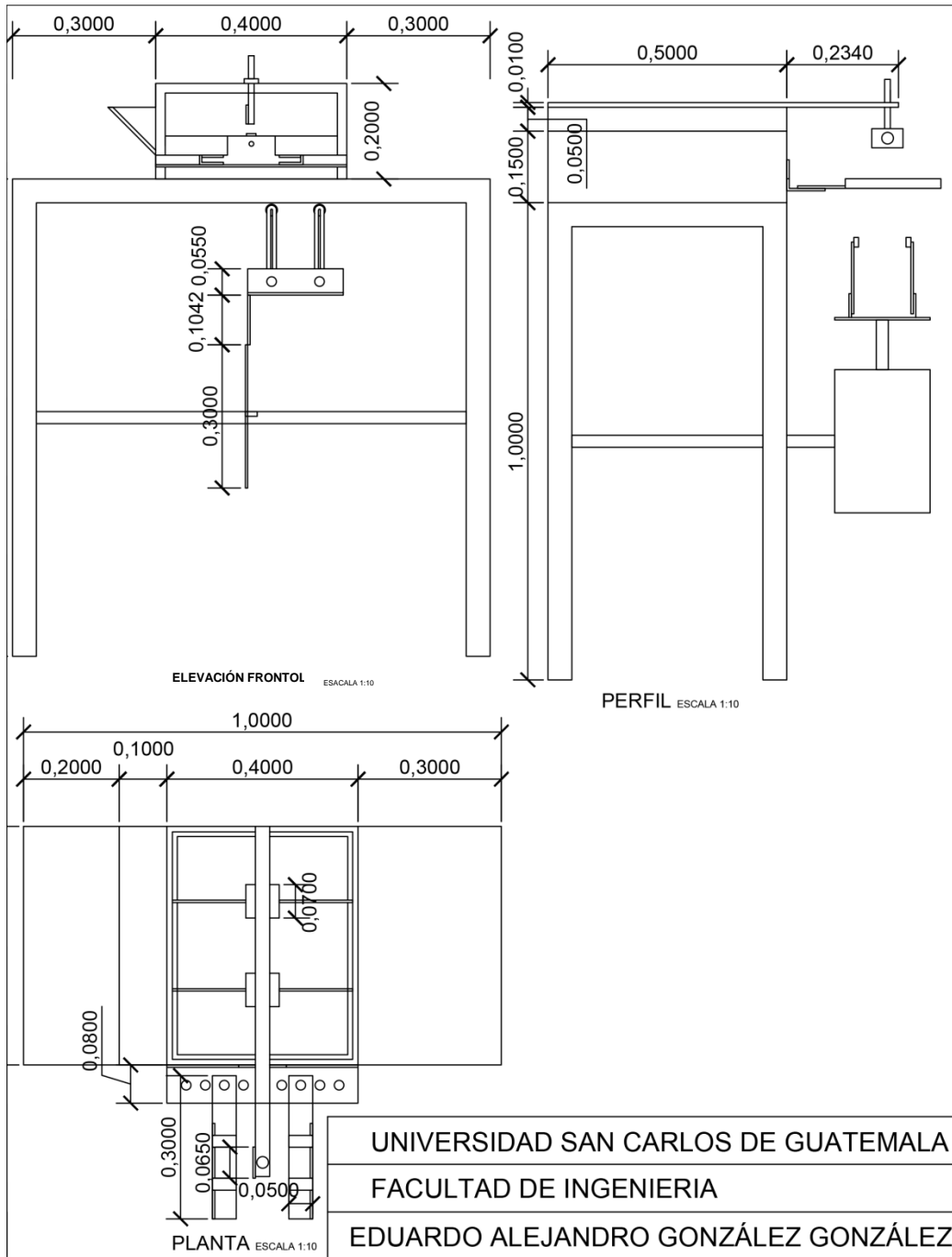
3.5.3. Sistema eléctrico

El sistema eléctrico está contemplado para que funcione con corriente de 110 voltios. Este sistema incluye los fusibles, el *timer* que se utilizará en sustitución a una moto, tendrá la función de controlar y trasladar energía hacia las electroválvulas. Además, el sistema eléctrico cuenta con cuatro micro interruptores que controlan el fin de la carrera de los cilindros neumáticos.

3.6. Planos de la máquina

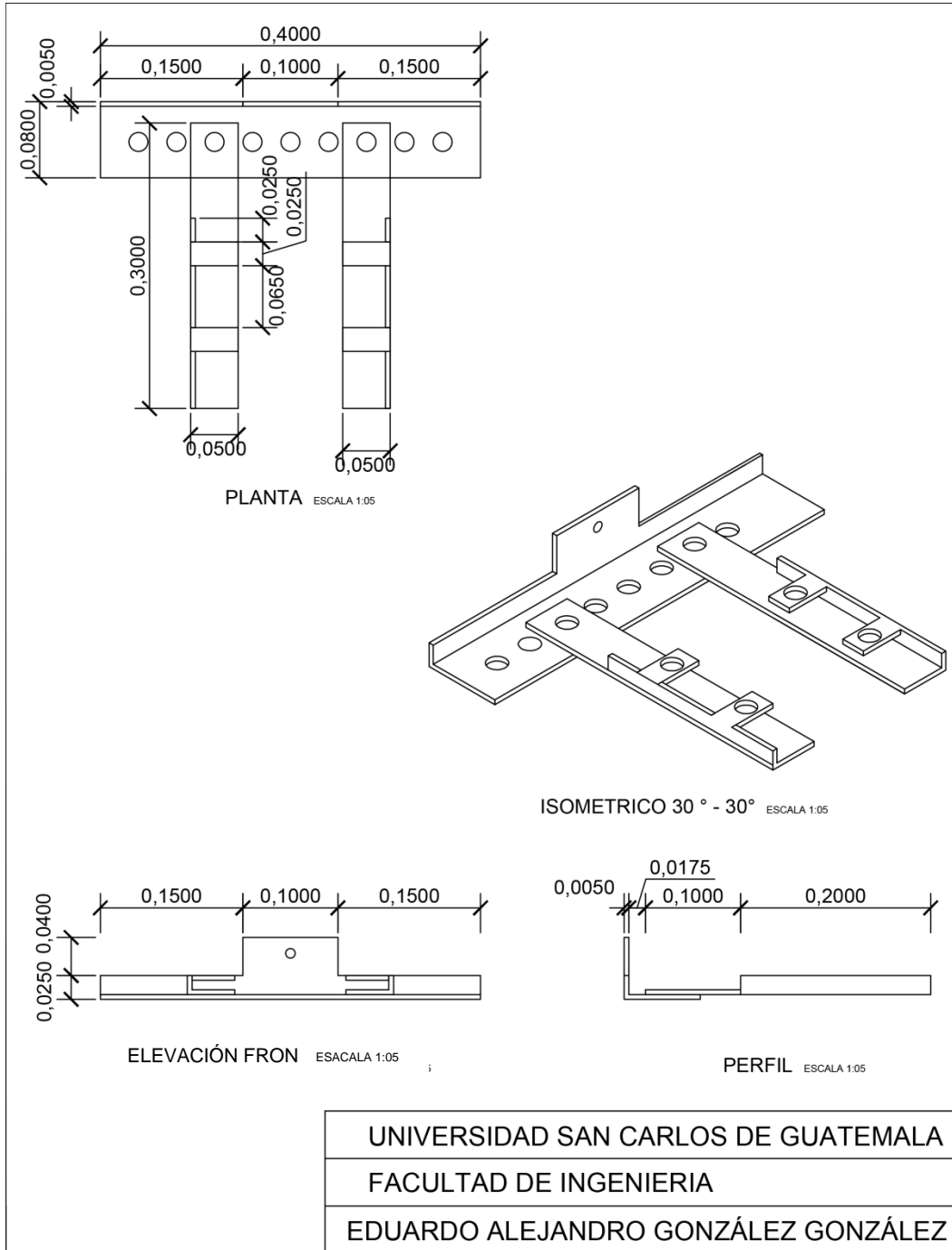
A continuación, se presenta el juego de planos, el diseño final de la máquina semiautomática de serigrafía para ampollitas, además, se incluye el diagrama neumático con el que funcionará la máquina:

Figura 5. Bastidor de la máquina de serigrafía



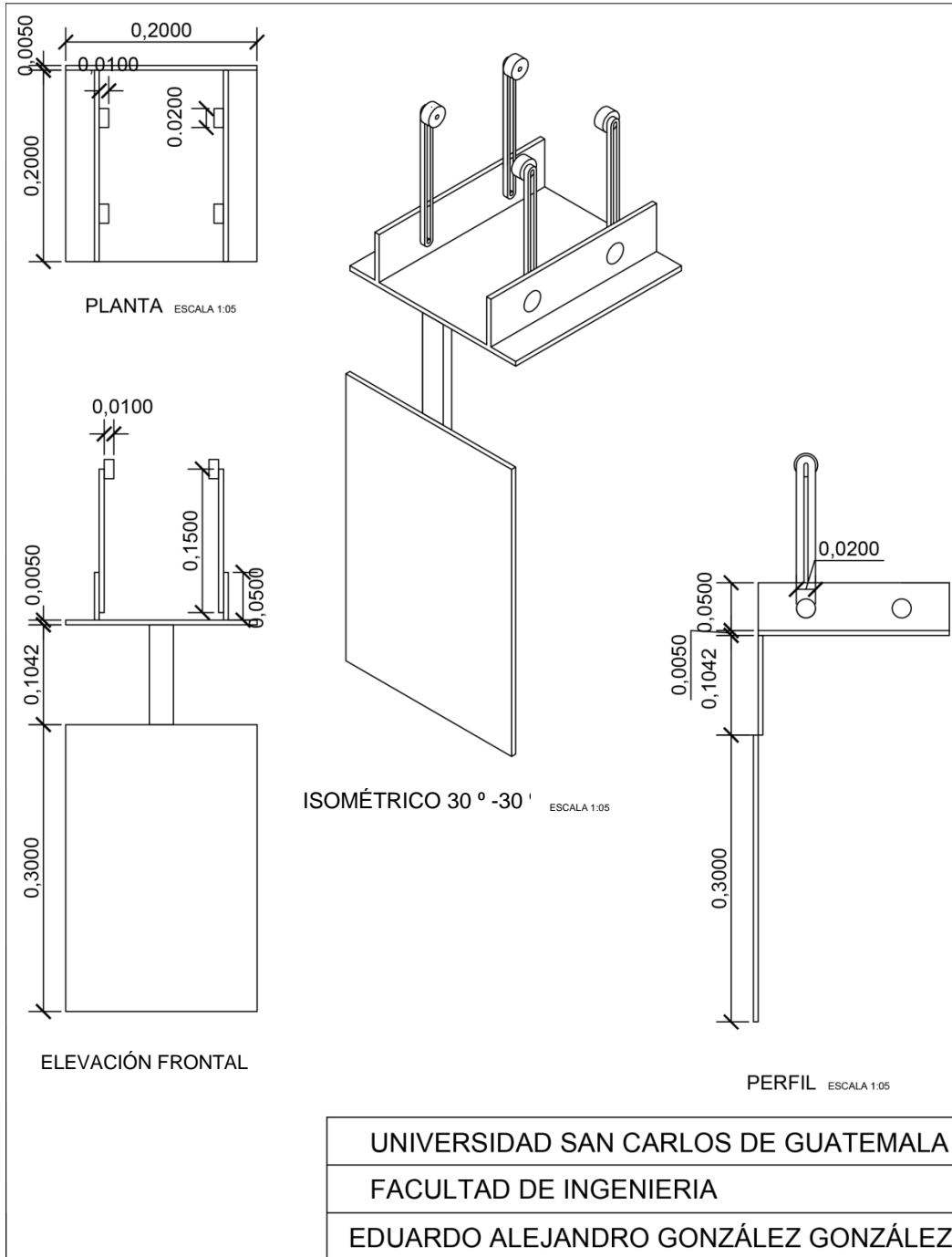
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 6. **Diseño de portamarcos de serigrafía**



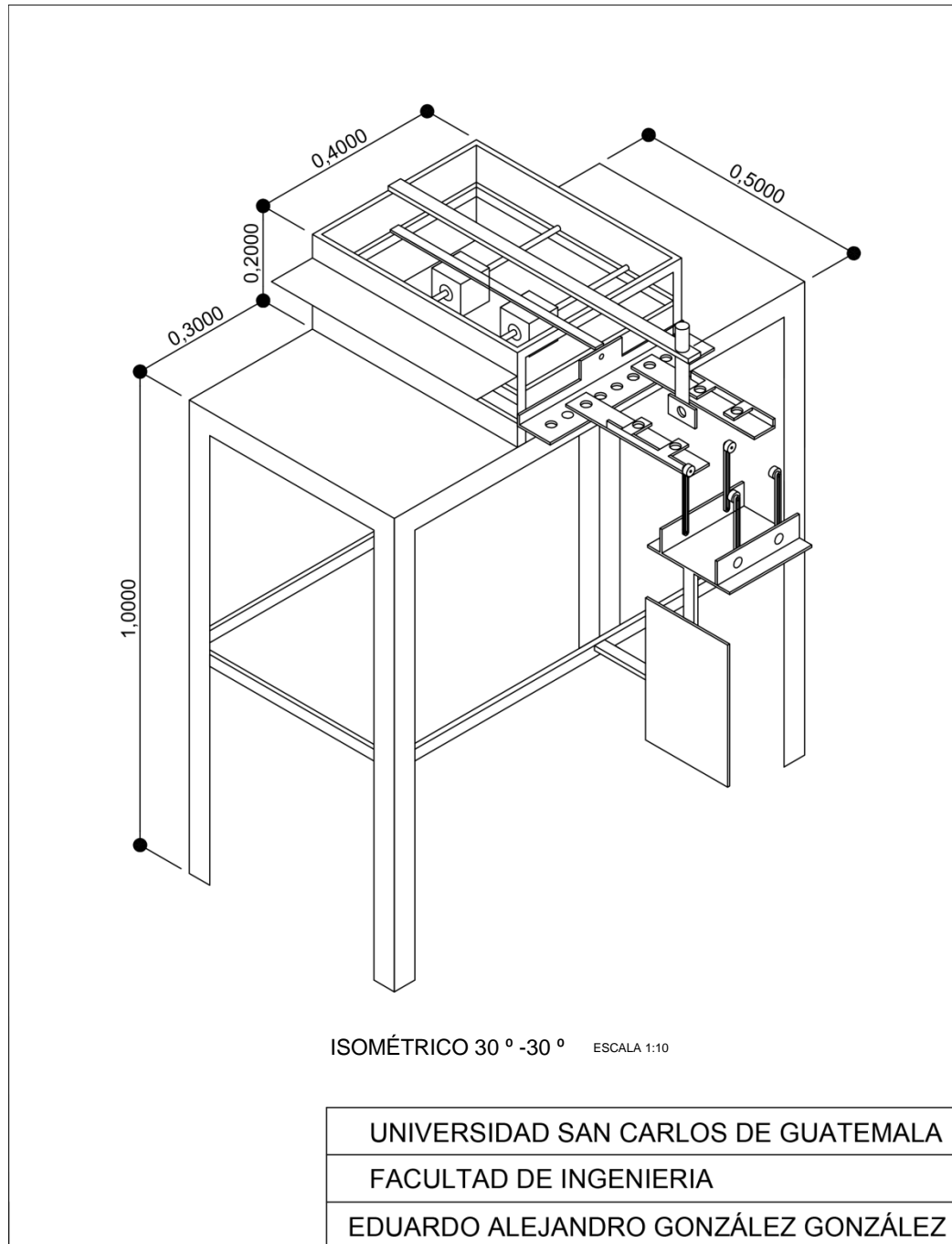
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 7. Plano de rodamientos de la máquina de serigrafía



