



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.”

**OJEDA MERA DAVID EFRÉN
OCHOA JARAMILLO MARCELO GABRIEL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2016**

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2015-11-08

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

OJEDA MERA DAVID EFRÉN
OCHOA JARAMILLO MARCELO GABRIEL

Titulado:

“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.”

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR

Ing. Carlos José Santillán Mariño
ASESOR

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: OJEDA MERA DAVID EFRÉN

TRABAJO DE TITULACIÓN: **“REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.”**

Fecha de Examinación: 2016-12-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendáriz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Jhonny M. Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Carlos José Santillán Mariño ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendáriz Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: OCHOA JARAMILLO MARCELO GABRIEL

TRABAJO DE TITULACIÓN: “REPOTENCIACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA ENVASADORA DE LÍQUIDOS VERTICAL PARA LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.”

Fecha de Examinación: 2016-12-21

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendáriz Puente PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Jhonny M. Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Carlos José Santillán Mariño ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marco Almendáriz Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Ojeda Mera David Efrén

Ochoa Jaramillo Marcelo Gabriel

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Ojeda Mera David Efrén y Ochoa Jaramillo Marcelo Gabriel, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Ojeda Mera David Efrén
Cédula de Identidad: 180411547-3

Ochoa Jaramillo Marcelo Gabriel
Cédula de Identidad: 240007437-9

DEDICATORIA

Dedico a Dios, quien por su sublime gracia e infinita misericordia me ha guiado al cumplimiento de esta meta como un escalón más en sus propósitos eternos.

A mis padres que con ahínco, amor y paciencia se han esforzado por la superación integral mía y de mi hermano, a quien también dedico el presente, siendo mi amigo y compañero. A mi familia que a pesar de los momentos difíciles jamás se han dado por vencidos enseñándome a luchar por aquello que amamos.

A mi novia Naty, quien me ha animado y apoyado en cada paso de este proceso fortaleciéndome en la confianza hacia Dios.

A mis familiares que siempre me han apoyado y han buscado mi bienestar y el de mi familia.

David Efrén Ojeda Mera

A Dios, quien me ha guiado por el buen camino, por la sabiduría y la fortaleza que me ha brindado a lo largo de estos años para enfrentar cada uno de los obstáculos hasta alcanzar esta tan anhelada meta.

A mis queridos padres, hermana y hermanos por ser mi fuente de motivación e inspiración, que con sus sabias palabras me enseñaron siempre a seguir adelante con perseverancia cumpliendo cada una de mis metas.

A mi novia, Karina Alvarado, por estar siempre a mi lado brindándome su amor, cariño y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mis amigos y familia en general, que han influenciado en mi vida, dándome los mejores ánimos y consejos para esforzarme por ser cada día mejor.

Marcelo Gabriel Ochoa Jaramillo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme a la exitosa culminación de una meta más en mi vida y por realizar toda la provisión necesaria para tal fin.

Agradezco a mi familia por impulsarme a completar este proceso, a mi novia Naty por animarme siempre, a mi hermano en la fé Nelson Vasco por compartir sus conocimientos y valiosa experiencia.

Agradezco a los ingenieros Jhonny Orozco y Carlos Santillán, por su confianza y aportes que permitieron culminar con éxito el presente proyecto.

A escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH, a todo su cuerpo docente y administrativo.

David Efrén Ojeda Mera

Agradezco a Dios por la vida, por sus bendiciones, por ser la luz de mi camino, por permitirme vivir y culminar con excelencia una meta más en mi vida.

A mis queridos padres, hermana, hermanos y amigos por su apoyo, confianza, cariño, aprecio, por ser un ejemplo a seguir, orientándome y formándome como persona durante todo el trayecto de mi vida y a mi novia, Karina Alvarado por su amor incondicional, sus conocimientos, aprecio y comprensión.

Agradezco al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Carlos Santillán que con su gran experiencia realizaron valiosas aportaciones que hicieron posible la culminación del presente proyecto de titulación.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por permitirme ser un profesional útil a la sociedad y desarrollo del país.

Marcelo Gabriel Ochoa Jaramillo

CONTENIDO

Pág.

1. MARCO REFERENCIAL

1.1	Introducción	1
1.2	Antecedentes	2
1.3	Planteamiento del problema	3
1.4	Justificación.....	4
1.4.1	<i>Justificación teórica</i>	4
1.4.2	<i>Justificación práctica</i>	4
1.4.3	<i>Justificación metodológica</i>	5
1.5	Objetivos	5
1.5.1	<i>Objetivo general</i>	5
1.5.2	<i>Objetivos específicos</i>	6

2. MARCO TEÓRICO

2.1	Automatización: generalidades	7
2.1.1	<i>Objetivos de la automatización</i>	8
2.2	Tipo de maquinaria	8
2.2.1	<i>Envasadora volumétrica</i>	8
2.2.2	<i>Circulación de líquido por gravedad</i>	9
2.3	Sistema de mando o control	9
2.3.1	<i>PLC</i>	9
2.3.2	<i>Tarjetas electrónicas</i>	11
2.3.3	<i>Logo</i>	11
2.3.3.1	<i>Módulos de expansión</i>	13
2.3.3.2	<i>Programación</i>	13
2.3.3.3	<i>Comunicación</i>	14
2.3.3.4	<i>Estructura</i>	14
2.3.4	<i>Contactor</i>	15
2.3.5	<i>Guardamotor</i>	16
2.3.6	<i>Protección Eléctrica</i>	17
2.3.6.1	<i>Protección contra sobrecargas</i>	17
2.3.7	<i>Pirómetro</i>	17
2.3.8	<i>Botonera</i>	18
2.3.9	<i>Luces piloto y buzzer</i>	18

2.4	Sistema mecánico.....	19
2.4.1	<i>Motor de velocidad variable</i>	19
2.4.2	<i>Chumaceras</i>	19
2.4.3	<i>Polea</i>	20
2.4.4	<i>Banda</i>	20
2.4.5	<i>Piñón y cadena</i>	20
2.4.6	<i>Guiado y arrastre</i>	21
2.5	Sistema neumático	22
2.5.1	<i>Unidad de mantenimiento FLR</i>	22
2.5.2	<i>Electroválvula</i>	23
2.5.3	<i>Silenciador</i>	23
2.5.4	<i>Actuadores neumáticos</i>	23
2.6	Sistema de sellado	24
2.7	Sistema de formación de funda.....	25
2.8	Sistema de impresión de fecha.....	25
2.8.1	<i>Información del equipo</i>	26
2.9	Sistema de llenado.....	27
2.9.1	<i>Válvula electrocheck, información del equipo</i>	27
2.9.2	<i>Bomba, información del equipo</i>	27
2.10	Resistencia de materiales	28
2.10.1	<i>Esfuerzo cortante</i>	28
2.10.2	<i>Esfuerzo de flexión</i>	28
2.11	Empaques flexibles en la industria alimenticia.....	29
2.11.1	<i>Propiedades necesarias con las que debe contar los empaques flexibles</i>	29
2.11.2	<i>Material empleado en empaques flexibles</i>	29
2.11.2.1	<i>Polietileno</i>	30
2.11.3	<i>Configuraciones comunes de empaques flexibles</i>	30
2.12	Politetrafluoroetileno (P. T. F. E.).....	31
2.12.1	<i>Aplicaciones</i>	31
2.12.2	<i>Presentación</i>	32
2.13	Desinfección mediante luz uv	32
2.13.1	<i>Ventajas de la luz UV</i>	32
2.13.2	<i>Desventajas de la luz UV</i>	33
3.	EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO	
3.1	Estado general de la envasadora	34
3.2	Identificación de sistemas	34

3.3	Evaluación de los componentes de los sistemas	35
4.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	
4.1	Parámetros y variables de diseño	44
4.1.1	<i>Sistema mecánico.</i>	44
4.1.1.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	44
4.1.1.2	<i>Variables de diseño.</i>	44
4.1.2	<i>Sistema de sellado.</i>	45
4.1.2.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	45
4.1.2.2	<i>Variables de diseño.</i>	46
4.1.3	<i>Sistema de formación de envase.</i>	46
4.1.3.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	46
4.1.4	<i>Sistema de dosificación.</i>	46
4.1.4.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	46
4.1.4.2	<i>Variables de diseño</i>	47
4.1.5	<i>Sistema de control y mando.</i>	47
4.1.5.1	<i>Parámetros de diseño.</i>	47
4.1.5.2	<i>Variables de diseño.</i>	47
4.2	Diseño del equipo.....	47
4.2.1	<i>Dimensionamiento del eje de transmisión del sistema de transmisión</i>	47
4.2.2	<i>Diseño del sistema de control y mando</i>	57
4.2.2.1	<i>Selección del controlador del sistema</i>	58
4.2.2.2	<i>Diagrama de conexiones del logo!</i>	59
4.2.2.3	<i>Conexión de entradas</i>	59
4.2.2.4	<i>Diagrama unifilar del sistema neumático</i>	60
4.2.2.5	<i>Conexión de salidas</i>	60
4.2.3	<i>Programación del sistema de control y mando</i>	63
4.2.3.1	<i>Lógica de programación</i>	63
4.2.3.2	<i>Configuración del software libre logosoft comfort v8</i>	63
4.2.3.3	<i>Identificación de símbolos a usarse en la programación</i>	64
4.2.3.4	<i>Interfaz PC – LOGO.</i>	65
4.2.3.5	<i>Bloqueo de doble señal de presentación</i>	67
4.2.3.6	<i>Desarrollo de la programación</i>	68
4.2.4	<i>Diagrama eléctrico</i>	69
4.3	Construcción del equipo.....	71
4.3.1	<i>Repotenciación</i>	72
4.3.2	<i>Construcción de sistemas nuevos</i>	79

4.4	Pruebas y funcionamiento	80
5.	ESTUDIO DE COSTOS	
5.1	Costos de repotenciación y automatización	89
5.1.1	<i>Costos totales de repotenciación y automatización</i>	91
5.2	Costos del proyecto	92
5.2.1	<i>Costos directos</i>	92
5.2.2	<i>Costos indirectos</i>	93
5.2.3	<i>Costos de venta</i>	94
5.2.4	<i>Depreciaciones</i>	94
5.2.5	<i>Costos totales</i>	94
5.3	Ingresos del proyecto	95
5.4	Estado de pérdidas y ganancia	96
5.5	Flujo neto de efectivo	97
5.6	Punto de equilibrio	98
5.7	Rentabilidad	98
5.8	Valor actual neto (VAN)	99
5.9	Tasa interna de retorno (TIR)	100
5.10	Período de recuperación de capital (PRC)	100
5.11	Relación beneficio/costo	101
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1.	Conclusiones	102
6.2.	Recomendaciones	103

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Identificación de sistemas 34
2	Evaluación del sistema estructural 35
3	Evaluación del sistema mecánico 36
4	Evaluación del sistema de arrastre 37
5	Evaluación del sistema de formado 38
6	Evaluación de sistema de llenado 39
7	Evaluación del sistema de sellado y corte 40
8	Evaluación del sistema neumático 41
9	Evaluación del sistema de control y mando 42
10	Resultados de la evaluación 43
11	Resultados de la evaluación 57
12	Parámetros del líquido a envasar 58
13	Comparación de dispositivos 58
14	Conexiones de entradas 59
15	Conexiones de salidas 61
16	Codificación de partes de la máquina 71
17	Sistema estructural 72
18	Sistema mecánico 73
19	Sistema de arrastre de plástico 74
20	Formador de funda 75
21	Sistema de llenado 75
22	Sistema de sellado y corte 76
23	Sistema neumático 77
24	Sistema de mando y control 78
25	Sistema de impresión de fecha 79
26	Sistema de desinfección UV 80
27	Prueba del sistema de control y mando 81
28	Prueba del sistema de formado 81
29	Prueba del sistema de arrastre 82
30	Prueba del sistema mecánico 83
31	Prueba del sistema neumático 84
32	Prueba del sistema de sellado y corte 85
33	Prueba del sistema de llenado 86
34	Prueba del sistema de fechado 87
35	Prueba del sistema de desinfección UV 88

