



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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE
SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA
FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**

Gustavo Adolfo Figueroa Castañon

Asesorado por el Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez

Guatemala, julio de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE
SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA
FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GUSTAVO ADOLFO FIGUEROA CASTAÑÓN
ASESORADO POR EL ING. CARLOS HUMBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, JULIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADORA	Inga. Sindy Massiel Godínez Bautista
EXAMINADORA	Inga. Yocasta Ivanobla Ortiz del Cid
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE
SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA
FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha 23 de marzo de 2020.

Gustavo Adolfo Figueroa Castañón

Guatemala, 8 de junio de 2022

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente

Estimado Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas:

Por este medio, hago constar que yo, el ingeniero Carlos Humberto Pérez Rodríguez, con colegiado número tres mil setenta y uno, doy como visto bueno el desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno Gustavo Adolfo Figueroa Castañon, identificado con CUI 3003609320101, alumno a quien he podido apoyar como asesor de su protocolo de tesis.

Dando por concluido el desarrollo de la misma investigación y planteando las soluciones inmediatas y efectivas para el beneficio de la institución donde se desarrolló la misma.

Doy por concluido de forma eficiente ante mi persona el desarrollo de su trabajo de investigación, como tema: "DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA"

Línea de investigación: Procesos Industriales.

Área: Operaciones

Aprovecho la oportunidad para expresar mi consideración

Atentamente



Carlos Humberto Pérez Rodríguez
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL
Colegiado 3071

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Ingeniera Mecánico Industrial
Colegiado No. 3071
Asesor



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.039.022

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Gustavo Adolfo Figueroa Castañon**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2022.

/mgp

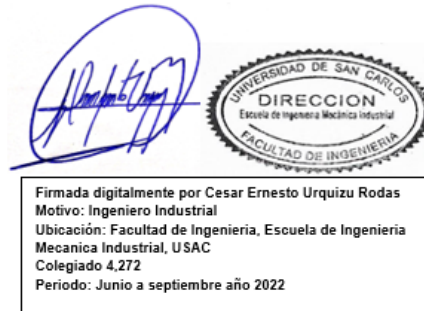


ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.155.EMI.2022

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 Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por: **Gustavo Adolfo Figueroa Castañon**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, julio de 2022.

LNG.DECANATO.OI.525.2022

La Decana 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 UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO PARA LA OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS, APLICADO EN UNA INDUSTRIA FARMACÉUTICA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, GUATEMALA**, presentado por: **Gustavo Adolfo Figueroa Castañon**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, julio de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por guiarme en todo momento y enseñarme que siempre hay una luz al final del túnel.
- Mis padres** Sonia Castañon y Julio Figueroa, por darme todo su amor, ser siempre ese ejemplo a seguir y por ser ese apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.
- Mi hermana** María Fernanda Figueroa, por creer en mí en todo momento y por ser mi primer ejemplo en la vida.
- Mis abuelos** Paula Fuentes y Adolfo Castañon por brindarme su amor y llenarme de consejos a lo largo de mi vida, por ser el pilar que siempre mantiene unida a la familia.
- Mi tía** Irma Castañon por ser esa segunda mamá que cuida de mí y me brinda su amor a lo largo.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis tíos	Por siempre brindarme su apoyo, cariño, llenarme de consejos y siempre querer lo mejor en mi vida.
Mis primos	Por ser los primeros amigos que me regalo la vida, por mantenernos siempre unidos y apoyarme en todo momento.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser la institución que me abrió las puertas para crecer profesionalmente.
Facultad de Ingeniería	Por permitirme ser parte de esta gran familia y por brindarme todos los conocimientos que me hicieron crecer como profesional.
Mi asesor	Ingeniero Carlos Pérez, por haberme brindado todo su apoyo y enseñanzas en todo momento.
Mi novia	Lesly Crispín, por ser esa persona que hizo sacar lo mejor de mí, que me apoyo en todo momento para salir adelante y llenarme siempre de amor.

Mis amigos

Lester Arévalo, Wilson Estrada, David Rodríguez y José Loarca, por ser ese apoyo incondicional para salir adelante y por todos los buenos momentos que hemos vivido.

Mis compañeros

Thania Rocha, Jairo García y Enrique Ramírez, por ser ese apoyo a lo largo de toda la carrera y siempre mantenernos unidos por salir adelante.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Historia	1
1.2. Localización.....	2
1.3. Misión	3
1.4. Visión.....	3
1.5. Valores éticos	3
1.6. Estructura organizacional	4
1.6.1. Departamentos de la empresa.....	4
1.6.2. Organigrama general.....	4
1.7. Tipo de organización	5
1.7.1. Organigrama.....	6
1.7.2. Departamento de operaciones.....	6
1.8. Automatización	7
1.8.1. Definición	7
1.8.2. Automatización industrial	8
1.8.3. Tecnologías complementarias	9
1.8.3.1. Neumática industrial	9
1.8.3.2. Electrónica industrial.....	10

	1.8.3.3.	Mecánica industrial.....	12
	1.8.3.4.	PLC (Controlador Lógico Programable).....	13
1.9.		Maquinaria industrial	14
	1.9.1.	Definición técnica	14
	1.9.2.	Transportadora.....	15
	1.9.3.	Llenadora	16
	1.9.4.	Etiquetadora	17
	1.9.5.	Selladora	18
1.10.		Buenas prácticas de manufactura informe 32/guía 92 C.A.	19
	1.10.1.	Definición.....	20
	1.10.2.	Lineamientos técnicos.....	21
	1.10.3.	Reglamentos y/o Leyes	21
	1.10.4.	Tipos de Buenas Prácticas.....	21
1.11.		Diagrama de flujo de procesos.....	23
	1.11.1.	Tipos de diagrama de flujo de procesos.....	24
	1.11.2.	Simbología empleada en el diagrama de flujo de procesos.....	25
1.12.		Mantenimiento.....	26
	1.12.1.	Definición.....	27
	1.12.2.	Tipos de mantenimiento	27
		1.12.2.1. Correctivo	28
		1.12.2.2. Preventivo	28
2.		SITUACIÓN ACTUAL	29
	2.1.	Descripción del proceso	29
		2.1.1. Características	30
		2.1.2. Diagrama de flujo de procesos.....	31
	2.2.	Diagnóstico de procesos	34

2.2.1.	Maquinaria.....	34
2.2.1.1.	Operarios.....	34
2.2.2.	Desperdicios.....	35
2.3.	Descripción de las instalaciones.....	35
2.3.1.	Distribución de la maquinaria.....	35
2.3.2.	Diagrama de recorrido.....	36
2.4.	Mantenimiento.....	38
2.4.1.	Programa de mantenimiento.....	38
2.4.1.1.	Preventivo.....	38
2.4.1.2.	Correctivo.....	39
2.5.	Diagnóstico de la situación actual.....	39
2.5.1.	Análisis FODA.....	40
2.5.2.	Diagrama de Ishikawa.....	40
2.6.	Situación actual del área de llenado.....	41
2.6.1.	Descripción de problemas.....	42
2.7.	Medición del trabajo.....	43
2.7.1.	Estudio de tiempos.....	43
2.7.1.1.	Registro de datos.....	44
2.7.1.2.	Determinación del tiempo estándar.....	45
2.8.	Deficiencias del proceso.....	47
2.8.1.	Identificación de puntos de mejora.....	48
2.8.2.	Calidad del producto.....	49
2.8.3.	Manejo de desechos.....	49
2.8.4.	Productividad.....	49
3.	PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO.....	51
3.1.	Planeación de procesos.....	51
3.1.1.	Descripción del proceso.....	51

3.1.2.	Diagrama de flujo del proceso.....	52
3.1.3.	Diagrama de distribución de maquinaria	55
3.2.	Descripción del equipo	56
3.2.1.	Máquina llenadora de líquidos de 12 boquillas.....	57
3.2.2.	Máquina etiquetadora.....	58
3.2.3.	Selladora por inducción	59
3.2.4.	PLC (controlador lógico programable).....	60
3.3.	<i>Software</i> de programación	61
3.3.1.	Descripción y soporte técnico.....	61
3.3.2.	Lenguaje de programación.....	62
3.3.3.	Ciclo de operación.....	62
3.4.	Mantenimiento de maquinaria	63
3.4.1.	Preventivo	64
3.4.2.	Correctivo	64
3.5.	Análisis financieros del proyecto	65
3.5.1.	Costos de inversión.....	65
3.5.1.1.	Maquinaria y equipo	65
3.5.1.2.	Costo del <i>software</i> de programación	66
3.5.1.3.	Montaje del sistema	66
3.5.2.	Sueldos y/o salarios	67
3.5.2.1.	Jefe de operaciones	67
3.5.2.2.	Técnico mecánico y electrónico	67
3.5.2.3.	Personal operativo	68
3.6.	Análisis financiero	68
3.6.1.	Valor presente neto	68
3.6.2.	Tasa interna de retorno	70
3.6.3.	Beneficio costo	70
3.7.	Plan de manejo de desechos líquidos.....	71
3.7.1.	Parámetros de medición.....	71

	3.7.2.	Estrategia de manejo.....	71
3.8.		Productividad.....	72
	3.8.1.	Capacidad productiva.....	72
	3.8.2.	Cálculo de productividad.....	72
	3.8.3.	Análisis comparativo de productividad.....	73
4.		IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	75
4.1.		Plan de acción.....	75
	4.1.1.	Objetivos del plan de acción.....	75
	4.1.2.	Implementación del plan.....	75
	4.1.2.1.	Determinación de las actividades a realizar.....	75
	4.1.2.2.	Entidades responsables.....	76
	4.1.2.2.1.	Gerencia General.....	76
	4.1.2.2.2.	Departamento de Operaciones.....	76
	4.1.2.2.3.	Departamento de Producción.....	77
	4.1.2.3.	Designación de responsabilidades.....	77
	4.1.2.4.	Definición de recursos a utilizar.....	77
4.2.		Diseño del plan de acción.....	78
	4.2.1.	Establecimiento de objetivos.....	78
	4.2.2.	Actividades propuestas.....	78
	4.2.3.	Detallar las estrategias.....	79
	4.2.4.	Elaboración de cronograma de actividades.....	79
4.3.		Montaje de línea.....	80
	4.3.1.	Instalación de la maquinaria.....	80
	4.3.1.1.	Montaje mecánico.....	80
	4.3.1.2.	Instalación eléctrica.....	80

4.4.	Reestructuración del proceso.....	81
4.4.1.	Análisis del rediseño del proceso	81
4.4.1.1.	Metas esperadas	82
4.5.	Metodología del proceso	82
4.5.1.	Diagrama de flujo del proceso.....	82
4.5.2.	Diagrama de distribución de maquinaria	86
4.6.	Sistema de control para el cumplimiento de la propuesta	87
4.6.1.	Indicadores de eficiencia del proyecto	87
4.6.2.	Evaluación de desempeño	88
4.7.	Puesta en marcha de la propuesta	88
4.7.1.	Coordinación de la propuesta.....	88
4.7.2.	Supervisión del plan de acción.....	88
4.8.	Desarrollo del programa de mantenimiento	89
4.8.1.	Personal encargado	89
4.8.2.	Documentación	89
4.8.3.	Capacitación.....	90
4.8.4.	Cronograma de mantenimientos de equipos.....	90
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA	93
5.1.	Resultados obtenidos.....	93
5.1.1.	Interpretación	93
5.1.2.	Aplicación	93
5.1.2.1.	Ventajas y beneficios	94
5.1.2.2.	Eficiencia del proceso	94
5.1.3.	Organización	94
5.2.	Mejora continua.....	94
5.2.1.	Actualización de la maquinaria.....	95
5.2.2.	Evaluación de desempeño	95
5.3.	Acciones correctivas	95

5.3.1.	Implementación del sistema de administración de riesgos	95
5.3.2.	Evaluación de desempeño	96
5.3.3.	Diagnóstico y evaluación de las causas	96
5.4.	Estadística	96
5.4.1.	Análisis de la producción de suero oral anualmente	96
5.5.	Manejo del sistema de llenado de suero oral	97
5.5.1.	Capacitación para el personal operativo	97
5.5.2.	Capacitación del <i>software</i> de programación	97
5.5.3.	Inducción del personal técnico mecánico y electrónico	98
5.6.	Auditorías	98
5.6.1.	Evaluación interna	98
5.6.2.	Evaluación externa	98
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Localización del laboratorio farmacéutico	2
2.	Organigrama de la empresa.....	5
3.	Organigrama del departamento de operaciones	6
4.	Diagrama de flujo para el proceso de llenado de suero oral	31
5.	Diagrama de recorrido para el proceso de llenado de suero oral.....	37
6.	Diagrama causa y efecto del proceso de llenado de suero oral.....	41
7.	Diagrama de flujo para el proceso nuevo de llenado de suero oral	52
8.	Diagrama de distribución de maquinaria	55
9.	PLC SIMATIC S7-1200	61
10.	Ciclo de operación del PLC.....	63
11.	Flujo de efectivo	69
12.	Cronograma de actividades	79
13.	Diagrama de flujo para el nuevo proceso de llenado de suero oral	83
14.	Diagrama de la nueva distribución de maquinaria	86
15.	Cronograma de mantenimiento de equipos	91

TABLAS

I.	Simbología del diagrama de flujo de procesos.....	26
II.	Simbología de diagrama de recorrido	36
III.	Análisis FODA.....	40
IV.	Proceso de llenado de suero oral.....	44
V.	Toma de tiempo cronometrado para el proceso.....	45

VI.	Evaluación de tiempos normales del proceso.....	46
VII.	Evaluación de suplementos del proceso.....	47
VIII.	Simbología de diagrama de recorrido del nuevo proceso.....	56
IX.	Ficha técnica de llenadora de 12 boquillas	57
X.	Ficha técnica de máquina etiquetadora	58
XI.	Ficha técnica de máquina etiquetadora	59
XII.	Costos de maquinaria y equipo	65
XIII.	Costos de <i>software</i> de programación	66
XIV.	Costos del montaje del sistema	66
XV.	Sueldo jefe de operaciones	67
XVI.	Sueldo de técnicos.....	67
XVII.	Sueldo de operarios.....	68
XVIII.	Valor Presente Neto.....	69
XIX.	Ingreso y egresos	70

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
#	Número
%	Porcentaje
Σ	Sumatoria de datos
A	Unidad de corriente en amperios
L	Unidad de volumen en litros
Q	Unidades monetarias de Quetzal
s	Unidades de tiempo en segundos
V	Unidad de voltaje en volts

GLOSARIO

Automatización	Aplicación de máquinas o procedimientos automáticos en la realización de un proceso.
Ciclo	Serie de fases o estados por las que pasa un acontecimiento o fenómeno y que se suceden en el mismo orden.
Empaque	Cualquier material que encierra un artículo con o sin envase, con el fin de preservarlo.
LAFCO	Laboratorios Farmacéuticos y Cosméticos.
Mantenimiento	Conservación de una cosa en buen estado o en una situación determinada para evitar su degradación.
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i> (Eficiencia General de los equipos).
OMS	Organización Mundial de la Salud.
<i>Pallet</i>	Vehículo de cuatro ruedas utilizado para el traslado de tarimas.

PLC	Controlador Lógico Programable.
Programación	Es todo proceso que involucra el diseño, codificación, mantenimiento, y protección de cualquier fuente de programas.
Semiconductor	Que tiene una resistencia apreciablemente más alta que la de los buenos conductores e inferior a la de los aisladores.
Trifásico	Que tiene tres corrientes eléctricas alternas iguales, procedentes del mismo generador, cuyas fases respectivas se producen a la distancia de un tercio de período.
VPN	Valor Presente Neto.

RESUMEN

Actualmente la planta de productos naturales Laboratorios LAFCO S.A., lleva a cabo el proceso de llenado de suero oral a través de un sistema semiautomático, el cual no utiliza todos los recursos de manera óptima. Existe una falta de organización dentro del personal, grandes cantidades de producto desechado, tiempos de ocio elevados, equipos antiguos y en mal estado y baja capacidad productiva del proceso.

Debido a la baja productividad del proceso de llenado de suero oral en el presente trabajo de graduación se propone el desarrollo de un sistema de automatización para el llenado de suero oral, con el fin de optimizar todos los recursos implicados en este proceso. El sistema de automatización busca la mejora continua dentro del proceso, con el fin de presentar productos de calidad para la satisfacción de los clientes.

La unificación de elementos, mecánicos, electrónicos, eléctricos, neumáticos y PLC's permiten el desarrollo del sistema de automatización, que facilite el desarrollo del proceso de llenado de suero oral. Con la implementación del sistema de automatización de suero oral se reducirán los costos de mano de obra, se mejorará las condiciones de trabajo, se mejorará la organización dentro de la planta, así como aumentar la capacidad productiva del proceso. El uso de equipos nuevos y actualizados permitirá que el proceso de llenado de suero oral sea más productivo eliminando la gran cantidad de paros por mantenimientos correctivos durante el proceso productivo. Empleando el nuevo proceso de llevado de suero oral se busca la obtención de un proceso más productivo sin afectar la calidad de los productos.

OBJETIVOS

General

Diseñar un sistema de automatización en el proceso de llenado de suero para la optimización de recursos, aplicado en una industria farmacéutica ubicada en el municipio de Mixco, Guatemala.

Específicos

1. Aumentar la capacidad de producción de la empresa través de la unificación del proceso de llenado de suero.
2. Disminuir los costos de mano de obra en proceso de llenado de suero mediante la implementación de equipos y maquinaria que optimicen el proceso.
3. Agilizar el proceso de llenado para reducir los tiempos de producción de suero oral.
4. Minimizar la cantidad de producto desperdiciado en el proceso de llenado para aumentar la productividad de la producción de suero.
5. Desarrollar un nuevo proceso de llenado de suero para la facilitación del control de la producción de suero oral.

6. Integrar los elementos neumáticos, mecánicos y electrónicos para mejorar la eficiencia en el proceso de llenado de suero en el laboratorio farmacéutico.

7. Realizar un análisis de la viabilidad del proyecto mediante un estudio financiero que evalúe el costo-beneficio de la implementación del nuevo proceso de llenado de suero.

INTRODUCCIÓN

Las industrias farmacéuticas actualmente se encuentran en constante desarrollo debido a que existe una alta competencia en el mercado lo cual les exige implementar ideas y proyectos innovadores que les permitan mejorar la productividad dentro de las mismas. Es necesario que la producción de productos farmacéuticos cumpla con ciertas condiciones como lo explica el informe 32, debido a que la industria farmacéutica es una de las más exigentes en cuanto a calidad, seguridad y buenas prácticas de manufactura. El informe 32 fue desarrollado por expertos convocados por la Organización Mundial de la Salud, el cual vela por cumplimiento de ciertos parámetros para garantizar la calidad de los productos farmacéuticos y las especificaciones aplicables a sustancias y fórmulas farmacéuticas.

Laboratorios LAFCO S.A., se dedica a la fabricación y distribución de productos farmacéuticos tanto nacional como internacional. El suero oral es su producto líder debido a que se encargan de la fabricación de dos marcas de suero los cuales son Beberé y Recover. El proceso de producción de suero oral inicia desde su fabricación hasta el empaque del producto. Actualmente el proceso de llenado se lleva a cabo de manera semiautomática, debido a que 8 operarios se encargan de realizar el proceso desde el embotellamiento del producto hasta el sellado de los mismos.

El proceso de llenado es uno de los menos eficientes dentro de la empresa debido a que existe mucho tiempo de ocio tanto de los operarios como de la maquinaria, también existen desperdicios de productos por la mala manipulación de la maquinaria y equipo que se utiliza en el proceso. La maquinaria y equipo

con el que se cuenta actualmente es antiguo y no se encuentra en óptimas condiciones debido a que no se les da un correcto mantenimiento. La automatización actualmente es utilizada en muchos procesos industriales debido a que mejora la eficiencia de los mismos, agiliza el proceso de producción y mejora la calidad del producto desarrollado. La automatización se compone de varios elementos neumáticos, electrónicos y mecánicos que se integran dentro de un mismo sistema.

En el presente trabajo de graduación, se desarrollará el diseño de un sistema de automatización para el llenado de suero para mejorar la capacidad productiva del laboratorio, la eficiencia del proceso de producción y mejorar la calidad del suero oral eliminando desperdicios presentes en el proceso actual.

En el capítulo se desarrollará la reseña histórica, la misión y la visión de Laboratorios LAFCO S.A., así como también se hace mención a la estructura organizativa de la industria farmacéutica. Se desarrollará el informe 32 el cual presenta parámetros enfocados en la investigación y se complementará con conceptos importantes relacionados con el trabajo de graduación.

En el segundo capítulo se presentará la situación actual en que se encuentra Laboratorios LAFCO S.A., específicamente el proceso de llenado de suero, desarrollando cada uno de los aspectos del proceso, la distribución de la maquinaria, los tiempos de trabajo y analizando los problemas que existen en el proceso actual.

En el tercer capítulo se especificará la metodología de la propuesta, se presentará la maquinaria requerida para llevar a cabo el llenado de suero oral, del mismo modo se presentará el *software* a utilizar para los PLC'S que se utilizarán para la automatización del proceso, se analizará el flujo financiero que

presenta este proyecto, desde los costos de inversión, salario y/ o sueldos, como también la productividad del nuevo proceso.

En el cuarto capítulo se desarrollará el plan de acción y la implementación del mismo, presentando el rediseño del proceso, la nueva metodología del proceso y la puesta en marcha, como también se presentará un plan de mantenimiento para la maquinaria y equipo utilizado en el nuevo proceso.

Por último, en el quinto capítulo se desarrollará el seguimiento y la mejora de la propuesta, en este se detallarán las ventajas y beneficios del nuevo proceso de llenado de suero oral como también se presentarán acciones correctivas para los problemas que se perciben en el nuevo proceso, se desarrollará una serie de capacitaciones para los operarios en el manejo del sistema de llenado de suero oral.

1. ANTECEDENTES GENERALES

La industria farmacéutica es uno de los sectores de economía general que se dedica a la fabricación y preparación de productos químicos medicinales para la prevención o el tratamiento de enfermedades mediante la transformación las materias primas orgánicas e inorgánicas obtenidas de la agricultura, ganadería, minería, piscicultura, silvicultura y de cualquier otra actividad económica llamada primaria.