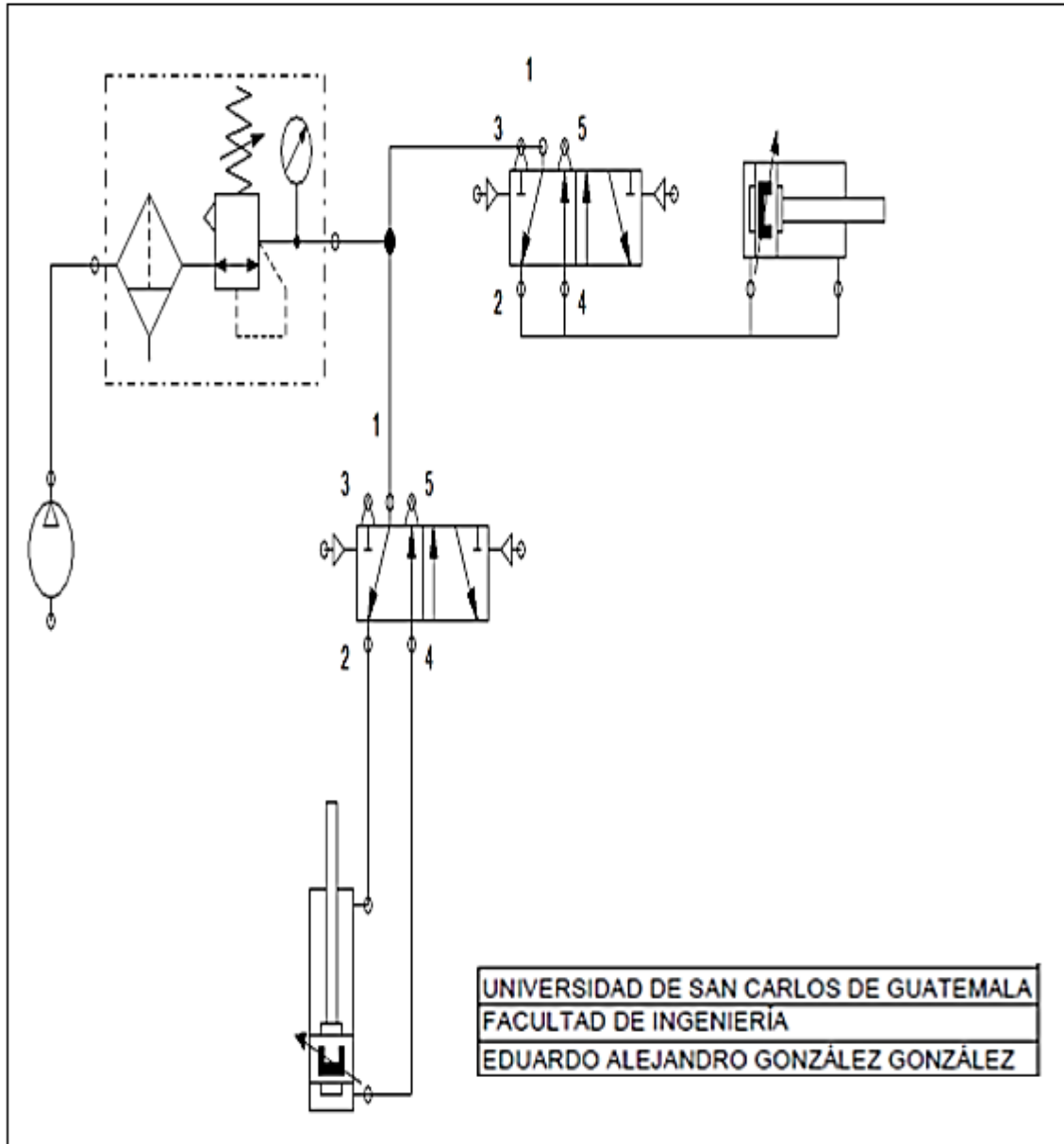
Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 8. **Diseño de máquina semiautomática de serigrafía**



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

Figura 9. Diagrama neumático



Fuente: elaboración propia, empleando AutoCAD.

3.7. Requerimientos para la construcción de la máquina

En la presente sección, se presentarán los requerimientos de los diversos materiales y elementos neumáticos y eléctricos necesarios para la construcción de la máquina semiautomática de serigrafía.

3.7.1. Requerimientos mecánicos

- 12 metros de hierro angular de perfil de ángulo recto de 1 ½" de ancho y de 1/8" de espesor.
- 4 ejes de acero dulce de ¼" de diámetro.
- 4 *bushing* de 1/4" de diámetros con el interior de bronce ferroso.
- 2 pies de platina de 1" de largo por 1/8" de ancho que servirá para unir los *bushing*.
- 2 topes hechos con hierro angular para los soportes de los microinterruptores.
- 4 cojinetes de bola con diámetro interior de ¼".
- 15 tornillos de ¼" x 2" rosca ordinaria, con tuerca, roldana y *washa* de presión.
- 10 libras de electrodo E-6013.

3.7.2. Requerimientos del sistema neumático

- 1 compresor de émbolo
- 2 electroválvulas
- 1 unidad de mantenimiento
- 2 cilindros de doble efecto
- 4 reguladores de presión
- 4 conectores para manguera de aire comprimido

- 10 metros de manguera de poliuretano para aire comprimido

3.7.3. Requerimientos del sistema eléctrico

- 1 *flip-on*
- 4 micro contactores
- 1 pulsador de palanca para encendido y apagado.
- 1 *timer*
- 20 metros de cable calibre No. 12 para toda la conexión del sistema eléctrico
- 1 espiga
- 3 rollos de cinta de aislar
- Terminales, unión de cable, etc., de diferentes medidas

3.8. Propuesta de mantenimiento

Luego de haber realizado la propuesta del diseño de la máquina semiautomática de serigrafía, también, se debe proponer su mantenimiento que se realiza con el fin de alargar el tiempo de vida útil de todos los elementos de la máquina.

Por tal razón, que en este apartado se realizará la propuesta del mantenimiento y lubricación de las partes de la máquina que lo necesiten. La propuesta está muy relacionada con el tema de lubricación ya que existen varios elementos mecánicos y neumáticos de la máquina que con solo el hecho de lubricarlos aumentan su vida útil.

3.8.1. Descripción del mantenimiento

El mantenimiento se puede describir como un conjunto de acciones que se realizan para que un equipo o instalación se conserve y cumpla con una serie de condiciones específicas. El fin primordial del mantenimiento es lograr que una máquina cumpla con su mayor porcentaje de su vida útil, para ello es necesario equilibrar los siguientes factores:

- Que sus costos de mantenimiento sean bajos
- Que exista una programación planificada para el servicio
- Que el mantenimiento sea realizado bajo estándares de calidad

Dentro de los tipos de mantenimiento más utilizados en la industria guatemalteca son el mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo. En esta ocasión se propone un plan de mantenimiento preventivo.

Un programa de mantenimiento preventivo consiste en hacer revisiones, lubricar periódicamente y realizar limpieza con el fin de que el equipo esté en buen estado. Las lubricaciones periódicas son muy importantes debido a que si se realizan de buena manera se le puede dar más vida útil al equipo en un mayor porcentaje, una gran proporción de las fallas en una máquina o equipo se debe a una lubricación defectuosa. Para que se dé una eficiente lubricación se deben tomar en cuenta las siguientes acciones:

- Se deben analizar los factores que condicionan los lubricantes, entre los factores se tienen que tomar en cuenta: condición química, presencia de desgaste metálico de la máquina y la limpieza.

- La contaminación del lubricante es una de las causas más importantes en el daño de la maquinaria.
- Analizar el entorno de operación y almacenaje del lubricante. El almacenaje debe ser en lugares donde no exista riesgo de contaminación por agua, polvo o suciedad.

Para los puntos de lubricación de la máquina semiautomática de serigrafía se propone que se utilice grasas como lubricante, debido a que las piezas de la máquina funcionan por lo general a bajas velocidades. Las grasas están elaboradas a base de un espesador, un lubricante líquido (aceite por lo general) y aditivos que son los que le proporcionan las características especiales.

La ASTM y la SAE han hecho pruebas para clasificar las grasas, de acuerdo a sus propiedades físicas. Estas pueden ser:

- Punto de goteo: se refiere a la temperatura a la cual la grasa pasa de sólido a líquido. Por lo general, las grasas con jabones de calcio tienen puntos de fusión alrededor de los 93° C, las grasas espesadas con arcilla a los 260° C.
- Consistencia de la grasa: esta propiedad física está relacionada con el jabón que se utiliza para la elaboración de la grasa, esto es debido a que la consistencia tiene que ver con la fabricación del jabón, el contenido final de agua y la rapidez de enfriamiento.
- Textura de la grasa: se refiere a la estructura que puede ser tersa, fibrosa, esponjosa o de caucho.

- Número de la grasa: las grasas que con ciertas lecturas de consistencia se clasifican de acuerdo con los números del *National Lubricating Grease Institute* (NLGI), las cuales se presentan en la tabla XI

Tabla XI. **Nomenclatura de lubricantes y grasas**

Grado NLGI	PENETRACIÓN: Cono de 150 g Grasa a 25°C (0.1 mm)	Características
000	445 – 475	Semi Líquida
00	400 – 430	Semi Líquida
0	355 – 385	Semi Líquida
1	310 – 340	Muy Blanda
2	265 – 295	Blanda (Autos, Camiones, Industria, etc.)
3	220 – 250	Liviana
4	175 – 205	Mediana
5	130 – 160	Pesada
6	85 – 115	Bloque

Fuente: *Sistemas de grasas y lubricantes*.

<http://www.machinerylubrication.com/Read/1657/automatic-grease-lubrication>. Consulta: 15 de junio de 2017.

- Solubilidad en el agua: esta propiedad de la grasa permite el uso en ambientes con excesiva humedad.

Al tener normalizados y clasificados los lubricantes se procede a elaborar las fichas de lubricación, las cuales deben contener lo siguiente: croquis de la máquina con las vistas suficientes para determinar los puntos de aplicación del lubricante, información de la frecuencia de aplicación en cada punto, tipo de lubricante a emplear y renovación del lubricante.

3.8.1.1. Rodamientos

La importancia de las grasas en el diseño de la máquina semiautomática de serigrafía está en que los rodamientos que serán utilizados son los de bolas o rodillo, normalmente están lubricados con grasa. Dichos rodamientos son del tipo sellado, es decir, tienen lubricación permanente y se reemplazan al momento de finalizar su vida útil.

3.8.1.2. Ejes

Para el mantenimiento de los dos ejes paralelos se propondrá realizar rutas de control que consiste en efectuar inspecciones visuales de los ejes. Las inspecciones se realizarán con el fin de detectar un mal funcionamiento mediante la existencia de ruidos y vibraciones. Este tipo de inspecciones pueden llevarse a cabo cada dos o tres meses.

También, se propondrá para el mantenimiento realizar rutas de engrase o lubricación en un intervalo de tiempo de seis meses; para el engrase se plantea utilizar una grasa sódica debido a que proporcionan una buena protección contra la oxidación. Las grasas para la lubricación de los ejes pueden ser utilizadas, ya que los ejes funcionan en velocidades y temperaturas normales, además, protegen a los ejes contra la humedad e impurezas.

3.8.1.3. Sistema neumático

El mantenimiento para el sistema neumático se basa en las inspecciones debido a que en la mayoría de casos se presentan fugas de aire comprimido y esto provoca inconvenientes: derroche energético, sobrecalentamiento del compresor, menor duración de la lubricación contenida en los dispositivos

neumáticos y mayor contaminación del aire. Se deben inspeccionar las fugas del sistema neumático en los conectores de las mangueras, los acoplamientos y los actuadores neumáticos.

La ubicación del compresor se tiene que tomar mucho en cuenta ya que es el encargado de la aspiración correcta de aire, por lo tanto, en el lugar donde se ubique el aire tiene que estar lo más libre posible de partículas sólidas y suciedad, se debe de llevar un control perfecto del compresor y su instalación hasta la unidad de mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía; también, se debe llevar un control del nivel de aceite y sustituciones periódicas del mismo. Es necesario purgar el compresor diariamente para evitar que el agua que se acumula en el compresor se llegue a mezclar con el aire que va hacia los elementos neumáticos y estos pueda dañarlos.

Para el mantenimiento del sistema neumático se deben cumplir todas las normas de seguridad de los fabricantes de cada uno de los componentes del sistema, especialmente la ubicación, amarre, presión, volumen de trabajo y protecciones de riesgos mecánicos. La limpieza de la máquina es muy importante en el mantenimiento del sistema neumático ya que si la máquina está con polvo se corre el riesgo de que se le puede introducir suciedad a los elementos neumáticos y pueda disminuir su vida útil.

La lubricación en los cilindros neumáticos es de vital importancia, por lo cual se deben seguir estos pasos:

- Lubricar con aceite las juntas, conectores y reguladores de presión antes de usarlos.
- Comprobar la presión del funcionamiento del circuito neumático para evitar sobrepresiones.

- Ajustar el apriete de los conectores para evitar las fugas.
- Comprobar los soportes de los cilindros.

Para contar con una visión más clara sobre el mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía, se ha diseñado la siguiente tabla, en donde se observará el mantenimiento preventivo que se propondrá.

Tabla XII. **Mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía**

DESCRIPCIÓN DE LA TAREA	INTERVALO DEL MANTENIMIENTO					
	24 HRS	50 HRS	100 HRS	250 HRS	500 HRS	1500 HRS
Limpieza general de máquina	X	X				
Cambio de rodamientos de bolas						X
Lubricación de ejes de transmisión		X	X	X		
Purga de compresor	X					
Purga de unidad de mantenimiento			X			
Cambio de aceite de unidad de mantenimiento					X	
Chequeo de fugas en el sistema neumático		X	X			
Chequeo general para compresor					X	
Chequeo de cilindros neumáticos			X	X	X	

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

En este capítulo se detallará el efecto de la implementación de la máquina semiautomática en el proceso de producción de ampolletas, y dentro de la droguería Produpharma, S. A.

4.1. Producción de ampolletas

La producción de ampolletas conllevará el mismo proceso descrito en el capítulo dos, con la única variante que el proceso de identificación de ampollas se realizará en el departamento de serigrafía ubicado en la misma planta de la Droguería Produpharma, S. A.; en dicho departamento se implementa la máquina de serigrafía y se agrega un nuevo proceso interno de impresión de toda la información detallada del producto que contiene la ampolleta.

4.1.1. Creación del departamento de serigrafía

El objetivo principal del departamento de serigrafía es identificar las ampolletas que se producen en la droguería, el cual tendrá constante comunicación con el departamento de producción que asumirá la obligación de comunicarle al departamento de serigrafía que ampolletas deben imprimirse: el nombre del producto, la cantidad de producto contenida, el nombre de la casa productora, el número de lote, la fecha de expiración, entre otra información requerida por el fabricante.

De esta manera, la creación del departamento de serigrafía permitirá alcanzar los siguientes beneficios:

- Reducción de tiempo de entrega de los lotes a los clientes.
- Disminución de los costos de producción en las ampollitas.
- Una mejor calidad en la identificación de las ampollitas.
- Reducción de materia prima perdida.
- Garantizar la salubridad de las ampollitas, debido a que no saldrán de la droguería.

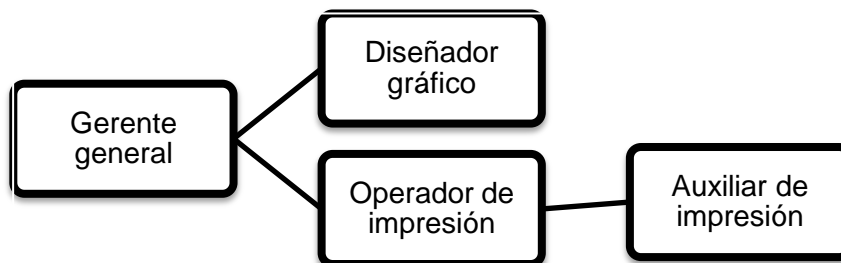
4.1.1.1. Autorización de gerencia

Para la autorización de gerencia se plantearán las oportunidades de mejoras de la droguería Produpharma, S. A. para minimizar los costos de producción de sus ampollitas al implementar el departamento de serigrafía dentro de la Droguería. A continuación, se detallarán los recursos necesarios para lograr un departamento eficiente.