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
1	Envasadora de líquidos vertical 8
2	PLC S7-1200..... 10
3	Arduino uno 11
4	Logo Basic 230RCE con módulo de expansión 230RCE..... 13
5	LOGO! Basic 230 RC 14
6	Módulo de expansión DM8 230RCE..... 15
7	Contactador 16
8	Guardamotor 16
9	Fusible 17
10	Pirómetro..... 18
11	Botonera 18
12	Motoreductor..... 19
13	Chumacera 19
14	Polea..... 20
15	Banda 20
16	Piñón y Cadena 21
17	Rodillos de arrastre 21
18	FRL 22
19	Electroválvula 5/2 23
20	Silenciador 23
21	Cilindro de doble efecto 24
22	Mordaza vertical y horizontal 25
23	Formador de funda 25
24	Fechadora semi-automática..... 26
25	Válvula Electrocheck 27
26	Bomba SAER M INOX 28
27	Funda de polietileno 30
28	Funda de politetrafluoroetileno 31
29	Luz UV 32
30	Diagrama unifilar del sistema neumático..... 60
31	Conexiones de entradas y salidas de LOGO!..... 62
32	Esquema del entorno de LOGOSoft 64
33	Contacto normalmente abierto 64
34	Contacto normalmente cerrado 64
35	Bobina 65
36	Temporizador retardo a conexión 65
37	Contador adelante/atrás 65
38	FInterfaz PC-LOGO..... 66
39	Dirección IP 66

40	Contraseña LOGO.....	67
41	Programación de bloqueo doble señal	67
42	Alarma sonora-visual ocasionada por doble señal	68
43	Diagrama de conexiones LOGO!.....	70

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Programmable Logic Controller
LOGO	Módulo Lógico Universal de Siemens
LADDER	Lenguaje de programación en escalera
CÍA	Compañía
LTDA	Limitada
AISI	American Iron and Steel Institute
SAE	Society of Automotive Engineers
IEC	International Electrotechnical Commission
V	Volumen
Q	Caudal
PE	Punto de Equilibrio
PEU	Punto de Equilibrio en Unidades
FNE	Flujo Neto de Efectivo
VAN	Valor Actual Neto
TIR	Tasa Interna de Retorno
PRC	Periodo de Recuperación de Capital
RB/C	Relación Beneficio/Costo

LISTA DE ANEXOS

- A** Estado Inicial de la Envasadora
- B** Trabajos de repotenciación

RESUMEN

El presente trabajo de titulación repotenciación y automatización de una envasadora de líquidos vertical para la CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA., es repotenciar y automatizar dicha máquina que se encuentra inoperante debido a daños iniciales en su sistema de mando, esto acompañado de una falta de interés por su inmediata reparación y la falta de un plan de mantenimiento que llevó al deterioro progresivo de la misma. Este proyecto comprende la puesta en marcha de la envasadora mediante la repotenciación de sus sistemas así como de su automatización, de manera que se produzcan en ella bebidas en envase de plástico flexible en presentaciones de 100 ml, 160 ml, 250 ml y 300 ml manteniendo estándares de calidad con baja variabilidad. Para llevar a cabo la repotenciación se analizó el estado de servicio inicial de los equipos y elementos de máquina para así determinar cuáles de ellos deben ser reemplazados o requieren un dimensionamiento y cuáles pueden ser reutilizados. Para la automatización se utilizó un dispositivo de mando o control LOGO mediante lenguaje de programación LADDER en el software libre LOGOSoft de la marca SIEMENS. El resultado de este trabajo fue lograr la automatización y repotenciación de la máquina con un correcto funcionamiento lista para entrar en operación. Una vez terminando el trabajo se concluye que luego de haber hecho el análisis y recambio de las partes obsoletas, realizar la respectiva automatización y pruebas de funcionamiento, la máquina cumple con los requerimientos para su correcto funcionamiento y operación. Se recomienda revisar el manual de operación de la máquina para evitar accidentes de trabajo y garantizar su buena operación.

PALABRAS CLAVES: <REPOTENCIACIÓN>, <AUTOMATIZACIÓN>, <LOGO(DISPOSITIVO DE MANDO O CONTROL)>, <LOGOSOFT(SOFTWARE)>, <LADDER(LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN)>, <TUNGURAHUA(PROVINCIA)>, <SAN PEDRO DE PELILEO(CANTÓN)>, <COTALÓ(PARROQUIA)>.

ABSTRACT

The present graduation work is the repowering and automation of a vertical liquid bottler for CORPORACION BIMARCH CIA. LTDA., is to repower and to automate this machine that is inoperative due to initial damages in its control system, this accompanied by a lack of interest for its immediate repair and the lack of a maintenance plan that led to the progressive deterioration of it. This project includes the start-up of the bottling plant by the repowering of its systems as well as its automation, so that drinks in flexible plastic containers can be produced in 100 ml, 160 ml, 250 ml and 300 ml presentations maintaining quality standards with low variability. In order to carry out the repowering the initial state of service of the elements of the equipment and the machine elements were analyzed to determine which of them must be replaced or require a sizing and which can be reused. For automation a LOGO command or control device was used by LADDER programming language in the free software LOGOSoft of the brand SIEMENS. The result of this work was to achieve the automation and repowering of the machine with a correct functioning ready to go into operation. After completing the work, it is concluded that after performing the analysis and replacement of obsolete parts, perform the respective automation and functional tests, the machine meets the requirements for its correct operation and operation. It is recommended to check the operation manual of the machine to avoid work accidents and ensure its good operation.

KEYWORDS: <REPOWERING>, <AUTOMATION>, <LOGO(COMMAND OR CONTROL DEVICE)>, <LOGOSOFT(SOFTWARE)>, <LADDER(PROGRAMMING LANGUAGE)>, <TUNGURAHUA(PROVINCE)>, <SAN PEDRO DE PELILEO(CANTÓN)>, <COTALÓ(PARRISH)>.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Introducción

La CORPORACIÓN BIMARCH CÍA LTDA es una empresa nueva enfocada al mercado de las bebidas de consumo humano a base de agua. BIMARCH se encuentra en su etapa de implementación, razón por la cual adquiere una envasadora vertical de segunda mano para la fabricación de “bolos”, la máquina se encuentra inoperante.

La máquina consta de un mecanismo de árbol de levas, finales de carrera de tipo rodillo y un controlador LOGO! V7 como principal método de automatización que accionan en un orden predeterminado un motoreductor y cilindros neumáticos, método que para la época actual, es un mecanismo sumamente obsoleto y lógicamente presenta una productividad baja en comparación a máquinas modernas diseñadas para el mismo fin.

Inicialmente la envasadora vertical se encuentra en un total estado de inoperancia debido a daños que se han ido acumulando principalmente en el sistema de mando y control, daños que perduraron, añadido a esto la falta de un plan de mantenimiento llevaron a la máquina a mencionada situación.

El proceso de repotenciación obliga a la adquisición de nuevos equipos y elementos así como al redimensionamiento, como es el caso del eje de transmisión del sistema mecánico que se dimensiona en acero de transmisión AISI 1018 para esfuerzos cortante y de flexión.

La automatización de la maquinaria se realiza con la utilización de equipo LOGO! v8, se selecciona este equipo después de un proceso de selección entre distintos controladores. El lenguaje de programación a emplearse es el lenguaje LADDER, un lenguaje de programación sencillo que utiliza simbología básica estandarizada IEC que es utilizada por todos los fabricantes.

El parámetro de diseño de este proyecto es la presentación del producto a fabricarse, en este caso cuatro presentaciones, 100 ml, 160 ml, 250 ml y 300 ml.

1.2 Antecedentes

En un principio todo proceso productivo se realizaba de forma manual con herramientas rústicas, de esta manera el resultado del producto final, cuantitativa y cualitativamente hablando, dependía exclusivamente de la habilidad de la persona que realizaba dicha tarea o actividad; con el paso de los años, buscando aumentar la cantidad de producción así como la calidad de lo ofertado al mercado, se fueron innovando las herramientas y equipos utilizados en la elaboración de los productos.

Los avances tecnológicos en materia industrial han permitido a las empresas automatizar sus procesos, siendo capaces de realizar producciones completas con casi nula intervención humana, para llegar a dicho nivel, la innovación tecnológica ha tenido que atravesar por diversas etapas; la automatización tiene sus orígenes en la revolución industrial impulsada en 1745 con la creación de la máquina de tejido controlada por tarjetas perforadas, un siglo después se inventa el primer torno automático, los controles electrónicos, neumáticos e hidráulicos fueron implementados por primera vez en máquinas de corte automáticas en 1940, más adelante se realizan grandes avances en control numérico y manufactura computarizada.

Dos de los beneficios de la automatización de procesos en comparación a las formas manuales de producción son una mayor productividad y menor variabilidad en los índices de calidad, por tales motivos tanto empresas con amplia trayectoria como empresas nuevas apuntan a la automatización de procesos como el principal camino hacia a la competitividad.

“Dentro del campo de la producción industrial, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado.” (García, 2005)

Los últimos avances en Automatización han simplificado y mejorado los procesos productivos de una manera sin precedentes.

“Gran parte de este desarrollo está fundamentado en la evolución de la demanda por parte de unos clientes cada vez más exigentes a los que los fabricantes intentan satisfacer con

nuevos producto de mayor calidad y mejores especificaciones técnicas. Debido a esto la industria en general se vuelve más competida, por lo tanto las empresas deben diseñar sus productos con tecnología mejorada para lograr sobresalir en un mercado global cada vez más competitivo. La ciencia y la tecnología han avanzado y desarrollado técnicas e instrumentos que se unen para lograr este objetivo de competitividad.” (García, 2005)

1.3 Planteamiento del problema

Un fallo inicial en el sistema de mando y control de la envasadora, acompañado de un desinterés en su inmediata reparación y la ausencia de un plan de mantenimiento, fueron los impulsores de un deterioro progresivo, actualmente la parte de mando de la envasadora, así como mangueras y otros elementos neumáticos se encuentran averiados y hacen imposible el accionamiento de la maquinaria.

Dado los daños en la envasadora no es posible accionarla, por lo tanto no se puede conocer el tiempo de ciclo por unidad de la envasadora ni el volumen de la presentación que la misma ofrece, al ser una máquina antigua y al no poseer un etiqueta del fabricante no ha sido posible encontrar una envasadora del mismo modelo o similar a esta con el fin de conocer la productividad de este tipo de maquinaria, dato que se desea conocer como referencia del estado inicial de la envasadora.

El método de automatización se realiza en la envasadora por medio de un mecanismo de árbol de levas conducido, a través de una cadena, por el mismo motoreductor utilizado para el arrastre de plástico en la envasadora, sobre cada leva se asienta un final de carrera tipo rodillo y en una secuencia determinada, cada uno de los finales de carrera cierran sus contactos, dando paso a impulsos eléctricos que accionan sus respectivos elementos en la envasadora, el rozamiento entre los rodillos y las levas, así como el continuo accionamiento en los contactos de los finales de carrera desgastan los mismos, este desgaste y las pérdidas por transmisión del motoreductor hacia el árbol de levas le restan precisión al proceso, generándole una elevada variabilidad lo cual afecta a los estándares de calidad del producto terminado.

Al ser una empresa nueva que está a poco tiempo de iniciar sus actividades productivas y al ser de tipo familiar, la CORPORACIÓN BIMARCH CÍA. LTDA no posee una

cantidad considerable de dinero para invertir en maquinaria nueva, por lo cual se ve en la obligación de adquirir maquinaria de segunda mano a la cual es necesario, realizarle trabajos de rehabilitación para después proceder a la actualización de su tecnología en materia de automatización.

1.4 Justificación

1.4.1 *Justificación teórica.* El presente proyecto cuenta con información tomada de varios medios, tanto bibliográficos y de la web.