Actualmente la industria farmacéutica es uno de los sectores empresariales más rentables e influyentes a nivel mundial. Algunas empresas del sector fabrican productos químicos farmacéuticos a granel (producción primaria), y todas ellas los preparan para su uso médico mediante métodos conocidos colectivamente como producción secundaria. Dentro de los procesos de producción secundaria, altamente automatizados, se encuentra la fabricación de fármacos dosificados, como pastillas, cápsulas o sobres para administración oral, soluciones para inyección, óvulos y supositorios.

1.1. Historia

La empresa farmacéutica surge en el año de 1970 como una pequeña distribuidora de fármacos dentro de la ciudad capital. En los primeros años la empresa realizó las primeras exportaciones hacia el extranjero, principalmente a Europa. A los 8 años de distribuir fármacos, la empresa se trasladó a una nueva ubicación, para convertirse en un laboratorio farmacéutico. El laboratorio farmacéutico, empezó a producir diferentes productos durante los siguientes años dentro de los cuales se encuentran: multivitamínicos, talco para pies,

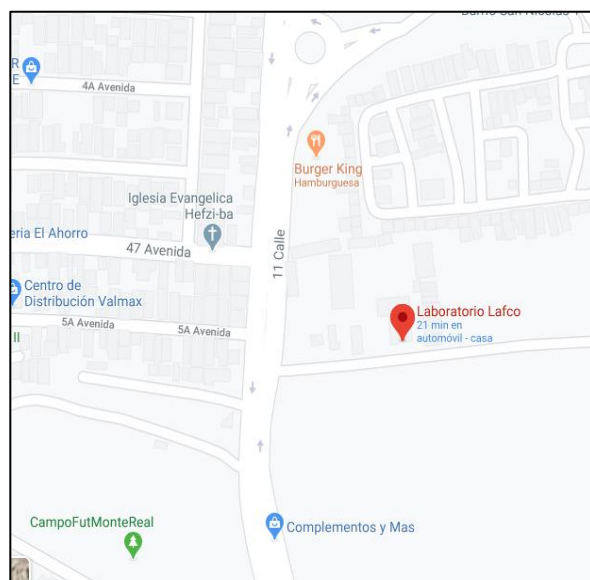
jarabes y suero oral. El primer producto líder del laboratorio fueron los multivitamínicos desarrollados para las defensas del sistema inmunológico, actualmente son uno de los productos más importantes del laboratorio.

El suero oral es actualmente el producto líder del laboratorio, de los cuales se producen dos marcas de suero oral los cuales son Recover y Beberé. Actualmente se tiene en desarrollo la realización de medicina natural dentro del laboratorio para ampliar los productos que actualmente produce.

1.2. Localización

El laboratorio farmacéutico se encuentra ubicado geográficamente 11 Calle 6-23 Zona 4 del municipio de Mixco.

Figura 1. Localización del laboratorio farmacéutico



Fuente: Google Maps. *Ubicación y localización.* <https://www.google.com.gt/maps> Consulta: 11 de mayo de 2020.

1.3. Misión

Garantizar la curación y/o alivio de los padecimientos de salud de los clientes, contando con el aprovisionamiento de materias primas esenciales para la elaboración de productos de alta calidad.

1.4. Visión

Ser una compañía con alcance regional generando crecimiento continuo e incrementando los estándares de productividad, calidad y competitividad para lograr la excelencia de productos, de los recursos humanos, financieros, tecnológicos, materiales y administrativos.

1.5. Valores éticos

Dentro de la empresa farmacéutica se promueve su cultura de trabajo para todo el personal a través de los siguientes valores:

- Compromiso
- Respeto
- Laboriosidad
- Honestidad
- Integridad
- Liderazgo
- Mejora continua
- Innovación
- Trabajo en equipo

1.6. Estructura organizacional

La estructura organizacional es la división de actividades que se desarrollan en una empresa, las cuales son agrupadas en áreas o departamentos. El objetivo principal de este modelo consiste en organizar y dividir las tareas para poder cumplir, con mayor facilidad, aquellos objetivos perseguidos por la organización.

1.6.1. Departamentos de la empresa

La empresa está constituida de los siguientes departamentos:

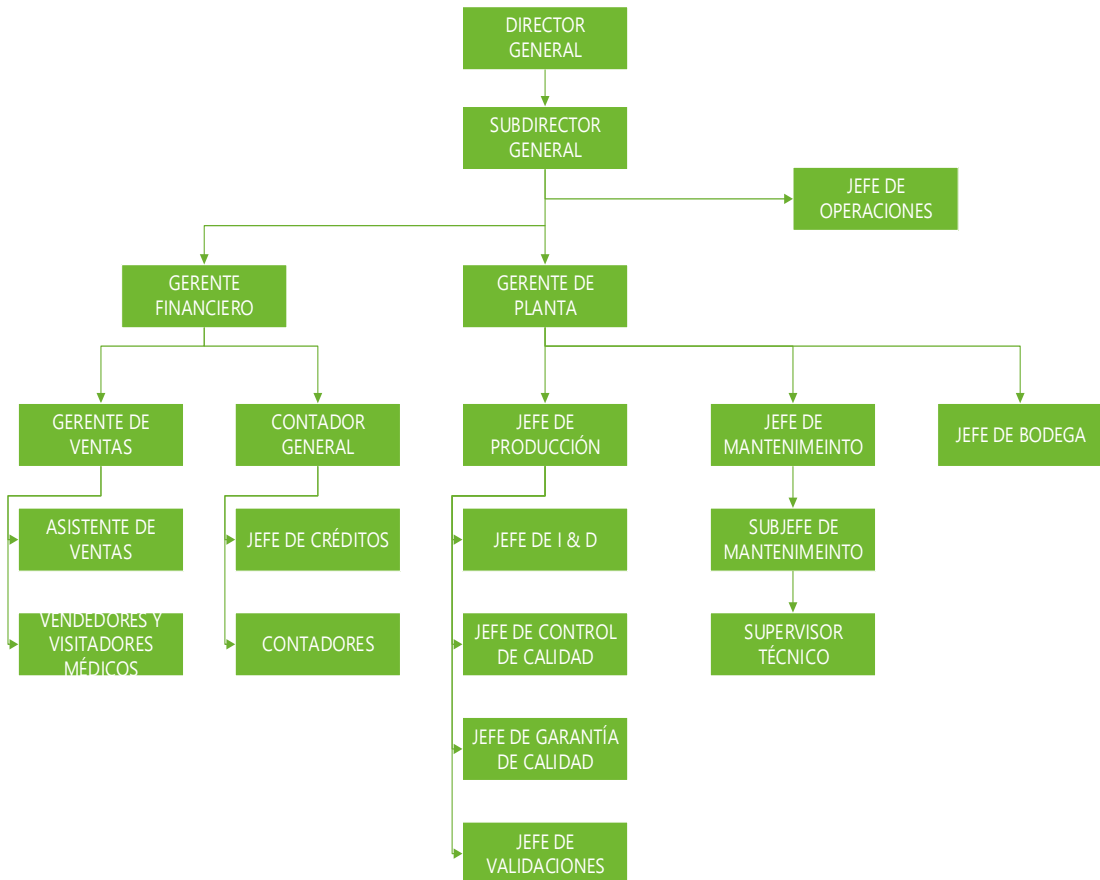
- Departamento de Operaciones
- Departamento de Producción
- Departamento de Mantenimiento
- Departamento de Ventas
- Departamento Financiero

1.6.2. Organigrama general

Un organigrama también conocido como diagrama de organizativo o gráfico de jerarquía, es la representación gráfica de la estructura orgánica de una empresa, se muestran los cargos de manera jerárquica, la posición de las áreas y líneas de autoridad.

El laboratorio farmacéutico se encuentra organizado de la manera siguiente:

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

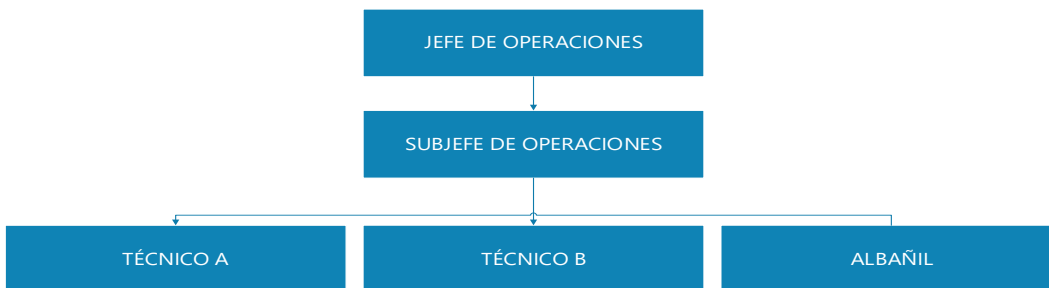
1.7. Tipo de organización

La organización dentro de la empresa es de tipo formal debido a que la estructura es formalmente organizada y flexible. Pretende indicar lo que hace cada uno, qué relación tiene con cada uno de los miembros de la empresa y bajo las órdenes de quién está.

1.7.1. Organigrama

El departamento de operaciones actualmente es uno de los más pequeños dentro de la empresa debido a que lleva en función dos años.

Figura 3. Organigrama del departamento de operaciones



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

1.7.2. Departamento de operaciones

El departamento de operaciones es el encargado del control y desarrollo de nuevos proyectos dentro del laboratorio farmacéutico, supervisa cada uno de los departamentos, para la mejora en la productividad de cada uno de estos. El departamento de Operaciones debe tener la capacidad de utilizar métodos eficaces que aplicar a todos los procesos. Tiene como objetivo que dentro del laboratorio farmacéutico trabaje como un todo y que las decisiones que se realicen no sean aisladas, deben unificar a todos los departamentos para llegar a la misma respuesta global dentro del laboratorio farmacéutico.

El departamento de operaciones actualmente se encuentra vinculado al departamento de mantenimiento debido a que muchos de los nuevos proyectos se realizan de la mano de mantenimiento.

1.8. Automatización

La automatización benefició grandemente a las industrias debido a que aumento a productividad del trabajo, disminuyó los gastos materiales, aumento de la calidad de los productos y mejoramiento de las condiciones de trabajo y de vida de los trabajadores.

La primera aparición de la automatización en la historia se llevó a cabo en el siglo XVIII el cual fue el Telar de Jacquard, el cual automatizó el proceso de tejido.

1.8.1. Definición

La automatización es la aplicación de sistemas computarizados, elementos informáticos, mecánicos y electromecánicos con el fin de controlar maquinarias y procesos industriales sustituyendo la mano de obra dentro de una empresa. La finalidad de la automatización es optimizar y mejorar el funcionamiento dentro de una planta industrial, aunque existen otros lugares en donde se puede aplicar la optimización como lo son, talleres mecánicos, granjas o hasta en la propia infraestructura de las ciudades.

Debido a la alta competencia en las industrias, muchas empresas utilizan la automatización de procesos para posicionarse mejor dentro del mercado con respecto a sus competidores.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

La parte operativa se enfoca principalmente en todo lo que actúa directamente en la máquina. Son todos los sistemas y elementos que permiten que la máquina se encuentre en funcionamiento para que esta realice su operación y se mantenga en movimiento. Uno de los elementos más comunes dentro de la maquinaria son los motores, los cuales tienen como función principal la de brindar la energía necesaria a cada uno de los elementos dentro de la maquinaria para que estos puedan realizar su trabajo. En la automatización uno de los motores más utilizados son los servomotores los cuales permiten establecer parámetros de funcionamiento a través de un servo *driver* y de esta manera poder trabajar a una velocidad, potencia y con tiempos más puntuales dentro de un sistema.

La parte de mando son todos los elementos programables, en estos entra la tecnología de programación, el cual es el centro del sistema para que la maquinaria funcione, se debe unificar cada uno de los elementos y de esta manera constituir un sistema automatizado. Los elementos que lo conforman son módulos lógicos neumáticos, tarjetas electrónicas, relés electromagnéticos, PLC's, drivers, entre otros.

1.8.2. Automatización industrial

La automatización industrial es la implementación de sistemas electrónicos, mecánicos, neumáticos e informáticos en los procesos de producción dentro de las industrias. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de *software* en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales y sustituir a los operadores humanos.

Dentro de las empresas cuando se desarrolla la automatización, el hombre pasa de ser la mano de obra a tener la función de supervisión y monitoreo de los procesos.

1.8.3. Tecnologías complementarias

La automatización se complementa de diferentes tecnologías que abarcan distintos puntos a la hora de emplearlo en un sistema y que este actué de manera independiente, debido a que todo trabaja como un solo sistema, la tecnología es fundamental en el desarrollo del mismo

1.8.3.1. Neumática industrial

La neumática industrial se emplea en el estudio y la aplicación de aire comprimido como medio de transferencia de energía utilizado para facilitar el funcionamiento mecánico. Normalmente los sistemas de neumática industrial están compuestos por tuberías capaces de distribuir el aire comprimido a los equipos industriales, maquinaria, sistemas de limpieza u otros elementos.

Un sistema neumático industrial generalmente utiliza un compresor de aire para reducir el volumen de aire, aumentando así la presión del aire. El aire comprimido viaja a través de mangueras neumáticas y es controlado por válvulas dentro del sistema en que es empleado para facilitar su manipulación. El suministro de aire en sí debe ser filtrado y monitoreado constantemente para mantener el sistema operando eficientemente y los diferentes componentes funcionando correctamente. Esto también ayuda a asegurar una larga vida útil del sistema, debido a que existen muchas partículas de polvo u otros desperdicios que puede afectar el suministro de aire comprimido en los distintos

elementos que pueden afectar tanto las tuberías del sistema neumático como a la maquinaria.

Como tal, la neumática se utiliza generalmente cuando se trata de cargas mucho más pequeñas. Pero en algunos círculos está más de moda referirse a ella como un tipo de control de automatización industrial.

Básicamente se define al sistema neumático como al conjunto de componentes unificados y accionados a través de un compresor que permite emplear en cada uno de los elementos aire comprimido para realizar una operación en particular.

En la neumática industrial se suele utilizar el aire como medio de gas porque el aire es muy abundante y puede ser fácilmente expulsado a la atmósfera después de completar la tarea asignada. Además, el sistema neumático es menos costoso de construir. Es por ello que en el sistema neumático simplemente se utiliza el aire para transmitir energía. El aire tiene mayor suministro en todas partes. Cuando el aire se comprime, se puede utilizar para la transferencia de energía a distintos elementos de un sistema y de esta manera poder accionarse.

1.8.3.2. Electrónica industrial

La electrónica es una rama de la física que se emplea en el manejo y el aprovechamiento de las cargas eléctricas en los distintos materiales y dispositivos como los semiconductores. La ingeniería electrónica es la destreza de implementación en la electrónica, para lo cual se integra también las instrucciones metódicas y científicas otros de temperamento técnico y manejo sobre los semiconductores, así como numerosos aparatos electrónicos

igualmente de otras áreas de los conocimientos de un individuo como lo es el dibujo y los métodos de programación, entre otros.

La electrónica industrial es una rama de la electrónica que se enfoca en el manejo y estudio de los dispositivos capaces de manejar elevadas tensiones y elevadas corrientes dentro de una industria.

La electrónica Industrial se apoya en dispositivos de control formados por microcontroladores y automatizaciones, siendo la automatización un sistema que sigue una secuencia previamente establecida. Esta secuencia puede ser cableada o programada en un autómatas programable o en un microcontrolador.

En un dispositivo de potencia siempre vamos a tener dos partes. Una de control y otra de potencia.

Estos semiconductores son capaces de manejar elevadas corrientes y algunos de ellos también elevadas tensiones. Al ser valores elevados es necesario tener en cuenta los transitorios que surgen en los momentos de los disparos correspondientes y la forma de minimizar dichos efectos. La parte de control determina el funcionamiento de la secuencia de operaciones. Es un sistema secuencial donde previamente se han almacenado las instrucciones a realizar y que incluyen los distintos momentos de paso a conducción de los semiconductores de potencia.

Todos estos procesos deben de ser controlados y accionados. La Electrónica Industrial estudia todas estas operaciones.

Los electrónicos industriales tienen habilidades multidisciplinarias referidas a las obligaciones de control de calidad de las labores productivas y de los

trabajos de servicio técnico para ser transportados con facultad en el cargo de trabajo.

1.8.3.3. Mecánica industrial

La mecánica industrial se enfoca en la construcción y mantenimiento de las máquinas que se dedican a alguna industria o empresa relacionada con la Ingeniería, que tienen como finalidad la manipulación de las materias primas para realizar un producto final.

Se emplea en la actividad de proyectos donde se requiere de la creación de nuevas industrias, la incorporación de nuevas tecnologías en las empresas manufactureras existentes; en montaje de plantas y equipos: en instalar, transformar y construir equipos y plantas industriales de cualquier tipo; en actividad de operación y mantención de plantas y equipos mecánicos, como también de la mejora continua tanto en los procesos como en la actualización de equipos que faciliten el desarrollo del proceso y permitan mejorar la productividad del mismo.

Se encarga de la fabricación, construcción, instalación, puesta en marcha y funcionamiento de maquinaria industrial, así como de todos los procedimientos de puesta a punto y reparación de dicha maquinaria. Se trata por tanto de un campo de conocimiento bastante amplio, ya que hay una gran variedad de máquinas industriales, tanta como diversidad de procesos productivos y tipos de industria.

La mecánica industrial también incluye un proceso de planificación y supervisión orientado a asegurar la productividad, así como la optimización y mejora continua de un proceso industrial. También se tienen en cuenta aspectos

operativos como el desarrollo de instalaciones y equipos seguros y fiables que no sólo consigan altos estándares de calidad en el producto fabricado, sino que también tiene en cuenta aspectos como la prevención de riesgos laborales en los trabajadores y el desarrollo de sistemas de alta eficiencia y respetuosos con el medio ambiente.

1.8.3.4. PLC (Controlador Lógico Programable)

Un PLC o controlador lógico programable, consiste en computadora que se encarga del manejo de distintos elementos, maquinaria o equipos que permiten desarrollar la automatización industrial, son empleados en distintas industrias tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas.

Para que un PLC pueda procesar y controlar cualquier sistema se necesita que este previamente programado para la tarea que va a realizar. Para poder programarlo se necesita un *software* que es específico dependiendo la marca y cada programa cuenta con diversos lenguajes de programación en los cuales se escribe una instrucción por instrucción lo que se va a procesar y controlar.

Para realizar esta programación se necesita un *software* específico adaptado a la marca y al lenguaje de programación que se va a desarrollar.

Básicamente, la función que tiene un PLC es detectar diversos tipos de señales del proceso, y elaborar y enviar acciones de acuerdo a lo que se ha programado. Además, recibe configuraciones de los operadores y da reporte a los mismos, aceptando modificaciones de programación cuando son necesarias.

El campo de aplicación de los PLC's es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias, así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.

Los programas para el control de funcionamiento de la máquina se suelen almacenar en baterías copia de seguridad o en memorias no volátiles. Un PLC es un ejemplo de un sistema de tiempo real duro donde los resultados de salida deben ser producidos en respuesta a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado, que de lo contrario no producirá el resultado deseado.

1.9. Maquinaria industrial

Con el tiempo las máquinas se encuentran dentro de nuestro ambiente cada vez más debido que a través de estas podemos realizar una gran variedad de tareas que permiten facilitar el proceso de llevarlas a cabo.

En la industria cada vez son más utilizadas para optimizar los procesos productivos. La maquinaria industrial cada día evoluciona más con la tecnología y las empresas cada vez buscan actualizar la misma para poder generar productos de mayor calidad, a menor precio y a un menor tiempo.

1.9.1. Definición técnica

Las máquinas industriales se definen como todos aquellos artefactos o herramientas que permiten facilitar la creación o procesamiento de algún producto, sea natural o artificial, con el fin de ponerlo en el mercado y producir

ingresos. Esta definición permite abarcar todos los sectores en los que la maquinaria industrial es utilizada.

1.9.2. Transportadora

Las transportadoras mejor conocidas como bandas transportadoras son máquinas que se encargan del traslado de mercancía y productos, se utilizan para trasladar mercancía y productos que requieren una mayor estabilidad o que debido a su tamaño o características no se pueden transportar con transportadores de rodillo. Las bandas también pueden actuar como puntos de procesamiento desde las que se opera sobre los artículos o productos que se trasladan.

El funcionamiento de una banda transportadora se basa en el constante movimiento de un elemento de soporte físico, la banda o cinta, montado sobre unas plataformas de dimensiones variables y que pueden contar con distintos tipos de accesorios. La velocidad y capacidad de carga dependen tanto de las características del material a desplazar como del tipo de cinta transportadora.

El principio de funcionamiento básico de una banda transportadora puede parecer básico ya que con un sistema del movimiento de una banda debido al giro de los rodillos o tambores a través de poleas que son accionadas por el trabajo de un motor, el principio de trabajo puede ser más complejo en la industria, debido que los avances tecnológicos presentan la posibilidad de establecer variadores de velocidad para el motor o en algunas ocasiones establecer servomotores para el establecimiento de parámetros que permiten establecer una velocidad de operación, pausas determinadas, tiempos de accionamiento, entre otras aplicaciones.

Realmente las bandas transportadoras son de utilidad en una gran multitud de industrias y sectores, puede emplearse en centros de logística y distribución, construcción, petroquímica, almacenes, e incluso pueden verse en las estaciones de esquí.

1.9.3. Llenadora

Las llenadoras son maquinarias utilizadas en muchas industrias como lo pueden ser la alimenticia y farmacéutica, su principal funcionamiento es el de introducir el producto dentro de un contenedor o envase el cual luego será almacenado. Las llenadoras deben de suministrar la cantidad adecuada de producto dentro del envase según las dimensiones que este disponga. Permite de igual forma la regulación con respecto a la temperatura, para que este mantenga los niveles de esterilización necesarios para el producto.

Actualmente con los avances tecnológicos las llenadoras de líquidos se han adaptado a sistemas computarizados programables que les permiten establecer tiempos de llenado más cortos a una presión alta según se necesite en cada uno de los diferentes productos.