4.1.1.2. Recurso humano

El área del departamento de serigrafía se organiza de manera funcional y estructurada como se muestra a continuación en el organigrama.

Figura 10. **Organigrama del departamento de serigrafía**



Fuente: elaboración propia.

Los requisitos y funciones para cada puesto son los siguientes:

4.1.1.2.1. Puesto: diseñador gráfico

- **Objetivo del puesto**

Realizar los diferentes diseños de los artes para la impresión serigráfica en las ampollitas.

- **Requisitos**

- Título a nivel medio en el área de diseñador gráfico.
- Primer o segundo año de la carrera de diseño gráfico.
- Experiencia mínima de 1 año manejando Freehand, Illustrator y Photoshop, preferiblemente en artes para impresión serigráfica.
- Puntualidad y responsabilidad.
- Acostumbrado a trabajar bajo presión.
- Calidad en el trabajo.

- **Responsabilidades**

- Revisar los artes que el departamento de producción solicite para que sean impresos.
- Convertir el archivo para ser enviado a la fotomecánica.
- Realizar artes nuevos para ampollitas.

- **Competencias**

- Capacidad para solucionar problemas

- Tener iniciativa
- Trabajo en equipo
- Ser creativo

4.1.1.2.2. Puesto: operador de impresión

- **Objetivo del puesto**

Ejecutar todas las actividades del proceso de impresión de las ampollitas y manipular la máquina semiautomática de serigrafía.

- **Requisitos**

- Título a nivel medio.
- Edad comprendida de 20 años en adelante.
- Experiencia en serigrafía que incluya preparación de marcos serigráficos, bases y tintas.
- Conocimiento de procesos semiautomáticos de impresión, control de calidad.
- Disponibilidad de tiempo.
- Capacidad de trabajar bajo presión en cumplimiento de fechas de entrega.

- **Responsabilidades**

- Ejecución del proceso de impresión de ampollitas.
- Llevar el control de calidad de los tirajes de los lotes de ampollitas.

- Elaboración de las tintas para utilizar en la impresión de las ampollitas.
- Responsable de quemar la película positiva en la seda de los marcos.

- Competencias
 - Con buenas relaciones interpersonales
 - Toma de decisiones
 - Trabajo en equipo
 - Tener compromiso
 - Ser planificado y organizado

4.1.1.2.3. Puesto: auxiliar de impresión

- Objetivo del puesto

Apoyar al operador de impresión en todas las tareas relacionadas con el proceso de impresión.

- Requisitos
 - Sexto primario mínimo deseable
 - Edad comprendida de 18 años en adelante
 - Experiencia laboral no deseable

- Responsabilidades
 - Preparación, aprovisionamiento y control de los materiales necesarios para cada impresión de lotes.
 - Comunicar al operador de impresión cualquier incidencia u anomalía en el tiraje de impresión.

- Competencias
 - Con iniciativa
 - Capacidad para trabajar en equipo
 - Con buenas relaciones interpersonales.

4.1.1.3. Recurso financiero

Dentro de los recursos sobresalientes se encuentran los recursos financieros, ya que a través de este se puede llevar a cabo la creación del departamento de serigrafía dentro de la droguería Produpharma, S. A., porque a través de este se obtienen los recursos humanos (diseñador gráfico, operador de impresión y el auxiliar de impresión) y los físicos (máquina de serigrafía, tintas, bases y otros materiales de serigrafía) necesarios para la realización de las actividades serigráficas.

En el siguiente cuadro se detallará el presupuesto contemplado para el departamento de serigrafía.

Tabla XIII. **Presupuesto para la Implementación del departamento de serigrafía**

Descripción	Monto
Materiales e insumos de serigrafía	Q 1 300,00
Máquina	Q 19 500,00
Mano de obra	Q 9 000,00
Total	Q 29 800,00

Fuente: elaboración propia.

4.1.1.3.1. Recurso, maquinaria

La maquinaria constituye otro recurso importante. En este tipo de recursos se encuentran: marcos para impresión, lámpara para quemado de marcos y la máquina de impresión. A continuación, se detallará cada una.

- Marcos para impresión: son fabricados dentro de la empresa en paralelos de madera tratada, los marcos tienen las siguientes dimensiones: ocho pulgadas de largo y tres pulgadas de ancho.
- Lámpara para quemado de marcos: se utiliza una lámpara de copiado la cual debe tener la máxima capacidad de rayos en el espectro entre aproximadamente 360 a 420 milimicrones (luz ultravioleta).
- Máquina de impresión: la máquina semiautomática de serigrafía se utiliza para imprimir la información general de la ampollita, está compuesta por el bastidor, cuerpo o estructura de la máquina, el sistema neumático, el que le da el movimiento a la máquina, conjuntamente con el sistema eléctrico.

4.2. Descripción del proceso de serigrafía

A continuación, se describen los pasos necesarios para el proceso de impresión serigráfica en las ampollitas médicas:

4.2.1.1. Verificación de positivos

El operador de impresión y el diseñador gráfico revisan y verifican si el positivo que se utilizará cumple con los requisitos. En el positivo los colores opacos a la luz ultravioleta producen áreas abiertas en la imagen que se quema en el marco, mientras que las áreas transparentes producen áreas cerradas al atravesar por ahí la luz y endurecer la foto emulsión. Los requisitos de un positivo para serigrafía son:

- El positivo debe presentar limpieza y la máxima transparencia.
- No debe arrugarse ni variar dimensionalmente ante cambios de humedad ni temperatura.
- El texto o dibujo del que se compone el positivo debe estar bien definido y completamente oscuro para quemarlo al marco con la luz ultravioleta; el texto o dibujo puede estar en color negro opaco, rojo transparente o naranja transparente.
- El texto o imagen no debe tener trazos muy finos o delgados porque puede ser que no alcance a definirse en la imagen que queda incrustada en el marco o que pueda taparse durante el proceso de impresión.

Si el positivo cumple con los anteriores requisitos mencionados se continúa con el proceso y los mismos se envían al cuarto de quemado.

4.2.2. Lavado de marcos

La seda utilizada en los marcos de serigrafía tiene la característica de ser reutilizable en varios procesos, con la salvedad de que la seda tenga el trato adecuado. Cuando el marco de impresión se requiera para otro tiraje, se procede a la etapa de lavado de marcos, para la cual se deben seguir los siguientes pasos:

- Eliminar sobrantes de tintas: utilizando fibra (*wipe*) y un solvente químico para la limpieza total de tinta.
- Eliminar emulsión: se aplica un químico removedor de emulsión frotando la seda; se debe dejar reposando el químico por un tiempo; luego, se le aplica agua a presión hasta que el marco quede libre de emulsión.
- Eliminar velos: también llamados fantasmas, para eliminarlas se debe aplicar un químico removedor de velos frotándolo en la seda del marco y se debe dejar reposando; luego, se aplica agua a presión para botar el químico.
- Desengrasado: se puede aplicar jabón a la seda, frotar por un intervalo de tiempo, dejarlo reposar y luego removerlo con agua a presión.

4.2.3. Tensado de seda de marcos

El auxiliar de impresión será el encargado de tensar la seda en el marco, utilizará el método manual para realizar dicha operación. Se escoge este método por ser económico a comparación con el método mecánico y porque se puede utilizar cuando se requiere efectuar impresiones simples como las que se realizarán en las ampolletas.

Este paso se lleva a cabo si en la inspección previa al lavado y después del lavado el operador de impresión decidirá si la seda ya no es reutilizable.

4.2.4. Quemado de marcos

El operador de impresión es el encargado de quemar los marcos, debe aplicar emulsión líquida sobre la seda luego se deja secando.

Se coloca el positivo que se utilizará sobre un vidrio de un grosor de 5 mm, también, se coloca una esponja; el siguiente paso es exponer el marco contra la luz fluorescente por un intervalo de tiempo. Luego de terminado el quemado, se traslada al área de lavado para ser revelado, aplicándole agua a baja presión, al mismo tiempo el operador de impresión compruebe que el marco quede debidamente destapado; revelado completamente se realiza una inspección para ver si no hay partes donde exista emulsión en la figura o texto que servirá para la impresión; luego, se deja secando el marco; después, se traslada al área de impresión.

4.2.5. Impresión de ampolletas

Se utilizará una máquina semiautomática para la impresión de las ampollas; la máquina será neumática lo que permitirá imprimir con una buena resolución y una impresión de calidad.

La máquina podrá imprimir semiautomáticamente sobre ampollas de 1ml, 2ml, 5 ml y de 10 ml. La máquina poseerá una estructura compacta y muy fácil de operar. Es la máquina ideal para los procesos de impresión de ampolletas.

La máquina será controlada por aire comprimido, es muy estable y confiable. El operador de impresión lo único que tiene que hacer es cargar y descargar la ampolleta de la máquina; para la impresión, la malla serigráfica avanza y retrocede hasta realizar la misma a presión con la rasqueta; cuando no hay ampollas en el área de impresión de la máquina, la rasqueta se levanta automáticamente para prolongar la vida útil de la seda del marco. El proceso de impresión es un intervalo de tiempo corto, la máquina realiza 2 500 ampolletas por hora.

4.2.6. Secado

Luego de imprimir las ampolletas, se colocan en bandejas que pueden ser de aluminio o de madera; sus dimensiones son: ocho pulgadas de largo y tres pulgadas de ancho, luego, se estiban en estanterías las bandejas, las ampollas se dejan secándose a temperatura ambiente en un intervalo de tiempo para luego empacar el producto terminado.

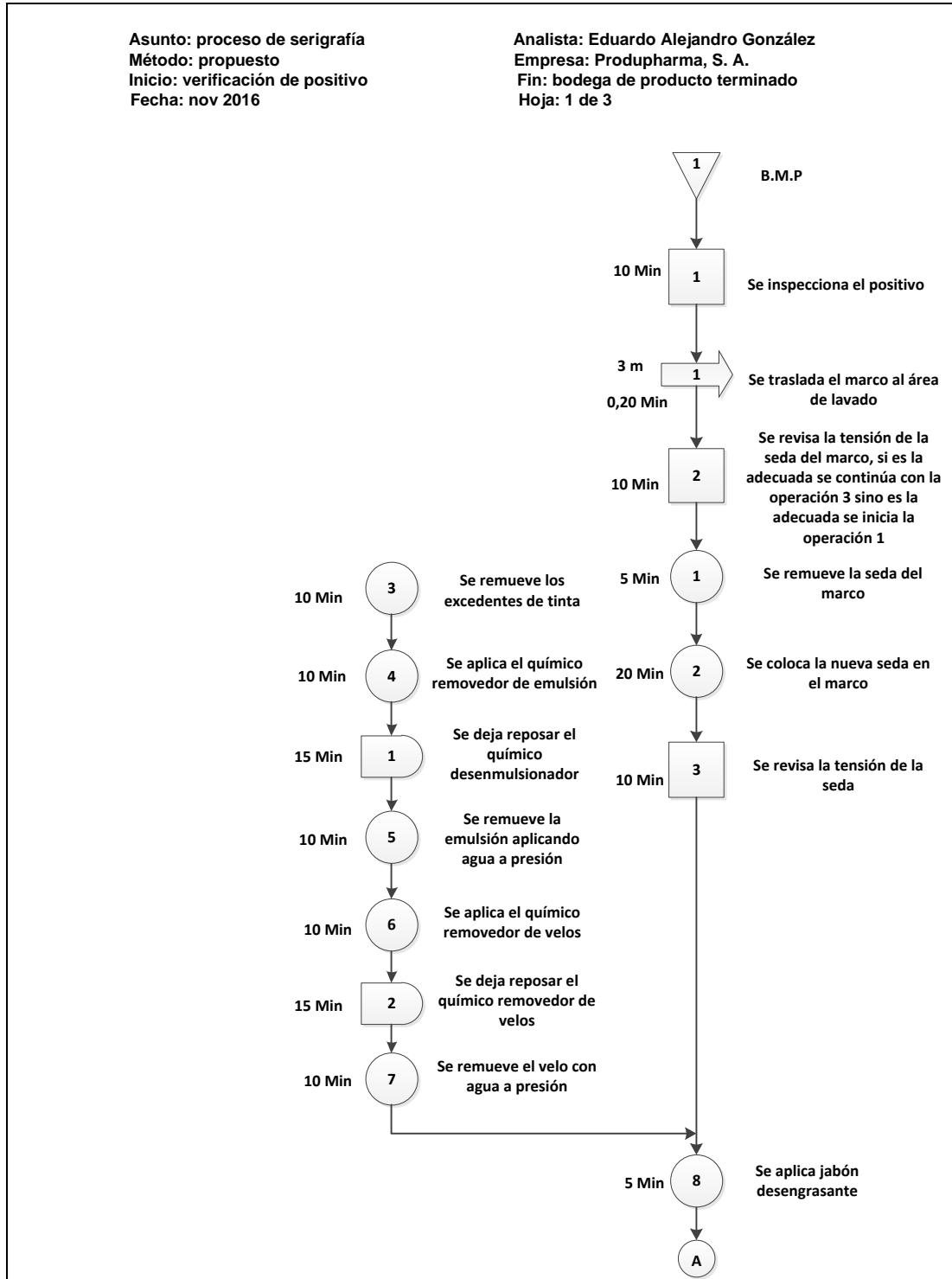
4.3. Implementación de los diagramas

Para poder observar el proceso correcto de impresión en las ampollitas se presenta de forma gráfica, esta representación gráfica es la secuencia de todas las operaciones, los transportes, las inspecciones, las esperas y los almacenamientos que ocurren durante un proceso. En el siguiente apartado se mostrarán los diagramas de flujo, el diagrama de distribución y el diagrama de recorrido del departamento de serigrafía; los siguientes diagramas son propuestos:

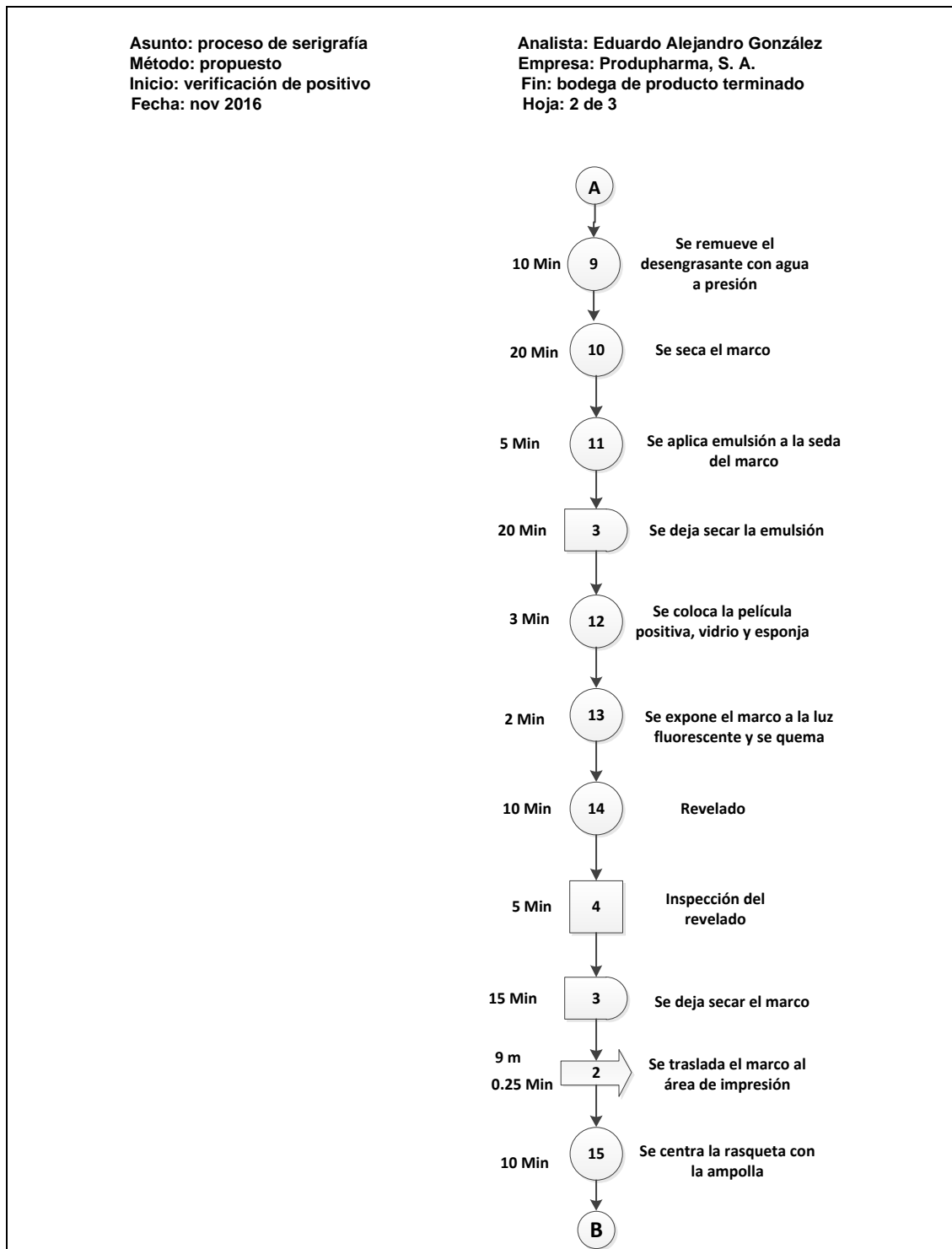
4.3.1. Diagrama de flujo de operaciones

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones propuesto para el proceso del Departamento de Serigrafía, se mostrará la secuencia desde la verificación del positivo hasta el secado de la ampollita.