La información y conocimientos acumulados son un compendio de nuevas técnicas desarrolladas a través de la innovación tecnológica y el conocimiento acumulado por años de experiencia de autores cuyas obras se mencionan en la sección bibliográfica del presente documento, añadiendo a esto, el conocimiento generado en experiencias previas desarrolladas en el mismo campo de aplicación, es así que se expone la información necesaria de forma clara y concisa, información y conocimiento que sirve de aporte para el desarrollo de las bases teóricas del presente trabajo y adquisición de nuevos conocimientos y técnicas aplicables para el desarrollo del proyecto.

Los principios de Automatización de Procesos, así como el conocimiento sobre actuadores neumáticos y sensores son aplicados al área operativa de la envasadora, asimismo, conceptos como Esfuerzo Cortante y Esfuerzo de Flexión provenientes de la Resistencia de Materiales se aplican en dicha área.

Para la parte de mando de la envasadora, que permite el control de los mecanismos se recurre a un autómata programable (LOGO) mediante el uso de lenguajes de programación y una interfaz PC – LOGO para desarrollar un ciclo de producción repetitivo con el mínimo de intervención humana.

1.4.2 *Justificación práctica.* Dentro del sector industrial, la implementación de este proyecto resulta en la alternativa más viable para el inicio de las actividades económicas de la CORPORACIÓN BIMARCH CIA LTDA, ya que, permitirá a la envasadora tener una productividad mayor a la maquinaria de su época y acercarse a la productividad que mucha maquinaria moderna presenta, además, permitirá obtener una mayor cantidad de

producto terminado en el mismo tiempo de lo que se realizaría manualmente, manteniendo un estándar de calidad con poca variabilidad.

En el sector académico, la implementación de un LOGO! 230R 8E/4S programado mediante lenguaje LADDER utilizando el programa informático LOGOSoft permitirá aplicar conocimientos de Automatización de Procesos en la parte de mando de la envasadora. Los principios de Resistencia de Materiales aplicados al área operativa se hacen visibles en el dimensionamiento del eje de transmisión del sistema mecánico.

La respuesta por parte de la escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH a la solicitud que la industria ha presentado, demuestra la capacidad y actualidad de la carrera frente a las exigencias de la industria, demuestra también el compromiso de la escuela de Ingeniería Industrial en su vinculación con la comunidad y favorece a la formación de futuros profesionales en la aplicación de conocimientos teórico-prácticos acumulados en el transcurso de estudio de la carrera.

1.4.3 *Justificación metodológica.* El método a utilizarse es el método deductivo. Conocimientos generales sobre Automatización de Procesos y Resistencia de Materiales impartidos a lo largo del proceso académico, son inferidos a las necesidades particulares de la envasadora.

Las fases del trabajo de titulación de la metodología propuesta permiten llevar las actividades planteadas en un orden lógico y sistemático, de tal manera, que no se podrá pasar a la siguiente actividad de la metodología mientras no se haya culminado con éxito la actividad previa, esto permite llevar a cabo el proyecto de una manera ordenada y mantener un índice del nivel de avance del mismo.

1.5 **Objetivos**

1.5.1 *Objetivo general.* Repotenciar y automatizar una envasadora de líquidos vertical para la CORPORACIÓN BIMARCH CIA LTDA.´

1.5.2 *Objetivos específicos.*

- Analizar la situación actual de la envasadora de líquidos vertical.
- Elaborar el fundamento teórico para la repotenciación y automatización de la envasadora de líquidos vertical.
- Evaluar el estado de servicio de los elementos de máquina de la envasadora vertical.
- Implementar los equipos y elementos necesarios para la repotenciación y automatización de la envasadora.
- Comprobar el correcto funcionamiento de la envasadora una vez repotenciada y automatizada por medio de una serie de pruebas.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Automatización: Generalidades

La automatización se define como la aplicación de sistemas computarizados para el control no solo de maquinaria sino también de procesos, lo cual reduce la variabilidad en los procesos que puede ser originada por el recurso humano. (Getiopolis, 2016)

La automatización de procesos hace uso de medios electrónicos para controlar el encendido o apagado de todo tipo de actuadores. Esto es posible ya que los equipos electrónicos desarrollados para tales fines son programables, es decir, cada persona que haga uso de estos equipos puede desarrollar una programación específica según sus necesidades y cargarla al elemento electrónico; el orden y tiempo de encendido y apagado de cada uno de los actuadores estará determinado por la programación desarrollada. Estos avances tecnológicos han permitido automatizar algunas tareas que podrían resultar altamente peligrosas para el ser humano o aquellas actividades que requieren de una precisión muy elevada.

En los sistemas automatizados se diferencian dos partes principales, la parte de mando o control y la parte de fuerza o parte operativa.

La parte de mando o control es la parte del sistema automatizado que hace uso propiamente de la automatización, es en esta parte del sistema donde se encuentran los elementos electrónicos programados, los cuales poseen la programación de encendido y apagado de los actuadores que se encuentran en la parte de fuerza o parte operativa.

La parte operativa es la parte del sistema que realiza el trabajo útil para desarrollar una actividad, los actuadores que se encuentran en la parte operativa podrían ser motores, cilindros, luces, sirenas, contactores, relés, entre otros; cada uno de estos actuadores entrarán en funcionamiento cuando la parte de mando o control envíe la señal de encendido correspondiente.

2.1.1 *Objetivos de la automatización.* Los objetivos de la automatización dentro del campo industrial son:

- Incrementar la productividad de las empresas
- Reducir los costos de fabricación y mantenimiento
- Elevar y mantener estables los estándares de calidad
- Incrementar el nivel de seguridad en el trabajo
- Obtener procesos de trabajo más precisos y estables
- Automatizar actividades que pueden ser peligrosas o dañinas para el ser humano

2.2 **Tipo de maquinaria**

Las máquinas envasadoras se pueden clasificar de acuerdo a la forma de dosificación del producto a ser empacado, si el producto debe ser dosificado atendiendo a su masa se denominan envasadoras másicas, estas envasadoras cuentan con celdas donde se va acumulando el producto, estas celdas sensan el peso del mismo, una vez alcanzado el peso deseado unas compuertas se abren permitiendo a este caer dentro de su respectivo empaque; por otro lado, si el producto se dosifica tomando en cuenta su volumen las envasadoras se clasifican como envasadoras volumétricas.

Figura 1. Envasadora de líquidos vertical



Fuente: Autores

2.2.1 *Envasadora volumétrica.* Las envasadoras volumétricas dosifican el producto atendiendo al volumen que cada uno de los envases debe llevar, el tipo de productos que se pueden empacar en este tipo de envasadora son productos granulados, productos en polvo y productos líquidos.

La dosificación se puede realizar ya sea con un tanque reservorio secundario alimentado por el tanque reservorio principal, el tanque secundario sensa el nivel de producto y una vez alcanzado el volumen deseado las compuertas se abren para dejar pasar el producto hacia el envase final, o a su vez, la dosificación se puede realizar con electroválvulas conectadas al tanque reservorio principal, estas electroválvulas, conocidas como electrochecks, se mantienen abiertas el tiempo adecuado para dejar pasar el volumen necesario hacia los envases, en este tipo de dosificación es necesario conocer el caudal que pasa por las electroválvulas, ya que este método hace uso del principio físico $V=Q \times t$, donde V es volumen de producto que se desea envasar, Q es caudal del producto que pasa por las electroválvulas y t es el tiempo que las electroválvulas deben permanecer abiertas para lograr dosificar el volumen V.

Cuando se realiza el envasado de líquidos atendiendo a su volumen el control del caudal se puede realizar utilizando una bomba que fuerce la circulación del líquido hacia los envases, este método de circulación del líquido se emplea cuando el tanque reservorio principal se encuentra por debajo o al mismo nivel de la envasadora volumétrica, caso contrario el método de circulación se realiza por gravedad.

2.2.2 *Circulación de líquido por gravedad.* Si el tanque reservorio principal se encuentra por encima de la envasadora vertical se aprovecha la gravedad para hacer circular el líquido hacia los empaques, esto permite ahorrar energía durante el proceso de envasado, ya que elimina la necesidad de colocar una bomba que haga circular el líquido.

2.3 Sistema de mando o control

2.3.1 *PLC.* El control lógico programable (PLC) es un dispositivo electrónico, programado en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real en la industria procesos o maquinaria.

El PLC funciona a base de la información que recepta y por medio del programa lógico interno previamente realizado y cargado en el mismo, envía las señales de acción a los elementos. (PLC, 2016)

Figura 2. PLC s7-1200



Fuente: <http://www.sc.ehu.es>

2.3.1.1 Funciones básicas de un PLC.

- *Detección.* Lectura de las señales que envían los captadores del sistema de producción
- *Mando.* Elabora y envía señales de acción hacia los elementos de mando
- *Diálogo hombre-máquina.* Mantiene informado a los operarios del estado actual del proceso
- *Programación.* Elaborar un programa, modificarlo e introducirlo al PLC a conveniencia del usuario

2.3.1.2 Ventajas.

- Mínimo espacio de ocupación
- Menor coste de instalación
- Menor coste de funcionamiento
- Si alguna máquina se avería, este puede ser empleado en otra máquina
- Posibilidad de manipular varias máquinas
- Posibilidad de modificar la programación

2.3.1.3 Desventajas.

- Tener personal capacitado para el manejo de estos dispositivos
- Alto costo de adquisición
- Software con licencia de pago

2.3.2 Tarjetas electrónicas. Es un dispositivo electrónico de códigos abiertos fáciles de usar y disponibles en la web para diferentes usos. Las placas arduino se las puede ensamblar a mano y su microcontrolador emplea un programa llamado Arduino Programming Language (basado en escritura) y Arduino Development Enviroment (basado en proceso) que se los puede descargar gratuitamente. (Arduino, 2016)

Figura 3. Arduino uno



Fuente: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

Algunas ventajas de emplear tarjetas arduino son:

- Su costo de adquisición relativamente bajo
- Multiplataforma
- Entorno de programación simple y claro
- Códigos abiertos y software libre

Algunos inconvenientes que se pueden presentar son:

- No apta para ambientes de trabajos hostiles
- Necesidad otros dispositivos para manejar corrientes altas
- Conocimiento de lenguaje de programación manejado por el software
- No apta para el manejo de procesos o máquinas complejas

2.3.3 Logo. El LOGO! es un módulo lógico programable de Siemens empleado principalmente en la industria y la electrotecnia para solucionar aplicaciones cotidianas, que lleva integrados (Siemens, 2003):

- Control
- Unidad de mando y panel de visualización retro iluminado
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de expansión
- Interfaz para módulos de programación (SD CARD) y para PC
- Funciones básicas (temporizador, conexión retardada, desconexión retardada, relés, interruptores, entre otros)
- Marcas digitales y lógicas
- Entradas y salidas en función al modelo

LOGO es empleado para aplicaciones domésticas como lo son alumbrado de escaleras, control de puertas, persianas, luz exterior, construcción de armarios eléctricos para control de bombas, maquinaria y aparatos, etc. De igual manera en controles especiales en invernaderos, construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos. (Siemens, 2003)

De acuerdo a la necesidad se encuentra disponible en dos clases de tensión y versiones:

- Categoría 1: ≤ 24 es decir 12V DC, 24V DC, 24V AC
- Categoría 2: ≥ 24 es decir 115V-240V AC/DC
- LOGO BASIC (versión con pantalla): 8 entradas y 4 salidas
- LOGO PURE (versión sin pantalla): 8 entradas y 4 salidas

Cada variante dispone de un interfaz de ampliación e integra funciones básicas y especiales pre-programadas para realizar el programa.