Las llenadoras de líquidos están diseñadas para operar con la mínima intervención de mano de obra humana, lo cual permite que sean ideales para el desarrollo de un sistema de automatización. La mayoría de estas cuentan con una estación de trabajo que inicia con el llenado de diversas tuberías, estas distribuirán el producto que será vaciado en recipientes estipulados para ello. Los recipientes se movilizarán a lo largo del sistema mediante una cinta transportadora. A través del sistema computarizado se pueden establecer los parámetros necesarios para el llenado de los envases. De esta manera, harán el recorrido desde el inicio del circuito hasta ser tapados, sellados y etiquetados

para su almacenamiento y distribución. Estas máquinas sirven para el envasado de diversos tipos de productos, principalmente líquidos como agua, jugos, licores y yogures. Sin embargo, también es posible usarlas para productos sólidos y gaseosos.

1.9.4. Etiquetadora

Dentro de las industrias el etiquetado muy comúnmente se realizaba de manera manual debido a lo simple que era el procedimiento, muchas empresas contaban con estaciones en la cual los operarios manipulaban los envases sellados y llenados para colocar la etiqueta y con una brocha aplicar el pegamento y este quede fijo. Actualmente existen máquinas etiquetadoras las cuales cuentan con un mecanismo complejo que permite realizar este trabajo de una manera más óptima.

Una máquina etiquetadora, como su nombre lo indica, se emplea para etiquetar objetos con etiquetas anti-falsificación, código de barras, entre otros. Dentro de las máquinas para el etiquetado más comunes encontramos las etiquetadoras planas, etiquetadoras de circunferencias, etiquetadoras semiautomáticas, etiquetadoras automáticas, etiquetadoras de encolado automático, etiquetadoras de fusión en caliente. Adicionalmente, existen otros tipos de etiquetadoras, incluyendo etiquetadoras de botellas, etiquetadoras manuales, etiquetadoras portátiles, entre otros. Las máquinas etiquetadoras son ocasionalmente llamadas como marcadoras. Las máquinas etiquetadoras son utilizadas en diferentes industrias como lo son la industria de alimentos, farmacéutica, de insumos de papelería, productos electrónicos, entre otras.

En muchas de las industrias emplean este tipo de maquinaria para los sistemas automatizados, ya que estas permiten trabajar de una manera

constante sin la necesidad que un operario se encuentre todo el tiempo operando el equipo, este sistema es muy utilizado en líneas de producción de diferentes sectores, aumentando la productividad y minimizando costes y tiempo de operario.

Las máquinas etiquetadoras combinan tres componentes principales, el envase, el adhesivo y la etiqueta. Según el sistema de adhesivo pueden encontrarse dos tipos de máquinas, aquellas que utilizan adhesivos húmedos y aquellas que utilizan etiquetas autoadhesivas. Para seleccionar el sistema más adecuado a aplicar; adhesivo húmedo, activado por calor, adhesivo sensible a la presión, entre otras.

1.9.5. Selladora

Las selladoras en la industria son equipos utilizados para el proceso de sellado de varios tipos de empaques y de diferentes materiales. La utilización de estos equipos es necesaria para asegurar el resguardo de los productos en los empaques. Hay diferentes diseños para diferentes requisitos de sellado.

El termosellado es uno de los más utilizados dentro de las industrias, este proceso consiste en que a través de la aplicación conjunta de presión y calor se consigue cerrar herméticamente los plásticos. El calor en muchos dispositivos de sellado térmico es producido por medio de una resistencia que por medio del paso de la electricidad adecuada y regulable aumenta su temperatura hasta obtener la temperatura ideal para el sellado.

Los selladores térmicos se utilizan para sellar una amplia variedad de materiales para adaptarse a muchas aplicaciones y proyectos diferentes.

Las bolsas de sellado térmico están herméticamente selladas, lo que garantiza que sus productos sean a prueba de manipulaciones, herméticos, impermeables e higiénicamente cerrados.

Por lo general, estos dispositivos se utilizan en envases que contienen películas termoplásticas idénticas en todos los lados del sello. Este suele ser un material de polietileno, pero no necesariamente como pueden, y a menudo se utilizan para materiales laminados de calibre más delgado. Las máquinas selladoras de impulsos suministran calor en un impulso. En los envases de líquidos es muy frecuente la utilización de las selladoras por inducción de calor para los *liners* que cubren los envases debido a que estos aseguran que los productos se encuentren esterilizados y de esta manera tampoco existan derrames del producto.

Este proceso puede funcionar con los plásticos sirviendo de envases o como cubiertas de empaque de productos. Muchos selladores pueden sellar diferentes tipos de materiales, pero es importante recordar que algunos no son adecuados para ciertos materiales y espesores diferentes.

1.10. Buenas prácticas de manufactura informe 32/guía 92 C.A

El informe 32 presenta las recomendaciones de un grupo internacional de expertos convocados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) para que examine diversos asuntos relativos a la garantía de calidad de los productos farmacéuticos y las especificaciones aplicables a sustancias y formas farmacéuticas; es de especial interés para los servicios nacionales de reglamentación farmacéutica.

1.10.1. Definición

El informe contiene recomendaciones sobre las prácticas adecuadas de fabricación de productos farmacéuticos y pautas provisionales para la inspección de los fabricantes de productos farmacéuticos y para la aplicación del sistema O.M.S. de certificación de la calidad de los productos farmacéuticos objeto de comercio internacional.

Se examinan diversos temas relacionados con el progreso de la farmacopea internacional, también, cuestiones vinculadas a la estabilidad de las formas farmacéuticas, a las preparaciones extemporáneas y a la capacitación de funcionarios encargados de la reglamentación farmacéutica.

Se incluyen, asimismo, pautas para garantizar la calidad de los productos farmacéuticos fabricados por técnicas de recombinación de ADN y acerca de la comprobación de los procedimientos analíticos; también, listas de sustancias químicas internacionales de referencia y espectros infrarrojo internacionales de referencia.

El aseguramiento de la calidad es definido en las normas de buenas prácticas de manufactura para productos farmacéuticos (BPM) de la Organización Mundial de la Salud, como un elemento clave para garantizar la calidad, seguridad y eficacia de los medicamentos. El cumplimiento de las normas BPM permite asegurar que los productos liberados para la distribución son de la calidad apropiada al uso indicado; sin embargo, su calidad puede ser vulnerada si no se cumplen estrictamente las normas de buenas prácticas de distribución (BPD).

1.10.2. Lineamientos técnicos

El informe 32, hacen referencia a las pautas complementarias y procedimientos implícitos en la elaboración de productos farmacéuticos, incluyendo aspectos fundamentales como:

- Personal
- Instalaciones
- Equipos
- Metodología aplicada en el sistema de gestión de calidad

1.10.3. Reglamentos y/o Leyes

“El Ministerio de Salud y Asistencia Social (M.S.P.A.S) elaboró esta guía con base en los requerimientos de las normas de buenas prácticas de Distribución de la Organización Mundial de la Salud”.¹

1.10.4. Tipos de Buenas Prácticas

Conjunto de normas y procedimientos relacionadas entre sí destinados a garantizar que los productos farmacéuticos tengan y mantengan la identidad, pureza, concentración, potencia e inocuidad requeridas durante su periodo de vida útil. Algunas de las buenas prácticas de manufactura que se contemplan en una farmacéutica son las siguientes:

- Área estéril: área limpia que cumple con los requisitos de aire clase 100.

¹ World Health Organization. *Who expert committee on specifications for pharmaceutical preparations*. p. 149.

- Área limpia: área en la que puede ser debidamente controlado el número de partículas, gérmenes, humedad y temperatura. los controles son ajustados para cada situación particular.
- Aseguramiento o garantía de calidad: vigilancia continua destinada a garantizar en todo momento la manufactura uniforme de lotes de medicamentos que cumplan con las especificaciones de calidad asignadas
- Autoinspección: inspección efectuada por personal técnico calificado propio de la empresa; que evalúa periódicamente la aplicabilidad y efectividad de las buenas prácticas de manufactura.
- Control de calidad: es la parte de las buenas prácticas de manufactura que se refiere al muestreo, especificaciones, metodología, procedimientos de organización, documentación y aprobación de tal forma que los materiales sean autorizados para su uso y los productos aprobados para su distribución y venta hasta que su calidad haya sido considerada satisfactoria.
- Cuarentena: situación de aislamiento de materiales tales como materias primas, material de acondicionamiento, productos semi elaborados, a granel o terminados. la cuarentena es una situación en la que dichos materiales se encuentran separados del resto, mientras se espera la decisión del departamento de control de calidad para su aprobación, rechazo o reprocesamiento.
- Especificación: es la descripción de cada material o sustancia que incluye la definición de sus principales propiedades y características, así como la descripción de todas las pruebas y análisis utilizados para determinar dichas propiedades.
- Fecha de expiración: fecha que señala el final del período de eficacia del o los principios activos del medicamento y a partir de la cual no deben administrarse; esta fecha podrá extenderse con base en el análisis del producto y estudios de estabilidad.

- Identificación: número de lote de producto en proceso, a granel y terminado, materias primas o material de empaque/envase.
- Inspección o auditoria: es una revisión efectuada por personal externo al fabricante a fin de asegurar el fiel cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura.
- Procedimientos: descripción de las operaciones que deben realizarse, las precauciones que deben tomarse y las medidas que deben aplicarse relacionadas directa o indirectamente, con la fabricación de un medicamento.
- Tolerancia o criterio de aceptación: variación dentro de ciertos límites de los parámetros de calidad de materias primas, productos y materiales.
- Validación: comprobación y verificación de la efectividad, reproducibilidad de una técnica, una operación o un proceso.

1.11. Diagrama de flujo de procesos

Un diagrama de flujo es la representación gráfica del flujo o secuencia de rutinas simples. Tiene la ventaja de indicar la secuencia del proceso en cuestión, las unidades involucradas y los responsables de su ejecución, es decir, viene a ser la representación simbólica o pictórica de un procedimiento administrativo.

Son de gran importancia ya que ayudan a designar cualquier representación gráfica de un procedimiento o parte de este. En la actualidad los diagramas de flujo son considerados en la mayoría de las empresas como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema. Los gráficos o diagramas de flujo de los procesos visualizan cada una de las etapas necesarias para la fabricación de un producto o prestación de un servicio. Para ello, se utilizan una serie de símbolos tradicionales.

La representación gráfica de estos procesos emplea, en los diagramas de flujo, una serie determinada de figuras geométricas que representan cada paso puntual del proceso que está siendo evaluado. Estas formas definidas de antemano se conectan entre sí a través de flechas y líneas que marcan la dirección del flujo y establecen el recorrido del proceso, como si de un mapa se tratara.

1.11.1. Tipos de diagrama de flujo de procesos

Los principales tipos que se utilizan son cuatro:

- Formato Vertical:

El proceso de los pasos descritos se presenta desde arriba hasta abajo. Se trata de un inventario ordenado del procedimiento, de las actividades, de las operaciones, de los planes. Es vital para llevar a cabo el proceso, de acuerdo a los objetivos previstos.

- Formato Horizontal:

A diferencia del diagrama de flujo vertical, la secuencia de los pasos de la información se jerarquiza de izquierda a derecha.

- Formato Panorámico:

Es, quizá, la representación más completa de cualquier diagrama de flujo, ya que con un corto vistazo podemos detallar de forma sencilla cada recuadro o figura.

Sus dimensiones se expanden, tanto vertical como horizontalmente, de acuerdo a la necesidad de la información y puede registrar acciones de forma simultánea.

- **Formato Arquitectónico:**


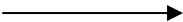


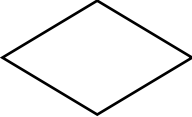
Es aquel que destaca la representación de un área de trabajo específica o un proceso de trabajo dado. Se distingue de los anteriores por ser completamente descriptivo.

Por otra parte, un diagrama de flujo funciona a su vez para detallar procesos y etapas de las estrategias de venta para clientes o planes de contingencia y acciones a llevar a cabo, en caso de presentar problemas puntuales dentro de la compañía.

1.11.2. Simbología empleada en el diagrama de flujo de procesos

Para lograr una visualización más efectiva utiliza una simbología conformada por diferentes figuras, y cada una de estas representa un concepto distinto que a continuación se describen.

Tabla I. **Simbología del diagrama de flujo de procesos**

Simbología	Nombre	Función
	Inicio/ finalización	Simbología utilizada para marcar un inicio y finalización del proceso.
	Línea de Flujo	Indica el orden secuencial en el que se ejecuta el proceso.
	Entrada/ Salida	Representa la lectura de los datos en la entrada y en la salida de los mismos.
	Proceso	Simbología utiliza para describir los procesos que se realizan.
	Decisión	Representa una pauta en la cual se puede decidir el rumbo del proceso.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

1.12. **Mantenimiento**

El mantenimiento es especialmente importante en los bienes necesarios para la producción de bienes y servicios. De este modo, todos aquellos elementos que se requieren como parte de un proceso de producción económico se probarán regularmente para llegar a una conclusión sobre su mantenimiento. La maquinaria necesaria en una fábrica y de la que depende la producción, seguramente contará con personal para asegurar su correcto funcionamiento diario, realizando el mantenimiento necesario para que esta circunstancia se produzca de forma regular.

1.12.1. Definición

Se define mantenimiento como todas las acciones que tienen como objetivo mantener un artículo o restaurarlo a un estado en el cual pueda llevar a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes.

Existe gran multitud de campos en los que el término puede ser aplicado, ya sea tanto para bienes físicos como virtuales. Así, es posible referirse al mantenimiento de una casa, de una obra de arte, de un vehículo, de un programa o conjunto de programas, de un sistema, entre otros. El mantenimiento suele ser llevado a cabo por especialistas en la materia.

Los departamentos de mantenimiento, teniendo en cuenta esta definición, intentan asegurar cuatro objetivos básicos: disponibilidad, fiabilidad, vida útil y coste. El objetivo fundamental del mantenimiento no es, contrariamente a lo que se cree y practica en muchos departamentos de mantenimiento, reparar urgentemente las averías que se producen. El objetivo de mantenimiento más importante es garantizar que la instalación pueda producir un cierto número mínimo de horas al año. El mantenimiento es especialmente importante en los bienes requeridos para la producción de bienes y servicios. Así, todos aquellos elementos necesarios como parte de un proceso de producción económica serán testeados con regularidad para llegar a una conclusión en lo que respecta a su mantenimiento.

1.12.2. Tipos de mantenimiento

Puede realizarse una distinción entre los distintos tipos de mantenimiento a efectos de dar cuenta de un panorama extenso de las posibilidades que pueden

acarrear. Así, podemos hacer referencia a un mantenimiento vinculado a la conservación, esto es, un conjunto de actividades orientadas a revertir el deterioro causado por el uso; a un mantenimiento preventivo, que intenta evitar que existan problemas y deficiencias en el futuro; a un mantenimiento de corrección, cuando se efectúan tareas que tienden a reparar los defectos y problemas acaecidos en el bien considerado.

1.12.2.1. Correctivo

Se denomina mantenimiento correctivo, el que corrige los defectos observados en los equipos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar fallos o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente, es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipos e instalaciones de la época. Este mantenimiento se realiza después de una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no puede planificarse a tiempo, presenta costos de reparación y repuestos no presupuestados, ya que puede implicar la sustitución de algunos equipos si es necesario.

1.12.2.2. Preventivo

El mantenimiento preventivo es aquél que permite disminuir el riesgo de daño o pérdida de los equipos. Este plan de mantenimiento consiste en revisar los servidores de forma periódica para evitar fallos que puedan generarse por desgaste, por uso o por el paso de los años. El mantenimiento preventivo sugiere, en la mayoría de los casos, que las actividades o la producción del negocio se detenga para poder analizar en profundidad el funcionamiento de ordenadores, equipos y maquinarias. Por esta razón, es importante tener un plan de mantenimiento preventivo distribuido correctamente en el tiempo.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción del proceso

El proceso de llenado de suero está constituido por una serie de estaciones las cuales son:

- Llenado
- Taponado
- Sellado
- Etiquetado

El proceso de llenado de suero oral inicia en el área de llenado de líquidos en donde a través de una tubería está conectada la máquina de llenado de suero oral con el tanque de 3 000 litros que almacena el suero a una temperatura de 70 a 80 grados Celsius el cual está ubicado en el área de fabricación, al iniciar el proceso de llenado un operario coloca en posición las botellas en la llenadora de suero oral para que esta se accione y empiece a llenar las mismas, al llegar al nivel óptimo de llenado la máquina se detiene y otro operario corre las botellas hacia un lado para que otro dos operarios coloquen en posición las tapaderas y de esta forma pasan al área de taponado en donde un operario se encarga del taponado de todas las botellas, al ser taponadas las botellas pasan por una banda transportadora curva y a través de una pequeña abertura son llevadas hasta el área de sellado, en don pasan a través de una selladora de inducción que se encarga de sellar los *liners* que se encuentran en las tapaderas de las botellas para que el producto quede sellado herméticamente.

Luego de pasar por el área de sellado, las botellas de suero oral son colocadas en cajas y colocadas en tarimas para que la temperatura se disminuya para lograr que la etiqueta se adhiera correctamente. Con la ayuda de un *pallet* son transportados al área de etiquetado. En el área de etiquetado un operario coloca las botellas sobre la máquina de etiquetado la cual tiene incorporada una banda transportadora, la cual a través de un sensor detecta la botella para que esta coloque la etiqueta y a través de una brocha coloca el pegamento necesario para que esta se adhiera.

Luego pasan por una banda transportadora hasta llegar a un tambor rotativo en donde cuatro operarios se encargan de empacar en su empaque secundario, el cual es una caja con capacidad de 12 botellas para poder transportarlo de esta manera al área de bodega de producto terminado.

2.1.1. Características

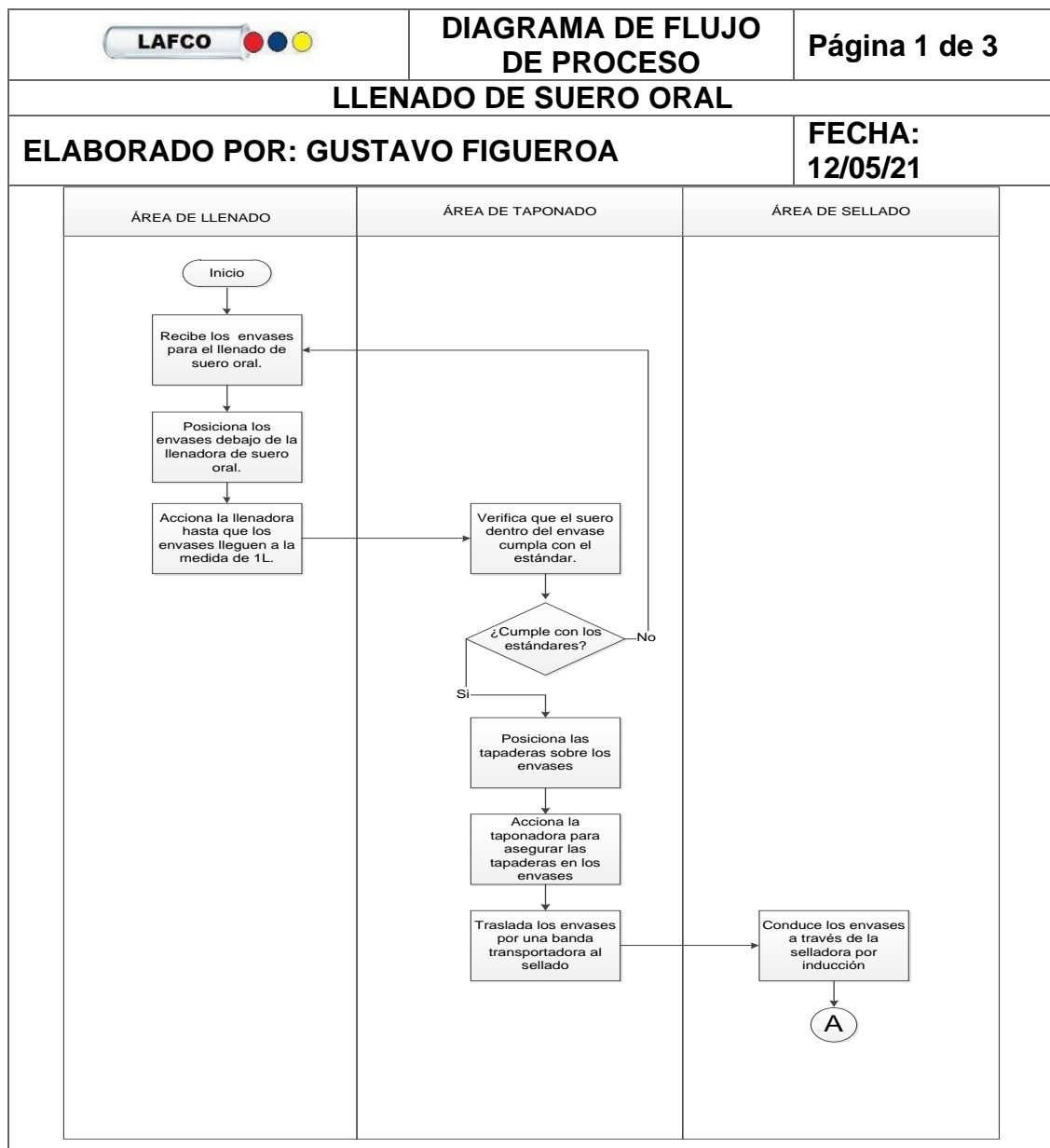
El proceso de llenado de suero oral en el laboratorio farmacéuticos se realiza diariamente alrededor de seis a ocho horas, conformado por veinticuatro operarios que se encuentran en dos líneas de producción distribuidos alrededor de toda el área de llenado, a través de un sistema trabajado linealmente el suero oral pasa desde el llenado, taponado, sellado y de ultimo por el etiquetado.

El área de llenado se encuentra entre el área de empaque y el área de fabricación de líquidos La maquinaria dentro del proceso del llenado suero oral se maneja de manera semiautomática, la maquinaria trabaja de la mano con el operario asignado, llevando a cabo cada uno de los pasos del proceso.