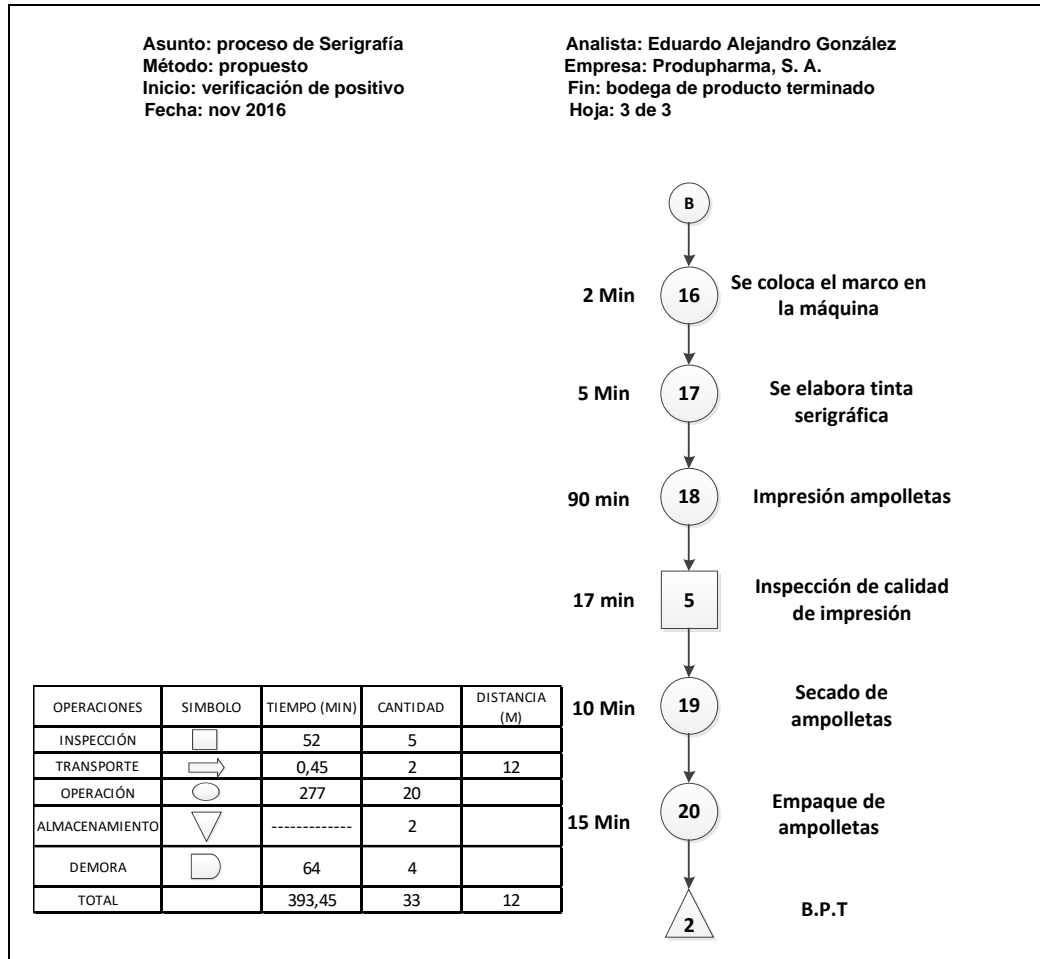
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso de serigrafía



Continuación de la figura 11.



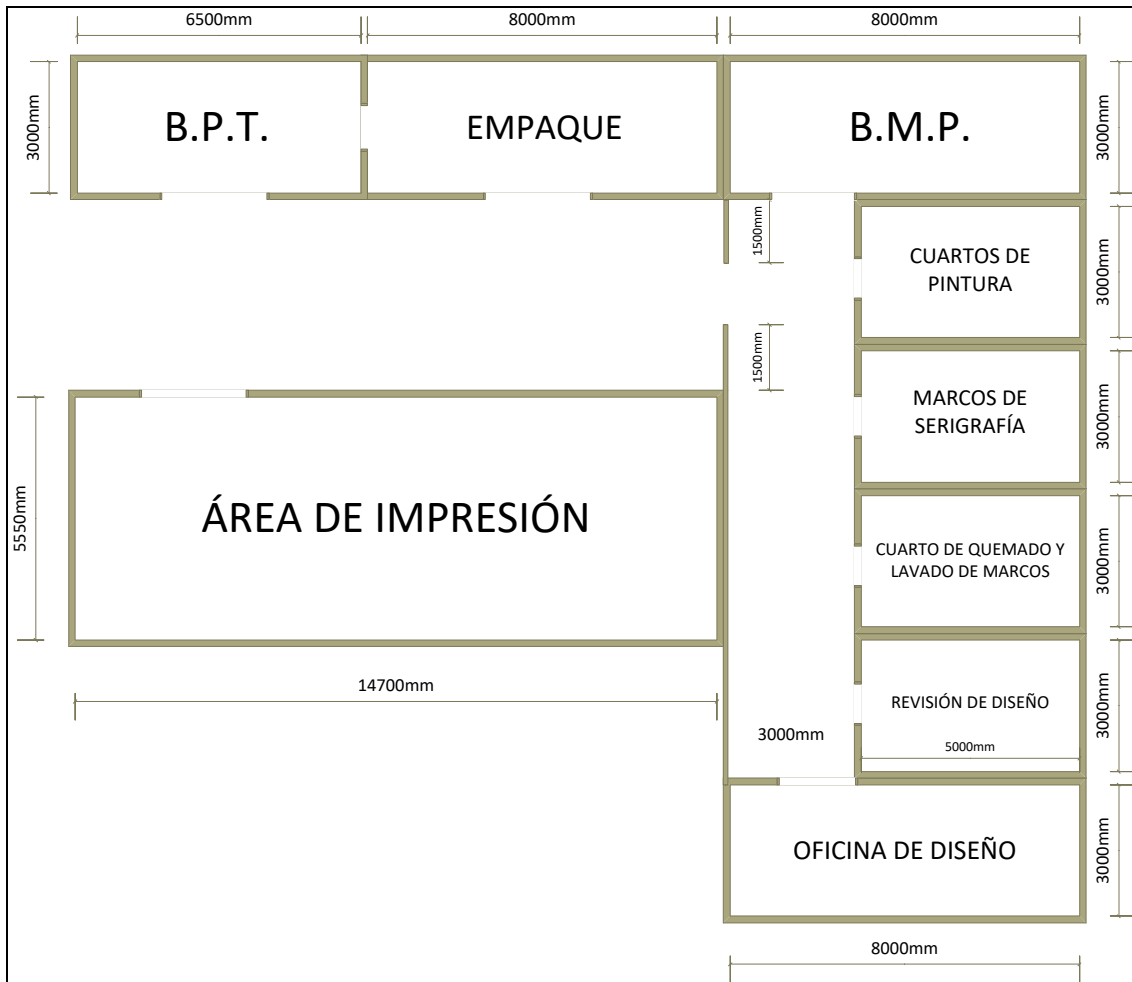
Continuación de la figura 11.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.3.2. Diagrama de distribución del departamento

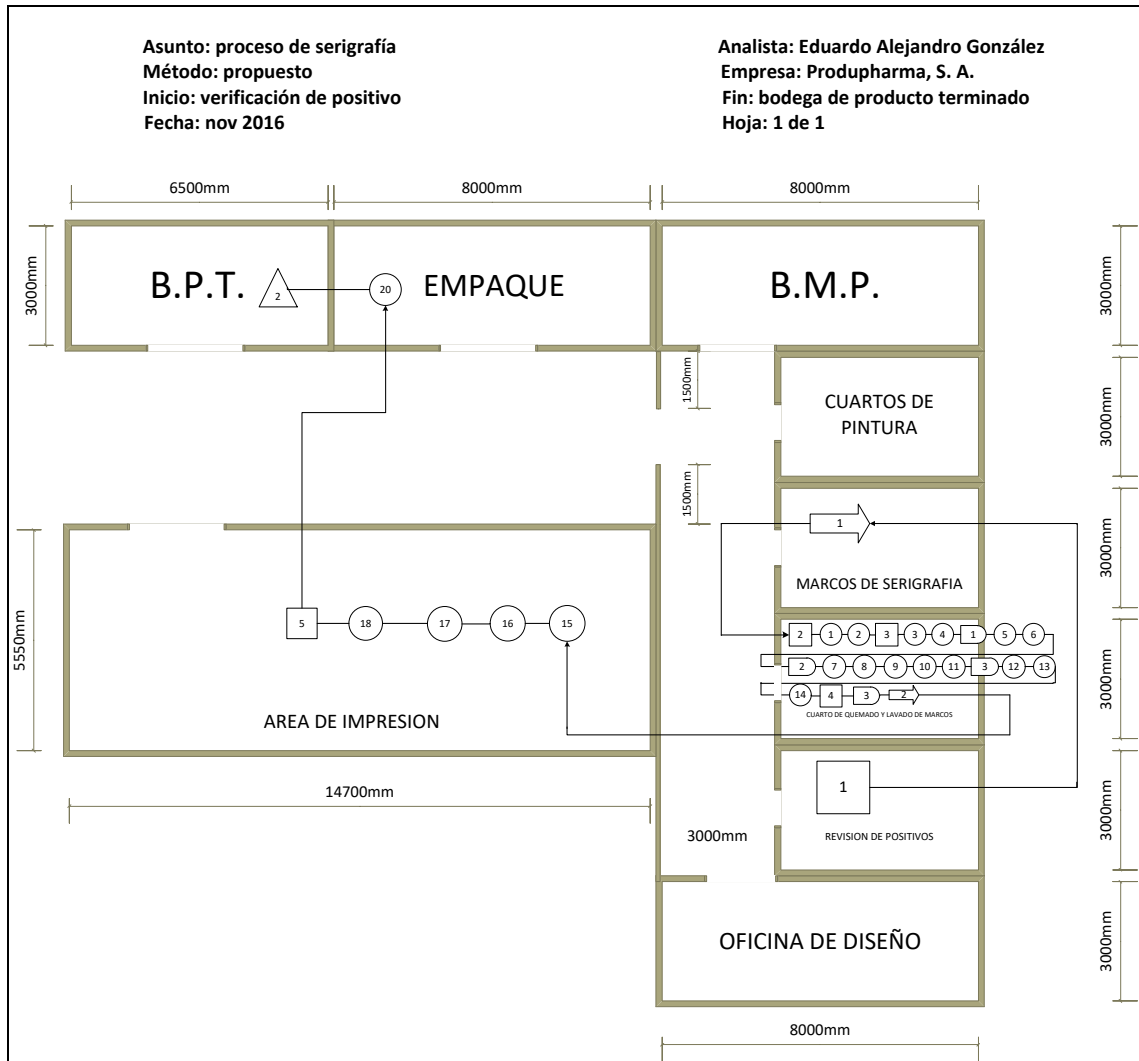
Figura 12. Diagrama de distribución del departamento de serigrafía, empresa Produpharma, S. A.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.3.3. Diagrama de recorrido

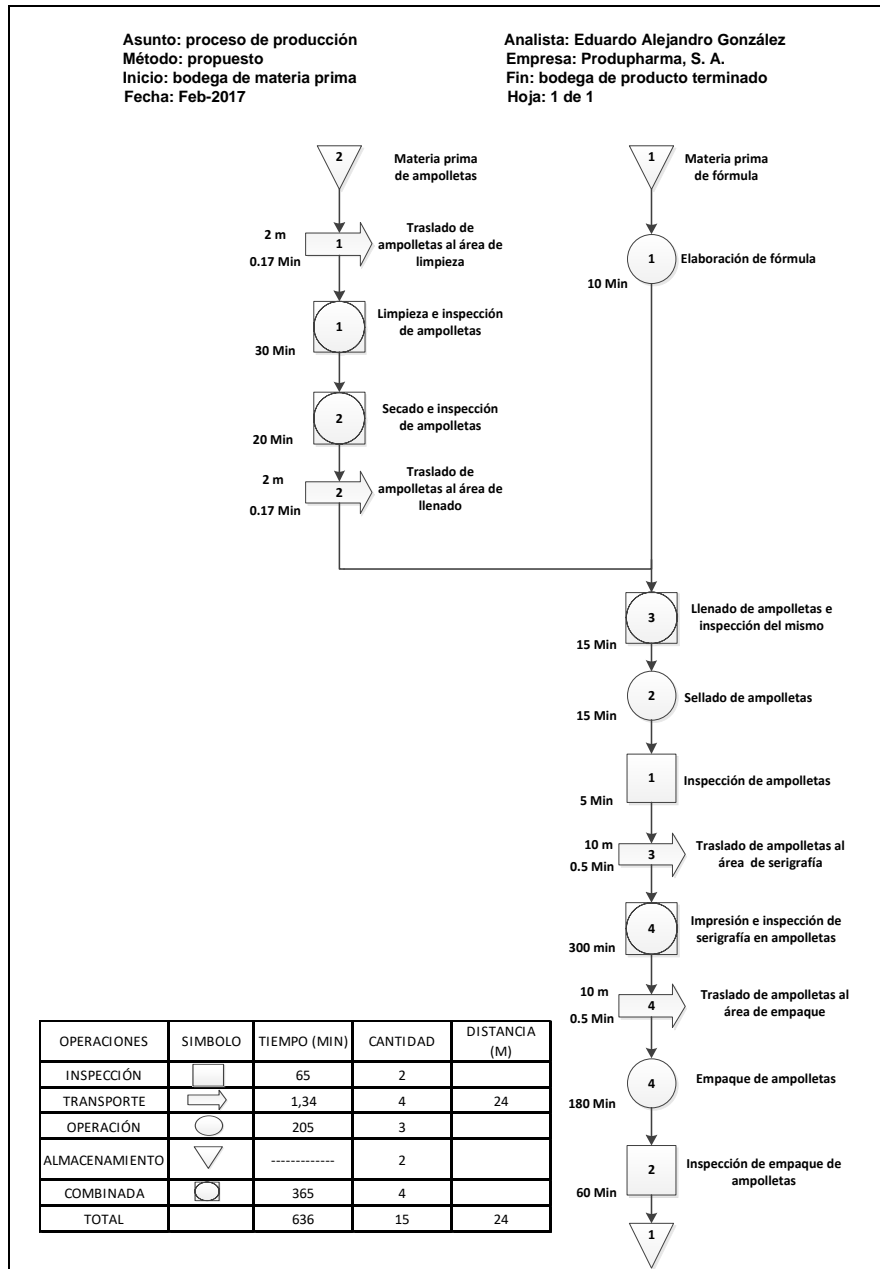
Figura 13. Diagrama de recorrido Proceso de Impresión de ampolleta



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.3.4. Diagrama del proceso de producción

Figura 14. Diagrama del proceso de producción propuesto



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

4.4. Departamento de serigrafía

Se implementará un departamento de serigrafía para que se encargue de la identificación de las ampollitas a través del siguiente proceso: verificación de positivos, lavado de marcos, tensado de seda de marcos, quemado de marcos, impresión de ampollitas y secado.