Cada LOGO viene identificado por un código que define las características que posee siendo (Siemens, 2003):

- 12: variante a 12V
- 24: variante a 24V
- 230: variante de 115-240V
- R: salidas de relé (sin R: salidas de transistor)
- C: temporizador semanal integrado

- o: variante sin pantalla
- DM: módulo digital
- AM: módulo analógico
- CM: módulo de comunicación

Figura 4. Logo Basic 230RCE con módulo de expansión 230RCE



Fuente: Autores

2.3.3.1 Módulos de expansión. Un módulo de expansión es un accesorio que permite al LOGO ampliar el número de entradas y salidas de acuerdo a las necesidades del programador. Cada LOGO se puede ampliar únicamente con un módulo de expansión de la misma tensión y mediante una clavija mecánica que impide que se puedan conectar otros dispositivos. Además, se puede conectar más expansiones a continuación de la última que fue adaptada de acuerdo con las condiciones antes mencionadas. De esta manera existen módulos de expansión para cada LOGO! independientemente del número de entradas y salidas con las q este cuenta. (Siemens, 2003)

2.3.3.2 Programación. La programación en LOGO se la puede realizar:

- Control Directamente en el dispositivo; con ayuda de las teclas y la pantalla se puede realizar la programación.
- En el software de LOGOSoft Confort, siendo este el medio más utilizado por los programadores.

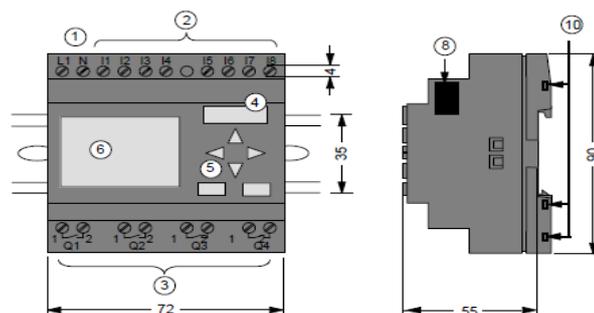
LOGOSoft Confort es un software que permite realizar el programa de forma eficaz, cómoda, confortable y clara directamente en la PC. Algunas funciones con las que cuenta son:

- Diseño del programa
- Simulación del programa para comprobar el funcionamiento del mismo.
- Poder guardar el programa en el ordenador
- Extraer programas cargados en el LOGO! a la PC
- Cargar programa de la PC al LOGO

2.3.3.3 Comunicación. Para poder conectar el LOGO a una PC se emplea un cable Ethernet, mediante el cual se va a establecer la comunicación PC-LOGO y se facilita la carga o descarga de la programación previamente diseñada. Con las nuevas versiones del software la comunicación se ha facilitado gracias a que con introducir la dirección IP del LOGO, la PC lo identifica y se puede proceder a realizar la carga o descarga de un determinado programa.

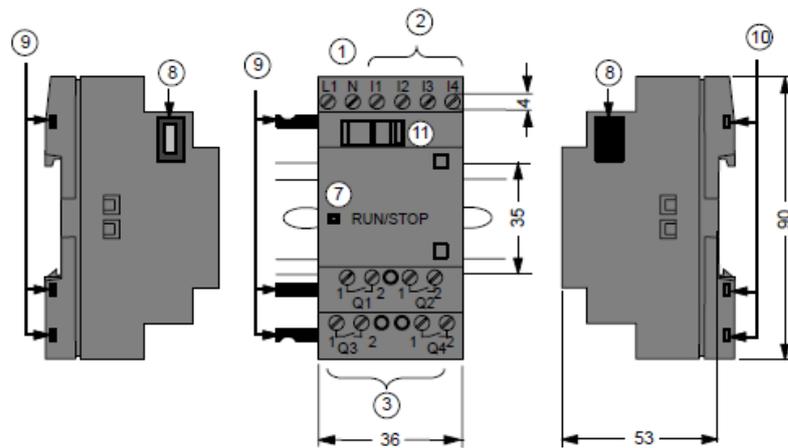
2.3.3.4 Estructura.

Figura 5. LOGO! Basic 230 RC



Fuente: Manual LOGO Siemens

Figura 6. Módulo de expansión DM8 230RCE



Fuente: Manual LOGO Siemens

- Fuente de alimentación (1)
- Entradas (2)
- Salidas (3)
- Slod para tarjeta micro SD (4)
- Panel de control (5)
- Pantalla (6)
- Indicación de estado (7)
- Interfaz para ampliación (8)
- Clavija mecánica (pernos) (9)
- Clavija mecánica (conectores) (10)
- Guía de deslizamiento (11)

2.3.4 *Contactor.* Un contactor es un dispositivo electromecánico que tiene como finalidad establecer o cortar el paso de corriente hacia un receptor o instalación. Consta de dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo en la cual no se ejerce acción alguna sobre el circuito y otra de acción o inestable que cuando actúa energiza la bobina y permite el paso de la corriente o da lugar a una acción sobre un circuito. (Valdes, 2016)

Figura 7. Contactor



Fuente: Autores

2.3.5 *Guardamotor.* Es un interruptor accionado de forma local utilizado para la protección de circuitos eléctricos y en especial para el arranque/protección de motores. Posee un interruptor (on-off), un relé de sobrecarga y un disparo magnético perfectamente combinados entre sí. Se puede accionar mediante un contactor solo cuando se necesite accionamiento a distancia. (B, 2016)

Con un solo guardamotor se pueden cubrir las siguientes funciones:

- Protección contra cortocircuitos
- Protección contra sobrecargas
- Protección contra falta de fase
- Arranque y parada
- Señalamiento

Figura 8. Guardamotor



Fuente: Autores

2.3.6 *Protección Eléctrica.* Una protección eléctrica es un dispositivo que protege y permite que un circuito eléctrico sea seguro, desde los conductores y elementos conectados hasta las personas que manipulen o han de trabajar con el mismo. (Electromecánica, 2016)

Figura 9. Fusible



Fuente: Autores

2.3.6.1 *Protección contra sobrecargas.* Una sobrecarga es el exceso de intensidad en un circuito, debido a un defecto de aislamiento, a una avería o demanda excesiva de carga de una máquina conectada a un motor eléctrico. (Electromecánica, 2016)

Las sobrecargas deben protegerse, ya que pueden dar lugar a la destrucción de los aislamientos, de una red o de los equipos inmersos en la misma. Por lo general, una sobrecarga no protegida degenera siempre en un cortocircuito. (Electromecánica, 2016)

Algunos de los dispositivos empleados para la protección contra sobrecargas son:

- Fusibles calibrados tipo gT o gF
- Interruptores automáticos magnetotérmicos
- Relés térmicos

Los dos primeros son los más utilizados para circuitos domésticos e industriales de poca demanda eléctrica, motores pequeños, al igual que para cortocircuitos siempre y cuando se utilice la calibración y calibración apropiada al circuito.

2.3.7 *Pirómetro.* Dispositivo empleado en un sistema de control que conectado a un sensor de temperatura o termocupla permite controlar la temperatura de manera automática mediante la apertura y cierre de un circuito, impidiendo que esta suba o baje del grado adecuado. La termocupla a emplearse en el pirómetro dependerá del grado de precisión y de las condiciones requeridas por medio.

Figura 10. Pirómetro



Fuente: Autores

2.3.8 *Botonera.* Una botonera es un conjunto de botones que una vez instalados en un gabinete, tablero de control o cualquier otro sitio de fácil acceso y vista general de los mandos permiten modificar el comportamiento de un proceso que mediante el envío de señales, generalmente eléctricas, accionan o desactivan diferentes elementos. Las botoneras señalizan y desempeñan un papel importante para comunicación hombre-máquina en el control de un proceso. (Electrónica, 2016)

Figura 11. Botonera



Fuente: Autores

2.3.9 *Luces piloto y buzzer.* Las luces piloto y el buzzer son elementos que nos indican las condiciones normales en las que se encuentra un dispositivo o sistema. Con ayuda de estos elementos se puede identificar la actividad que se está desempeñando en un proceso o máquina al igual que brindan un cierto grado de seguridad al darnos tanto señales sonoras como visuales de lo que requiere o pueda estar pasando dentro de un proceso.

2.4 Sistema mecánico

Es un sistema constituido principalmente por dispositivos o elementos mecánicos cuya función es transmitir o transformar movimiento desde la fuente que lo genera hasta su receptor. (Iws, 2016)

2.4.1 *Motor de velocidad variable.* El sistema comprende un motor monofásico de velocidad variable que cuenta con un mecanismo que permite regular la velocidad del mismo de acuerdo con los requerimientos de avance y arrastre del empaque.

Figura 12. Motoreductor



Fuente: Autores

2.4.2 *Chumaceras.* Es la combinación de un rodamiento radial con un axial en el cual la superficie interior donde se aloja y la parte exterior del rodamiento son esféricas permitiendo que el eje colocado en la misma sea autoalineable. (Proyesa, 2016)

Figura 13. Chumacera



Fuente: Autores

2.4.3 *Polea.* Es una rueda acanalada en toda su circunferencia que gira sobre su propio eje, por la cual pasa una cuerda o correa con el fin de transmitir movimiento o fuerza.

Figura 14. Polea



Fuente: Autores

2.4.4 *Banda.* Es un elemento mecánico muy flexible utilizado para transmitir potencia cuando existen poleas unidas a ejes. Su apariencia es de una línea unida extremo con extremo y su sección varía de acuerdo a su tipo. La duración depende de su uso, mantenimiento y trato. Son elaboradas de caucho con alambre que las hace más resistentes, durables y permite una transmisión poco ruidosa y sin patinajes. (Giga, 2016)

Figura 15. Banda



Fuente: Autores

2.4.5 *Piñón y cadena.* Una cadena es un elemento que permite transmitir movimiento giratorio entre dos ejes paralelos pudiendo modificar su velocidad pero no su sentido.

Un piñón es un una rueda dentada que está cubierta de dientes en todo su perímetro utilizada para transmisión de potencia de una rueda dentada a otra.

Mediante el sistema piñón-cadena se consigue transmitir potencias relativamente altas entre dos ejes entre sí, sin que exista resbalamiento o desprendimiento entre las dos ruedas dentadas y la cadena que es el medio de enlace entre las dos.

Figura 16. Piñón y Cadena



Fuente: Autores

2.4.6 *Guiado y arrastre.* El recorrido y arrastre de la funda es controlado por medio de un sistema de transmisión banda-polea, desde el motor hasta un eje, y piñón-cadena desde el eje hasta otro eje que porta 4 rodillos de caucho, los cuales están en contacto en todo su perímetro al girar entre sí, y al pasar la funda por intermedio de estos se produce el arrastre de la misma.

Figura 17. Rodillos de arrastre



Fuente: Autores

2.5 Sistema neumático

La envasadora cuenta con 2 cilindros neumáticos que son los encargados del corte y sellado tanto horizontal como vertical de la funda respectivamente y un cilindro adicional que destensa la funda para un mejor arrastre.

Es indispensable contar con electroválvulas, cilindros, mangueras neumáticas, silenciadores y una unidad de mantenimiento FRL para el control del flujo de aire.

2.5.1 *Unidad de mantenimiento FRL.* Es un equipo que se conecta a la entrada de un circuito neumático con el fin de purificar el aire que ingresa en el sistema de tal manera que se encuentre libre de impurezas a la vez que se consigue una presión uniforme. Consta de tres partes: (Mundocompresor, 2016)

- *Filtro.* Tiene como objetivo atrapar impurezas que arrastra el aire comprimido (polvo, restos de óxido, agua, etc.)
- *Regulador.* Tiene como misión mantener a una presión constante el aire que circula por el circuito neumático, independientemente de las variaciones que se realicen por medio del mismo.
- *Lubricador.* Una vez filtrado y regulada la presión, el aire comprimido pasa a través de un lubricador mezclándose con una capa fina de aceite que arrastra en suspensión hasta los dispositivos neumáticos lubricando los mismos disminuyendo la fricción y evitando el desgaste.

Figura 18. FRL



Fuente: Autores

2.5.2 *Electroválvula.* Son las encargadas de controlar la dirección del flujo de aire hacia los cilindros, mediante una señal eléctrica. Para este tipo de trabajo se utilizan electroválvulas 5/2 monoestables con retorno por muelle que nos facilitan la salida y retorno de los actuadores.