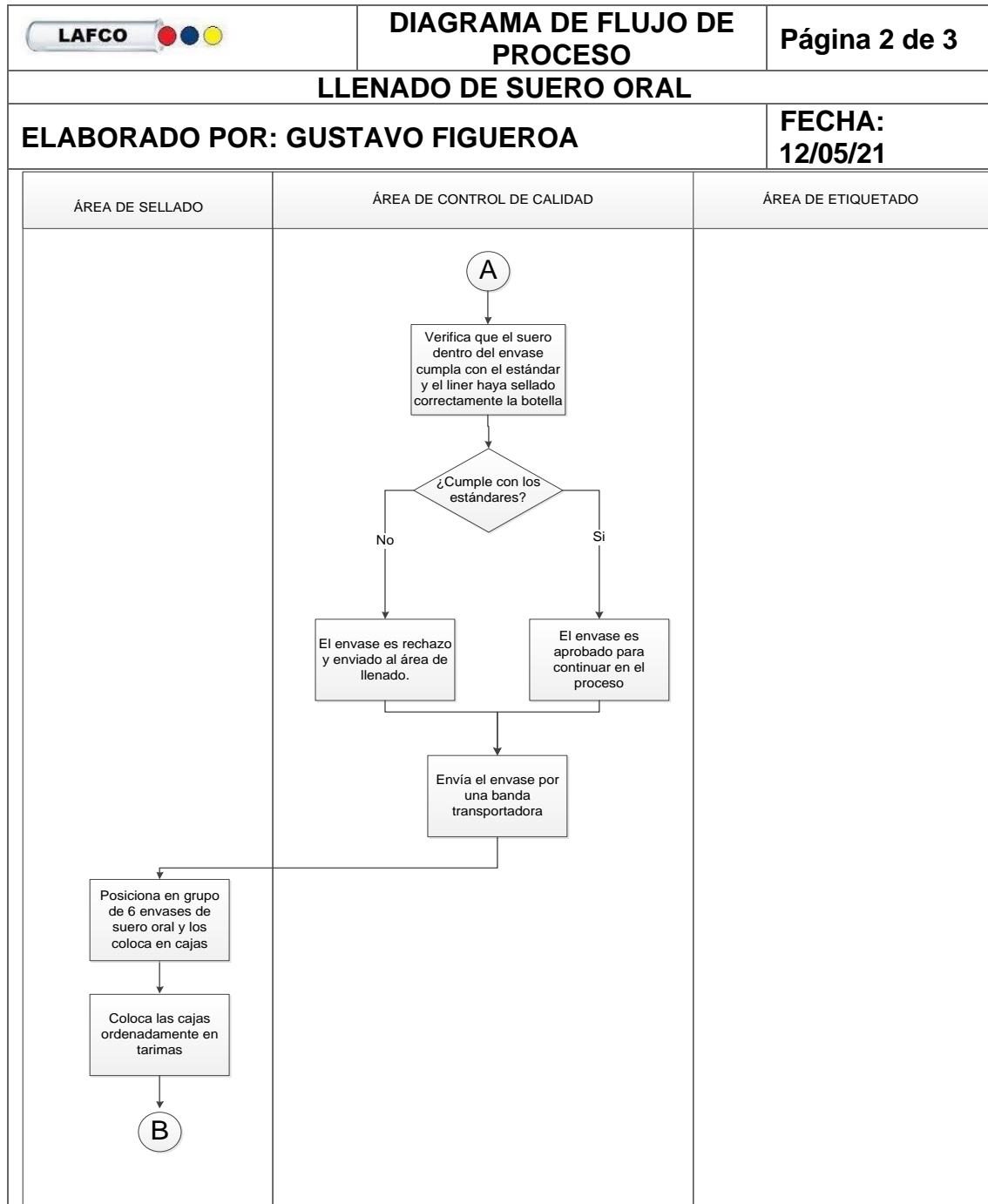
2.1.2. Diagrama de flujo de procesos

El flujo del proceso del proceso actual de llenado de suero oral es el siguiente:

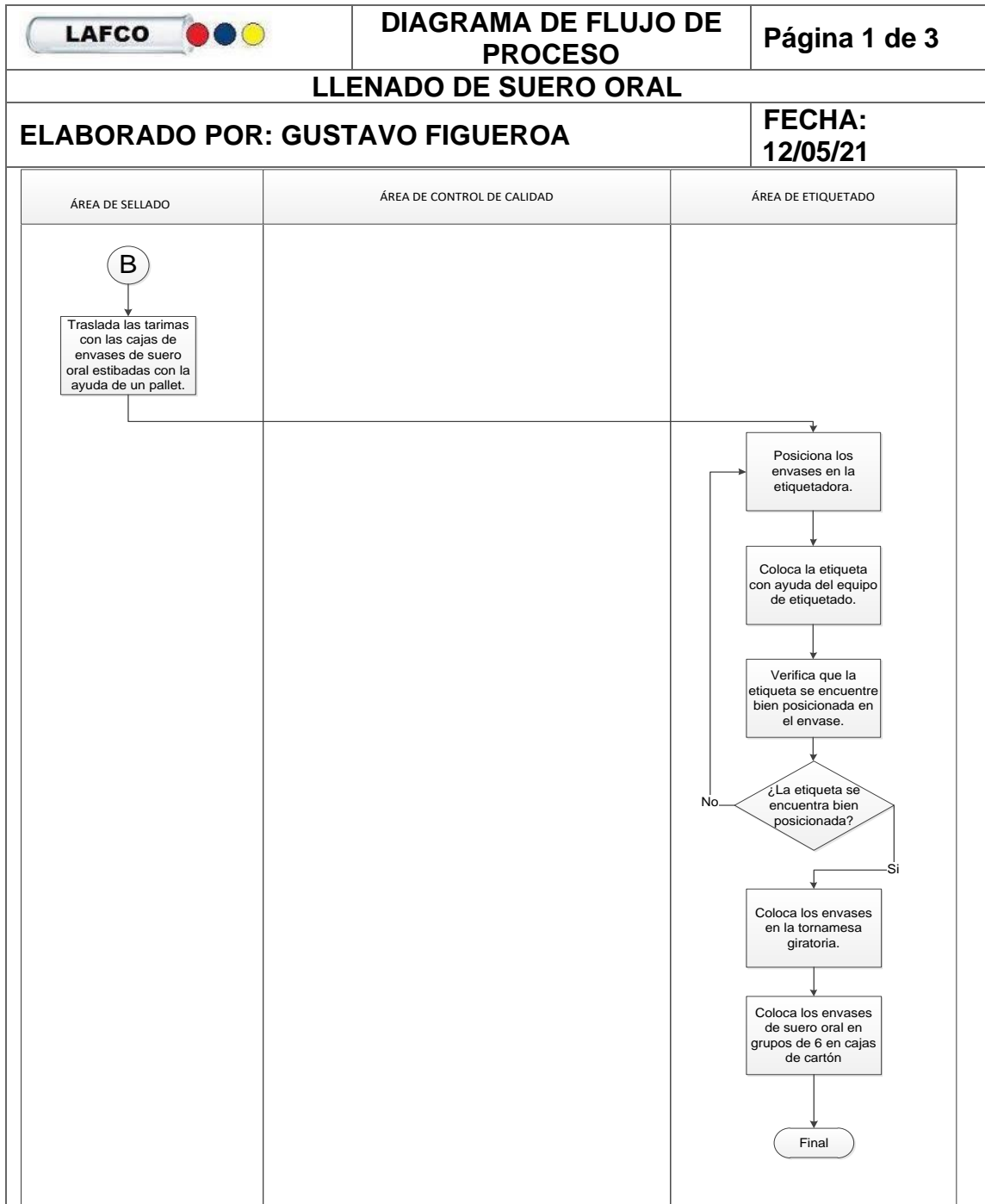
Figura 4. Diagrama de flujo para el proceso de llenado de suero oral



Continuación de la figura 4.



Continuación de la figura 4.



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

2.2. Diagnóstico de procesos

El proceso de llenado de suero se realiza de manera sistemática, en el cual está dividido por varias áreas de trabajo distribuidas en la planta farmacéutica. Debido a la falta de tecnología en el proceso y el mal estado de la maquinaria, el proceso se lleva a cabo de manera ineficiente ya que existe muy poco aprovechamiento de los recursos. La ineficiencia de los operarios se presenta en cada una de las estaciones de este por lo cual es necesario la mejora del proceso a través de un sistema de automatización para mejorar la capacidad productiva del proceso de llenado de suero oral.

2.2.1. Maquinaria

El laboratorio farmacéutico en el área de llenado de suero oral cuenta fundamentalmente con máquinas que realizan el proceso desde el llenado, taponado, sellado y el etiquetado las cuales son:

- 1 máquina llenadora lineal automática de 12 boquillas
- 1 máquina llenadora automática ocho boquillas GT-8
- 2 selladoras de inducción Modelo: Koba_LGYF-2000-
- 2 taponadoras neumática / semiautomática / para botellas pet
- 3 etiquetadoras automática al-rb-2

2.2.1.1. Operarios

El área de llenado de suero oral necesita por contar con mano de obra calificada para el manejo de la maquinaria. El área cuenta con 24 operarios. Para el manejo del proceso de producción los operarios se rotan en las diferentes estaciones, para que todos tengan el conocimiento completo del proceso. Cada

área general (líquidos, sólidos y semisólidos) de la planta farmacéutica cuenta con un supervisor el cual es el encargado de verificar el trabajo de los operarios en cada área y es el encargado de comunicar todas las mejoras, problemas y acciones al gerente de planta para que ese se encargue de solucionarlos y llevarlo a cabo.

2.2.2. Desperdicios

El proceso de llenado de suero presenta un alto desperdicio de producto debido a la existencia de derramamientos por parte de los operarios. Los envases con los que se trabajan para el suero oral, se dañan en varias ocasiones dentro del proceso de llenado, por lo cual al no presentar óptimas condiciones son desechados por parte de los operarios.

2.3. Descripción de las instalaciones

El laboratorio farmacéutico se encuentra dividido en varios edificios la mayoría en forma de bodegas en donde se encuentra la bodega de producto terminado, la bodega de materia prima, la bodega de material de empaque, el departamento de mantenimiento, el área de administración y la planta de producción. Dentro de la planta farmacéutica se encuentra dividido por varias áreas, dentro de las cuales se encuentra las áreas productivas que están divididas en sólidos, líquidos y semisólidos, el área de empaque, control de calidad, laboratorio de microbiología, jefaturas y validaciones.

2.3.1. Distribución de la maquinaria









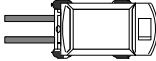

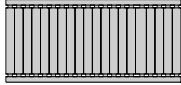



La distribución de la planta se realizó conforme la empresa se expandía. Fue así como fueron adecuando y ordenando las instalaciones de acuerdo con

la conformación de la empresa, las actividades propias de la industria y al equipo que se adquiriría. El área de llenado de suero se encuentra distribuido en varias áreas las cuales son el área de llenado de líquidos el cual esta compartido con el taponado, luego se encuentra el área de sellado, para terminar en el área de etiquetado, estas últimas áreas se encuentran ubicadas en el área de empaque.

2.3.2. Diagrama de recorrido

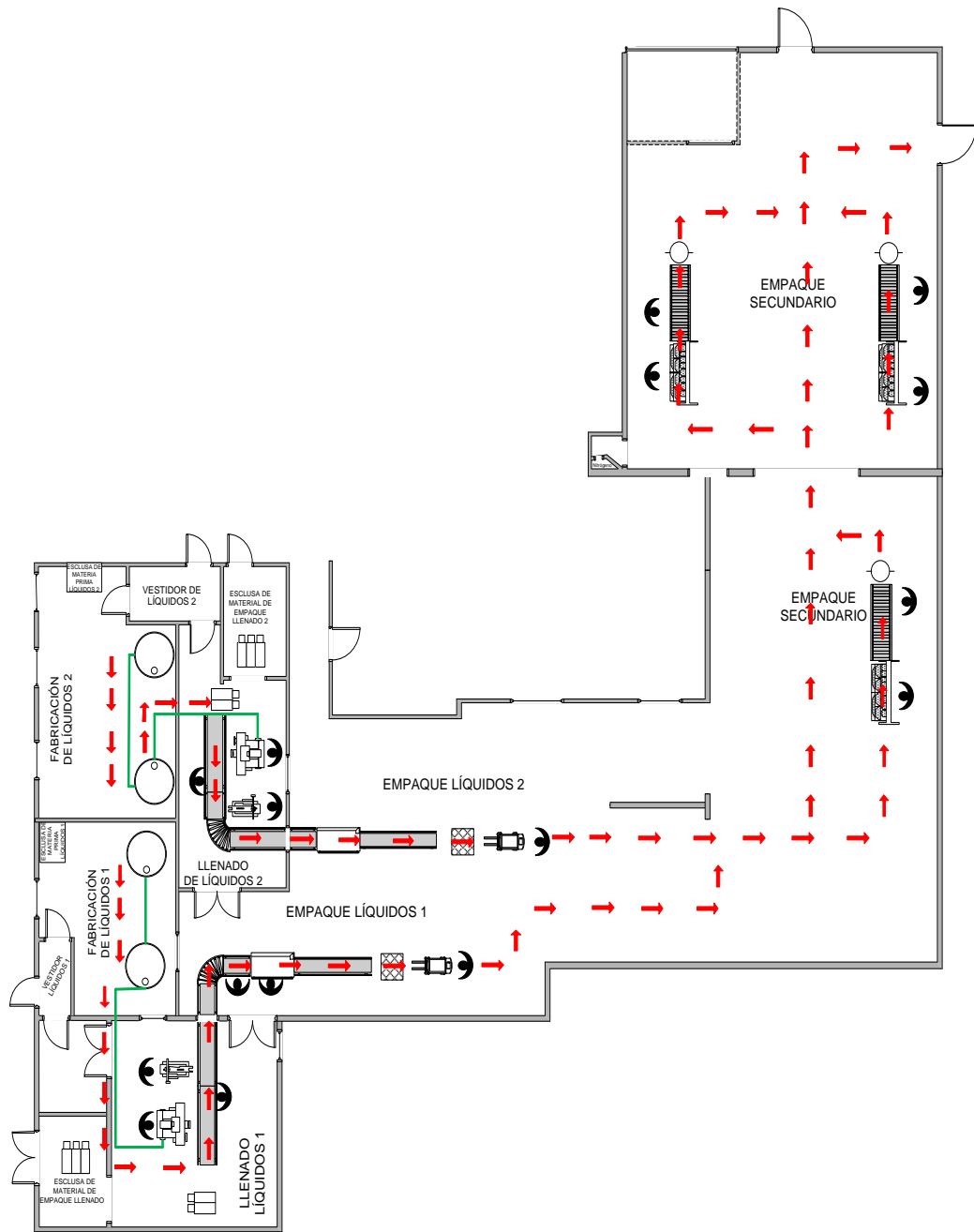
En el siguiente diagrama se visualiza el recorrido del proceso de llenado de suero oral desde la recepción del producto hasta el etiquetado.

Tabla II. **Simbología de diagrama de recorrido**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Tanque de 3000L		Taponadora manual
	Tubería de suero		Banda transportadora de faja
	Material de empaque (botellas)		Selladora por inducción
	Máquina llenadora de líquidos		Tarima
	<i>Pallet</i>		Estación de etiquetado
	Banda transportadora de rodillos		Operario
	Ruta del suero oral		Tornamesa rotativo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Figura 5. Diagrama de recorrido para el proceso de llenado de suero oral



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

2.4. Mantenimiento

El mantenimiento dentro de la farmacéutica es muy importante debido a que la maquinaria debe de estar en buenas condiciones para que la producción no se detenga en ningún momento. El Departamento de Mantenimiento es el encargado de llevar un control de las condiciones de los equipos y la maquinaria, a través de ellos se evalúa cada una de las situaciones que se presenten para prevalecer el buen estado de los equipos y la maquinaria implementando los mantenimientos correctivos y preventivos.

2.4.1. Programa de mantenimiento

El laboratorio farmacéutico cuenta con un programa de mantenimiento estructural, el cual se basa principalmente en los mantenimientos correctivos y preventivos, se establecen periódicamente los mantenimientos preventivos previamente calendarizados, como también llevan un control del desarrollo de los mantenimientos correctivo.

2.4.1.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo dentro de la industria farmacéutica se realiza a través del manual del fabricante, aunque en muchos equipos antiguos no se cuenta con uno, el trabajo se realiza según la evaluación del Departamento de Mantenimiento, dependiendo del estado de la máquina se realiza la lubricación, limpieza o el cambio de alguna pieza en mal estado.

Se realizan periódicamente los mantenimientos preventivos previamente establecidos por la Jefatura del Departamento de Mantenimiento.

2.4.1.2. Correctivo

El mantenimiento correctivo en la industria farmacéutica consiste en un proceso mediante el cual el Departamento de Mantenimiento es informado cuando un equipo o máquina está descompuesta a través de una orden de trabajo. El técnico procede a evaluar si es necesario de llevar el equipo al taller para realizar una revisión más profunda o si se puede realizar el trabajo en el área en que se encuentre. El jefe del departamento es quien asigna al técnico encargado en cada mantenimiento correctivo.

2.5. Diagnóstico de la situación actual

El proceso actual del llenado de suero oral presenta muchas deficiencias en su desarrollo debido a que la maquinaria no se ha actualizado y se encuentra en malas condiciones, es fundamental la innovación en la tecnología actualmente debido a la alta competencia en el mercado farmacéutico.

La mala productividad en el proceso se evidencia de tal manera que existe un notable desperdicio de los recursos del laboratorio farmacéutico. No existe un control de los operarios, por lo cual existe pérdidas de tiempo en el proceso como también se genera mucho desperdicio de suero oral por la existencia de derrames del producto cuando se desarrolla el proceso. El área de llenado muchas veces no se da abasto debido a que la demanda es muy alta y existen muy pocos operarios para laborar en esta área.

Es necesario la reestructuración del sistema debido a que es necesario aumentar la capacidad productiva de este proceso mejorando cada uno de los aspectos anteriormente mencionados.

2.5.1. Análisis FODA

Se presenta un análisis FODA para fijar un claro diagnóstico para poder tomar las decisiones estratégicas oportunas y para lograr la mejora en el proceso de llenado de suero oral para lograr en un futuro la optimización del tiempo de atención estudiantil identificando los factores positivos y negativos claves para lograr una mejora en el proceso.

Tabla III. Análisis FODA

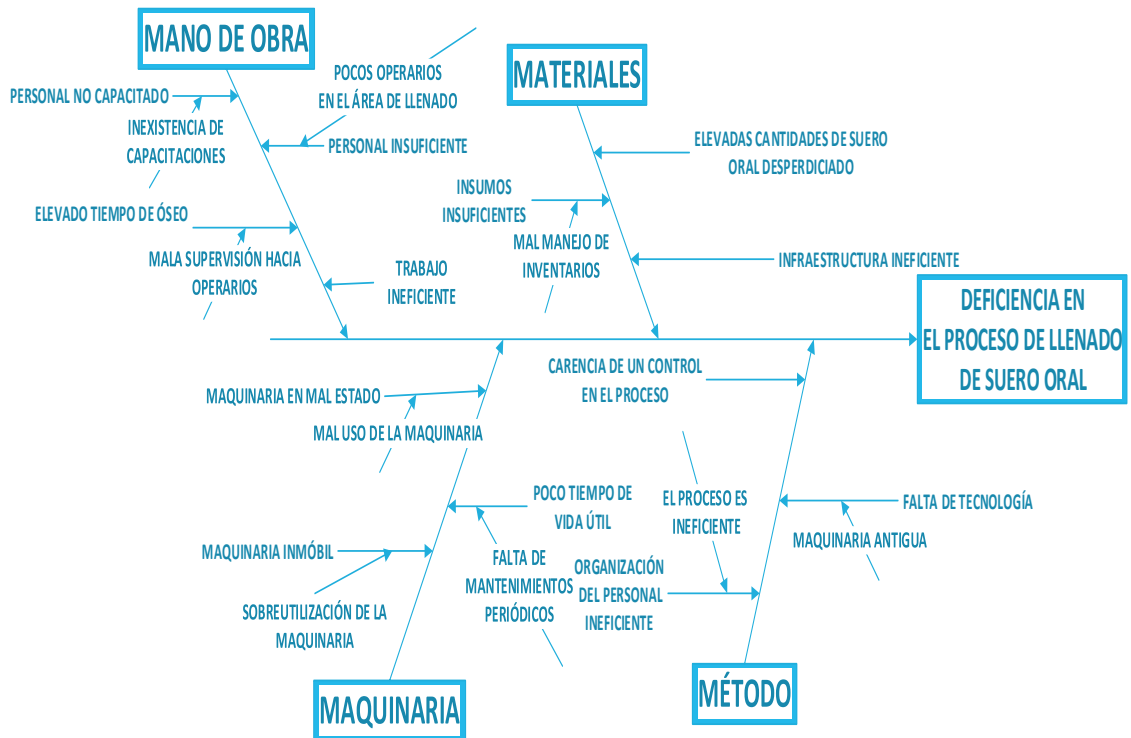
FORTALEZAS <ul style="list-style-type: none">● Especialización de productos● Alta fidelización de los clientes● Experiencia de exportación● Recursos financieros adecuados● Competitividad en precios y plazos de entrega● Productos de alta calidad y reconocidos	OPORTUNIDADES <ul style="list-style-type: none">● Abarcar un mayor mercado● Diversificar en productos relacionados● Adaptación a las nuevas tendencias industriales● Nuevos mercados internacionales● Aumento de capacidad productiva● Necesidad inmediata por los productos● Apertura de mercados
DEBILIDADES <ul style="list-style-type: none">● Recurso humano limitado● Personal mal capacitado● Alta rotación de personal subcontratado● Bajo nivel tecnológico● Falta de compromiso de personal● Elevada dependencia de recurso humano	AMENAZAS <ul style="list-style-type: none">● Nuevos competidores● Cambio de actitud de los clientes sobre la marca● Inestabilidad productiva● Saturación de las infraestructuras● Competencia actual agresiva

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.5.2. Diagrama de Ishikawa

Se presenta un diagrama causa y efecto para representar de manera gráfica algunas teorías sobre la causa de los problemas que afecta la realización el proceso que se analiza.