4.4.1. Costos

Los costos previstos para la implementación del departamento de serigrafía se desarrollarán en los siguientes ítems.

4.4.1.1. Proyección de ingresos totales

Con la implementación del departamento de serigrafía en la planta, se disminuye el tiempo en la impresión serigráfica de la información de los fármacos; como se puede observar en el diagrama de flujo de operaciones propuesto es posible que la planta sea más productiva y puede realizar su proceso en menos tiempo; que, a su vez, cambia positivamente la capacidad productiva de 10 lotes mensuales por producto a 25 lotes mensuales por producto.

Sin embargo, no es posible proyectar esas ventas por lo que se realizarán los cálculos con la misma proyección estimada de ventas actuales para aprovechar que el producto en gestión posee una demanda inelástica ya que durante todo el año sus volúmenes de ventas se mantienen. Actualmente, Produpharma, S. A., distribuye tanto con sus clientes capitalinos como los clientes en el interior del país, el cual es de aproximadamente de diez lotes de

unidades de cada tipo de fármaco en el periodo de un mes. En la siguiente tabla se detallan los datos manejados por la empresa.

Tabla XIV. **Estimación del ingreso total mensual**

NOMBRE	Ingreso por unidad	Ingreso por lote	Ingreso mensual
Produnerv	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Produfenaco	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Dexamen	Q 4,00	Q 8 000,00	Q 80 000,00
Total	Q 12,00	Q 24 000,00	Q 240 000,00

Fuente: elaboración propia.

4.4.1.2. Proyección de egresos totales

Para la implementación del departamento se tendrán costos de operación: mano de obra, insumos y herramientas de serigrafía. También se contemplan los costos de inversión: marcos de serigrafía, componentes neumáticos, mecánicos y eléctricos de la máquina semiautomática para la serigrafía de ampollita.

Los costos de operación se subdividen en costos fijos y variables. Los costos fijos están en función de la cantidad de diseños y de la descripción del contenido de las ampollitas. Los costos variables son en función del número de lotes que se impriman.

A continuación, se presentará el listado de insumos que conforman el costo operacional de serigrafía por lote.

Tabla XV. **Costos de operación de serigrafía**

No.	Artículos	Costo
COSTOS VARIABLES		
1	Wype	Q 1,00
2	Tintas por kilo	Q 8,33
3	Solventes	Q 5,60
4	Catalizador	Q 10,67
TOTAL COSTOS VARIABLES		Q 25,60
COSTOS FIJOS		
5	Galón de cloro	Q 0,60
6	Removedor de emulsión	Q 1,60
7	Emulsión	Q 9,00
8	Impresión de positivo	Q 25,00
TOTAL COSTOS FIJOS		Q 36,20
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN		Q 61,80

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Costos de inversión**

No.	Artículos	Costo
INSUMOS PARA SERIGRAFÍA		
1	Madera para marcos 1/2"x 1/2"	Q 150,00
2	Ceda para marcos de 140 hilos por yarda	Q 300,00
3	Vidrio para quemar marcos	Q 25,00
4	Esponja	Q 20,00
5	Racleta	Q 110,00
6	Secadora	Q 150,00
7	Lámpara alógena 5 000 vatios	Q 125,00
DISPOSITIVO NEUMÁTICO		
8	2 electroválvulas de 5/2 vías	Q 6 827,80
9	1 unidad de mantenimiento FRC	Q 1 715,30
10	2 cilindros doble efecto	Q 4 689,20
11	4 válvulas reguladoras de presión	Q 2 652,40
12	7 racor de ¼ de diámetro	Q 193,90
13	10 metros de manguera de 1/8 de diámetro	Q 148,00
14	Compresor de embolo	Q 3 000,00
15	4 silenciadores de bronce	Q 129,20

Continuación de la tabla XVI.

DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS		
16	1 flipón de 20 amperios	Q 24,95
17	4 <i>micro switch</i>	Q 25,00
18	1 timer	Q 600,00
19	1 pulsador de palanca	Q 20,00
20	1 espiga	Q 5,13
21	20 metros de cable calibre No. 12	Q 89,80
22	3 rollos de cinta aislar	Q 14,28
23	Terminales	Q 0,77
DISPOSITIVOS MECÁNICOS		
24	12 metros de hierro angular de perfil de ángulo recto de 1 ½ de ancho y 1/8 de espesor	Q 160,00
25	4 ejes de acero dulce de 1/4 pulgadas de diámetro	Q 30,00
26	4 <i>Bushing</i> de ¼ de pulgada de diámetro	Q 50,00
27	2 pies de platina	Q 30,00
28	4 cojinetes de bola con diámetro de ¼ de pulgadas	Q 120,00
29	15 tornillos de ¼ de pulgadas y 2 pulgadas de rosca ordinaria	Q 5,25
30	15 tuercas de ¼ de pulgada	Q 1,50
31	15 roldanas de ¼ de pulgada	Q 1,50
32	15 <i>Washas</i> de presión de ¼ de pulgada	Q 1,50
33	10 libras de electrodo	Q 60,00
Mano de obra de instalación		
34	Mano de obra de instalación	Q 6 000,00
Total		Q 26 874,48

Fuente: elaboración propia.

4.5. Implementación del mantenimiento

Para la implementación del mantenimiento a la máquina semiautomática se utilizará aceite, lubricantes y grasas; estos insumos brindarán a la máquina la perfecta lubricación de los diferentes dispositivos mecánicos y neumáticos. Estos procedimientos se detallarán en el siguiente capítulo; sin embargo, el interés en mención para este apartado son los costos relacionados con el mantenimiento que se realizarán de forma diaria, semanal, mensual, semestral y anual, para los cuales se estima que representarán un costo mensual aproximado de cincuenta y cinco quetzales exactos (Q. 55,00).

4.6. Evaluación financiera-económica

La evaluación financiera-económica de un proyecto es la parte más importante, su finalidad es tomar la decisión de aceptarlo o rechazarlo. Además, permite evaluar si el proyecto puede generar ganancias o pérdida en un período determinado.

Para iniciar la evaluación financiera es necesario desglosar los costos operacionales con el reemplazo en el costo de serigrafía de ampollitas; a continuación, se detallan estos costos por lote de 2 000 ampollitas y con la estimación de ventas mensuales de 10 lotes por producto al mes.

Tabla XVII. **Costos de operación proyectado**

Nombre	Produnerv	Produfenaco	Dexamen	Costo total
presentación	1 AMP (3ML)	1 AMP (3 ML)	2 AMP (2ML)	
Vidrio	Q 860,00	Q 860,00	Q 1 480,00	Q 3 200,00
Materia prima	Q 440,00	Q 440,00	Q 500,00	Q 1 380,00
Maquila	Q 200,00	Q 200,00	Q 400,00	Q 800,00
Serigrafía	Q 61,80	Q 61,80	Q 123,60	Q 247,20
Blisteadado y empaque	Q 900,00	Q 900,00	Q 900,00	Q 2 700,00
Costo por lote	Q 2 461,80	Q 2 461,80	Q 3 403,60	Q 8 327,20
Costo mensual	Q 24 618,00	Q 24 618,00	Q 34 036,00	Q 83 272,00

Fuente: elaboración propia.

Así mismo, deben estimarse los nuevos costos referentes de la mano de obra que se utilizará con la implementación del departamento de serigrafía; el sueldo del diseñador gráfico se incluirá en el rubro de los costos indirectos fijos y los salarios del operador de impresión juntamente con el auxiliar de impresión se incluirán en la mano de obra directa puesto que intervienen directamente en la producción de las ampollitas. La gerencia de la droguería estima que los sueldos y salarios del nuevo personal serían los siguientes:

Tabla XVIII. **Sueldos y salarios del departamento de serigrafía**

Nuevo personal del departamento de serigrafía		
Diseñador gráfico	Q	3 500,00
Operador de impresión	Q	3 500,00
Auxiliar de impresión	Q	2 000,00

Fuente: elaboración propia.

Para completar la información de los egresos totales de la droguería, a continuación, se presenta el detalle de los costos indirectos fijos que podría tener la droguería después de la implementación del departamento de serigrafía.

Tabla XIX. **Costos indirectos fijos proyectados**

DESCRIPCIÓN	TOTAL	
Gerente general	Q	12 000,00
Gerente administración	Q	8 000,00
Gerente producción	Q	8 000,00
Gerente de ventas	Q	8 000,00
Diseñador	Q	3 500,00
Personal de ventas (5)	Q	22 500,00
Alquiler	Q	8 200,00
Agua	Q	250,00
Teléfono e internet	Q	400,00
Luz	Q	2 000,00
Total de costos indirectos fijos	Q	72 850,00

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, a continuación, se presenta la evaluación financiera-económica que incluyen los ingresos y egresos generados en un período de un mes calendario.

Tabla XX. **Estado de resultados proyectado**

	INGRESOS			
	Ventas de fármacos	Q 240,000.00		
	COSTOS			
(-)	Costo de producción		Q 83 272,00	
(-)	Costo de mano de obra		Q 37 500,00	
	Utilidad bruta			Q 119 228,00
(-)	Gastos de ventas		Q 22 500,00	
	Utilidad sobre ventas			Q 96 728,00
(-)	Gastos de administración		Q 39 500,00	
(-)	Servicios básicos		Q 10 850,00	
(-)	Transporte		Q 3 200,00	
(-)	Mantenimiento		Q 55,00	
	Utilidad en operación			Q 43 123,00
	IMPUESTOS			
(-)	Impuesto sobre la renta ISR 5 %		Q 2 156,15	
	Utilidad Neta			Q 40 966,85

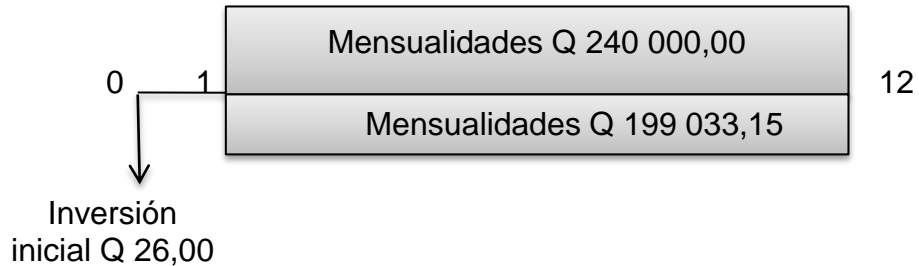
Fuente: elaboración propia.

Con la evaluación de resultados puede observarse que la utilidad neta proyectada con la implementación del nuevo departamento de serigrafía es de cuarenta mil novecientos sesenta y seis quetzales con ochenta y cinco centavos (Q. 40 966,85), lo cual demuestra que el proyecto es altamente rentable.

4.6.1. Construcción de flujo de efectivo

Para elaborar el flujo de efectivo se toman en cuenta las entradas y salidas de efectivo proyectados en un período de un mes; se utilizarán las proyecciones de flujo de los ingresos, costos y gastos involucrados en el mismo; tomando en cuenta que se tomarán 10 lotes mensuales de ventas por cada producto e incluyen la inversión inicial para la fabricación de la máquina semiautomática de serigrafía de ampollitas.

Figura 15. **Flujo de efectivo proyectado anualmente**



Fuente: elaboración propia.

4.6.2. Estimación de valor presente neto (VPN)

El cálculo del valor presente neto se realizará a un año, tomando en cuenta los datos aproximados de los ingresos y egresos mensuales en la producción de ampollitas. Se realiza el VPN con una tasa del 0,407 % mensual considerando la tasa que ofrecen los bancos actualmente.

$$\text{VPN} = 240\,000 \left[\frac{(1,00407)^{12} - 1}{(0,00407)(1,00407)^{12}} \right] - 199\,033,15 \left[\frac{(1,00407)^{12} - 1}{(0,00407)(1,00407)^{12}} \right] - 26\,874,48$$

$$\text{VPN} = 451\,965,68$$

El valor presente neto proyectado para un período de doce meses es de Q. 451 965,68 que representa las ganancias durante ese período para una tasa de interés del 5 % anual o 0,407 % mensual.

4.6.3. Recuperación de la inversión

Para observar el tiempo mínimo de recuperación de la inversión, es necesario realizar un flujo de efectivo con los ingresos y egresos proyectados después de la implementación del departamento de serigrafía, además, incluir

la utilidad neta que se está obteniendo actualmente sin el departamento de serigrafía puesto que esta utilidad responde a la ganancia que los propietarios están obteniendo y que desean seguir obteniendo como mínimo.

A continuación, se presenta el flujo de efectivo proyectado:

Tabla XXI. **Flujo de efectivo, recuperación de la inversión**

	MES						
	0	1	2	3	4	5	6
INGRESOS							
Ventas de fármacos		Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 001,00	Q240 002,00	Q240 002,00
Total de ingresos		Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 001,00	Q240 002,00	Q240 002,00
EGRESOS							
Costo de producción		Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00
Costo de mano de obra		Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00
Gastos de ventas		Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00
Gastos de administración		Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00
Servicios básicos		Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00
Transporte		Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00
Mantenimiento		Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00
Total de egresos		Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00
UTILIDAD							
Utilidad antes de impuesto		Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 124,00	Q 43 125,00	Q 43 125,00
Impuesto sobre la renta ISR 5%		Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,20	Q 2 156,25	Q 2 156,25
Utilidad actual (s/dpto serigrafía)		Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 293,50	Q 35 294,50	Q 35 294,50
Utilidad extra (c/dpto serigrafía)		Q 5 674,35	Q 5 674,35	Q 5 674,35	Q 5 674,30	Q 5 674,25	Q 5 674,25
OTROS FLUJOS							
Inversión	Q 26 874,48						
Flujo neto de efectivo	-Q 26 874,48	-Q21 200,13	-Q15 525,78	-Q9 851,43	-Q4 177,13	Q1 497,12	Q7 171,37

Fuente: elaboración propia.

Con el cálculo del flujo de efectivo proyectado de cero a seis meses, tomando en cuenta que la inversión se realizará en el mes cero, se puede observar que a partir del quinto mes se empieza a obtener un flujo de efectivo positivo lo que significa que la inversión se espera recuperar en un tiempo mínimo de cinco meses; además, durante esos cinco meses los propietarios continuaran percibiendo la ganancia que actualmente obtienen; después del

periodo de recuperación, se iniciará a percibir mayores ganancias en la producción de ampollitas médicas.

4.7. Cálculo de la relación beneficio-costo

Según los datos obtenidos en la evaluación de resultados se obtiene que los ingresos brutos totales son de Q. 240 000,00 mensuales y que los egresos brutos totales son de Q. 199 033,15 con estos datos se realiza la relación beneficio costo.

$$B/C = \frac{\text{Ingresos}}{\text{Egresos}} = \frac{Q. 240\ 000,00}{Q. 199\ 033,15} = 1,21$$

Según los criterios de decisión y debido a que la relación beneficio costo es mayor a uno, por lo tanto, se concluye que el negocio que incluyen el departamento de serigrafía es rentable debido a que los ingresos generados mensualmente alcanzan la cobertura de los costos.

4.8. Análisis de sensibilidad de la proyección

En el análisis de sensibilidad del proyecto se establecen dos escenarios: uno es como se encuentra la droguería actualmente con *outsourcing* para el proceso de identificación de ampollitas; otro escenario donde existe un departamento de serigrafía dentro de la planta. Todo esto manejado con la tasa del ritmo inflacionario del 5 % anual y mensual del 0,4070 % (tasa de inflación aproximada de diciembre 2016).

Los escenarios proyectados son presentados a continuación.