Figura 19. Electroválvula 5/2



Fuente: Autores

2.5.3 *Silenciador.* Se utilizan silenciadores en las salidas de aire de las electroválvulas con el fin de reducir el sonido por el desfogue del aire.

Figura 20. Silenciador

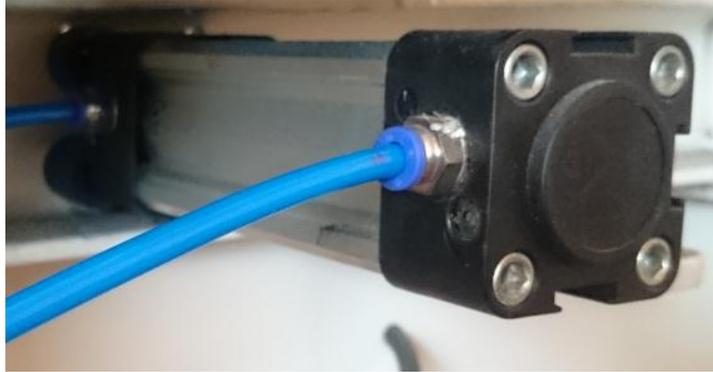


Fuente: Autores

2.5.4 *Actuadores neumáticos.* Un actuador neumático es un dispositivo que transforma la energía del aire comprimido en trabajo mecánico que puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se lo consigue mediante cilindros de émbolo mientras que el rotativo con movimientos combinados de tal forma que se consiga la rotación de un elemento. Los actuadores neumáticos pueden ser lineales, de giro o especiales, siendo los lineales los más comunes en la industria para automatización de procesos y maquinaria. Existen dos tipos fundamentales de actuadores lineales: (Tornero & Fernández, 2016)

- *Simple efecto.* Cuentan con una sola entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido y cuyo retorno se da por medio de un muelle.
- *Doble efecto.* Tiene dos entradas de aire para producir dos carreras de trabajo, tanto de entrada como de retroceso.

Figura 21. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

2.6 Sistema de sellado

El sellado del plástico es realizado por medio del calor efectuado por resistencias eléctricas (niquelinas) tanto para la unión y formado de la funda como para el corte de la misma para la obtención del producto.

El sellado vertical se lo realiza con una niquelina plana colocada en una mordaza vertical móvil, la cual empujada con una fuerza determinada por medio de un cilindro, unirá la funda correctamente formada y traslapada por el formador.

Para el sellado y corte horizontal, una mordaza móvil ubicada en forma horizontal albergará una niquelina tipo alambre la cual sellará y cortará la funda para obtener el producto ya envasado. La mordaza será empujada con una fuerza determinada sobre otra mordaza que contiene la niquelina de corte y sello correctamente instalado, así la niquelina tendrá una presión uniforme sobre la funda y se obtendrá un sellado y corte correcto.

Figura 22. Mordaza vertical y horizontal



Fuente: Autores

2.7 Sistema de formación de funda

Una parte fundamental en el proceso de empaclado o envasado de máquinas automáticas y semi-automáticas es el diseño y selección del tipo de formador que se va a emplear, tomando en cuenta la forma, tamaño y grosor de la funda y productor a empaclar o envasar. Se lo construye de tal forma que el empaque ingresa por la parte posterior y con las tapas formadoras se garantice el traslape correcto para el sellado longitudinal.

Figura 23. Formador de funda



Fuente: Autores

2.8 Sistema de impresión de fecha

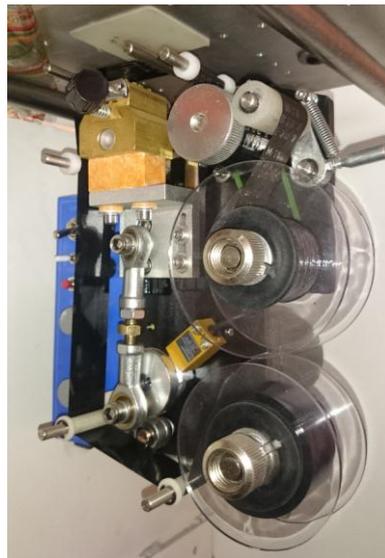
La impresión de la fecha es efectuada por una máquina impresora de fechas de forma automática, la cual es controlada directamente desde el tablero de control. Consta de una cinta y un cabezal precalentado de vaivén que al entrar en contacto con la cinta y esta con la funda imprime en forma uniforme la fecha y otros parámetros de impresión requeridos

por el fabricante y que pueden ser modificados en el cabezal móvil. El precalentado del cabezal debe tener un tiempo estimado de 5 minutos como mínimo para garantizar una impresión correcta.

2.8.1 Información del equipo.

- Fechado mediante transferencia de tinta negra al calor
- Líneas de impresión: hasta 3 líneas
- Max. 15 caracteres por línea
- Ancho de rodillo de tinta: 30 mm
- Velocidad de impresión: hasta 60 impresiones por minuto
- Tamaño de caracteres: 3 mm
- Tipo de accionamiento: Automático por ciclos o electro pedal
- Voltaje: AC 110V
- Consumo: 120 W
- Peso: 9.5 kilos
- Control de temperatura de sellado regulable
- Secado instantáneo
- Impresión sobre cartón, plásticos, papel, cuero, etc

Figura 24. Fechadora semi-automática



Fuente: Autores

2.9 Sistema de llenado

La dosificación del producto (líquido) se realiza por medio de una bomba que estará regulada a un caudal de 12 lt/min que permita llenar la funda con rapidez y sin averías en la misma. El líquido será inyectado por medio de un tubo de acero inoxidable que en la entrada del mismo se encuentra adaptada una electrocheck cuya función será dejar pasar la cantidad exacta de líquido a envasar hacia la funda. La electrocheck es accionada desde el tablero de control por una corriente eléctrica que abre una válvula dentro de la misma, deja pasar un líquido y vuelve a su posición inicial una vez desactivada.

2.9.1 *Válvula electrocheck, información del equipo.*

- Modelo: 2L123-20
- Voltaje: AC 110V
- Frecuencia: 50/60 Hz
- Tamaño de tubería: 3/4"
- Presión Mínima: 0 kg/cm²
- Presión Máxima: 10 kg/cm²

Figura 25. Válvula Electrocheck



Fuente: Autores

2.9.2 *Bomba, información del equipo.*

- Modelo: SAER M INOX
- Tensión: monofásica 230V-50Hz, trifásica 230V/400V-50Hz
- Caudal hasta 3,6 m³/h

- Altura hasta 48 m
- Temperatura de líquido bombeado: de 15° C a +50° C
- Presión máxima de funcionamiento: 6 bar
- Temperatura ambiente máxima: +40° C

Figura 26. Bomba SAER M INOX



Fuente: <http://www.saarelettropompe.com/produto/m-pompe-autoadescanti-jet/?lang=es>

2.10 Resistencia de materiales

La resistencia de materiales es una disciplina de la ingeniería mecánica la cual garantiza que las estructuras a construir o elemento mecánicos que se encuentren realizando un trabajo no se deformen excesivamente de tal manera que se construyan rígidas y resistentes. Con ayuda de la resistencia de materiales se determinará los requerimientos mínimos con los que debe contar el eje transmisor de movimiento de la envasadora vertical de líquidos. (Mott, 2009)

2.10.1 Esfuerzo cortante. El esfuerzo cortante, de corte, de cizalla o de cortadura es el esfuerzo interno o resultante de las tensiones paralelas a la sección transversal de un prisma mecánico como por ejemplo una viga o un pilar, en la cual se determina la zona donde hay mayor intensidad de fuerza por unidad de área. (Mott, 2009)

$$\tau = \frac{V}{A} \quad (1)$$

2.10.2 Esfuerzo de flexión. Es el esfuerzo que tiende a deformar un objeto. Las fuerzas que actúan son paralelas a las superficies que sostienen el objeto. (Mott, 2009)

$$r = \sqrt[3]{\frac{2T}{\tau_{max} * \pi}} \quad (2)$$

2.11 Empaques flexibles en la industria alimenticia

Dentro de la industria alimenticia varios son los empaques flexibles que se emplean de acuerdo al producto que se envasa, siendo en forma general la misión fundamental del mismo: preservar el producto en su interior desde el momento del empaque, durante el transporte, almacenamiento, distribución y exhibición, hasta el momento que es abierto para su consumo. (Mespach, 2016)

2.11.1 *Propiedades necesarias con las que debe contar los empaques flexibles.* Algunas de las más importantes se mencionan a continuación:

- *Resistencia mecánica a la tracción.* Determina la cantidad de material plástico necesario para formar las paredes del empaque.
- *Resistencia mecánica a la perforación.* El material debe ser resistente al efecto destructivo de ciertos productos envasados cediendo elásticamente ante el efecto de perforación sin deformar o romper el empaque.
- *Sellabilidad.* La gran mayoría de los empaques son sellados por medio de resistencias (niquelinas), que generando calor y al entrar en contacto con el empaque flexible se consigue la fusión de las dos capas formando una única capa.
- *Imprimibilidad.* El empaque es uno de los medio más empleados para la promoción y descripción del producto envasado de tal manera que este debe contar con las especificaciones necesarias para el detalle de gráficos, textos y disposición de figuras que lo hagan llamativo.
- *Durabilidad.* Al ser un material que no se oxida ni sufren daños por agentes ambientales, con excepción de los rayos UV, brinda una buena durabilidad y mantiene protegido al producto de agentes contaminantes.

2.11.2 *Material empleado en empaques flexibles.* Existen una inmensa variedad y disponibilidad de materiales flexibles con diversas propiedades, siendo el polietileno el que se emplea con mayor frecuencia en la industria alimenticia.

2.11.2.1 Polietileno. Es uno de los polímeros que más se ve en la vida diaria y unos de las envolturas flexibles más utilizados para el empaque de gran parte de líquidos y granos.

El polietileno es un material barato, no tiene olor ni sabor que pueda afectar al producto empacado, y se lo puede sellar fácilmente por calor. La temperatura de sellado de este tipo de material oscila entre los 120 y 200 °C. (QuimiNet, 2016)

Existen dos tipos de polietileno, el de baja densidad y el de alta intensidad. Los polietilenos de baja densidad tienen mayor uso en el sector de envase y empaque: bebidas y productos granulados, botellas compresibles para pulverizar fármacos, envase industrial, laminaciones, películas para forros, tuberías entre otros. (QuimiNet, 2016)

Figura 27. Funda de polietileno



Fuente: Autores

2.11.3 Configuraciones comunes de empaques flexibles. Las más comunes son:

- *Bolsa de tres sellos.* Este tipo de sello es el más común y fácil de conformar; tiene un sello vertical y dos sellos horizontales (inferior y superior). Este tipo de configuración es empleada para el empaque de granos y líquidos.
- *Bolsa de tres sellos con fondo plano.* Son bolsas que brindan una mejor presentación del producto ya que disponen de un doblez que le permite mantenerse parada. La configuración del empaque emplea un sello vertical y dos horizontales, y se utiliza principalmente para el empaque de polvos y sólidos.
- *Bolsa tipo sachet.* Pueden ser de tres o cuatro sellos. Son ideales para productos de dosis pequeñas de raciones personales tales como: té, café, shampoo, mayonesa, entre otros.