Figura 6. **Diagrama causa y efecto del proceso de llenado de suero oral**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

2.6. Situación actual del área de llenado

El área de llenado de suero oral actualmente se desarrolla desde el ingreso del producto hasta el etiquetado del mismo. El proceso está constituido por una serie de estaciones dentro de las cuales se encuentra el llenado, sellado y etiquetado. El proceso se lleva a cabo de manera semiautomática debido a que se lleva a cabo con maquinaria manipulada por los operarios. La productividad dentro de este proceso es deficiente debido a que existe una alta demanda de

producto y no se cuenta con los recursos necesarios para mejorar la capacidad productiva del mismo.

El área de llenado cuenta con doce operarios distribuidos en las distintas estaciones y para evitar la fatiga son rotados en las estaciones en períodos determinados.

2.6.1. Descripción de problemas

El suero oral dentro del laboratorio farmacéutico es el producto líder en ventas debido a esto la alta demanda del producto provoca que el proceso no presenta el correcto funcionamiento y muchas veces no se cumple con las órdenes de trabajo a tiempo.

El área de llenado de suero oral presenta muchas deficiencias en su productividad. Inicialmente el proceso no cuenta con maquinaria actualizada debido a que muchas de las máquinas que se utilizan en este proceso se encuentran en mal estado y trabajan con mecanismos mecánicos antiguos cuando actualmente existe muchas máquinas automáticas que podrían realizar el trabajo con una mayor precisión y rapidez, mejorando la calidad del producto.

El desaprovechamiento del tiempo y carencia de recursos debido a que existe una falta de operarios para realizar el trabajo debido a que muchas veces los operarios no se dan abasto con la producción de suero oral para un tiempo determinado, no existe un control de tiempos en la producción de suero oral, lo cual dificulta determinar la capacidad productiva de los operarios.

Muchas veces los operarios deben de rotarse dentro de las distintas áreas lo cual implica un desperdicio de tiempo en varios períodos.

Dentro del proceso existe una gran cantidad de producto desperdiciado debido que a la hora de realizar el llenado mucho de los operarios derraman el producto o rebalsan los envases, debido a que dentro de los estándares de este producto debe de llenarse muy cerca de la botella de suero, los operarios no son precisos muchas veces.

De la misma manera muchos de los envases son dañados por la manipulación de los operarios lo cual provoca que se desechen muchos envases, muchas veces con producto dentro.

2.7. Medición del trabajo

Para determinar la productividad en el trabajo de llenado de suero oral se tomaron registro de los datos de tiempos en los que se realiza el proceso, tomando en cuenta la velocidad de los operarios en realizar cada una de las tareas que se encuentran en las distintas estaciones en el proceso final. Con el fin de determinar la capacidad productiva del proceso de llenado de suero oral actual.

2.7.1. Estudio de tiempos

En esta sección se detalla el tiempo en que se visualizó en la finalización de un proceso de llenado de suero oral en la industria farmacéutico con un promedio de fabricación de 9 000 botellas diarias de 1L en grupos de 6 envases. Dentro del proceso de llenado de suero oral se visualizó desde la recepción de los envases en el área de llenado, hasta la colocación de envases de cartón que serán trasladados hacia el área de bodega de producto terminado. Se tomaron los tiempos con la metodología de toma de tiempos continua.

2.7.1.1. Registro de datos

Para la realización del estudio de tiempos para el proceso de llenado de suero oral, es necesario establecer paso a paso cada una de las actividades que se realizan dentro del proceso.

Tabla IV. Proceso de llenado de suero oral

Paso 1	Recepción de envases de suero oral.
Paso 2	Posicionamiento de envases de suero oral.
Paso 3	Accionamiento de la llenadora de la llenadora de líquidos hasta que los envases se llenen a la medida de 1L.
Paso 4	Verificación que el suero dentro del envase se encuentre en la medida estándar.
Paso 5	Posicionamiento de las tapaderas en los envases
Paso 6	Accionamiento de la taponadora para para asegurar las tapaderas en los envases.
Paso 7	Traslado de los envases hacia el área de sellado.
Paso 8	Proceso de sellado de <i>liners</i> por la selladora por inducción.
Paso 9	Verificación que el suero oral cumpla con la medida estándar y el <i>liner</i> se encuentre en excelentes condiciones.
Paso 10	Traslado del envase por una banda transportadora
Paso 11	Posicionamiento de los envases en cajas.
Paso 12	Traslado de cajas hacia el área de etiquetado.
Paso 13	Posicionamiento de envases en la etiquetadora
Paso 14	Etiquetado de los envases.
Paso 15	Verificación del etiquetado en el envase.
Paso 16	Colocación de los envases en la tornamesa rotatoria
Paso 17	Colocación de envases de suero oral en una caja de cartón.

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tabla V. Toma de tiempo cronometrado para el proceso

Paso	T1 (s)	T2 (s)	T3 (s)	T4 (s)	T5 (s)	T6 (s)	T7 (s)	T8 (s)
1	8	9	12	7	8	8	14	10
2	8	9	11	10	13	13	9	11
3	13	15	15	13	14	15	15	17
4	14	18	22	15	19	20	17	21
5	11	14	12	11	12	15	14	11
6	16	20	21	18	16	20	17	20
7	22	27	25	22	24	29	28	27
8	18	21	20	21	19	18	21	20
9	26	24	24	28	35	25	28	29
10	17	16	16	20	21	17	16	18
11	13	12	10	15	13	16	14	11
12	46	33	55	46	38	57	45	54
13	19	24	25	22	20	20	24	23
14	36	33	34	35	34	36	38	40
15	18	22	20	22	21	19	22	24
16	15	18	14	15	16	18	15	16
17	17	19	18	17	18	19	18	17
ΣT	317	334	354	337	341	365	355	369
T Cronometrado = 346,5 segundos								

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

2.7.1.2. Determinación del tiempo estándar

Para la determinación del tiempo estándar primero se debe de determinar el tiempo normal a través de los factores de calificación establecidos a los operarios de la línea de producción de suero oral, basados en cuatro factores principales los cuales son habilidad, esfuerzo, consistencia y condiciones.

Tabla VI. Evaluación de tiempos normales del proceso

Procedimiento	Tiempo (s) cronometrado	Σ Factor Calificación	Σ Factor y unidad	Tiempo (s) normal
1	9,5	-0,02	0,98	9,31
2	10,5	-0,03	0,97	10,19
3	14,63	+0,04	1,04	15,22
4	18,25	-0,05	0,95	17,34
5	12,5	+0,04	1,04	13
6	18,5	-0,03	0,97	17,95
7	25,5	+0,05	1,05	26,78
8	19,75	-0,02	0,98	19,36
9	27,38	-0,02	0,98	26,83
10	17,63	+0,05	1,05	18,51
11	13	-0,03	0,97	12,61
12	46,75	+0,05	1,05	49,09
13	22,13	0,02	1,02	22,57
14	35,75	-0,03	1,03	36,82
15	21	+0,05	1,05	22,05
16	15,88	+0,03	1,03	16,36
17	17,88	-0,02	0,98	17,52
Sumatorio total del tiempo normal = 351,51 segundos				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Luego de determinar el tiempo normal aplicando los factores de calificación, se debe de establecer el tiempo estándar. El tiempo estándar se emplea al añadir los factores de suplemento o tolerancia al tiempo normal, ya se analizando las condiciones de trabajo como también las necesidades básicas de los operarios de la empresa. En el proceso de llenado de suero oral se detectaron los siguientes suplementos:

- Monotonía física
- Trabajo de pie
- Postura anormal

- Necesidades básicas

Mediante la adición de los suplementos se podrá determinar el tiempo necesario en el que un operario trabajando a ritmo normal pueda ejecutar el proceso analizado.

Tabla VII. **Evaluación de suplementos del proceso**

Tolerancias	Factor de Tolerancias
Monotonía física	4 %
Trabajo de pie	3 %
Postura anormal	2 %
Necesidades básicas	5 %
Σ Suplementos	14 %

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

Tiempo Estándar total = 351,51 segundos + (351,51 segundos * 14%)

Tiempo Estándar total = 400,70 segundos = 6,68 minutos

2.8. Deficiencias del proceso

El proceso de llenado de suero oral se lleva a cabo desde la recepción del producto hasta el traslado del producto hasta el área de empaque, cada uno de estos pasos son realizados por los operarios a través de las tres estaciones de trabajo en donde cada uno de los operarios es rotado en cada una de las estaciones en un tiempo determinado.

El proceso presenta varias deficiencias debido a que la tasa de producción de botellas al día es muy baja debido a la maquinaria antigua y en malas condiciones con la que se trabaja, la falta de operarios también es un problema dentro del proceso.

Se puede visualizar dentro del proceso de llenado que mucho producto es desperdiciado ya sea en botella o el directamente el suero oral ya que existen muchos derrames en el proceso y las botellas son dañadas cuando son manipuladas

2.8.1. Identificación de puntos de mejora

Uno de los puntos más importantes de los cuales se puede mejorar dentro de este proceso es la innovación de la maquinaria ya que debido a la poca tecnología que existe dentro del proceso, la productividad del mismo es muy bajo. La automatización del proceso completo es una alternativa muy grande ya que se estructuraría todo el sistema mejorando la calidad del producto y aprovechando de una mejor manera los tiempos de trabajo.

Un plan de capacitaciones para los operarios que realizan el proceso ayudaría a la mejora de los tiempos de trabajo debido a que muchas veces el operario no manipula de buena manera la maquinaria y se desperdicia mucho producto a la hora de llenar los envases.

La mala manipulación de los envases provoca que exista un gran desperdicio de los mismos debido a que los operarios al realizar el proceso de llenado golpean las botellas y se encuentran en mal estado por lo cual se deben de tirar por la calidad del producto.

2.8.2. Calidad del producto

La industria farmacéutica es una de las más exigentes en cuanto a calidad de sus productos debido al tipo de producto que fabrican deben de contar con ciertos estándares durante la fabricación de los mismos, el informe 32 es una guía para que un laboratorio farmacéutico pueda sacar al mercado producto y cumplir con los requisitos de calidad para la fabricación de un producto.

2.8.3. Manejo de desechos

Todos los desechos generados por el área de producción de suero oral no tienen un manejo de desechos. Simplemente se tiran al vertedero todo el producto desperdiciado. Los aceites y lubricantes se mezclan con aserrín y se tiran. Los envases del suero son los únicos que se reciclan cuando estos son desechados.

Tampoco cuentan con un plan de seguridad e higiene industrial que sirva para proteger a los operarios.

2.8.4. Productividad

La productividad del proceso de llenado de suero oral debe enfocarse a través de los envases producidos por día, evaluando los tiempos de trabajo que se emplea durante el desarrollo del mismo como también la cantidad de producto desperdiciado comparado con el producto producido al final debido a que estos indicadores presentarán la productividad que presenta el proceso y que tan eficiente se presenta a la hora de realizar todo el proceso.

3. PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL PROCESO DE LLENADO DE SUERO

3.1. Planeación de procesos

Para la optimización de los recursos del proceso de llenado de suero oral se describe el proceso del nuevo diseño del sistema de automatización.

3.1.1. Descripción del proceso

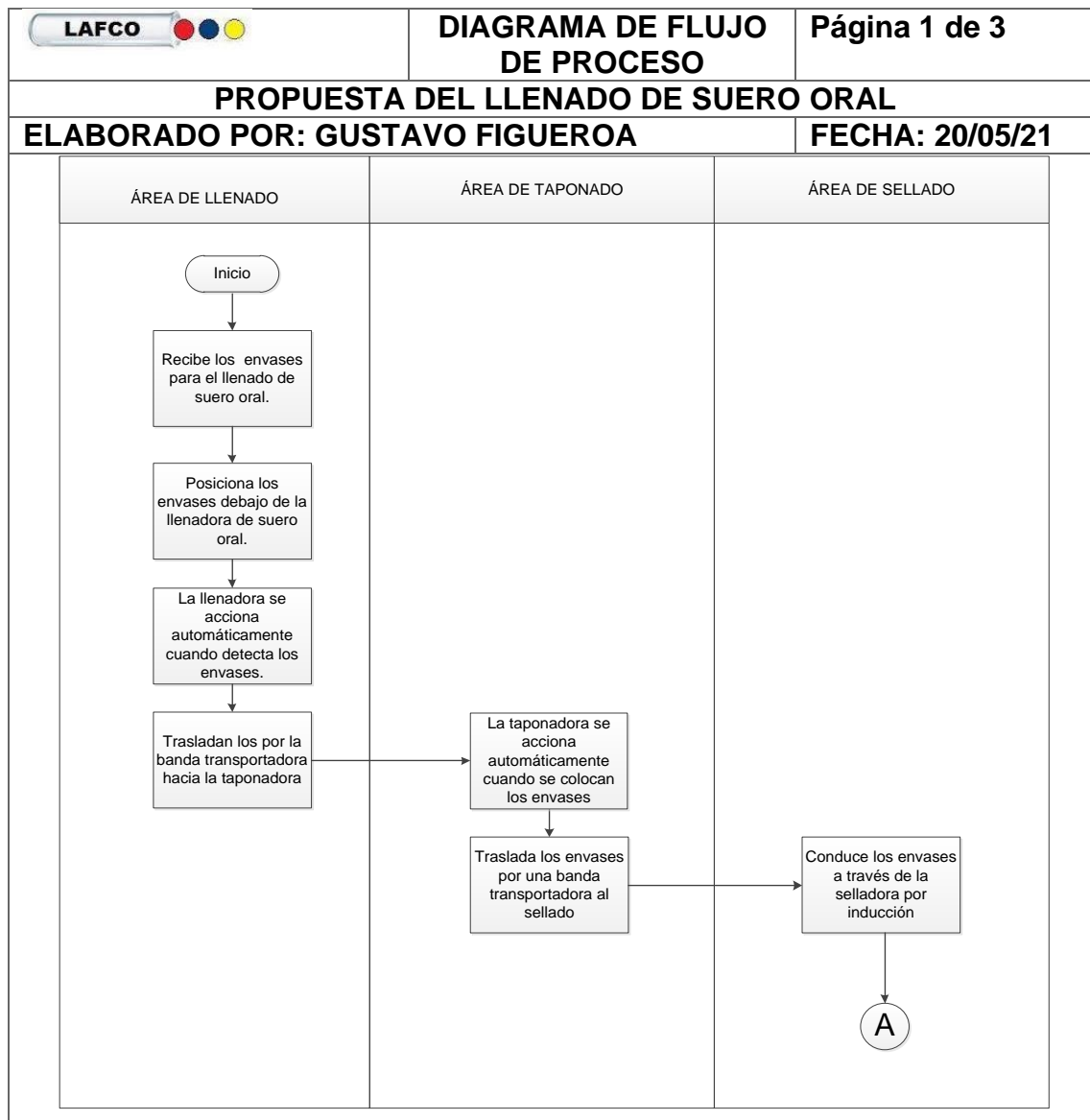
El desarrollo del diseño de un sistema de automatización es un procedimiento en el cual es necesario establecer cada uno de los factores a tomar en cuenta, desde la maquinaria necesaria para llevar a cabo cada uno de los procesos del llenado de suero oral, como la distribución de la misma, es importante tomar en cuenta cada una de las estaciones en las que se trabajará en el proceso, definir la manera de trabajar de los operarios que supervisarán cada una de las máquinas cuando estas operen como un solo sistema.

Con el fin de establecer un proceso en línea, será necesario modificar el área de operación del llenado de suero oral en donde se establecerá cada uno de los procesos de manera consecutiva, en donde se eliminarán los traslados al área de etiquetado con el fin de reducir el tiempo de operación.

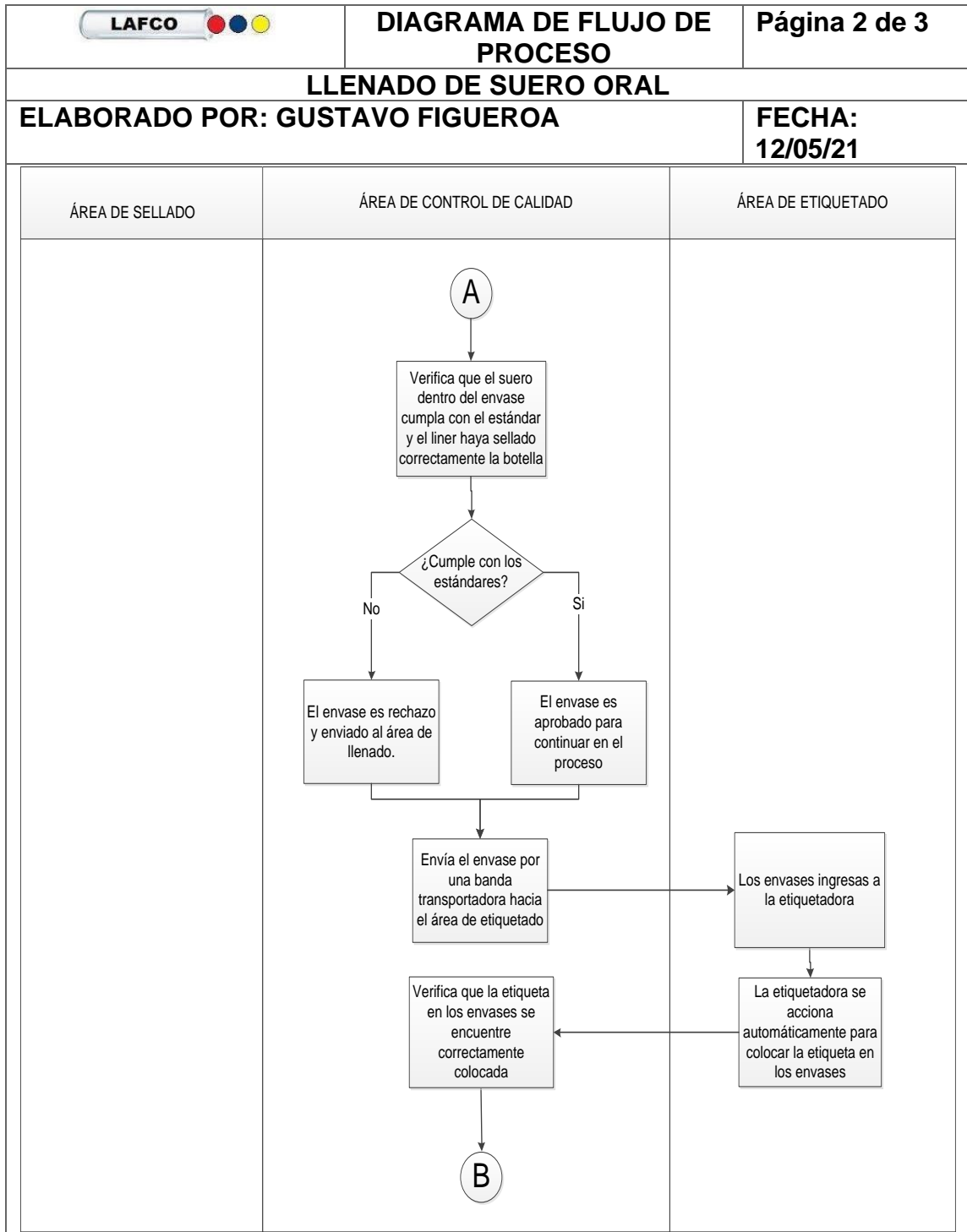
3.1.2. Diagrama de flujo del proceso

A continuación, se muestre el flujo del nuevo proceso de llenado de suero oral:

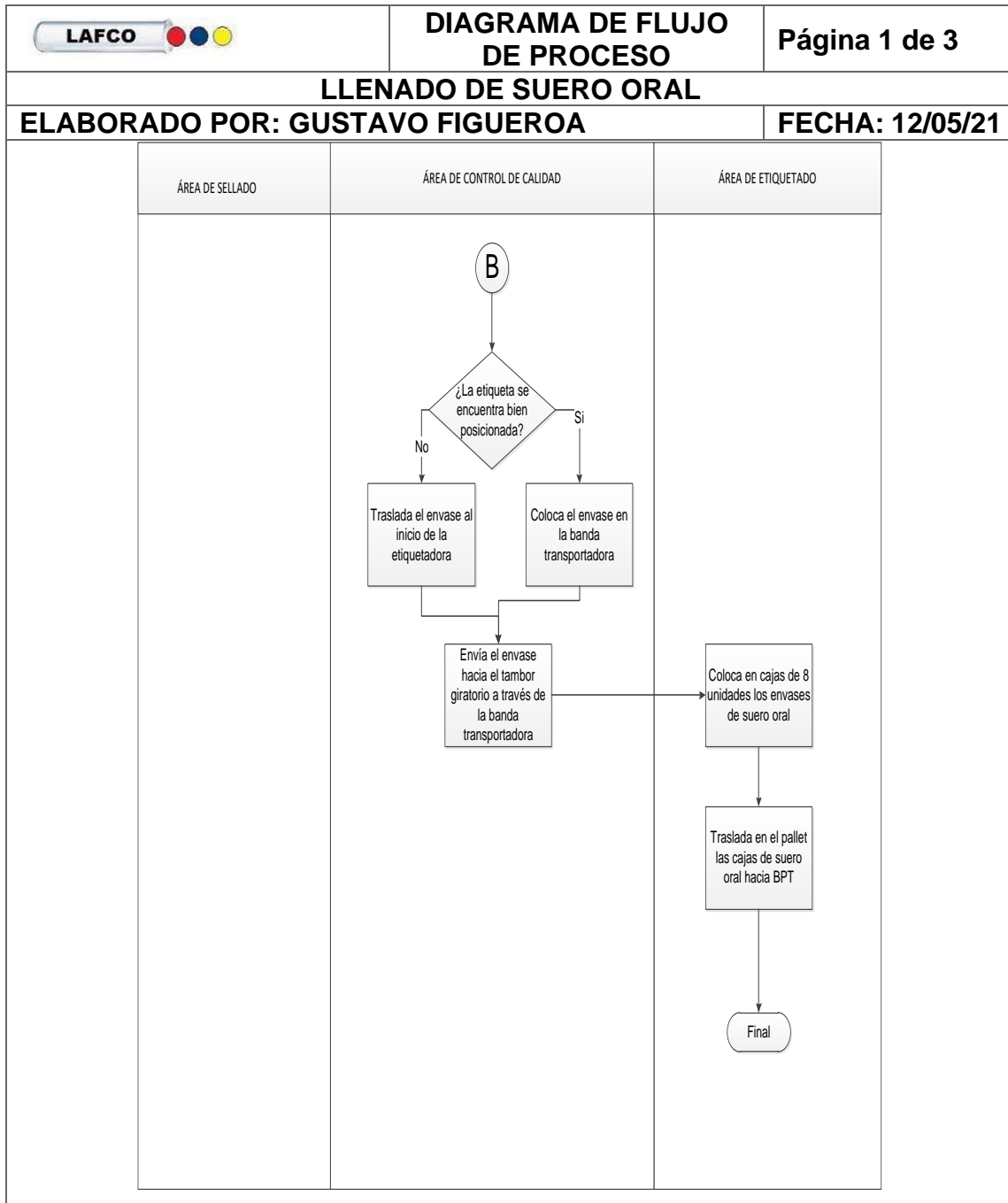
Figura 7. Diagrama de flujo para el proceso nuevo de llenado de suero oral



Continuación de la figura 7.