4.8.1. Análisis sin departamento de serigrafía

A continuación, se presenta la variación de los egresos e ingresos que tiene actualmente la droguería con la impresión de ampollitas fuera de la empresa:

Tabla XXII. Análisis de sensibilidad sin departamento de serigrafía

	Serigrafía con outsourcing
INGRESOS	
Ventas de fármacos	Q 240 000,00
Total de ingresos	Q 240 000,00
EGRESOS	
Costo de producción	Q 95 200,00
Costo de mano de obra	Q 32 000,00
Gastos de ventas	Q 22 500,00
Gastos de administración	Q 36 000,00
Servicios básicos	Q 9 864,50
Transporte	Q 6 300,00
Gasto de materia prima perdida en <i>outsourcing</i>	Q 985,50
Total de egresos	Q 202 850,00
UTILIDAD	
Utilidad antes de impuesto	Q 37 150,00
Impuesto sobre la renta ISR 5 %	Q 1 857,50
UTILIDAD NETA	Q 35 292,50
Capacidad de producción	10 lotes p/producto
Porcentaje de utilidad	17 %
Relación beneficio - costo	1,17
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	Q 412 515,64

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el flujo de efectivo anual que se obtienen con una proyección de un año sin el departamento de serigrafía dentro de la droguería Produpharma, S.A.

Tabla XXIII. Flujo de efectivo anual sin el departamento de serigrafía

	MES												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS													
Ventas de fármacos	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00
Total de ingresos	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00
EGRESOS													
Costo de producción	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00	Q95 200,00
Costo de mano de obra	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00	Q32 000,00
Gastos de ventas	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00	Q22 500,00
Gastos de administración	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00	Q36 000,00
Servicios básicos	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50	Q9 864,50
Transporte	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00	Q6 300,00
Gasto de Materia Prima perdida en outsourcing	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50	Q985,50
Total de egresos	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00	Q202 850,00
UTILIDAD													
Utilidad antes de impuesto	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00	Q 37 150,00
Impuesto sobre la renta ISR 6%	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50	Q 1 857,50
UTILIDAD NETA	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50	Q 35 292,50
OTROS FLUJOS													
Inversión	Q -												
Flujo neto de efectivo	Q -	Q35 292,50	Q70 585,00	Q105 877,50	Q141 171,00	Q176 465,50	Q211 760,00	Q247 055,50	Q282 352,00	Q317 649,50	Q352 948,00	Q388 247,50	Q423 548,00

Fuente: elaboración propia.

4.8.2. Análisis con la máquina semiautomática

Con la implementación del departamento de serigrafía utilizando la máquina semiautomática de serigrafía, el flujo de efectivo proyectado con los nuevos egresos se muestra en la tabla XXII; se observa que el flujo neto de efectivo mensual es positivo durante todos los meses con excepción al mes cero de la inversión inicial; además, el flujo neto de efectivo anual proyectado es mayor al flujo neto de efectivo anual que actualmente percibe la droguería.

Tabla XXIV. Flujo de efectivo anual con departamento de serigrafía

	MES												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INGRESOS													
Ventas de fármacos	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00
Total de ingresos	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00	Q240 000,00
EGRESOS													
Costo de producción	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00	Q 83 272,00
Costo de mano de obra	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00	Q 37 500,00
Gastos de ventas	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00	Q 22 500,00
Gastos de administración	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00	Q 39 500,00
Servicios básicos	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00	Q 10 850,00
Transporte	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00
Mantenimiento	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00	Q 55,00
Total de egresos	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00	Q196 877,00
UTILIDAD													
Utilidad antes de impuesto	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00	Q 43 123,00
Impuesto sobre la renta ISR 5%	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15	Q 2 156,15
UTILIDAD NETA	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85	Q 40 966,85
OTROS FLUJOS													
Inversión	Q 26 874,48												
Flujo neto de efectivo	Q 26 874,48	Q14 092,37	Q55 059,22	Q96 026,07	Q136 992,92	Q177 959,77	Q218 926,62	Q259 893,47	Q300 860,32	Q341 827,17	Q382 794,02	Q423 760,87	Q464 727,72

Fuente: elaboración propia.

El análisis de sensibilidad con la implementación de la máquina semiautomática puede apreciarse mediante la siguiente tabla comparativa, de la situación actual y la situación propuesta.

Tabla XXV. Análisis de Sensibilidad con Departamento de Serigrafía

	PROPUESTO Serigrafía dentro de la droguería
INGRESOS	
Ventas de fármacos	Q 240 000,00
Total de ingresos	Q 240 000,00
EGRESOS	
Costo de producción	Q 83 272,00
Costo de mano de obra	Q 37 500,00
Gastos de ventas	Q 22 500,00
Gastos de administración	Q 39 500,00
Servicios básicos	Q 10 850,00
Transporte	Q 3 200,00
Gasto de materia prima perdida en outsourcing	Q 0,00
Mantenimiento	Q 55,00
Total de egresos	Q 196 877,00

Continuación de la tabla XXV.

UTILIDAD	
Utilidad antes de impuesto	Q 43 123,00
Impuesto sobre la renta ISR 5 %	Q 2 156,15
UTILIDAD NETA	Q 40 966,85
Capacidad de producción	25 lotes p/producto
Porcentaje de utilidad	21 %
Relación beneficio – costo	1,21
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	Q 451 965,68
Inversión	Q 26 874,48

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Análisis comparativo de la sensibilidad sin departamento de serigrafía y con departamento de serigrafía**

	ACTUAL Serigrafía con Outsourcing	PROPUESTO serigrafía dentro de la droguería
INGRESOS		
Ventas de fármacos	Q 240 000,00	Q 240 000,00
Total de ingresos	Q 240 000,00	Q 240 000,00
EGRESOS		
Costo de producción	Q 95 200,00	Q 83 272,00
Costo de mano de obra	Q 32 000,00	Q 37 500,00
Gastos de ventas	Q 22 500,00	Q 22 500,00
Gastos de administración	Q 36 000,00	Q 39 500,00
Servicios básicos	Q 9 864,50	Q 10 850,00
Transporte	Q 6 300,00	Q 3 200,00
Gasto de materia prima perdida en <i>outsourcing</i>	Q 985,50	Q 0,00
Mantenimiento	Q 0,00	Q 55,00
Total de egresos	Q 202 850,00	Q 196 877,00
UTILIDAD		
Utilidad antes de impuesto	Q 37 150,00	Q 43 123,00
Impuesto sobre la renta ISR 5%	Q 1 857,50	Q 2 156,15
UTILIDAD NETA	Q 35 292,50	Q 40 966,85
Capacidad de producción	10 lotes p/producto	25 lotes p/producto
Porcentaje de utilidad	17 %	21 %
Relación beneficio – costo	1,17	1,21
VALOR PRESENTE NETO (VPN)	Q 412 515,64	Q 451 965,68
Inversión	Q 0,00	Q 26 874,48

Fuente: elaboración propia.

Luego de haber realizado el análisis de los dos escenarios mencionados anteriormente y con base en la comparación de ambas situaciones, se puede evidenciar que el porcentaje de utilidad tiene una variación positiva del 4 % y un aumento en la capacidad productiva de la planta; lo que demuestra que el negocio de ampollitas aún sigue siendo viable; además, con la realización de la máquina semiautomática de serigrafía y la implementación del departamento de serigrafía, se observa que habrán cambios significativos en algunos rubros de costos dentro de la droguería Produpharma, S.A. lo cual hace que el proyecto sea más rentable con la realización del proceso de etiquetado dentro de la droguería que con la utilización de *outsourcing* para dicho proceso.

5. MANEJO Y MANTENIMIENTO DE LA MÁQUINA

Para que se realice un buen mantenimiento a la máquina semiautomática de serigrafía se debe dar su manejo debido. A continuación, se explicará detalladamente el uso de la máquina y todo lo que respecta a su mantenimiento.

5.1. Descripción del uso de la máquina

Tabla XXVII. Manual del uso de la máquina

Fases	Especificaciones	Intervalo de tiempo
1	El serígrafo centra la ampollita con relación al rasero, esto se realiza para que la impresión sea de calidad.	Cualquier tiempo
2	El serígrafo vierte tinta para serigrafía sobre el marco que contiene la imagen a serigrafiar.	Cualquier tiempo
3	El serígrafo procede a la colocación de la ampollita que se imprimirá en la superficie de rodamiento.	Cualquier tiempo
4	Luego enciende la maquina activando el interruptor de palanca, seguidamente se pondrán en funcionamiento los cilindros neumáticos de doble efecto.	Cualquier tiempo
5	El cilindro neumático que está en posición vertical sube con el rodamiento que contiene la ampollita, luego se activa el cilindro neumático que está en posición horizontal que contiene el marco de serigrafía y realizan una presión el rodamiento, el marco y el racle, esta hace que la serigrafía tenga el movimiento radial e imprima la ampollita.	Cualquier tiempo
6	El serígrafo inicia el tiraje y lo puede detener en cualquier tiempo.	Cualquier tiempo

Fuente: elaboración propia.

5.2. Resultados

Pueden existir resultados directos e indirectos del mantenimiento de una forma correcta; se pueden dividir en resultados técnicos, operativos y sociales; a continuación, se dan a conocer.

- **Técnicos**
 - Prolongación del tiempo de vida útil de la máquina.
 - Funcionamiento óptimo de la máquina para su uso.
 - Provisión de las piezas y los repuestos de la máquina para su servicio en un tiempo adecuado.
 - Reducción de los costos de reparación para la máquina.

- **Operativos**
 - Se evita paros en el proceso de impresión de las ampolletas.
 - Se minimizan los retrasos de los lotes de ampolletas a los clientes.
 - Se evitan accidentes por el mal funcionamiento de la máquina, por lo tanto, aumenta la seguridad dentro de la droguería.
 - Se reduce la probabilidad de errores en los productos.

- **Sociales**
 - El personal desempeña sus funciones de manera adecuada, segura y confiable.
 - Se mejoran las aptitudes de los trabajadores.
 - Los operarios entenderán mejor el funcionamiento de la máquina, conocimiento que seguirán utilizando por el resto de sus vidas.

5.3. Rutinas

Las rutinas consistirán en visitas e inspecciones y se realizan en cierto intervalo de tiempo. Las visitas sirven para comprobar el estado de los elementos mecánicos y de los dispositivos neumáticos y eléctricos, por medio de revisiones periódicas que no involucran ninguna operación de desmontaje. Las visitas deben ser rápidas y si es necesario se puede detener el equipo, pero con el menor tiempo posible; además, se debe comprobar si las partes de la máquina funcionan con un rendimiento óptimo.

Las inspecciones son básicamente lo mismo que las visitas, con la diferencia de que si se realizan operaciones de desmontaje parcial o total de un elemento o dispositivo de la máquina, la inspección es más profunda que la visita y si es necesario efectuar paros o realizarlas durante el tiempo programado de interrupción de producción.

El encargado de realizar el mantenimiento deberá realizar las inspecciones, se efectuarán cuando son actividades de mantenimiento semestral o anual y las visitas con una mayor frecuencia y aleatoriamente para verificar actividades diarias, semanales, quincenales o mensuales se estén llevando de acuerdo a la programación y de una manera adecuada.

Para las inspecciones y visitas se debe usar un formato que se llama 'Control de visitas o inspección', este documento tendrá la función de llevar la información detallada que se obtuvo en la inspección o visita que se realizó en la máquina. A continuación, se presenta la información que se debe de recabar.

- El número de correlativo e impreso en el talonario de hojas de control de visitas o inspecciones.

- Fecha en la que se realiza la inspección o visita.
- Inspección o visita: se debe seleccionar alguna de las dos casillas para indicar de que se trata.
- Hora de inicio y finalización.
- Parte de la pieza revisada o mecanismo visitado o inspeccionado.
- Estado, en esta parte se menciona si la parte visitada o inspeccionada está en buen estado o no.
- Intervenciones realizadas: son las acciones que se realizaron a cabo con base en lo visto o inspeccionado.
- Observaciones: aquí se anota datos que servirán en un futuro como fecha próxima para el cambio de pieza o la necesidad de un servicio.
- Revisado y aprobado por: se anota el nombre de la persona que realizo la inspección o visita y el será el responsable de la información colocada en el documento.

La figura 15 muestra el modelo.

Figura 16. **Formato de control de inspección**

CONTROL DE VISITA/INSPECCIÓN

Hoja No.

Máquina _____

Código _____ Fecha _____

Inspección Hora inicio _____

Visita Hora finalización _____

Parte revisada	Estado		Intervenciones realizadas
	Bueno	Malo	

Observaciones _____

Revisado y aprobado _____

Fuente: elaboración propia.

5.4. Programación

Las actividades del mantenimiento preventivo para la máquina semiautomática de serigrafía se realizan en el momento óptimo, de esta manera se evitan largos periodos entre servicios en los cuales los repuestos de la máquina pueden sobrepasar su tiempo de vida que podría llevar a una avería más seria. También, se deben evitar los periodos cortos entre los servicios a la máquina ya que si no se calcula de buena manera el tiempo entre servicios se utilizarán mal los recursos asignados para el mantenimiento, el personal pierde tiempo realizando actividades innecesarias, los repuestos no son utilizados a su totalidad y se realizan gastos innecesarios.

La programación para el mantenimiento se ha dividido en 5 períodos de tiempo en los cuales el aprovechamiento de los recursos se da de manera óptima.

- Actividades diarias: están relacionadas con la limpieza de la máquina en general y de los sistemas que la componen; como su nombre lo dice, se deben realizar todos los días al iniciar la jornada de trabajo, también, al terminar, estas actividades, aunque parezcan sencillas son de suma importancia ya que con la limpieza se ayuda para que mejore el funcionamiento de la máquina.
- Actividades semanales: incluyen la verificación de las fugas del sistema neumático y calibración de ciertos elementos. Se deben realizar en la segunda parte de las jornadas de los días viernes y la jornada del día sábado.

- **Actividades mensuales:** están relacionadas en su mayor parte con las visitas a la máquina, en donde se logra verificar la funcionalidad del sistema neumático y eléctrico de la máquina; también, se calibra algunos elementos neumáticos, las actividades se deben realizar cada fin de mes.
- **Actividades semestrales:** se realizan las inspecciones del equipo, es decir, el desmontaje y correcciones de los elementos que lo necesiten y cambios de aceites donde sea necesario; dichas inspecciones se deben realizar en los meses de junio, julio, diciembre y enero debido a que son los meses de menor demanda de ampolletas, por lo tanto, se tiene el tiempo necesario para realizar estas actividades que requieren de más tiempo.
- **Actividades anuales:** son actividades donde se realizan los cambios de piezas que tienen mayor tiempo de vida útil, por ejemplo, los rodamientos de bola y ya merecen un cambio en este período; estas actividades se deben realizar en diciembre y enero debido a que son los meses cuando la demanda tiene un porcentaje bajo.

5.5. Acciones correctivas

Es una actuación o implementación cuyo objetivo es eliminar una causa de no conformidad detectada con el fin de evitar su repetición. La acción correctiva se distingue de una simple corrección, ya que elimina por completo la no conformidad que afecte un proceso, procedimiento o sistema.

Al determinar una potencia falla en algún elemento del sistema neumático, eléctrico y de los elementos mecánicos, deberá proceder de la siguiente manera.

Tabla XXVIII. **Acciones correctivas**

Posible causa	Procedimiento de revisión	Acción correctiva
No hay energía o el voltaje es incorrecto	Revisar el voltaje. El voltaje debe estar a 100 voltios.	Contactar a la compañía de energía si el voltaje es incorrecto.
Fusibles quemados o interruptor desconectado	Revisar que los fusibles sean del tamaño adecuado y revisar que las conexiones de los fusibles no estén flojas, sucias u oxidadas. Revisar que la conexión del interruptor no exista un fallo de contacto.	Reemplazar los fusibles adecuados y componer el fallo de contacto del interruptor.
Filtro de aire del compresor este con mucha suciedad	Revisar si el filtro ya tiene muchas partículas de suciedad, como polvo o partículas sólidas.	Limpiar o reemplazar el filtro.
Baja presión de trabajo en la máquina	Revisar la presión con la que trabaja la máquina	Verificar si no existen fugas en las mangueras, ajustar los acoplamientos o revisar los reguladores de presión de cada elemento neumático.
Desgaste de los rodamientos de bolas	Revisar el rodamiento si no está dañado o desalineado.	Reemplazar el rodamiento.