2.12 Politetrafluoroetileno (P. T. F. E.)

El politetrafluoroetileno es un elemento empleado para cubrir las niquelinas y así evitar el contacto directo con la funda durante el sellado y corte y que esta se pegue a la niquelina. Este elemento en forma de cinta adhesiva se lo coloca sobre la niquelina consiguiendo así dispersar el calor sobre la misma garantizando un sellado uniforme y correcto. Una de las desventajas de este producto es su alto costo por una pequeña cantidad. (General-aislante, 2016)

Figura 28. Funda de politetrafluoroetileno



Fuente: Autores

El politetrafluoroetileno cuenta con características importantes que lo hacen único, las cuales son:

- Su alta temperatura de utilización hasta 260 °C
- Su resistencia a casi todos los elementos químicos
- Su bajo coeficiente de rozamiento (resistencia a la fricción)
- Excelente aislación eléctrica
- Apto para contacto con alimentos
- Apto para uso dentro del cuerpo
- Antistick: no se pegotean productos

2.12.1 Aplicaciones. Es empleado generalmente en válvulas, o-rings, partes de bombas, empaquetaduras, procesamiento de alimentos, productos químicos, cables, transformadores, prótesis médicas, etc. (General-aislante, 2016)

2.12.2 Presentación. Se presenta en forma de cinta en rollos de 30 metros de longitud y anchos de:

- 12.7 mm
- 19 mm
- 25.4 mm

2.13 Desinfección mediante luz UV

La luz ultravioleta es una alternativa a varios métodos químicos empleados para la purificación de agua, ya que no genera residuos una vez empleada. Este método consiste en la utilizar la radiación ultravioleta (UV) con una longitud de onda germicida suficiente para esterilizar los microorganismos y destruir los ácido nucleicos de manera que su ADN es interrumpido por la radicación UV impidiéndole realizar sus funciones celulares de reproducción e infectar. (Carbotecnia, 2016)

Figura 29. Luz UV



Fuente: Autores

Gracias a la función germicida que brinda la luz UV es empleada para variedad de aplicaciones, tales como: (Teqma, 2016)

- Desinfección
- Eliminación de microorganismos
- Reducción de desinfectantes químicos
- Destrucción de compuestos orgánicos

2.13.1 Ventajas de la luz UV: (TrojanUV, 2016)

- Proceso libre de químicos que no afecta la calidad del producto.

- No añade subproductos durante la desinfección que puedan afectar de forma negativa al producto.
- Se puede utilizar para descomponer contaminantes químicos tóxicos y a su vez desinfecta.
- Destruye los microorganismos evitando su reproducción e incluso resistentes al cloro.

2.13.2 *Desventajas de la luz UV:* (TrojanUV, 2016)

- Los costos empleados para la sustitución de las lámparas y el consumo eléctrico
- No se debe mantener expuesta a la piel ya que ocasiona quemaduras leves

CAPÍTULO III

3. EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO

3.1 Estado general de la envasadora

La CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA es una empresa orientada a la elaboración y comercialización de jugos y bebidas en distintas presentaciones. Después de obtener los permisos necesarios para su funcionamiento se inicia tanto la construcción de la planta de producción como la adquisición de la maquinaria. En el año 2015 se compra una envasadora de líquidos vertical a la empresa PROALIM de la ciudad de Riobamba, la envasadora se encuentra inoperante por averías principalmente en el sistema de mando y control, este daño y la ausencia de un plan de mantenimiento ocasionaron el abandono de la envasadora dentro de la planta y su posterior venta.

3.2 Identificación de sistemas

Después de una evaluación preliminar de todo el conjunto se procede a identificar los distintos sistemas con los que consta la máquina, asignándole a cada sistema una letra, los sistemas identificados son:

Tabla 1. Identificación de sistemas

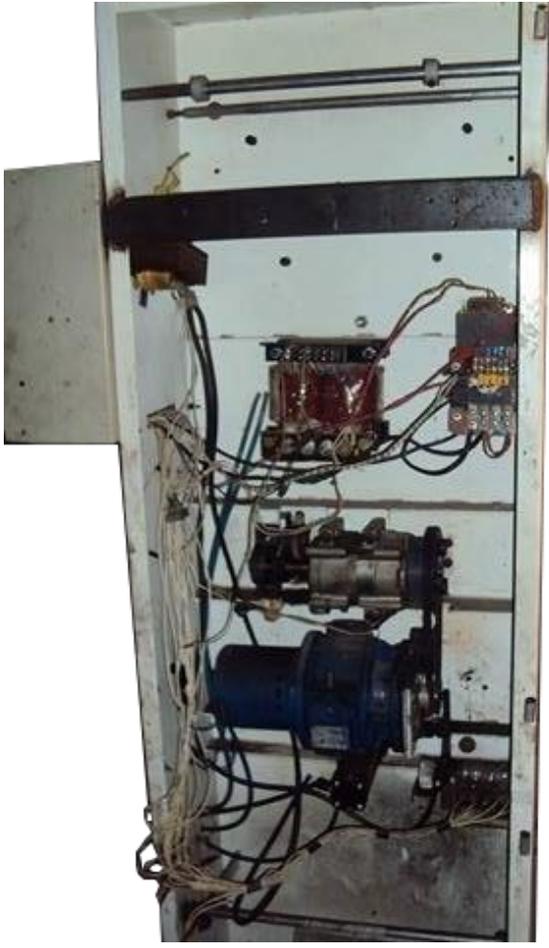
SISTEMA	CÓDIGO
Estructural	A
Mecánico	B
Arrastre de plástico	C
Formado	D
Llenado	E
Sellado y corte	F
Neumático	G
Control y mando	H

Fuente: Autores

3.3 Evaluación de los componentes de los sistemas

Identificados los distintos sistemas se da inicio al desarmado de cada uno de ellos analizando el estado de todos sus componentes, el propósito de esta actividad es determinar la obsolescencia de los sistemas con el fin de identificar las áreas de repotenciación, además, con esta actividad se busca definir qué elementos deben ser reemplazados y cuales se puede reutilizar.

Tabla 2. Evaluación del sistema estructural

SISTEMA: ESTRUCTURAL (A)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Fuente de aceite derramado desconocida, elementos soldados innecesarios, puerta trasera ausente.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
A-1	Elemento	Bastidor	Cubierto de aceite y polvo. Presenta perforaciones y rayaduras.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero AISI-SAE 1045		

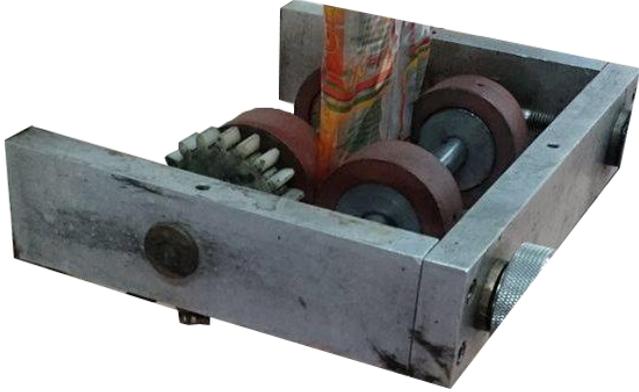
Fuente: Autores

Tabla 3. Evaluación del sistema mecánico

SISTEMA: MECÁNICO (B)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Cantidad de elementos excesiva, tecnología obsoleta.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
B-1	Elemento	Motor trifásico	La planta productiva de BIMARCH no cuenta con corriente trifásica necesaria para el motor	Adaptar un motor monofásico al reductor
	Cantidad	1		
	Material	-		
B-2	Elemento	Banda	No presenta desperfectos.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Caucho		
B-3	Elemento	Piñón conductor	Cubierto de grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero AISI 1018		
B-4	Elemento	Piñón conducido	Cubierto de grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero AISI 1018		
B-5	Elemento	Cadena	Presenta óxido	Recambio
	Cantidad	0.6 metros		
	Material	Acero AISI 1018		

Fuente: Autores

Tabla 4. Evaluación del sistema de arrastre

SISTEMA: ARRASTRE DE PLÁSTICO (C)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Grasa excesiva procedente de la cadena del sistema de transmisión.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
C-1	Elemento	Rodillos	Cubierto de polvo y grasa	Reutilizable
	Cantidad	4		
	Material	Caucho		
C-2	Elemento	Piñones de transmisión	Cubierto de grasa	Reutilizable
	Cantidad	2		
	Material	Polímero industrial		
C-3	Elemento	Guía de rodillos	Cubierto de grasa y polvo	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Acero AISI-SAE 1045		
C-4	Elemento	Resortes de presión	Presenta óxido y cubiertos de grasa	Reutilizable
	Cantidad	2		
	Material	Acero		
C-5	Elemento	Seguro de los rodillos	Cubierto de grasa.	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Aluminio AISI 6101		

Fuente: Autores

Tabla 5. Evaluación del sistema de formado

SISTEMA: FORMADO (D)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Presenta aristas vivas que ponen en riesgo la integridad del plástico que se desplazará por este sistema.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
D-1	Elemento	Espaldar	Presenta golpes, rayaduras y óxido	Recambio
	Cantidad	1		
	Material	Acero Inoxidable AISI 304		
D-2	Elemento	Solapas	Presenta golpes, rayaduras y óxido	Recambio
	Cantidad	2		
	Material	Acero Inoxidable AISI 304		

Fuente: Autores

Tabla 6. Evaluación de sistema de llenado

SISTEMA: LLENADO (E)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Presenta señales de soldaduras pasadas, elementos rotos que dejaron aristas vivas que podrían dañar el plástico.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
E-1	Elemento	Tubo de descarga	Presenta golpes, rayaduras, óxido, puntos de suelda defectuosos	Recambio
	Cantidad	1		
	Material	Acero Inoxidable AISI 304		

Fuente: Autores

Tabla 7. Evaluación del sistema de sellado y corte

SISTEMA: SELLADO Y CORTE (F)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Presencia de grasa y polvo en la mayor parte de los elementos, es el sistema mejor conservado.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
F-1	Elemento	Mordazas	Cubierto de grasa	Reutilizable
	Cantidad	3		
	Material	Aluminio AISI 6101		
F-2	Elemento	Soportes de mordazas	Cubierto de grasa	Reutilizable
	Cantidad	4		
	Material	Aluminio AISI 6101		
F-3	Elemento	Niquelinas	Viejas	Recambio
	Cantidad	1 Plana, 1 Alambre		
	Material	Bronce		
F-4	Elemento	Seguros de las niquelinas	Sucios	Reutilizable
	Cantidad	4		
	Material	Varios		
F-5	Elemento	Cinta teflón	Vieja	Recambio
	Cantidad	2		
	Material	Politetrafluoroetileno		
F-6	Elemento	Transformador	Cubierto de polvo	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Varios		

Fuente: Autores

Tabla 8. Evaluación del sistema neumático

SISTEMA: SISTEMA NEUMÁTICO (G)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: El sistema es inutilizable, todo el sistema está cubierto de grasa y le faltan piezas a la mayoría de los elementos.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
G-1	Elemento	Unidad FLR	Cubierta de aceite y polvo, obsoleta	Recambio
	Cantidad	1		
	Material	Varios		
G-2	Elemento	Electroválvulas	Cubiertas de aceite y polvo, obsoletas, piezas faltantes	Recambio
	Cantidad	3		
	Material	Varios		
G-3	Elemento	Manguera neumática	Vieja, endurecida	Recambio
	Cantidad	5 metros		
	Material	Poliuretano		
G-4	Elemento	Racores	Obsoletos, sucios, cubiertos de aceite	Recambio
	Cantidad	6		
	Material	Varios		
G-5	Elemento	Silenciadores	Sucios, cubiertos de aceite	Recambio
	Cantidad	6		
	Material	Bronce		
G-6	Elemento	Portamordazas	Sucio, roto	Reutilizable
	Cantidad	2		
	Material	Acero AISI-SAE 1045		
G-7	Elemento	Cilindros	Cubierto de grasa y polvo	Reutilizable
	Cantidad	3		
	Material	Varios		

Fuente: Autores

Tabla 9. Evaluación del sistema de control y mando

SISTEMA: CONTROL Y MANDO (H)				
ESQUEMA				
OBSERVACIONES GENERALES: Gran cantidad de cables sueltos, faltan algunos elementos, la caja ha sido utilizada para guardar tornillos viejos, algunos elementos están rotos, el controlador es obsoleto.				
				