Continuación de la figura 7.

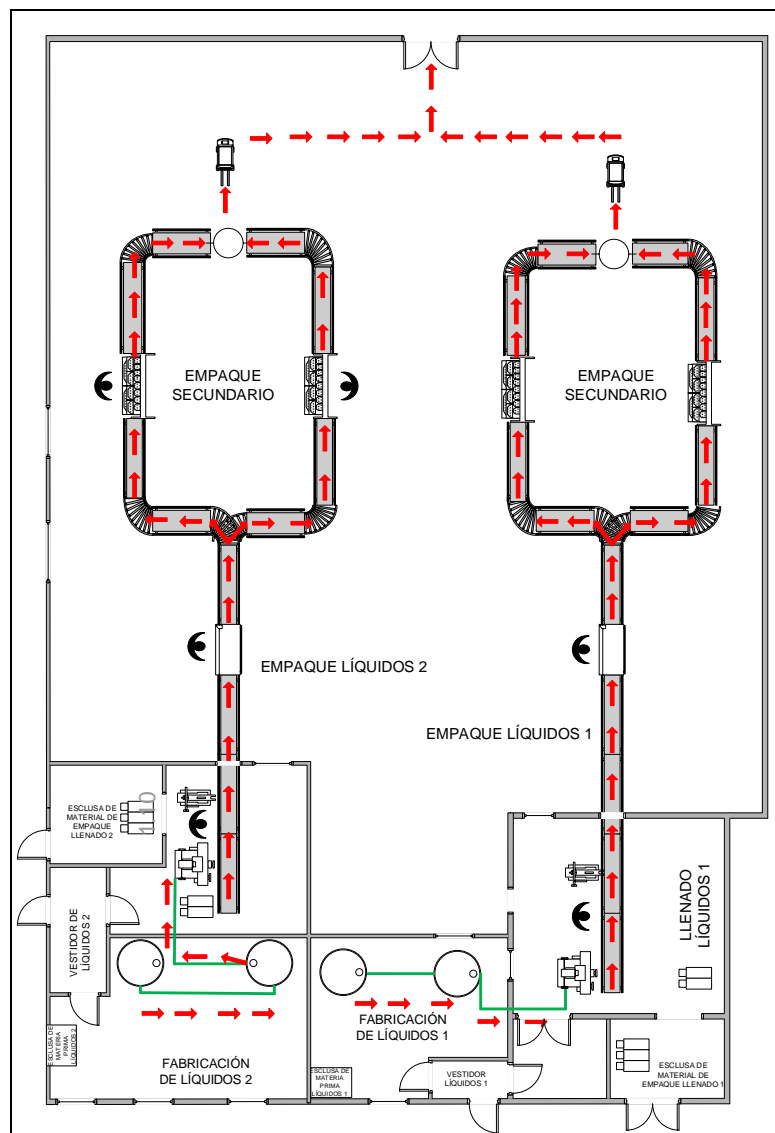


Fuente elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

3.1.3. Diagrama de distribución de maquinaria

A continuación, se presenta la nueva distribución de la maquinaria para el proceso de llenado de suero oral:









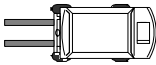



Figura 8. Diagrama de distribución de maquinaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

En el siguiente diagrama se visualiza el recorrido del nuevo proceso de llenado de suero oral desde la recepción del producto hasta el etiquetado.

Tabla VIII. **Simbología de diagrama de recorrido del nuevo proceso**

SÍMBOLO	SIGNIFICADO	SÍMBOLO	SIGNIFICADO
	Tanque de 3 000L		Taponadora manual
	Tubería de suero		Banda transportadora de faja
	Material de empaque (botellas)		Selladora por inducción
	Máquina llenadora de líquidos		Operario
	<i>Pallet</i>		Estación de etiquetado
	Ruta del suero oral		Tornamesa rotativo

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.



3.2. Descripción del equipo

A continuación, se describen los equipos que conformarán el nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral:

3.2.1. Máquina llenadora de líquidos de 12 boquillas

La llenadora de líquidos de 12 boquillas será la encargada del llenado de envases de 1 litro de suero oral a través de un sistema de aire comprimido que activa las boquillas, a continuación, se describe las características del equipo.

Tabla IX. Ficha técnica de llenadora de 12 boquillas

	FICHA TÉCNICA	FECHA: 12/07/2021
LLENADORA DE 12 BOQUILLAS		
Equipo:	Llenadora de 12 Boquillas	
Capacidad:	2 500 - 3 600 envases por hora	
Marca:	Liquid factory	
Tamaño de envase:	200ml a 2,5lt	
Requerimientos eléctricos:	220V 50/60Hz	
Requerimiento de aire comprimido	6,5kg/cm2	
Material de fabricación	Acero Inoxidable 304	
Medidas (LxAxH):	300cm x 200cm x 85cm	
PLC	Siemens	
Función:	Llenado de encases de suero oral de 500ml y 1 000ml	
Viscosidad	0,9 a 250	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.2.2. Máquina etiquetadora

La máquina etiquetadora, es la encargada de la colocación de las etiquetas en los envases de suero oral, a través de un sistema de aire comprimido y sensores que activan los elementos del equipo de manera automática, a continuación, se describe las características del equipo:

Tabla X. Ficha técnica de máquina etiquetadora



		FICHA TÉCNICA	FECHA: 12/07/2021
MÁQUINA ETIQUETADORA			
Equipo:	Máquina etiquetadora		
Capacidad:	18 800 - 2 300 envases por hora		
Marca:	Zonesun		
Modelo:	ZS-TB200		
Requerimientos eléctricos:	220V 50Hz		
Requerimiento de aire comprimido	6,5kg/cm2		
Material de fabricación	Acero Inoxidable 304		
Medidas (LxAxH):	200cm x 90cm x 150cm		
Etiqueta longitud	3cm - 30cm		
Etiqueta de ancho	3cm – 15cm		
Función:	Etiquetado de pegatinas en envases		
Plc	Allen Brandyly		

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.2.3. Selladora por inducción

La selladora por inducción será la encargada de fijar los *liners* de las tapaderas a través de un proceso térmico, a continuación, se describe las características del equipo:

Tabla XI. Ficha técnica de máquina etiquetadora

		FICHA TÉCNICA	FECHA: 12/07/2021
SELLADORA POR INDUCCIÓN			
Equipo:	Selladora por inducción		
Capacidad:	2 000 – 2 200 envases por hora		
Marca:	Jores		
Modelo:	Y2500X		
Requerimientos eléctricos:	220V 50Hz		
Requerimiento de aire comprimido	6,5kg/cm2		
Material de fabricación	Acero Inoxidable 304		
Medidas (LxAxH):	170cm x 85cm x 140cm		
Alto mínimo	4cm		
Alto máximo	30cm		
Función:	Sellado por inducción de envases		
Tipo de inducción	Térmica		

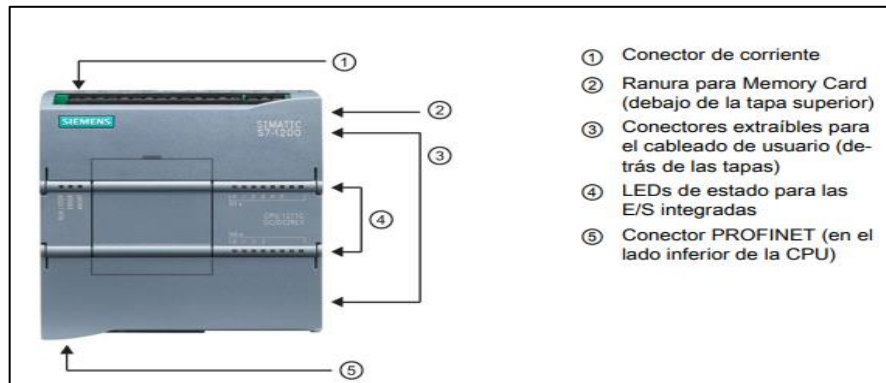
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

3.2.4. PLC (controlador lógico programable)

Un controlador lógico programable es utilizado para la automatización industrial a través del procesamiento de datos (entradas), para controlar los actuadores (salidas) en una máquina. El controlador lógico SIMATIC S7-1200 de Siemens es utilizado mayormente en las industrias debido a su flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Cuentan con una amplia gama de funciones tecnológicas, así como un diseño especialmente compacto y que ahorra espacio. Las funciones tecnológicas integradas para tareas de conteo y medición, regulación y control de movimiento hacen del SIMATIC S7-1200 un sistema versátil que se adapta perfectamente a numerosas tareas de automatización.

Gracias a los controladores PID integrados, puede ajustar de manera precisa y eficiente las variables físicas (como la temperatura de la habitación) a un valor objetivo específico.

Figura 9. **PLC SIMATIC S7-1200**



Fuente: SUILER ALTAMIRANO. *¿Conoces las partes de un PLC S7-1200?*

<https://www.suileraltamirano.com/partes-plc-s7-1200-contenido-de-valor>. Consulta: 2 de enero de 2022.

3.3. **Software de programación**

El manejo de un *software* de programación para la automatización de los PLC'S es de suma importancia por lo cual es necesario determinar el más apto para los procesos industriales en la automatización de equipos. El *software* a utilizar es el U90 Ladder el cual es un *software* utilizado principalmente en los equipos y maquinaria industrial.

3.3.1. **Descripción y soporte técnico**

U90 Ladder es la herramienta de *software* utilizada para crear aplicaciones para el PLC M90 PLC. Una vez que se haya planificado la tarea de control, se debe utilizar el U90 Ladder para escribir, depurar y descargar el control del PLC. Los editores de programa son donde crea y edita tanto los aspectos del PLC.

El soporte técnico del *software* de programación se realizará a través de un servicio en línea brindado por una empresa dedicada al manejo de sistemas de automatización en industrias las cuales se enfocarán en capacitaciones y asesorías para los técnicos encargados en el manejo de los equipos.

3.3.2. Lenguaje de programación

El lenguaje de programación para el control y manejo de los PLC's es el Texto estructurado o ST (*Structure Text*) el cual es uno de los lenguajes más extendidos por ser un lenguaje de alto nivel y por su potente funcionalidad. Puede ser utilizado para programar expresiones complejas con funciones condicionales y bucles.

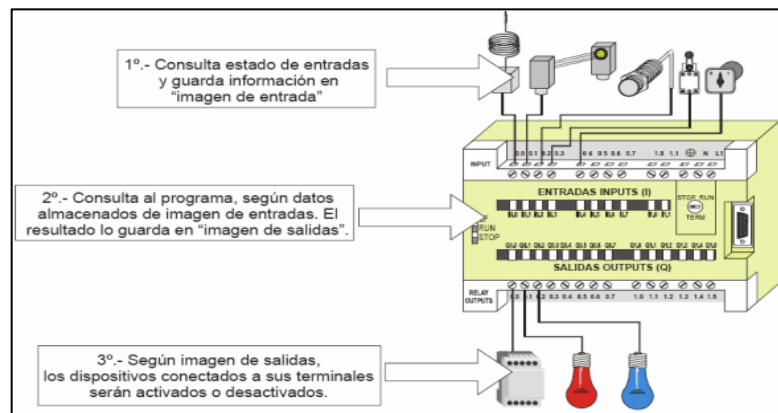
Tal como el nombre lo indica, el texto estructurado está concebido para la programación estructurada, es decir, para determinadas construcciones de uso frecuente, tales como bucles secuenciales, el lenguaje ST ofrece estructuras establecidas para la programación. Esto proporciona la ventaja de reducir la probabilidad de errores y conferir mayor claridad al programa.

3.3.3. Ciclo de operación

El ciclo de operación de un PLC consiste en el conjunto de procesos secuenciales y cíclicos que ocurren cuando el PLC este energizado. Este ciclo está compuesto por tres bloques los cuales son: revisión del estatus de las entradas, ejecución del programa y la actualización del status de las salidas. Antes de iniciar la ejecución del programa, el PLC realiza la verificación de cada una de sus entradas para determinar si se encuentran activadas o desactivadas. A través de esto el PLC guarda los datos en su memoria para ser usado en la siguiente etapa la cual es la ejecución del programa.

En la ejecución el PLC ejecuta su programa una instrucción a la vez, con la información almacenada en su memoria el PLC sabe que entradas están accionadas o apagadas, y de esta manera podrá determinar si la primera salida tendría que prender basándose en el estado de la primera entrada o continuar con la siguiente entrada. Por último, el PLC actualiza el status de las salidas de acuerdo a las entradas que estuvieron activas durante la ejecución del programa y vuelve al primer paso y repite los pasos continuamente.

Figura 10. **Ciclo de operación del PLC**



Fuente: Autómatas programables. *Tiempo de ejecución y control de tiempo real.*

http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES_PLC_PDF_S/5_EL_SCAN.P

DF. Consulta: 2 de febrero de 2022.

3.4. **Mantenimiento de maquinaria**

Para aumentar la vida útil de los equipos, es necesario establecer un programa de mantenimiento en donde se realicen tanto los mantenimientos preventivos como correctivos de los equipos. En el cual se evaluarán todos los elementos tanto, mecánicos, eléctricos, electrónicos como también las áreas en donde se encuentren la maquinaria.

3.4.1. Preventivo

El mantenimiento preventivo se realizará trimestralmente en cada uno de los equipos, en donde se realizará una inspección de todo el equipo para proceder con la lubricación del equipo, limpieza, cambio de algún elemento en mal estado, reajuste de piezas, evaluación del sistema eléctrico, cambio de las conexiones eléctricas, entre otros.

En el mantenimiento preventivo se establecerá con base en un cronograma de todos los mantenimientos de los equipos que se realizarán durante todo el año.

En conjunto con el departamento de producción se establecerán las disponibilidades de los equipos y de las áreas para poder llevar a cabo los mantenimientos según la programación.

3.4.2. Correctivo

Los mantenimientos correctivos permiten atender cualquier problema que presenten los equipos durante su funcionamiento. Para llevar un mejor control de los mantenimientos correctivos, se llevará a cabo un sistema de órdenes de trabajo en donde se describirá el problema del equipo, ubicación, disponibilidad, entre otros.

El jefe de mantenimiento dispondrá de los técnicos para atender los mantenimientos correctivos según su criticidad. El departamento que solicite el mantenimiento correctivo deberá de aprobar el mismo cuando el departamento de mantenimiento de por finalizado el trabajo.

3.5. Análisis financieros del proyecto

A través del análisis financiero se detallará la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto, desde la adquisición de la nueva maquinaria y equipo, el *software* de programación, los sueldos de los trabajadores implicados en el nuevo proceso de llenado de suero oral, así como también el montaje e instalaciones que conforman el nuevo sistema automático.

3.5.1. Costos de inversión

Para el desarrollo del diseño de un sistema de automatización en el proceso de llenado de suero se presentan cada uno de los equipos necesarios como su costo que implicará cada uno de los mismos.

3.5.1.1. Maquinaria y equipo

A continuación, se muestra el costo de la adquisición de la nueva maquinaria y equipo necesario para el funcionamiento del nuevo proceso de llenado de suero oral.

Tabla XII. Costos de maquinaria y equipo

EQUIPO	MODELO	CANTIDAD	PRECIO	TOTAL
Llenadora de 12 boquillas	Zonesun ZS-TB200	2	Q 39 806,10	Q 79 612,20
Etiquetadora	Liquid factory	4	Q 14 188,63	Q 56 754,52
Selladora por inducción	Jores Y2500X	2	Q 32 724,36	Q 65 448,70
Controlador lógico programable (PLC)	SIMATIC S7-1200 Siemens	10	Q3095,93	Q 30 959,30
Total				Q 232 774,72

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.5.1.2. Costo del *software* de programación

El costo del *software* de programación para los controladores lógicos programables (PLC) es el siguiente:

Tabla XIII. Costos de *software* de programación

EQUIPO	PRECIO
<i>Software</i> U90 Ladder	Q 4 200,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.5.1.3. Montaje del sistema

A continuación, se muestra el costo del montaje del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral, el cual abarca desde la obra civil hasta las instalaciones que conforman el nuevo sistema.

Tabla XIV. Costos del montaje del sistema

EQUIPO	COSTO
Obra civil	Q 12 000,00
Instalación eléctrica	Q 15 000,00
Instalación mecánica	Q 6 000,00
Instalación del <i>software</i>	Q 500,00
Instalación de los PLC'S	Q 2 500,00
Total	Q 36 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.5.2. Sueldos y/o salarios

Al desarrollar el nuevo proceso de llenado de suero oral, es necesario definir los nuevos puestos de trabajo y establecer una nueva estructura organizacional para el proceso.

3.5.2.1. Jefe de operaciones

El jefe de operaciones será el encargado de dirigir todo el proyecto contemplando cada una de las actividades que se deben desarrollar. El salario mensual del jefe de operaciones es el siguiente:

Tabla XV. Sueldo jefe de operaciones

PUESTO	SUELDO
Jefe de Operaciones	Q 12 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.5.2.2. Técnico mecánico y electrónico

. El salario mensual de los técnicos es el siguiente:

Tabla XVI. Sueldo de técnicos

PUESTO	SUELDO
Técnico mecánico	Q 4 000,00
Técnico electrónico	Q 4 500,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.5.2.3. Personal operativo

El personal operativo estará compuesto por 8 operarios distribuidos en las líneas de producción de llenado de suero oral.

Tabla XVII. Sueldo de operarios

PUESTO	CANTIDAD	SUELDO
Operario	8	Q 3 000,00
Total		Q 24 000,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

3.6. Análisis financiero

Para realizar el análisis financiero del nuevo proceso de llenado de suero oral es necesario emplear los siguientes indicadores que permitan determinar la rentabilidad

3.6.1. Valor Presente Neto

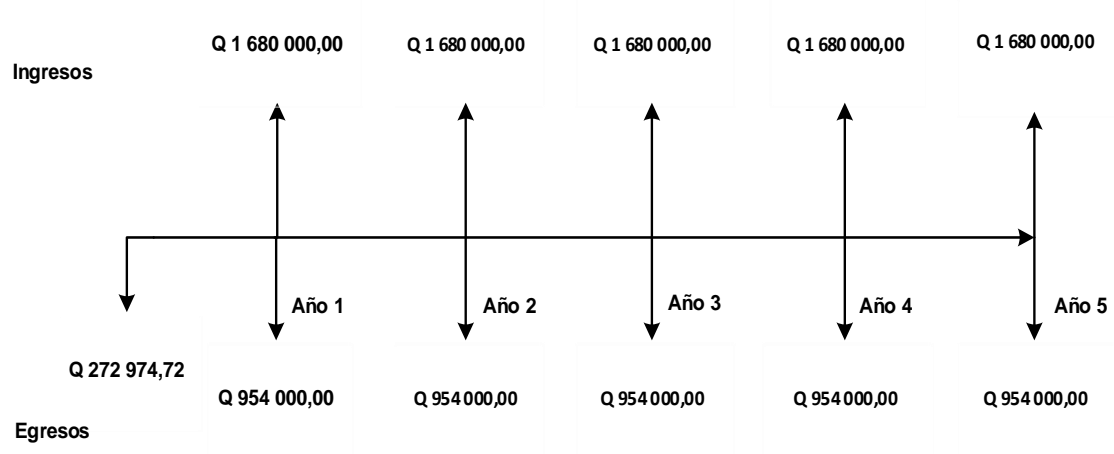
Para determinar el VPN (Valor Presente Neto) en la implementación del nuevo proceso de llenado de suero oral se realizó con base en el siguiente flujo de efectivo.

Tabla XVIII. Valor Presente Neto

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
INGRESOS						
Venta de suero oral	—	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00
Total Ingresos	0	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00	Q1 680 000,00
EGRESOS						
Inversión Inicial	Q272 974,72					
Sueldo Jefe de operaciones		Q144 000,00	Q144 000 00	Q144 000,00	Q144 000,00	Q144 000,00
Sueldo técnico mecánico		Q48 000,00	Q48 000,00	Q48 000,00	Q48 000,00	Q48 000,00
Sueldo técnico mecánico		Q54 000,00	Q54 000,00	Q54 000,00	Q54 000,00	Q54 000,00
Sueldo operarios		Q288 000,00	Q288 000,00	Q 288 000,00	Q 288 000,00	Q 288 000,00
CIF		Q420 000,00	Q420 000,00	Q420 000,00	Q420 000,00	Q420 000,00
Total Egresos	Q272 974,72	Q954 000,00	Q954 000,00	Q954 000,00	Q954 000,00	Q954 000,00
Flujo de Efectivo	- Q272 974,72	Q453 026,00	Q1 179 026,00	Q1 905 026,00	Q2 631 026,00	Q3 357 026,00

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

Figura 11. Flujo de efectivo



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

Con base en el flujo de efectivo se puede determinar que para el año 5 el valor presente neto es de Q 3 357 026,00 por tal razón se puede observar un valor positivo del valor presente neto.

3.6.2. Tasa interna de retorno

El valor de tasa interna de retorno corresponde a un 78 % por lo cual no representará pérdidas para la empresa al invertir en el nuevo proceso de llenado de suero oral.

3.6.3. Beneficio costo

Para determinar el beneficio costo del proyecto se enfocó en determinar el flujo del valor presente de los ingresos y de los egresos:

Tabla XIX. **Ingreso y egresos**

VALOR PRESENTE NETO	TOTAL
Ingresos	Q 8 400 000,00
Egresos	Q 5 042 974,72

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word 365.

$$\text{Beneficio costo} = \frac{8\,400\,000,00}{5\,042\,974,72} = 1,67$$

Con los resultados obtenidos del beneficio costo del proyecto se puede establecer que la relación es mayor a 1 por lo cual se puede concluir que el flujo de los ingresos es mayor que el de los egresos por lo cual es factible invertir en

el proyecto ya que generará ganancias para el laboratorio farmacéutico, recuperando la inversión inicial realizada.