Fuente: elaboración propia.

5.6. Estadísticas

Se utilizan como una herramienta que ayuda a la toma de decisiones con relación al mantenimiento de la máquina; el implementar las estadísticas en el mantenimiento es esencial para asegurar la alta calidad en la reparación, extender la vida útil de los elementos de la máquina y asegurar una alta eficiencia. Para realizar las estadísticas del mantenimiento se deben recolectar los datos para ello se tiene que tener mucho cuidado ya que los datos deben ser confiables y compatibles para aplicar la herramienta escogida. La obtención de datos debe ser un proceso continuo y debe ser parte del sistema de

información, los datos que se pueden recolectar pueden ser detenciones del equipo, costos del mantenimiento, causas de la falla, tiempo de reparación, órdenes atrasadas, entre otros datos. En el siguiente apartado se presenta una guía para recolectar datos:

- Planificar todo el proceso de recolección de datos desde el principio del proceso.
- Aclarar el propósito de la recolección de datos.
- Especificar claramente los datos necesitados.
- Usar las técnicas correctas de ejemplificación.
- Diseñar los requerimientos de listas de chequeos por anticipado.

5.6.1. Histograma de chequeos

El histograma es un resumen gráfico de la variación de un conjunto de datos. El gráfico del histograma permite ver comportamientos difíciles de observar en una simple tabla numérica. También ayuda a visualizar la distribución de los datos, su forma y su dispersión. Puede ser usado para:

- La carga del mantenimiento
- Confiabilidad de las partes y piezas
- Chequeos realizados a la máquina
- Distribución temporal de las fallas del equipo
- Distribución del tiempo de reparo

En la gestión del mantenimiento, las decisiones relacionadas con la ejecución del mantenimiento preventivo en un equipo sujeto a constante chequeos, se requiere información de cuántos chequeos se realizarán por mes a la máquina, para lo cual se puede realizar un histograma de chequeos que

ayudará a encontrar la frecuencia relativa de chequeos en un intervalo de tiempo.

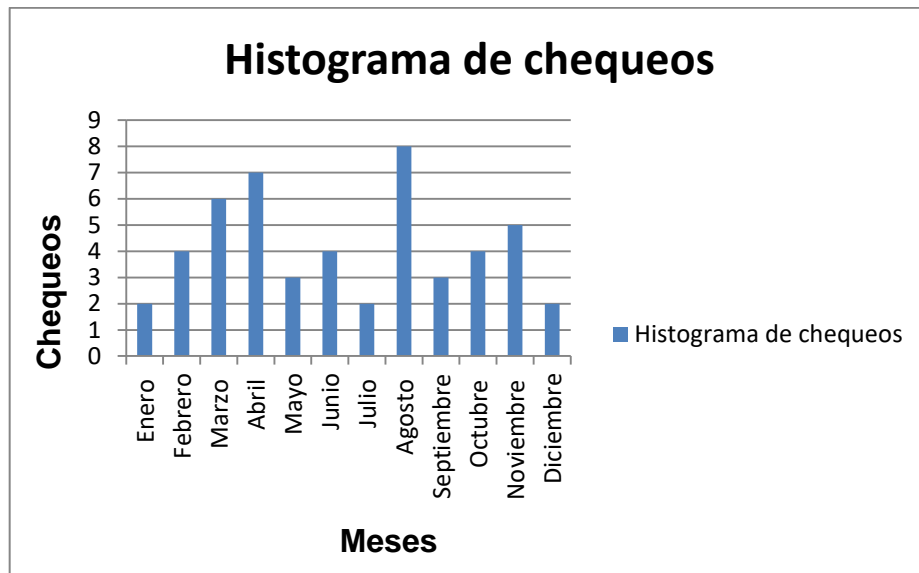
Se realizará la propuesta de controlar los chequeos de la máquina a través de un histograma de chequeos, que no servirá para tener una proyección durante la vida útil de la máquina.

Tabla XXIX. **Proyección de chequeos anuales**

Mes	Chequeos
Enero	2
Febrero	4
Marzo	6
Abril	7
Mayo	3
Junio	4
Julio	2
Agosto	8
Septiembre	3
Octubre	4
Noviembre	5
Diciembre	2
Total	50

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Proyección de histograma de cheques**



Fuente: elaboración propia.

5.6.2. **Historial de la máquina**

El historial de la máquina estará relacionado con todo el mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía, ayudará a tener un resumen detallado de los servicios realizados para la máquina. Para esto se usarán una serie de modelos para llevar el historial:

- Historial de mantenimiento
- Historial de fallas y averías
- Reporte mensual de actividades

Seguidamente, se detalla las partes de cada modelo para llevar el historial de la máquina.

- Historial de mantenimiento: ayuda a tener un resumen detallado de los servicios de mantenimientos realizados a la máquina. Los datos contenidos en dicho documento proporcionan información para verificar las fechas cuando se realizaron los servicios, qué tipo de mantenimiento ha sido aplicado, quién realizó el servicio y el tiempo, repuestos e insumos utilizados. La información a manejar en dicho documento es:
 - Máquina: se indica el nombre de la máquina.
 - Hoja número: el número correlativo impreso en el talonario de las hojas del historial de mantenimiento.
 - Fecha: se anota la fecha cuando se realizó el servicio.
 - Número de orden: se indica el número de orden de servicio utilizado.
 - Trabajo realizado: se anota una breve descripción del servicio realizado.
 - Duración: la duración total del servicio en horas.
 - Repuestos e insumos utilizados: esta sección se divide en dos partes: en una se coloca la cantidad de repuestos e insumos que se utilizaron y en la otra su nombre y descripción.
 - Efectuado por: se anota el nombre de la persona quien realizó el servicio.

Tabla XXX. **Formato del historial de mantenimiento**

HISTORIAL DE MANTENIMIENTO					
Máquina _____		Hoja No			
Fecha	No. Orden	Trabajo realizado	Repuestos/insumos utilizados		Efectuado por
			Descripción	Cantidad	

Fuente: elaboración propia.

- Historial de fallas y averías: en este documento se tendrá un resumen de todo lo que involucra las fallas y averías inesperadas de la máquina que no están contempladas en el programa de mantenimiento. La información contenida en el documento será la siguiente:
 - Máquina: se indica el nombre de la máquina.

- Hoja número, se anotará el número correlativo impreso en el talonario del historial de fallas y averías.
- Fecha: es la fecha cuando se realiza el servicio.
- Número de orden: se indica el número de orden del servicio utilizado.
- Trabajo realizado: se escribe una pequeña descripción del servicio.
- Efectuado por: se anotará el nombre de la persona encargada de realizar el servicio.
- Costos: se colocarán todos los gastos incurridos en las fallas o averías, se dividirán en mano de obra (esto es para el caso de utilizar personal externo), repuestos e insumos, otros y habrá una casilla donde se ponga el costo total de dicho servicio.

El siguiente modelo utilizará para llevar el control de fallas y averías.

- Reporte mensual de actividades: este reporte ayudará a llevar un control de todas las actividades del mantenimiento que se le realizará a la máquina mensualmente. Estos datos se utilizarán para verificar que el mantenimiento se lleve a cabo de acuerdo a lo planificado y dentro del margen establecido. Los datos que llevará son los siguientes:
 - Período comprendido: se coloca la fecha de inicio y de finalización que abarca el documento.
 - Fecha: se indica la fecha cuando se realizó el servicio.
 - Número de orden: se indica el número de orden del servicio utilizado.
 - Máquina: se coloca el nombre de la máquina.
 - Trabajo realizado: se escribe una pequeña descripción del servicio.
 - Causa: se indica si el servicio que se realizó estaba planificado o si fue una falla o avería.
 - Costo: se indica el costo total del servicio.
 - Observaciones: se coloca otra información necesaria que ayudará para realizar de manera más fácil el servicio futuro.

Tabla XXXII. **Formato de reporte mensual de actividades**

Reporte mensual de actividades						
Período comprendido entre _____ al _____						
Fecha	Núm. Orden	Máquina	Trabajo realizado	Causa	Costos	Observaciones

Fuente: elaboración propia.

5.7. Auditorías

El propósito de la auditoría es determinar si el mantenimiento de la maquina fue bien implementado, con el fin de fortalecer o mejorar en algunos aspectos para que el servicio de serigrafía sea entregado con calidad hacia los clientes. Este instrumento proveerá una visión de la estructura, los procedimientos y el personal relacionado a una buena práctica del mantenimiento. Este es un paso importante para implementar mejoras.

5.7.1. Internas

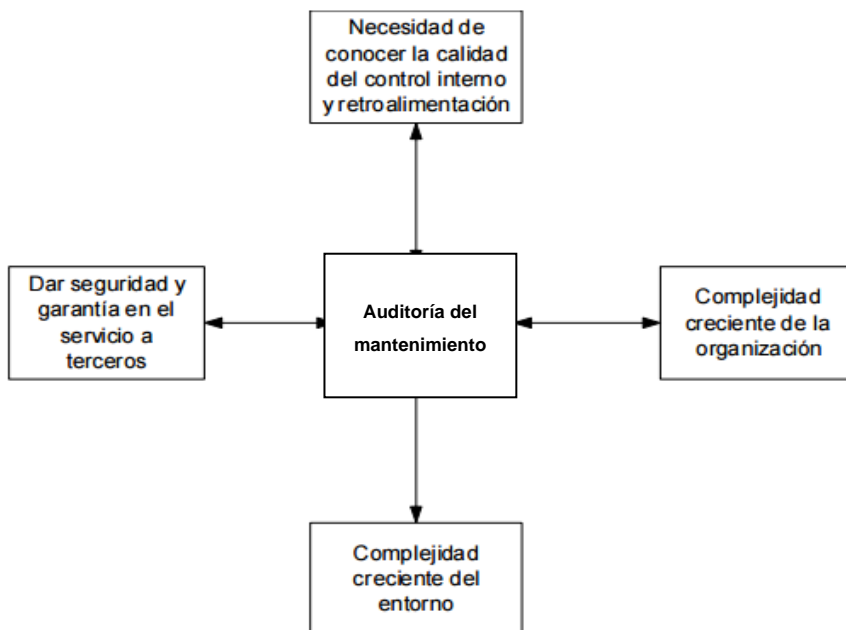
La auditoría interna tendrá la función de evaluar el mantenimiento de la máquina de serigrafía con la finalidad de garantizar un servicio de calidad al

cliente, además, tener recomendaciones que serán objeto de consideraciones y decisiones.

Existen muchos factores por los cuales se debe realizar una auditoría interna de mantenimiento; entre la más importante está que en los últimos veinte años el mantenimiento ha sufrido cambios drásticamente. Los cambios se deben a que existen nuevas técnicas de mantenimiento.

La auditoría interna evaluará de forma permanente si el sistema de control interno del mantenimiento implementado está operando efectiva y eficientemente. En la siguiente figura se muestran los factores por los cuales se debe de realizar la auditoria.

Figura 18. **Fundamentos de la auditoría interna del mantenimiento**

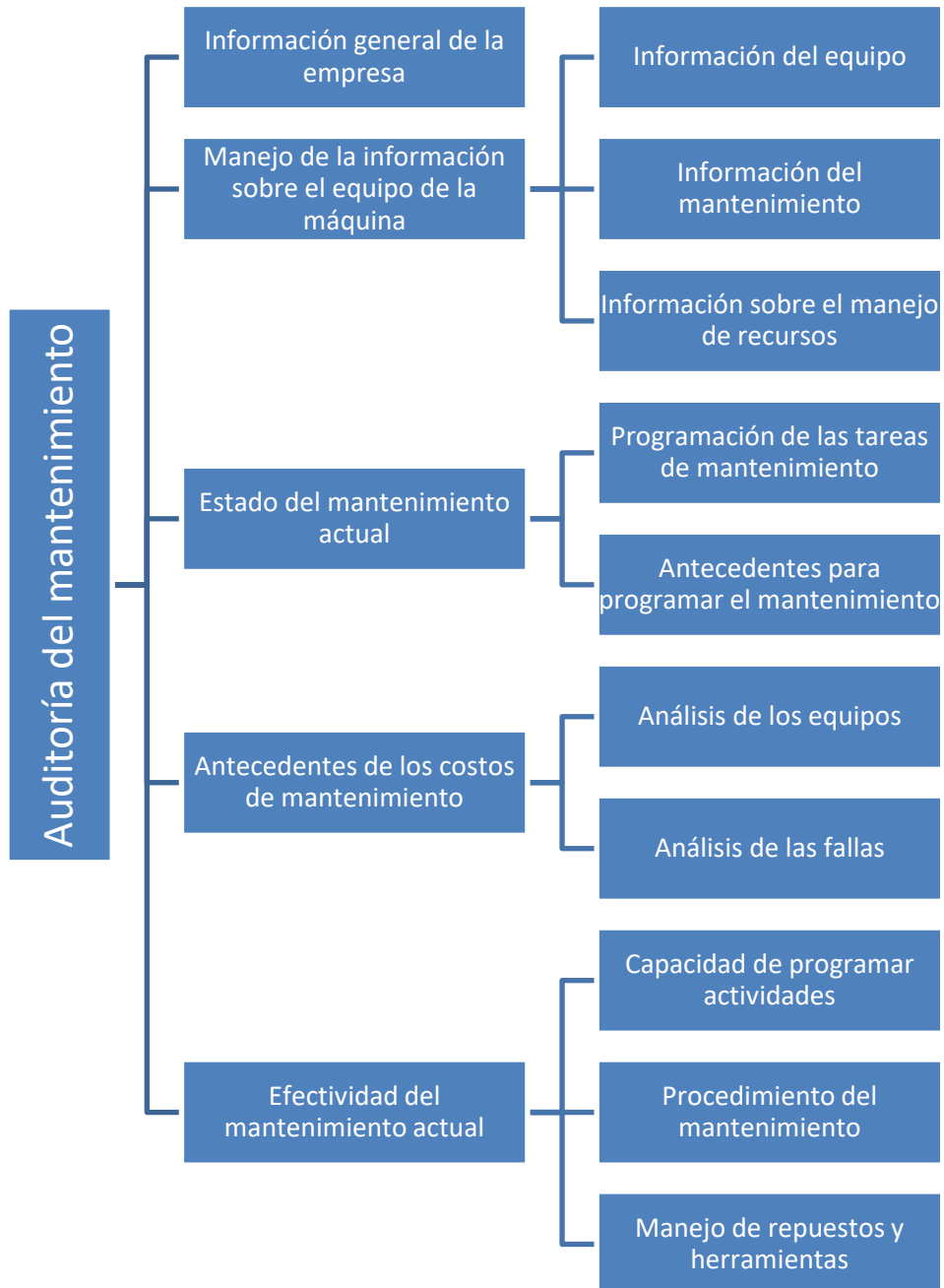


Fuente: elaboración propia.

El contenido de la auditoría cubrirá las áreas que van desde la identificación del equipo de la máquina hasta el uso de herramientas. La importancia de que la auditoría recorra todos los aspectos del mantenimiento hacia la máquina es para tener la base para cuando llegue el momento de plantear alternativas de soluciones a los problemas detectando durante la auditoría.

La auditoría se pueda dividir en cinco aspectos que cubrirá todo para que se dé un buen mantenimiento. En la siguiente figura se especifica la estructura del proceso de la auditoría interna de mantenimiento.

Figura 19. **Auditoría del mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

Posteriormente, se presentan las preguntas de cada parte de la auditoría interna para el mantenimiento de la máquina semiautomática de serigrafía.

- Información general de la empresa

Tabla XXXIII. **Formato de la información general de la empresa**

Nombre de la empresa			
Fecha de la auditoría			
Nombre del auditor			
Nombre de quien realiza el mantenimiento			
Tipo de mantenimiento	Correctivo	Preventivo	Predictivo
Stock de repuestos	Bueno	Regular	Malo
Observaciones y comentarios:			

Fuente: elaboración propia.