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	EVALUACIÓN	DIAGNÓST.
H-1	Elemento	Caja de control	Presenta golpes, rayaduras, agujeros, suciedad	Recambio
	Cantidad	1		
	Material	Varios		
H-2	Elemento	LOGO!	Obsoleto, módulo de expansión fuera de mercado	Recambio
	Cantidad	1		
	Material	Varios		
H-3	Elemento	Interruptor térmico	Presenta manchas de suciedad	Reutilizable
	Cantidad	1		
	Material	Varios		
H-4	Elemento	Contactador 220V	Presenta manchas de suciedad	Reutilizable
	Cantidad	3		
	Material	Varios		
H-5	Elemento	Árbol de levas	Tecnología antigua, obsoleto	Desechar
	Cantidad	1		
	Material	Acero AISI-SAE 1045		
H-6	Elemento	Microswitch	Tecnología antigua, obsoleto	Desechar
	Cantidad	4		
	Material	Varios		
H-7	Elemento	Selectoras 2 posiciones	Obsoletas	Recambio por selectoras de 3 posiciones
	Cantidad	2		
	Material	Varios		

Fuente: Autores

3.4 Conclusiones de la evaluación

Los elementos evaluados en el estado inicial de la envasadora se clasifican en tres categorías: reutilizables, recambio y por desechar, la cantidad total de elementos analizados y los porcentajes de cada uno de ellos correspondientes a cada categoría se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 10. Resultados de la evaluación

ELEMENTOS ANALIZADOS		
CATEGORÍA	CANTIDAD	PORCENTAJE
Reutilizables	18	51,43 %
Recambio	15	42,85 %
Desechar	2	5,72 %
TOTAL	35	100%

Fuente: Autores

De la tabla anterior se observa que han sido evaluados 35 elementos, de los cuales, más de la mitad son reutilizables, poco más del 42% de los elementos no se pueden reutilizar por lo tanto se deben cambiar por elementos nuevos y solamente 2 se desecharán por ser elementos obsoletos que no se utilizarán en el proceso de repotenciación y automatización.

CAPÍTULO IV

4. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

4.1 Parámetros y variables de diseño

4.1.1 *Sistema mecánico.*

4.1.1.1 *Parámetros de diseño.*

4.1.1.1.1 *Potencia del motor.* El accionamiento del sistema mecánico se realiza por medio de un motor de 1 HP de 220 V. El movimiento del motor es transmitido por medio de un subsistema banda - poleas y un subsistema de ruedas – cadena hacia los rodillos de arrastre que desplazan el polietileno en el proceso de formado, llenado y sellado de envases.

4.1.1.2 *Variables de diseño.*

4.1.1.2.1 *Velocidad de arrastre.* La velocidad de arrastre depende directamente de la velocidad de giro del motor. El motor del sistema de transmisión está conectado a un reductor de velocidad variable el cual permite modificar las RPM que este comunica al resto del sistema, de esta manera a mayores RPM mayor será la velocidad de arrastre y viceversa.

4.1.1.2.2 *Presión en los rodillos de arrastre.* Los rodillos de arrastre se encargan de desplazar el plástico con el cual se forman los envases flexibles por los sistemas de formado, llenado y sellado de envases. Si la presión de los rodillos no es suficiente el plástico no se desplazará por mencionados sistemas, caso contrario, una presión excesiva en los rodillos ocasionará una elevada resistencia al motor que los acciona produciendo un mayor consumo eléctrico.

4.1.2 *Sistema de sellado.*

4.1.2.1 *Parámetros de diseño.*

4.1.2.1.1 *Forma de las mordazas.* Los dos sellos que se deben realizar para la formación de envases son de tipo lineal, por tanto la dimensión más destacada de las mordazas será la dimensión longitudinal, para tal efecto la forma de las mordazas, tanto vertical como horizontal, será rectangular en su superficie de contacto con el plástico.

4.1.2.1.2 *Longitud de la mordaza vertical.* El sellado vertical se puede optimizar al realizar el sellado de más de un envase a la vez dependiendo del tipo de presentación del producto que se desee elaborar, por tal motivo es conveniente que la mordaza vertical tenga una dimensión longitudinal considerable que permita tal fin.

4.1.2.1.3 *Longitud de la mordaza horizontal.* La longitud de la mordaza horizontal está determinado por el ancho de los envases a elaborarse, de tal manera que la mordaza tenga la longitud suficiente que permita a la niquelina en alambre hacer contacto con toda la superficie del plástico consiguiendo un sellado y corte uniforme.

4.1.2.1.4 *Niquelina en alambre.* Una niquelina en alambre concentra el calor en una menor superficie que las niquelinas planas, esta concentración de calor permite no solo sellar el plástico sino también cortarlo, esta es la característica necesaria en el sellado horizontal y estas niquelinas se hacen uso en la mordaza horizontal.

4.1.2.1.5 *Politetrafluoroetileno en cinta.* El contacto directo entre las niquelinas y el polietileno provoca que el plástico se pegue a las niquelinas causando un sello defectuoso y fisuras en el plástico, con el fin de evitar estas fallas se recubre las niquelinas con politetrafluoroetileno en cinta o mejor conocido como teflón en cinta, este material distribuye el calor de manera uniforme y evita que el plástico se pegue y deforme por el contacto directo con las niquelinas.

4.1.2.2 *Variables de diseño.*

4.1.2.2.1 *Temperatura de las niquelinas.* Tanto la niquelina de sellado vertical como la niquelina horizontal deben alcanzar una temperatura cercana a la temperatura de fusión del plástico, esto permite que dos capas de plástico se unan formando un sello hermético, y concentrando el calor en una superficie menor permite el corte del mismo.

4.1.2.2.2 *Tiempo de sellado y corte.* El tiempo de sellado y corte es inversamente proporcional a la temperatura de las niquelinas y a la presión de sellado

4.1.3 *Sistema de formación de envase.*

4.1.3.1 *Parámetros de diseño.*

4.1.3.1.1 *Dimensión longitudinal del producto.* La dimensión longitudinal del producto determinará las dimensiones del sistema de formación del envase tanto en la guía de plástico como en la solapadora.

4.1.4 *Sistema de dosificación.*

4.1.4.1 *Parámetros de diseño.*

4.1.4.1.1 *Material.* Al encontrarse el producto a envasar en contacto directo con el material, se utiliza un acero inoxidable AISI 304 en todo el recorrido del líquido el cual cuenta con las propiedades necesarias para el procesamiento de alimentos, líquidos, entre otros.

4.1.4.1.2 *Sección transversal del tubo de llenado.* El tubo de dosificación cuenta con una sección transversal circular y hueca con un espesor de 2 mm el cual se adapta perfectamente a las condiciones de la máquina.

4.1.4.1.3 *Longitud del tubo de llenado.* El tubo de dosificado tiene una longitud de 1,5 m para que pueda llegar hasta la parte final donde se realiza el sellado y corte.

4.1.4.2 *Variables de diseño*

4.1.4.2.1 *Caudal de llenado.* Para la presentación de 500 ml, el de mayor volumen se utilizará un caudal de 15 lt/min y para el de 100 ml, el de menor volumen se utilizará un caudal de 3 lt/min. El caudal será controlado por una bomba con variador.

4.1.4.2.2 *Tiempo de llenado de acuerdo a la presentación.* Cada presentación tendrá un tiempo de llenado de 2 segundos por cada funda tanto para 500 ml como para 100 ml

4.1.5 *Sistema de control y mando.*

4.1.5.1 *Parámetros de diseño.*

4.1.5.1.1 *Capacidad del logo .*El LOGO cuenta con 4 entradas, 4 salidas y una ampliación de 8 entradas y 8 salidas para abarcar el control de todos los elementos empleados en todo el sistema de mando. Además, se puede conectar a fuentes de 110V-220V y sus bornes soportan una corriente de hasta 9A.

4.1.5.2 *Variables de diseño.*

4.1.5.2.1 *Numeración de cable.* El cable se lo emplea de la siguiente manera:

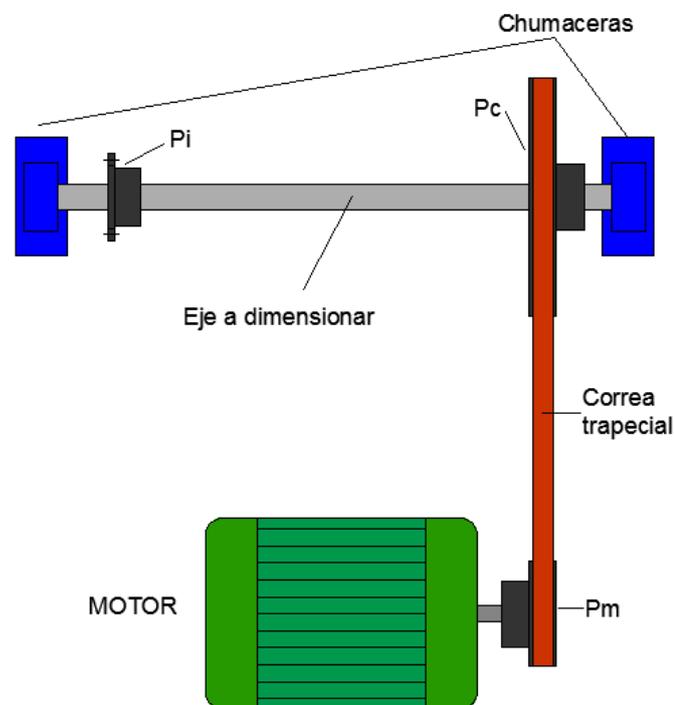
- Cable #14 para la conexión de las entradas y salidas de los bornes del LOGO a los diferentes elementos.
- Cable #8 para la conexión de transformadores, de estos a las niquelinas y entrada de la línea de alimentación de la máquina.

4.2 **Diseño del equipo**

4.2.1 *Dimensionamiento del eje de transmisión del sistema de transmisión.* Para el dimensionamiento del diámetro del eje del sistema de transmisión se tomarán en cuenta las fuerzas estáticas que el eje deberá soportar y las torques o momentos que se producirán por el giro del motor. El eje estará sometido a dos tipos de esfuerzos: esfuerzo cortante y esfuerzo de flexión. Se considerará el material del eje de acero de transmisión AISI 1018. El motor generador del movimiento presenta la característica de velocidad variable, es

por esto que se debe realizar el cálculo de dimensionamiento en aquella situación en la que el torque transmitido sea el máximo, es decir, a la mínima velocidad angular del motor.

Las fuerzas que el eje de transmisión deberá soportar se encuentran tanto en el eje “y” como en el eje “z”, el cálculo de dimensionamiento debe realizarse independientemente para los dos casos, estos cálculos múltiples darán como resultado algunos posibles diámetros para el eje del sistema de transmisión siendo el diámetro de mayor medida el indicado para garantizar el seguro funcionamiento del sistema de transmisión.