3.7. Plan de manejo de desechos líquidos

Dentro de la empresa los desechos líquidos son únicamente los que salen del producto cuando es desechado por los drenajes de la empresa.

3.7.1. Parámetros de medición

Los parámetros de medición necesarios evaluar para los desechos líquidos del laboratorio farmacéutico son los siguientes:

- Conductividad
- PH
- Cloro total
- Sólidos totales
- Bacterias

3.7.2. Estrategia de manejo

Para el manejo de los desechos líquidos en el laboratorio farmacéutico primero se realizará un análisis fisicoquímico y un análisis microbiológico de los desechos para establecer si no son dañinos para el ambiente y de esta manera serán desechos en una fosa séptica.

3.8. Productividad

Para determinar la productividad dentro del nuevo proceso de llenado de suero oral, se analizará a través de las unidades fabricadas por hora hombre, donde se establecerán las metas de producción.

3.8.1. Capacidad productiva

La capacidad productiva del laboratorio farmacéutico tras la implementación del nuevo sistema de automatización aumentará en relación a la que se tiene actualmente.

3.8.2. Cálculo de productividad

Para determinar la productividad del proceso de llenado de suero oral se empleó la siguiente fórmula.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Capacidad instalada}}{\text{No. de operarios} * \text{tiempo trabajado}}$$

Proceso actual donde:

Capacidad = 9 000 botellas de suero oral de 1L

Operarios = 16

Tiempo = 8 horas

$$\frac{9\ 000}{16 * 8} = 70 \text{ unidades por hora hombre}$$

Proceso nuevo donde:

Capacidad = 21 000 botellas de suero oral de 1L

Operarios = 8

Tiempo = 8 horas

$$\frac{21\ 000}{8 * 8} = 328 \text{ unidades por hora hombre}$$

3.8.3. Análisis comparativo de productividad

Al observar los datos obtenidos en el cálculo de productividad de los procesos tanto del actual como del nuevo, se puede observar que las unidades por hora hombre del proceso nuevo son mucho más en comparación del proceso actual por lo cual se observaría una mejoría en la capacidad productiva del proceso.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Plan de acción

Dentro del plan de acción se podrá describir todas las actividades necesarias para cumplir lograr cada uno de los objetivos del desarrollo del sistema de automatización para el llenado de suero oral para mejorar la productividad del mismo.

4.1.1. Objetivos del plan de acción

Establecer estrategias y tácticas para la mejora de la productividad del proceso de llenado de suero oral a través del desarrollo de un sistema de automatización que garantice la producción de productos de calidad.

4.1.2. Implementación del plan

Para la implementación del plan de acción es necesaria establecer las actividades que se llevarán a cabo para el desarrollo del proyecto, de igual forma es necesario establecer los responsables de cada una de las actividades que se realizarán, de esta manera facilitará el desarrollo del sistema de automatización en el proceso de llenado de suero oral.

4.1.2.1. Determinación de las actividades a realizar

A continuación, se describen las actividades necesarias a realizar para el desarrollo del sistema de automatización del llenado de suero oral:

- Adquisición de la maquinaria y equipos necesarios para el desarrollo del proyecto, según la capacidad productiva del nuevo proceso de llenado de suero oral.
- Diseño y elaboración civil de las nuevas áreas de llenado, etiquetado y sellado dentro de la planta farmacéutica.
- Instalación eléctrica, mecánica y electrónica de toda la maquinaria y equipos necesarios para el desarrollo del sistema de automatización.
- Desarrollo del plan de mantenimiento de la maquinaria y equipos que conforman el sistema de automatización.
- Adiestramiento y capacitación del nuevo personal, encargado de la operación y manejo de todo el sistema de automatización.

4.1.2.2. Entidades responsables

Para establecer un orden en el desarrollo del plan de acción es necesario definir las entidades responsables que llevarán a cabo cada una de las actividades en el plan de acción.

4.1.2.2.1. Gerencia General

La gerencia general es la encargada de aprobar el desarrollo del proyecto, evaluando cada uno de los beneficios y pérdidas que puede causar el mismo. La gerencia general es quien tiene la decisión final para determinar si el proyecto es rentable para la empresa.

4.1.2.2.2. Departamento de Operaciones

El departamento de operaciones es el encargado de evaluar la viabilidad del proyecto, debido a que es el encargado de desarrollar la propuesta tomando

en cuenta cada uno de los factores que sean necesarios para llevar a cabo el mismos. Debe de establecer el cronograma de actividades que se realizarán durante toda la propuesta. Deberá trabajar de la mano de gerencia general, del departamento de producción, del departamento de mantenimiento y de los contratistas debido que servirá como medio para unir a todos los implicados en el desarrollo del proyecto.

4.1.2.2.3. Departamento de Producción

El departamento de producción será el encargado de la puesta en marcha del nuevo proceso productivo de llenado de suero oral, por lo cual evaluará la metodología, los costos y los demás factores en intervengan con el desarrollo del nuevo proceso de llenado de suero oral.

4.1.2.3. Designación de responsabilidades

Es importante designar cada una de las responsabilidades para llevar a cabo el proyecto de manera organizada y de manera simultánea con todos los implicados en el mismo.

4.1.2.4. Definición de recursos a utilizar

Se deberá de definir los recursos necesarios para cada una de las actividades a desarrollar en el proyecto, tanto financieros, materiales y el recurso humano, por lo cual se deberá realizar una evaluación y cotización de los mismo para definir los más adecuados para la realización del proyecto.

4.2. Diseño del plan de acción

El diseño del plan de acción permitirá establecer todas las actividades que encaminarán el desarrollo del nuevo proceso de llenado de suero oral a través del sistema de automatización.

4.2.1. Establecimiento de objetivos

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de un sistema de automatización para el proceso de llenado de suero oral, que permita optimizar los recursos, mejorando la productividad del proceso.

4.2.2. Actividades propuestas

Al determinar nuestros objetivos en el plan de acción es necesario establecer las actividades a realizar para ejecutarlo de manera metódica, enfocándose en los aspectos más importantes durante la realización del mismo.

- Diseño y elaboración de las nuevas áreas de llenado de suero oral.
- Instalación, eléctrica, mecánica y electrónica de la maquinaria y equipo del nuevo sistema de llenado de suero oral.
- Adiestramiento y capacitación del personal encargado de la operación del equipo.
- Establecimiento del plan de mantenimiento para el equipo de la nueva línea de llenado de suero oral.
- Prueba piloto de la nueva línea de llenado de suero oral.


4.2.3. Detallar las estrategias

Para el desarrollo del plan de acción es necesario establecer un cronograma de todas las estrategias que se llevarán a cabo para llevar un proceso sistematizado en el desarrollo del nuevo sistema de llenado de suero oral.

4.2.4. Elaboración de cronograma de actividades

El cronograma de actividades para el desarrollo del proyecto es el siguiente:

Figura 12. Cronograma de actividades

		CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES				Año: 2023											
						Página 1 de 1											
Nombre de la tarea	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Asignado	Estado	05.01.2023	10.01.2023	15.01.2023	20.01.2023	25.01.2023	30.01.2023	05.02.2023	10.02.2023	15.02.2023	20.02.2023	25.02.2023	30/02/2023	
Desarrollo del proyecto	01.01.2023	14.01.2023	Todos	En progreso	■	■											
Adquisición de maquinaria	01.01.2023	30.01.2023	Dep. Operaciones	En progreso	■	■	■	■	■	■							
Diseño y elaboración de áreas	01.01.2023	15.01.2023	Dep. Mantenimiento	En progreso	■	■	■										
Instalación mecánica	10.01.2023	15.01.2023	Dep. Mantenimiento	En progreso		■	■										
Instalación eléctrica	15.01.2023	25.01.2023	Dep. Mantenimiento	En progreso			■	■	■								
Instalación electrónica	25.01.2023	05.02.2023	Dep. Mantenimiento	En progreso					■	■	■						
Plan de mantenimiento	05.02.2023	15.02.2023	Dep. Mantenimiento	En progreso							■	■	■				
Adiestramiento y capacitación del personal	15.02.2023	25.02.2023	Dep. Operaciones	En progreso									■	■	■		
Prueba Piloto	25.02.2023	30/02/2023	Dep. Producción	En progreso												■	■
Auditoría interna	25.02.2023	30/02/2024	Dep. Calidad	En progreso													■

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

4.3. Montaje de línea

El montaje de la nueva línea de producción se debe de tomar en cuenta distintos factores para llevarlo a cabo. Uno de los más importantes es la preparación de las áreas de operación en donde se llevará a cabo el nuevo proceso de llenado de suero oral. Posteriormente se deben de tomar en cuenta las siguientes instalaciones para el montaje final de la línea:

4.3.1. Instalación de la maquinaria

La instalación de la maquinaria se debe de llevar a cabo según los manuales del fabricante, en el cual se establecerá un proceso sistemático en cada uno de los equipos para llevar a cabo la instalación paso a paso, tomando en cuenta cada uno de los elementos que deben de instalarse según el orden de los mismos.

4.3.1.1. Montaje mecánico

El montaje mecánico de la nueva línea de llenado de suero oral debe de contener las instalaciones de las líneas de aire comprimido, las tuberías de agua purificada, las tuberías de ingreso de producto, entre otras cosas, El sistema de agua y de aire son sistemas críticos dentro de la industria farmacéutica por lo cual es importante la instalación de las mismas tanto en el área de producción como en el área de empaque.

4.3.1.2. Instalación eléctrica

Para la instalación eléctrica del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral, será necesario el cableado de las líneas eléctricas según el plano

de construcción establecido para el nuevo proceso, se manejarán dos voltajes los cuales serán de 110V con cable #10 con capacidad de 30A y 220V trifásico con cable #10 con capacidad de 30A.

Según las fichas técnicas de los equipos, el consumo eléctrico de los equipos son los siguientes:

- Llenadora 220V trifásico
- Taponadora 110V
- Selladora por inducción 220V trifásico
- Etiquetadora 220V trifásico

4.4. Restructuración del proceso

Al diseñar un nuevo sistema de llenado de suero oral, es necesario la reestructuración del proceso de cada una de las metodologías implicadas dentro del proceso de llenado de suero oral, debido a que surge la necesidad del desarrollo de un nuevo proceso por la baja productividad del proceso de llenado de suero oral actual.

4.4.1. Análisis del rediseño del proceso

Mediante el análisis del rediseño del proceso, se podrán establecer las mejoras, que se pueden presentar en el proceso de llenado de suero oral, evaluando cada uno de los factores que influyan dentro de este proceso, tanto como la infraestructura, la metodología de operación, la maquinaria y equipo utilizado en el proceso, como también la distribución de la línea de producción de suero oral para obtener un producto de calidad que pueda satisfacer a los clientes.

4.4.1.1. Metas esperadas

Al desarrollar el nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral, una de las principales metas es la optimización de los recursos económicos, debido a que existirá una reducción en los costos de operación en el nuevo proceso.

Otra de las metas esperadas es mejorar la productividad dentro del proceso, reduciendo los tiempos de producción y aumentando la capacidad productiva del proceso.

4.5. Metodología del proceso

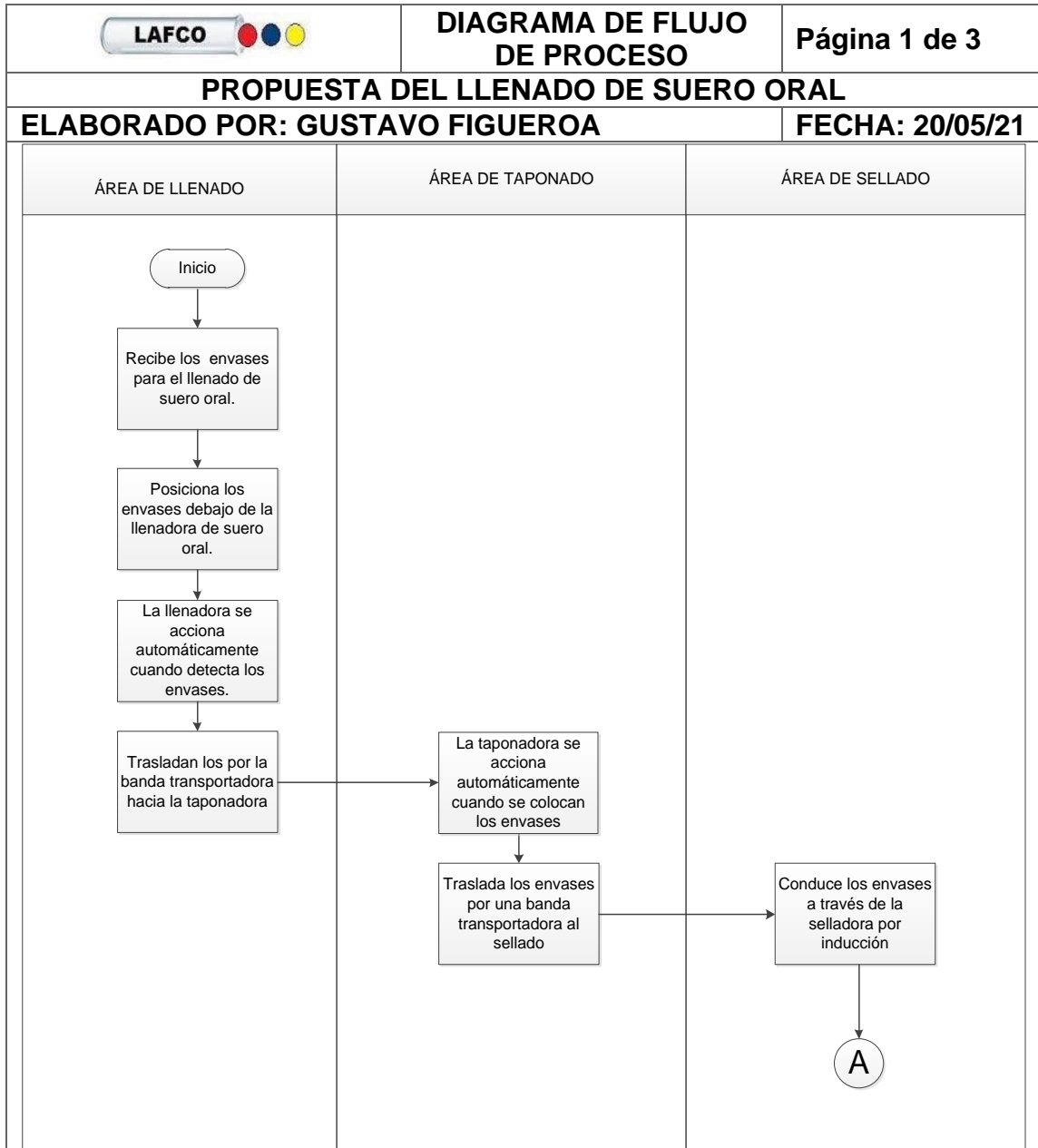
Se establece la nueva metodología para el proceso de llenado de suero oral a través del desarrollo del nuevo sistema de automatización.

4.5.1. Diagrama de flujo del proceso

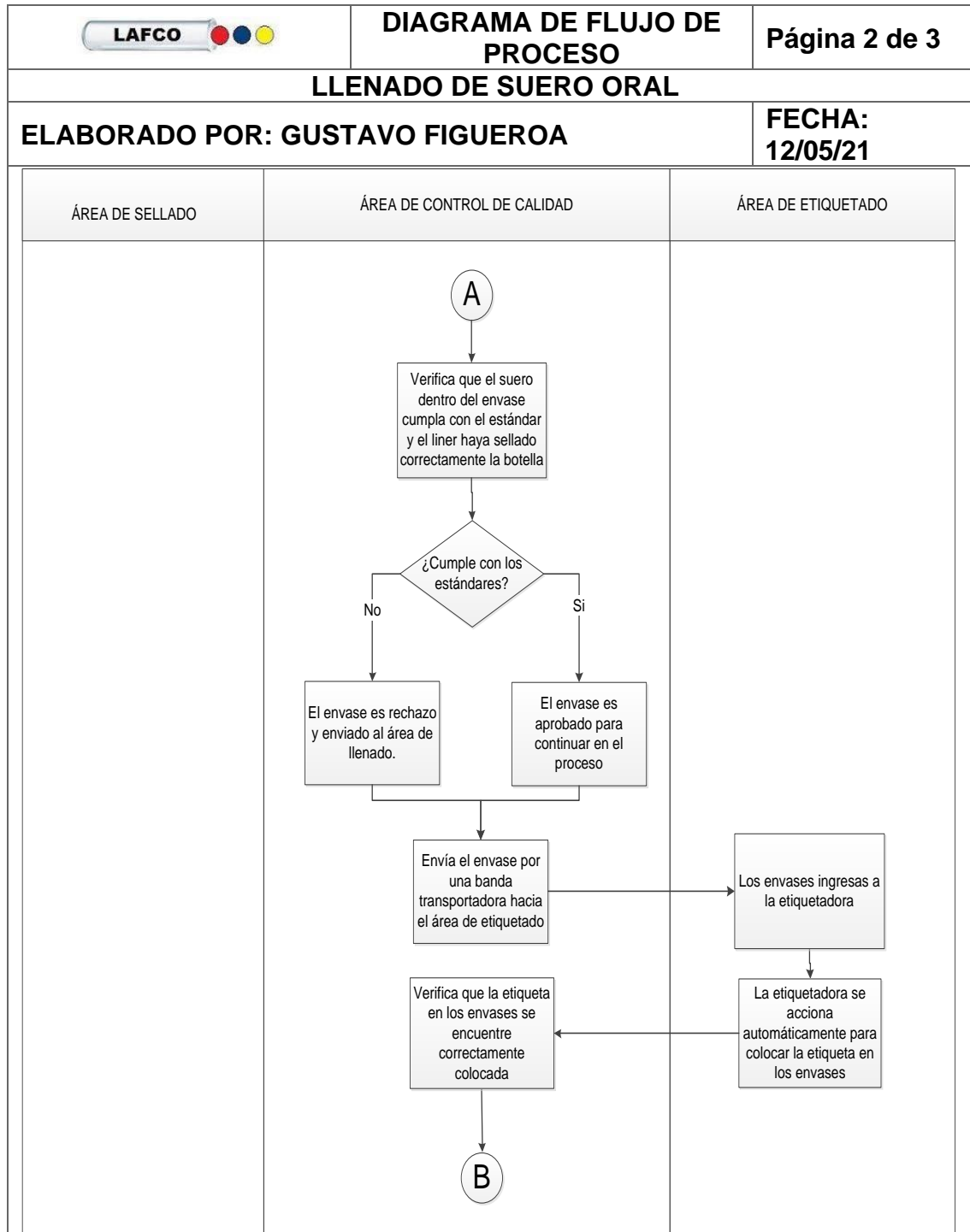
El flujo del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral inicia desde la recepción de los envases en el área de llenado, en donde se procederá al llenado de los envases de suero oral, para continuar en la taponadora que colocará las tapaderas dentro de los envases.

Los envases saldrán del área de llenado para proceder al área de empaque, para que la selladora por inducción se encargue de fijar los *liners* a los envases de suero oral, a continuación, los envases procederán a la colocación de las etiquetas por medio de la etiquetadora, para luego proceder a ser empacados dentro de cajas y finalmente ser trasladados a la bodega de producto terminado mediante *pallets*.

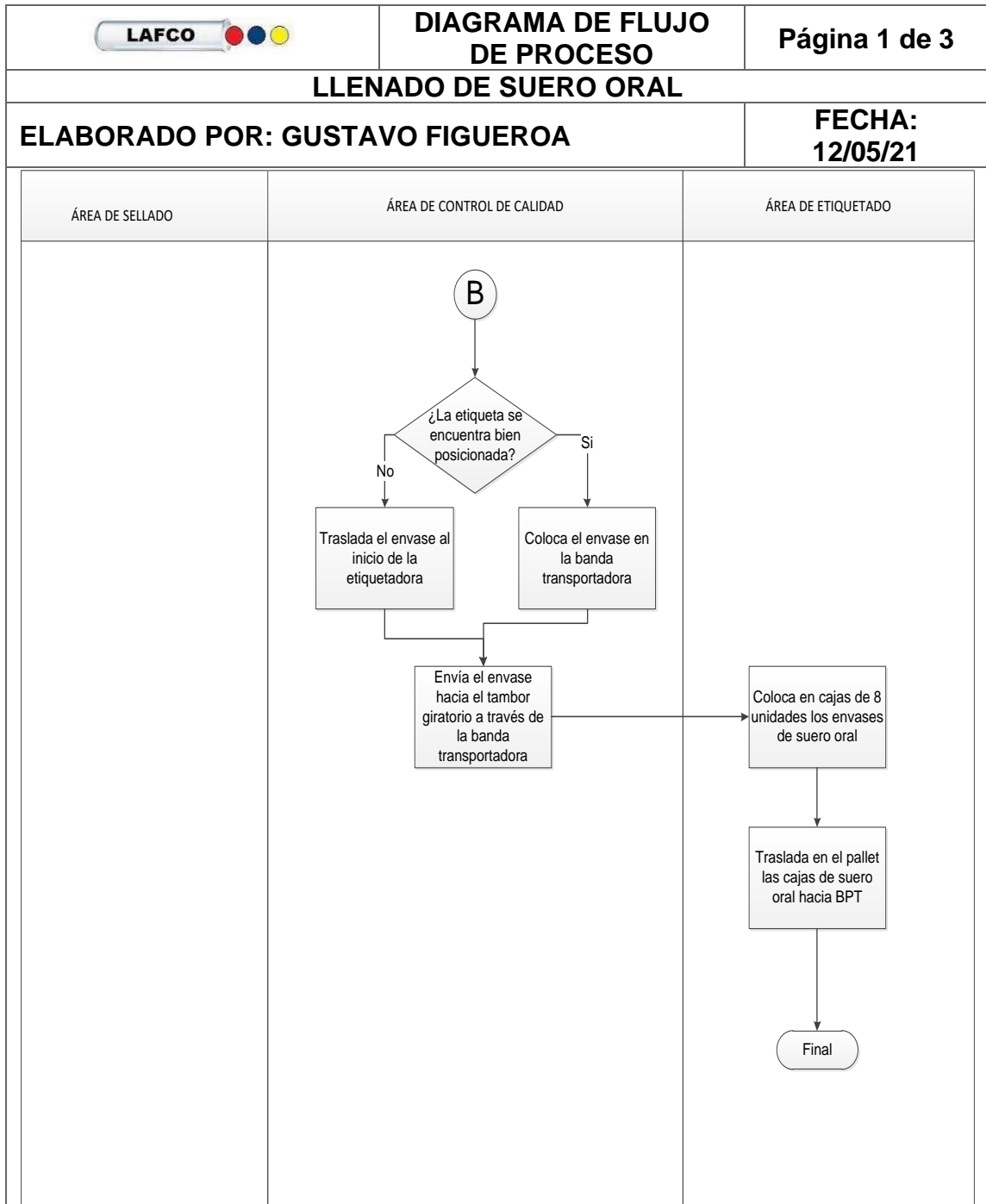
Figura 13. Diagrama de flujo para el nuevo proceso de llenado de suero oral



Continuación de la figura 19.