- Manejo de la información sobre equipos

En esta sección se observa el manejo de datos acerca de cada equipo que compone la máquina semiautomática. Se recaba información sobre la existencia de información técnica sobre los equipos; además, datos importantes para el momento de planificar el mantenimiento: tasas de fallos y medios para el mantenimiento. El objetivo de esta parte de la auditoría es evaluar el grado de conocimientos sobre de los recursos de información para realizar una

planificación correcta del mantenimiento con un alto grado de certeza en el cumplimiento de dichas tareas para los tiempos ya programados.

Ingresar el número indicado en el paréntesis para la alternativa que mejor describa la situación.

Tabla XXXIV. Formato de información de los equipos

¿Posee los catálogos e información técnica de todos los equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene procedimientos de trabajos de mantenimientos establecidos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Posee registros del mantenimiento para cada equipo de la máquina?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene registros de tiempo de cada mantenimiento realizado?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene un registro de disponibilidad de repuestos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene un registro de los implementos usados para el mantenimiento?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Sabe cuál es la tasa de fallas de cada equipo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene registros de los operarios que trabajan en los equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
Observaciones y comentarios:			

Fuente: elaboración propia.

- Estado del mantenimiento actual

Las preguntas están orientadas a evaluar cómo se realizará el mantenimiento con base en aspectos como: existencias de rutinas de mantenimiento, recopilación de mantenimientos realizados, etc.

Ingresar el número indicado en el paréntesis para la alternativa que mejor describa la situación

Tabla XXXV. Formato de estado del mantenimiento

¿Se revisa la máquina cada vez que comienza la jornada de trabajo?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Los operadores de la máquina realizan simples tareas de mantenimiento?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Se mantiene una bitácora de tareas de mantenimiento diarias?	Ninguna (1)	Parcial (3)	Completa (5)
¿Se tiene una rutina diaria de mantenimiento?	Ninguna (1)	Parcial (3)	Completa (5)
¿Se sabe cuánto tiempo se requiere para hacer el diagnóstico de una falla?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
¿Tiene un registro de trabajos de fallas y averías?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Tiene cuantificado el tiempo que se demora en hacer efectivo el mantenimiento?	No (1)	Aproximado (3)	Si (5)
¿Mantiene un control sobre el tiempo empleado en reparaciones?	Ninguno (1)	Parcial (3)	Completo (5)
Observaciones y comentarios:			

Fuente: elaboración propia.

- Antecedentes de costos de mantenimiento

La siguiente serie de preguntas es sobre los costos del mantenimiento: costos de adquisición, costos de mano de obra, costos alternativos, etc.

Ingresar el número indicado en el paréntesis para la alternativa que mejor describe la situación.

Tabla XXXVI. **Formato de antecedentes de costos de mantenimientos**

¿Sabe en qué año adquirió cada uno de los equipos de la máquina?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Sabe el valor de adquisición de cada uno de los equipos?	Ninguno (1)	Parcialmente (3)	Todos (5)
¿Sabe con exactitud cuál es el costo de los repuestos de cada equipo?	No (1)	Aproximado (3)	Sí (5)
¿Sabe con exactitud cuál es el costo de pérdida de producción por falla?	No (1)	Aproximado (3)	Sí (5)
¿Lleva el control de gastos de mantenimiento por cada equipo?	No (1)	Parcialmente (3)	Sí (5)
¿Lleva un control estadístico de los gastos de mantenimiento?	No (1)	Parcialmente (3)	Sí (5)
Observaciones y comentarios:			

Fuente: elaboración propia.

- Efectividad del mantenimiento actual

El último grupo de preguntas va dirigido al manejo de la gestión del mantenimiento. El objetivo es medir la evolución de la efectividad del manejo de los recursos asignados.

Tabla XXXVII. **Formato de efectividad del mantenimiento**

¿Sabe cuál es la relación de paros programados y paros imprevistos?	No (1)	Parcialmente (3)	Sí (5)
¿Se cumple el programa de trabajos programados de mantenimiento?	No (1)	Parcialmente (3)	Sí (5)
¿Tiene definidos los procedimientos para realizar el mantenimiento preventivo	No (1)	Parcialmente (3)	Sí (5)
¿Cómo es la actitud del departamento de administración hacia el mantenimiento?	Mala (1)	Regular (3)	Buena (5)
¿Son suficientes las herramientas y equipos de trabajo para el mantenimiento?	No (1)	Sí (5)	
Observaciones y comentarios			

Fuente: elaboración propia.

En la auditoría cada pregunta se valora con un puntaje: uno cuando la situación es mala o desfavorable; con valor 3 para situaciones regulares y con nota 5 cuando la situación está bien implementada o cumple con su objetivo. Esta valoración tiene mucha relación con la apreciación del auditor sobre el estado de la pregunta que está evaluando, por lo cual se coloca el espacio destinado de observaciones y comentarios para que deje sustentado el valor consignado.

Luego de realizadas la entrevista con el trabajador y realizarle el cuestionario, se deberá entregar el informe final que contendrá los cuestionarios, debe contener un análisis de las causas que llevan a la situación actual del mantenimiento, aspectos que se deben mejorar y recomendaciones para ayudar a que el mantenimiento resuelva los problemas que la auditoría detectó.

5.7.2. Externas

La auditoría externa estará a cargo de una empresa o proveedor de algún equipo de la máquina semiautomática de serigrafía y cubrirá factores que hayan pasado por alto en la auditoría interna.

CONCLUSIONES

1. Produpharma, S. A., actualmente, percibe una utilidad del 17 % mensual, en el análisis de sensibilidad proyectado con la implementación de la máquina semiautomática de serigrafía de ampollitas es posible visualizar una mejora considerable en la utilidad ya que incrementa a 21 % mensual, reflejado directamente en las ganancias totales, lo que comprueba que la implementación de dicha máquina aumenta un 4 % la utilidad de la empresa.
2. Según los diagramas de flujo del proceso actual y propuesto se observa una variación significativa en el tiempo total de producción de ampollitas, actualmente, existe un retraso de 90 minutos concerniente al transporte de la droguería a la empresa de serigrafía y viceversa, sin incluir las demoras extras que pueda tener la empresa de *outsourcing*. Con el apoyo de los diagramas, es posible determinar que la capacidad productiva actual de Produpharma, S. A., es de 10 lotes por producto al mes, mientras que con la implementación de la máquina semiautomática de serigrafía es de 25 lotes por producto al mes, lo cual es suficiente evidencia de que la implementación de este proceso reducirá los tiempos de entrega de lotes de producto a los clientes.
3. Cuando el producto sale de Produpharma, S. A., para de la identificación de ampollitas es prácticamente imposible garantizar el manejo adecuado de los lotes de ampollitas lo que deriva que hayan pérdidas excesivas de producto; por el contrario, si este proceso es realizado dentro de la droguería es más fácil asegurar el correcto manejo de ampollitas puesto

que la empresa cuenta con el personal capacitado, el equipo y la herramienta idónea para su manipulación segura e higiénica, de tal modo, los desperdicios y mermas de producto en proceso disminuyen a casi cero de probabilidad de incidencia.

4. En el capítulo 3 del presente trabajo de graduación se describen todos los requerimientos de la máquina semiautomática de serigrafía; por lo tanto, previo a la selección de los elementos y sistemas de a cada uno de los mecanismos de la máquina, se realizó una investigación para determinar sus mejores componentes, bajo los criterios de calidad, precio y la maximización de la vida útil de cada dispositivo, con el fin de garantizar que el proceso de identificación de ampollitas cumpla con las expectativas del cliente que aseguren una impresión clara y precisa de la información concerniente al fármaco contenido en las ampollitas.
5. La identificación de la ampollita es un proceso indispensable para la venta y comercialización del producto por lo que garantizar el óptimo funcionamiento de la máquina encargada de imprimir la información del medicamento es muy importante; para lo cual en el presente trabajo de graduación se define un proceso de mantenimiento preventivo, que establece los insumos, los periodos y las frecuencias con que deben realizarse los procedimientos de mantenimiento tanto para los rodamientos, ejes y el sistema neumático. Esta guía es sencilla y práctica para que el operario encargado no posea inconvenientes ni dificultades para ejecutarla con el objetivo de maximizar el tiempo de vida útil de la máquina.

6. La implementación de la máquina semiautomática de serigrafía en superficies cilíndricas eliminará los inconvenientes de utilizar empresas de *outsourcing* para el etiquetado de ampollitas; sin embargo, es fundamental instituir un departamento de serigrafía que sea el responsable de este procedimiento; lo cual deriven la necesidad de elegir al personal adecuado, crear perfiles de puesto con atribuciones del cargo, establecer el proceso de serigrafía, adquirir las herramientas e insumos y crear el espacio físico para que se desempeñe efectivamente el departamento; en el capítulo 4 del presente trabajo de graduación se describe la guía completa para la apertura del nuevo departamento con la autorización de la gerencia que tome en cuenta el recurso humano, financiero, equipo y el proceso de funcionamiento.

7. Integrando el proceso de identificación del producto como una operación realizada netamente por Produpharma, S. A., es altamente probable que surjan dudas por parte del personal a cargo de dicho procedimiento; previendo esta futura necesidad se creó un apartado (capítulo 5) donde se describe el correcto uso de la máquina y las acciones correctivas en caso de suceder imprevistos en el funcionamiento de la máquina; conjuntamente, se proponen auditorías internas y externas con el propósito de determinar si el mantenimiento está adecuadamente implementado; además, aprovechar para el mejoramiento continuo de la calidad en la impresión serigráfica.

RECOMENDACIONES

1. Basado en el flujo de efectivo para la recuperación de inversión, se analizó que a partir del quinto mes de implementación del proceso serigráfico se obtienen ganancias mayores a las que se perciben actualmente, lo cual hace altamente factible y rentable la inversión en la máquina semiautomática de serigrafía para superficies cilíndricas.
2. La entrega a tiempo de pedidos y/o la disminución de tiempo en los procesos para realizar ampollitas médicas es de suma importancia ya que asegura un incremento en el nivel de satisfacción del cliente; en el presente trabajo de graduación se comprobó la disminución del tiempo total de producción de ampollitas para realizar el proceso de identificación dentro de las instalaciones, por lo tanto, se recomienda la implementación de dicha máquina.
3. Crear un programa de inducción y capacitación continua con el propósito de que el personal de Produpharma, S. A., siempre esté capacitado y motivado con una cultura de cero desperdicios; además, es importante cerciorarse de que el equipo y la herramienta para la manipulación de lotes de ampollitas esté en óptimas condiciones, de manera que se evite la pérdida de producto terminado.
4. Para garantizar que la máquina semiautomática de serigrafía en superficies cilíndricas funcione adecuadamente es fundamental que sus elementos y dispositivos cumplan con las especificaciones y atributos propuestos en el presente trabajo de graduación los cuales fueron

seleccionados con el previo análisis para obtener el máximo tiempo de vida útil de la máquina.

5. Implementar la guía de mantenimiento propuesta, utilizando los insumos adecuados y que cumplan efectivamente las rutinas de mantenimiento preventivo de la máquina.
6. Se recomienda invertir en el departamento de serigrafía, reclutar y seleccionar al personal idóneo para realizar el proceso serigráfico y la creación del espacio físico dentro de la droguería que cumpla en las condiciones y características propuestas.
7. Una vez puesto en marcha el departamento de serigrafía es probable que surjan dudas y/o problemas mecánicos en la máquina, se recomienda que el personal a cargo del proceso no realice ninguna acción sin antes consultar el manual de la máquina para proceder acorde a los procedimientos descritos en el capítulo 5.

BIBLIOGRAFÍA

1. BEGEMAN, Myron. *Procesos de manufacturas*, 4a ed. México: Continental, 1960. 157 p.
2. BLACK, Leland T. *Ingeniería económica*. 5a ed. México: McGraw-Hill, 2004. 215 p.
3. CARNICER, Enrique. *Aire comprimido teoría y cálculo de las instalaciones*. 2a ed. España: Paraninfo, 1994. 197 p
4. CAZA, Michel. *La serigrafía*. Barcelona: Ediciones Rufino Torrez, 1997. 233 p.
5. DESSLER, Ricardo. *Administración de recursos humanos*. 5a ed. México: Pearson, 2013. 508 p.
6. DOYLE, Lawrence E. *Materiales y procesos de manufactura para ingenieros*. México: Prentice-Hall, 1988. 145 p.
7. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed. México: McGraw- Hill, 2003. 312 p.
8. GROOVER, Mikel. *Introducción a los procesos de manufactura*. México: McGraw- Hill, 2014. 201 p.

9. KIBBE, Richard. *Manual de máquinas herramientas. Volumen 2.* México: Limusa, 1985. 197 p.
10. TERMINE, María. *Serigrafía.* México: Diana, 1997. 125 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Ampolletas de diferentes volúmenes



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Ampolleta de 2 mL



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Ampolleta de 3 mL



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Ampolleta de 3 mL



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Ampolleta de 10 mL



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Artes para la elaboración de marcos serigráficos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Artes para elaboración de marcos serigráficos



Fuente: elaboración propia.











Apéndice 8. Artes para elaboración de marcos serigráficos



Fuente: elaboración propia.

ANEXO

Anexo 1. Cotización de elementos neumáticos

 <p>acisa AUTOMATIZACION Y CONTROL INDUSTRIAL, S.A. NIT: 682628-2 www.grupoacisa.com gua.ventas@grupoacisa.com</p>		<p>CENTRAL 1a. Av. 10-81, Zona 10 1er. Nivel, Edif. Inessa Tel: 2494-2650 Fax: 2494-2650 Guatemala, Guatemala</p>	<p>SUCURSAL División Oleohidráulica Av. Petapa, 22-29 Zona 12, Locales 13, 14 y 15 Tels.: 2442-3381 - 2476-0998 Fax: 2476-0954</p>	<p>SUCURSAL Escuintla 4a. Av. 15-64, Zona 1 Centro Comercial Marycenter, Local 9 Tel.: 7889-9732 Fax: 7889-9891</p>	
    					
   					
<p>Guatemala, 22 - 12 - 2016 Nombre: González González, Eduardo Alejandro Atención: Sr. Alejandro González. Dirección: 19 avenida 11-96 Apto. 3 Colonia Venezuela, zona 21. NIT: 7099411-0</p>		<p>Cotización N° E- 93598</p>			
Vendedor: 01		Pago: Contado			
Cantidad	U.	Código	Descripción	Precio unitario Q.	Importe Q.
2	PZ	10410	Electroválvula JMFH-S-1/4	3,413.9000	6,827.80
4	PZ	6720	Bobina MSPW-110-50/60	324.1000	1,296.40
1	PZ	159605	Unidad de mantenimiento FRC-1/4-D-MINI	1,715.3000	1,715.30
2	PZ	163307	Cilindro doble efecto DNC-32-50-PPV-A	2,344.6000	4,689.20
4	PZ	159625	Regulador de presión LR-1/4-D-MINI	663.1000	2,652.40
6	PZ	130677	Racor QS-1/4-S-100	27.7000	166.20
10	MT	525747	Manguera PUNEX1-BL-500	14.8000	148.00
4	PZ	1206623	Silenciador de bronce AMTE-4MH-G14 (20)	32.3000	129.20
4	PZ	130675	Racor QS-1/8-S-100	25.1000	100.40
<p>NOTA PAGO AL CONTADO (Ver políticas primera compra) Entrega inmediata, sujeta a cambios en disponibilidad. Favor confirmar el pedido con su orden de compra.</p>					
<p>SUJETO A PAGOS TRIMESTRALES DEL ISR SOMOS AGENTES RETENEDORES DEL IVA</p>					
Hecho por: Rony Dávila.		Validez de la oferta hasta: 27/12/2016		Sub-Total:	Q. 17,724.90
Autorizado por:		Tipo de Cambio: € 1.00 = Q.8.80		% Desc.: 0.00%	Q. 0.00
				Total:	Q. 17,724.90

Fuente: Acisa. Automatización y control industrial, S.A. <http://www.grupoacisa.com/>. Consulta:

29 de julio de 2016.