Continuación de la figura 19.

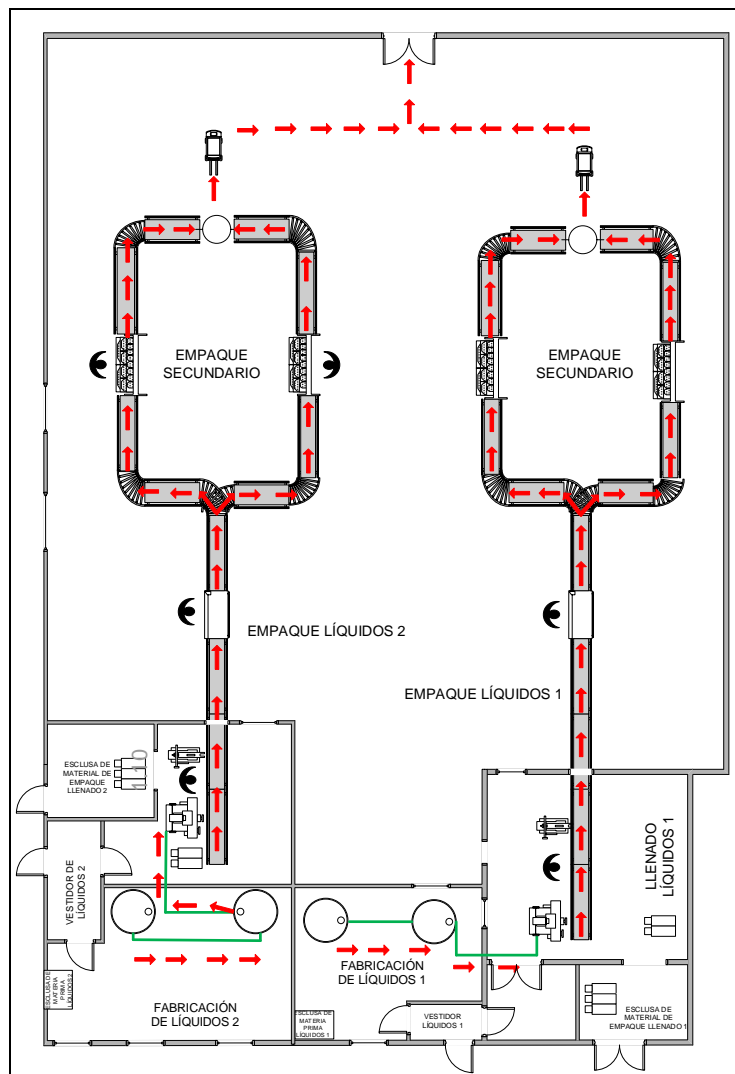


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

4.5.2. Diagrama de distribución de maquinaria

La nueva distribución de la maquinaria del proceso de llenado de suero oral, se encuentra desde el área de llenado hasta llegar al área de etiquetado en ambas líneas de producción.

Figura 14. Diagrama de la nueva distribución de maquinaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio 2019.

4.6. Sistema de control para el cumplimiento de la propuesta

Para llevar un control del nuevo proceso de llenado de suero oral se implementarán indicadores que permitan medir la eficiencia del proceso, evaluando el rendimiento de recursos utilizados a la hora de llevarlo a cabo.

4.6.1. Indicadores de eficiencia del proyecto

Los indicadores establecidos para determinar la eficiencia del proyecto son los siguientes:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{TPP} - \text{PP}}{\text{TPP}} * 100$$

En donde: TPP es el tiempo de producción planeado, PP son los paros de producción durante toda la jornada.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{UR}}{\text{UP}} * 100$$

En donde: UR corresponde a las unidades reales y UP son las unidades planeadas durante toda la jornada.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{UT} - \text{UD}}{\text{UT}} * 100$$

En donde: UT son las unidades totales, UD corresponde a las unidades desechadas.

$$\text{OEE} = \text{Rendimiento} * \text{Disponibilidad} * \text{Calidad}$$

En donde: OEE corresponde a la eficiencia general de los equipos. El OEE del proceso debe de ser mayor al 80 % para que el proceso sea eficiente.

4.6.2. Evaluación de desempeño

La realización de la evaluación de desempeño permitirá determinar el grado de cumplimiento de los operarios en el nuevo proceso de llenado de suero oral. Se controlará el desempeño del personal, según sus tiempos de trabajo en donde se tomará en cuenta los distintos factores que pueden afectar su desempeño.

4.7. Puesta en marcha de la propuesta

Al tener establecido los objetivos dentro del plan de acción, las actividades a realizar para el diseño del nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral y de establecer la nueva metodología del proceso con la distribución de la nueva línea de producción, se puede iniciar con la puesta en marcha de la propuesta.

4.7.1. Coordinación de la propuesta

Es importante que todos los departamentos implicados en el desarrollo de un sistema de automatización de llenado de suero oral trabajen en conjunto con Gerencia General con el fin de llevar a cabo el proyecto de manera coordinada, definiendo las responsabilidades de cada uno de los departamentos.

4.7.2. Supervisión del plan de acción

Es necesario que el plan de acción se encuentre supervisado en todo momento. Por lo cual es importante que el jefe de Operaciones en conjunto con Gerencia General y el jefe de Producción se encuentre siempre presentes en las

actividades que se realizarán dentro del plan de acción debido a que de esta manera se podrán realizar las mejoras y correcciones necesarias mientras se lleva a cabo el plan de acción.

4.8. Desarrollo del programa de mantenimiento

El programa de mantenimiento debe de enfocarse tanto en la maquinaria como en las áreas del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral. Es necesario el desarrollo de un programa de mantenimiento que se enfoca en los mantenimientos preventivos y correctivos para el correcto funcionamiento de la nueva línea de producción de suero oral.

4.8.1. Personal encargado

El jefe y el subjefe del departamento de Mantenimiento en conjunto con el jefe de producción deberán definir las fechas de los mantenimientos preventivos tanto de los equipos como de las áreas debido a que se debe de cumplir con el plan de producción. El jefe y subjefe de mantenimiento, derogarán a cada uno de los técnicos de mantenimiento, los mantenimientos que deberán de realizar en la nueva línea de llenado de suero oral.

4.8.2. Documentación

En la industria farmacéutica es necesario llevar la documentación de los mantenimientos que se realizan tanto a los equipos como a la maquinaria con el fin de que se evidencie que fueron realizados. El encargado de la documentación es el subjefe de mantenimiento. Para los mantenimientos correctivos el subjefe de mantenimiento debe de llevar un control a través de órdenes de trabajo de los mantenimientos el cual es generado por cualquier jefe o supervisor de las áreas

de producción y a través de un informe deberá de dar por finalizado el mantenimiento correctivo. Para los mantenimientos preventivos, el subjefe de mantenimiento establecerá un cronograma con los mantenimientos programados durante cada mes y se le informará al inicio de cada mes al jefe de producción para que establezca las disponibilidades de los equipos y de las áreas durante todo el mes, de igual forma como los mantenimientos correctivos, el subjefe extenderá un informe cuando se hayan finalizado los mantenimientos preventivos

4.8.3. Capacitación

El departamento de mantenimiento debe de establecer un programa de capacitaciones para mantener a su personal en constante mejorar tanto de sus habilidades como de su actitud. La capacitación permite que los trabajadores desarrollen nuevas técnicas y habilidades que le facilitarán la realización del trabajo. Debido a que el departamento de Mantenimiento encuentra en contacto con actividades mecánicas, eléctricas y electrónicas es importante establecer un programa de capacitaciones que mantengan actualizados a los técnicos para realizar su trabajo de manera segura y eficientemente

4.8.4. Cronograma de mantenimientos de equipos

Los mantenimientos de los equipos se realizarán semestralmente como se muestra a continuación en el cronograma siguiente:

Figura 15. **Cronograma de mantenimiento de equipos**

EQUIPO	MARCA MODELO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
		Máquina etiquetadora	Zonesun	■					■				
Selladora por inducción	Jores		■					■					
Llenadora de doce boquillas	Liquid factory			■					■				
Banda transportadora 1	Garment Electric				■					■			
Banda transportadora 2	Garment Electric				■					■			
Banda transportadora 3	Garment Electric					■					■		
Banda transportadora 4	Garment Electric					■					■		
Banda transportadora 5	Garment Electric						■					■	
Banda transportadora 6	Garment Electric						■					■	
Banda transportadora 7	Garment Electric							■					■
Banda transportadora 8	Garment Electric							■					■
Taponadora	Vacumm Capping	■							■				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel 365.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

A continuación, se detallan los datos obtenidos sobre la propuesta de un sistema de automatización de llenado de suero oral:

5.1.1. Interpretación

El fin de del desarrollo de un nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral es la optimización de los recursos implicados en el proceso productivo por lo cual se busca reducir los costos de operación como también mejorar la capacidad productiva del proceso de llenado de suero oral.

5.1.2. Aplicación

Para el desarrollo del nuevo proceso de llenado de suero oral se debe de contar con todos los requerimientos establecidos, debido a que el suero oral es el principal producto del a planta farmacéutica, es necesario definir paros programados para la aplicación del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral.

Se debe de contar con el compromiso de cada uno de los implicados en desarrollar el nuevo proceso de llenado de suero oral, tanto los operaros, los técnicos de mantenimiento, como también los jefes de los departamentos de producción, operaciones y mantenimiento, para contemplar cada uno de los problemas que pueden presentar durante la aplicación del nuevo proceso.

5.1.2.1. Ventajas y beneficios

El nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral tiene ventajas y beneficios que se describirán a continuación:

5.1.2.2. Eficiencia del proceso

Uno de los mayores beneficios es la mejora de la eficiencia del proceso debido a que la nueva metodología del proceso y la nueva distribución del proceso, generarán que el llenado de suero oral sea más eficiente. Se mejorará la calidad del producto para satisfacer a los clientes y se mejorará la capacidad productiva del proceso de llenado de suero oral que permitirá ampliar la cartera de clientes de la empresa.

5.1.3. Organización

Con la nueva distribución de la maquinaria, la remodelación de las áreas y la nueva distribución del personal, el nuevo proceso de llenado de suero oral facilitará la organización del mismo, lo cual presentará ambientes más amplios para llevar a cabo el proceso productivo, ambientes más organizados y limpios y facilidad del control en el proceso de llenado de suero oral.

5.2. Mejora continua

Es importante que todo proceso se mantenga en mejora continua por lo cual se tomaron los siguientes factores a mejorar constantemente en el nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral:

5.2.1. Actualización de la maquinaria

La actualización de la maquinaria es uno de los aspectos más importantes en la mejora continua del nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral, debido a que la tecnología avanza a pasos agigantados, es importante mantenerse al día con los nuevos equipos que se presenten con los años, debido a que la maquinaria toma uno de los papeles más importantes en el nuevo proceso de llenado de suero oral, es importante renovarla con los años para mejorar la capacidad productiva del proceso constantemente.

5.2.2. Evaluación de desempeño

La evaluación de desempeño permitirá realizar la supervisión constante del proceso productivo para determinar el desempleo del mismo, tanto individualmente como el proceso en general, por lo cual es importante realizarlo periódicamente para corregir errores o mejorar el nuevo proceso de llenado de suero oral.

5.3. Acciones correctivas

Debido a que a la hora de implementar un nuevo proceso productivo existen una variedad de problemas que será necesario evaluarlos y resolverlos por lo cual se manejarán las siguientes acciones:

5.3.1. Implementación del sistema de administración de riesgos

El sistema de administración de riesgos permitirá llevar a cabo un conjunto de procesos que ayudará a la identificación, planificación, organización y control

de los recursos materiales y humanos lo cual permitirá supervisar de una mejor manera el proceso de llenado de suero oral de una manera más organizada y permitirá la reducción de riesgos y amenazas dentro del proceso productivo.

5.3.2. Evaluación de desempeño

La evaluación de desempeño medirá individualmente la operación de cada uno de los trabajadores dentro del proceso de llenado de suero oral, de esta forma se determinará el grado de cumplimiento de cada uno de los operarios y permitirá identificar los puntos de mejora dentro del personal operativo del proceso de llenado de suero oral.

5.3.3. Diagnóstico y evaluación de las causas

El diagnóstico y evaluación de las causas permitirá que se puedan identificar los riesgos y amenazas en el proceso de llenado de suero oral iniciando con el diagnóstico de la situación y luego evaluando las posibles causas que generen el problema, para tomar la decisión óptima en cada una de las situaciones que se presente.

5.4. Estadística

Con base en la estadística se llevará a cabo un mejor control de la capacidad productiva de suero oral anualmente en el laboratorio farmacéutico.

5.4.1. Análisis de la producción de suero oral anualmente

El manejo de la producción de suero oral se manejará según lo establezca el departamento de Producción, el jefe de Operaciones y el jefe del departamento

de Ventas, se establecerán metas a cumplir mensualmente, buscando en todo momento la mejora continua para mejorar la productividad de las ventas de suero oral.

5.5. Manejo del sistema de llenado de suero oral

Es importante el buen manejo del nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral por lo cual se establecen las siguientes capacitaciones e inducciones hacia el personal:

5.5.1. Capacitación para el personal operativo

La capacitación del personal operativo debe de ser periódico, la cual va ir dirigida a la metodología de operación que se utiliza para el desarrollo del nuevo proceso de llenado de suero oral, así como el ajuste de la maquinaria durante los distintos procesos productivos alrededor de todo el sistema automatizado.

Se realizarán distintas capacitaciones para el adiestramiento del personal y de esta manera poder generar un proceso más productivo.

5.5.2. Capacitación del *software* de programación

La capacitación del *software* de programación será dirigida al técnico electrónico de mantenimiento, con el fin de poder manejar todas las funciones que se encuentren dentro del *software*, para poder programarlo de la manera más conveniente según el nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral.

5.5.3. Inducción del personal técnico mecánico y electrónico

Cada vez que se incorpore nuevo personal de mantenimiento, enfocado en el nuevo sistema automatizado de llenado de suero oral, será necesario llevar a cabo una inducción, en cual se presentará el funcionamiento completo de todo el sistema de automatización de llenado de suero oral junto con las capacitaciones necesarias para el adiestramiento correcto del nuevo personal.

5.6. Auditorías

Las auditorías permiten la evaluación del nuevo proceso de llenado de suero oral, a través de estas se puede verificar si se están realizando los procedimientos y las metodologías de manera correcta y establecer mejoras dentro de los procedimientos por lo cual dentro de la empresa se realizarán dos tipos de evaluaciones.

5.6.1. Evaluación interna

La evaluación interna será llevada a cabo por la Dirección Técnica de la planta farmacéutica en conjunto con el departamento de Garantía de Calidad en donde se evaluará cada uno de los procedimientos, documentación y metodología con base en el informe 32/guía 92 C.A.

5.6.2. Evaluación externa

De igual forma como la evaluación interna, la evaluación externa se realizará con base en el informe 32/guía 92 C.A. por parte del Ministerio de Salud, el cual evaluará las condiciones del laboratorio farmacéutico enfocados en los

procedimientos, documentación y metodologías que realicen en sus procesos productivos.

CONCLUSIONES

1. Al desarrollar el nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral, se estima un aumento de la capacidad productiva del proceso en 268,57 % con relación al antiguo proceso, produciendo una cantidad de 328 unidades por hora hombre en comparación a las 70 unidades por hora hombre producidos actualmente, evidenciando un aumento muy significativo.
2. Implementando el nuevo proceso de llenado de suero oral, se disminuirán los costos de mano de obra en 57,33 %, debido a que el nuevo sistema automático permite la reducción de operarios alrededor de todo el proceso de llenado de suero oral.
3. Contando con el nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral, se mejorarán los tiempos de producción con relación al antiguo procedimiento, se reducirá en un 61,54 % los tiempos de producción de llenado de suero oral.
4. Se reducirán los desperdicios de producto en el nuevo proceso de llenado de suero oral en un 90 %, debido a la mejora en el control y el manejo del producto durante todo el proceso.
5. Con el reordenamiento de las líneas de producción, la distribución de la maquinaria y el desarrollo de la nueva metodología en el proceso, permitirá un mejor control de la producción de suero oral, reduciendo los

desperdicios, reduciendo los tiempos de ocio y mejorando el orden del producto en proceso.

6. Con la integración de los elementos neumáticos, mecánicos y electrónicos para el desarrollo del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral se logrará trabajar con una efectividad del 88,98 %.
7. Al realizar la evaluación de la viabilidad del desarrollo del nuevo sistema de automatización de llenado de suero oral, se obtuvo un costo-beneficio de 1,67, lo cual evidencia un aumento en las ganancias al llevar a cabo el nuevo proceso de llenado de suero oral.

RECOMENDACIONES

1. Brindar las capacitaciones necesarias para el manejo correcto de todo el sistema de automatización de llenado de suero oral, tanto al personal operativo, como a los técnicos en mantenimiento.
2. Establecer un proceso estandarizado de operación (PEO), en el cual se describa detalladamente cada una de las operaciones que se debe de realizar durante el proceso de llenado de suero oral.
3. Mantener un control periódico de los indicadores de eficiencia para determinar los puntos de mejora durante el desarrollo del nuevo proceso de llenado de suero oral.
4. Cumplir con los mantenimientos preventivos y correctivos de la maquinaria y equipos cuando sean programados y necesarios, para aumentar la vida útil de los equipos y evitar los retrasos en producción por maquinaria en mal estado.
5. Supervisar constantemente el orden y limpieza del proceso de llenado de suero oral, para evitar accidentes y retrasos en la producción.
6. Establecer las auditorías internas para detectar las áreas de oportunidad que permitan desarrollar mejoras y eliminar problemas en el proceso de llenado de suero oral.

7. Mantener un control de la maquinaria y equipos para la actualización de los mismos para la mejora continua del proceso de llenado de suero oral.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR CRUZ, Ricardo Daniel. *Diseño de un banco de pruebas para bombas hidráulicas de alto caudal y presión*. [en línea]. <<http://www.repositorio.usac.edu.gt/133/1/Ricardo%20Daniel%20Aguilar%20Cruz.pdf?fbclid=IwAR1d9QWIf-6B-UGg565e1MYnu1KlzfYz14Eg-be22pfQpLIKggjB0tZE5ak>>. [Consulta: 18 de mayo de 2020].
2. ALVEAR CHING, Edgar Daniel. *Diseño de un sistema automatizado para mejorar la productividad en la etapa de laminado en la fabricación de la pasta wantan en la empresa Yuc Wa*. [en línea]. <http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/1687/1/TL_AlvearChingEdgar.pdf>. [Consulta: 12 de mayo de 2020].
3. ARELLANO BELTRÁN, Juan Carlos. *Automatización de máquina cortadora de latón para forja utilizando un PLC para la fábrica Esacontrol* [en línea]. <<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2753>>. [Consulta: 12 de mayo de 2020].
4. IZZEPI OLIVA, Erwin Alfredo. *Evaluación del montaje y distribución de una máquina de llenado de agua purificada en garrafón*. [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0424_Ml.pdf?fbclid=IwAR3g_kPF9WGmE-7RYJcWwlxOZCfnQlqB-r6jk34yypgu8PgDJoM7T5YB_Kg>. [Consulta: 13 de mayo de 2020].

5. JOEL SALINAS, Marco Andrés. *Diseño y desarrollo de un sistema de automatización para modernización de una máquina extrusora de cables basado en PLC.* [en línea]. <<http://hdl.handle.net/11673/13183>>. [Consulta: 13 de mayo de 2020].

6. LARA JUÁREZ, Karen Jane. *Automatización del proceso de envasado de shampoo en una planta de producción de cosméticos.* [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0716_Ml.pdf?fbclid=IwAR3GEGCobN8YGmV7heGI9Pahaz4Is-JExe1r2caV_X-XNpws88i3KeMC7yl>. [Consulta: 17 de mayo de 2020].

7. LORENZO LLEDÓ, Gonzalo. *Automatización de una planta industrial.* [en línea]. <<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10056/1/Suficiencia%20Gonzalo.pdf>>. [Consulta: 18 de mayo de 2020].

8. PALMA CHAUCA, Steve Alexander. *Propuesta de diseño para la fabricación de máquina automatizada para optimizar la operación de cortes rectos en la manufactura de muebles en melanina.* [en línea]. <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/urp/434/Palma_sa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. [Consulta: 24 de mayo de 2020].

9. REYES ARCE, Lilia Ester. *Estudio de factibilidad para el montaje de una planta de producción de jalea a partir del aprovechamiento de la pulpa de banano de desecho en el municipio de Tiquisate, departamento de Escuintla.* [en línea]. <http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_4555.pdf?fbclid=IwAR19>

DxRubp2lv7o2j4Dd0Zd-2NuL0nliGqZUeUVmnay5y5Z8KH-
QZnuRZaw≥. [Consulta: 18 de mayo de 2020].

10. ROMERO ESCOVAR, Diana María. *Propuesta de automatización de los procesos de verificación y despachos en una empresa panificadora.* [en línea].
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/7303/tesis301.pdf?sequence=1&isAllowed=y>≥. [Consulta: 24 de mayo de 2020].