DATOS DEL SISTEMA DE TRANSMISIÓN

MOTOR DE VELOCIDAD VARIABLE:

$$V_{max} = 440 \text{ rev/min} = 46,08 \text{ rad/seg}$$

$$V_{min} = 242,85 \text{ rev/min} = 25,43 \text{ rad/seg}$$

$$P = 1 \text{ HP} = 750 \text{ W}$$

POLEA MOTRIZ:

$$\phi_{e_{pm}} = 62 \text{ mm}$$

POLEA CONDUCTIDA:

$$W_{pc} = 7,02 \text{ N}$$

$$\phi_{e_{pc}} = 140 \text{ mm}$$

PIÑÓN:

$$W_{pi} = 2,44 \text{ N}$$

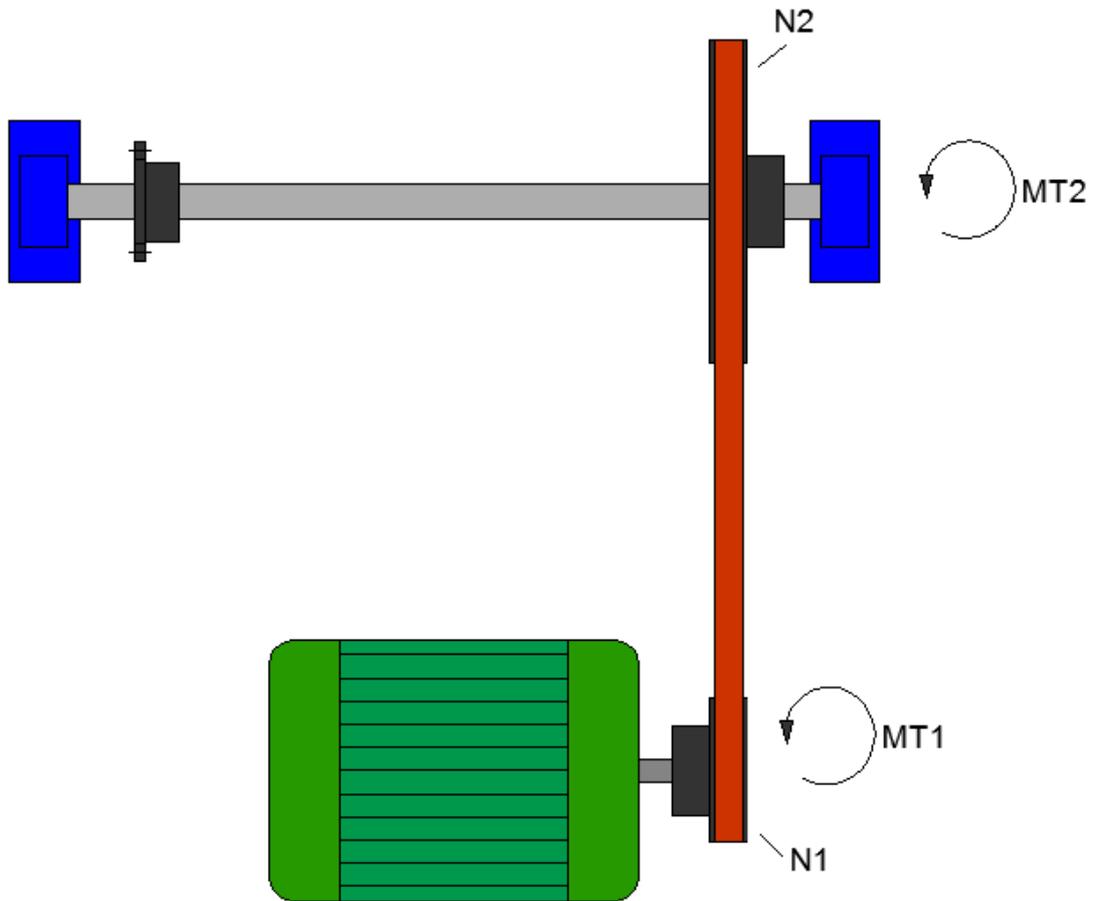
$$\phi_{e_{pi}} = 51 \text{ mm}$$

BANDA TRAPEZIAL TEXROPE VP2

SPZ560:

$$\text{Eficiencia} = 96 - 97\%$$

DETERMINACIÓN DEL TORQUE EN EL EJE CONDUcido



TORQUE DEL MOTOR:

$$T_{min} = \frac{P}{w_{max}}$$

$$T_{min} = \frac{750 \text{ W}}{46,08 \text{ rad/seg}}$$

$$T_{min} = 16,27 \text{ Nm}$$

$$T_{max} = \frac{P}{w_{min}}$$

$$T_{max} = \frac{750 \text{ W}}{25,43 \text{ rad/seg}}$$

$$T_{max} = 29,49 \text{ Nm}$$

Para el dimensionamiento del eje se tomará en cuenta el torque máximo que este deberá soportar.

TORQUE EN EJE CONDUcido:

$$i = \frac{N_2}{N_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{MT_1}{MT_2}$$

$$i = \frac{62 \text{ mm}}{140 \text{ mm}} = \frac{29,49 \text{ Nm}}{MT_2}$$

$$MT_2 = (29,49 \text{ Nm}) \left(\frac{140}{62} \right)$$

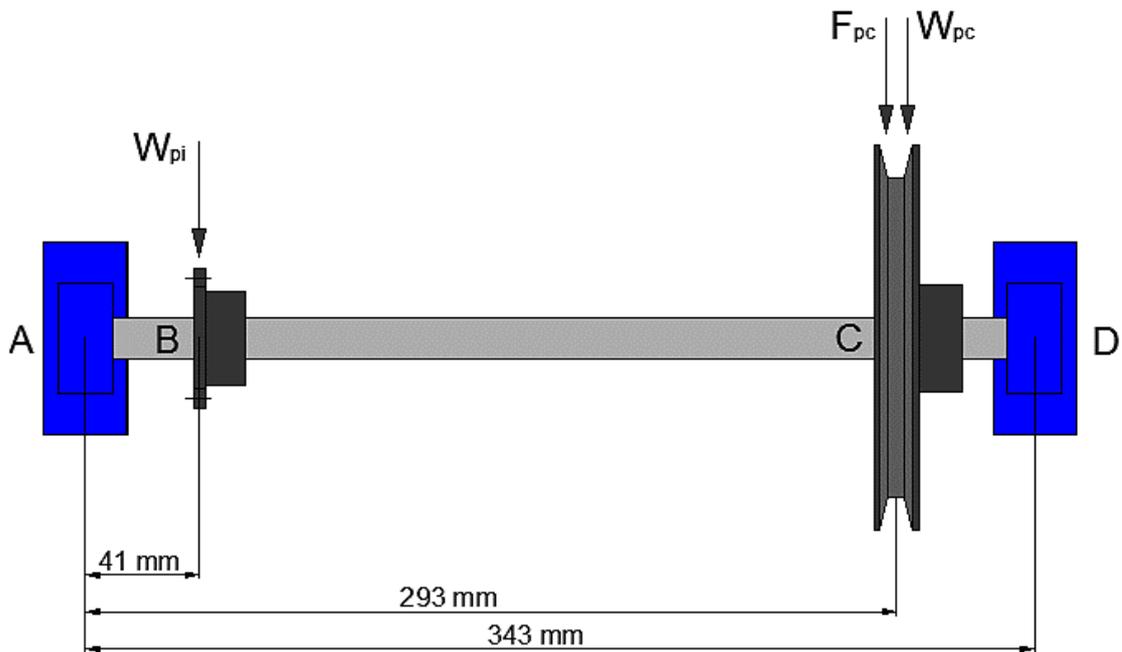
$$MT_2 = 66,59 \text{ Nm}$$

Eficiencia de la banda = 96%

$$MT_2 = (62,59 \text{ Nm})(0,96)$$

$$MT_2 = 60,09 \text{ Nm}$$

DIMENSIONAMIENTO DEL EJE CONDUcido



FUERZA EN POLEA CONDUcida

$$T = F_{pc} * d$$

$$F_{pc} = \frac{60,09 \text{ Nm}}{0,07 \text{ m}}$$

$$F_{pc} = 858,42 \text{ N}$$

$$F_{Tpc} = F_{pc} + W_{pc}$$

$$F_{Tpc} = 858,42 \text{ N} + 7,02 \text{ N}$$

$$F_{Tpc} = 865,44 \text{ N}$$

FUERZA EN PIÑÓN

$$T = F_{pi} * d$$

$$F_{pi} = \frac{60,09 \text{ Nm}}{0,0255 \text{ m}}$$

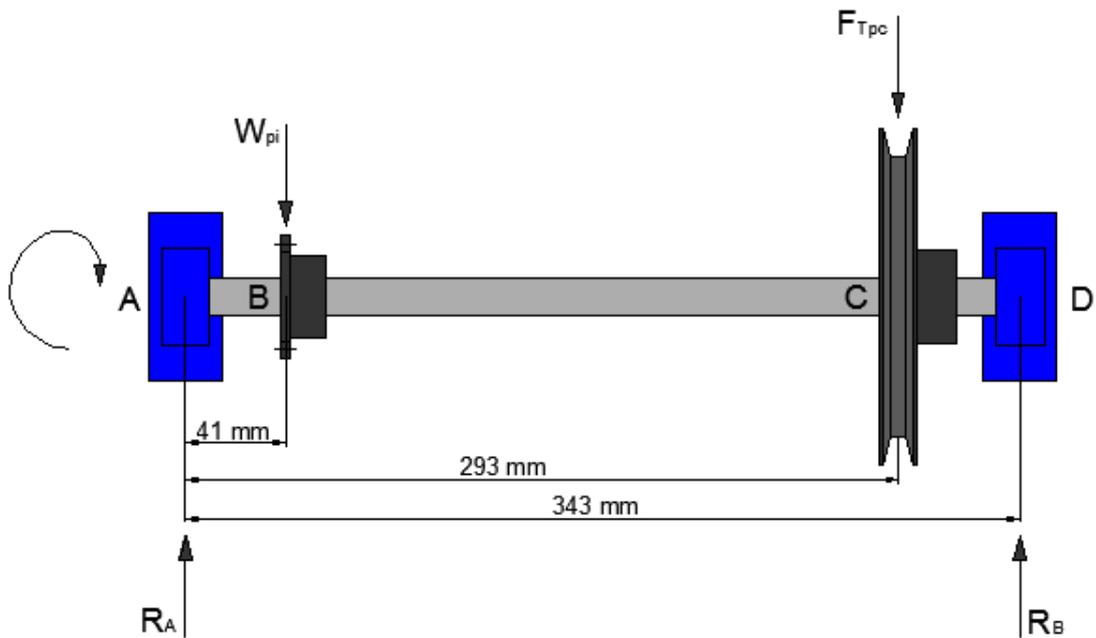
$$F_{pi} = 2356,47 \text{ N}$$

$$F_{Tpi} = F_{pi} + W_{pi}$$

$$F_{Tpi} = 2356,47 \text{ N} + 2,44 \text{ N}$$

$$F_{Tpi} = 2358,91 \text{ N}$$

a) CÁLCULO DEL DIAMETRO DEL EJE CONSIDERANDO FUERZAS EN EL EJE Y



$$\sum \vec{M}_A = 0$$

$$W_{pi} * d + F_{Tpc} * d - R_B * d = 0$$

$$2,44 \text{ N} * 0,041 \text{ m} + 865,44 \text{ N} * 0,293 \text{ m} - R_B * 0,343 = 0$$

$$R_B = 739,57 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - W_{pi} - F_{Tpc} + R_B = 0$$

$$R_A - 2,44 \text{ N} - 865,44 \text{ N} + 739,57 \text{ N} = 0$$

$$R_A = 128,31 \text{ N}$$

AB $0 \leq x < 41\text{mm}$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - V = 0$$

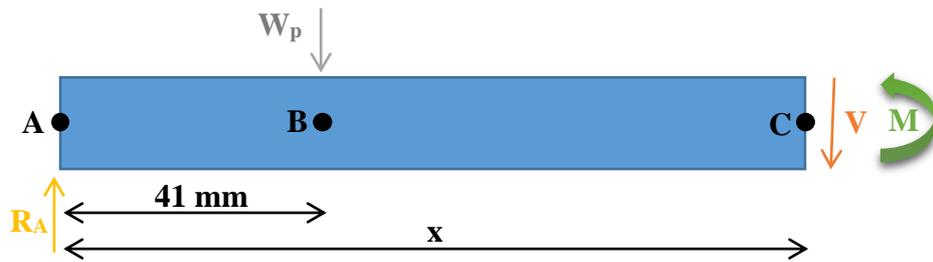
$$V = 128,31 \text{ N}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A x + M = 0$$

$$M = 128,31x$$

BC $41\text{mm} < x < 293\text{mm}$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - W_{pi} - V = 0$$

$$128,31\text{ N} - 2,44\text{ N} - V = 0$$

$$V = 125,87\text{ N}$$

$$\sum M_C = 0$$

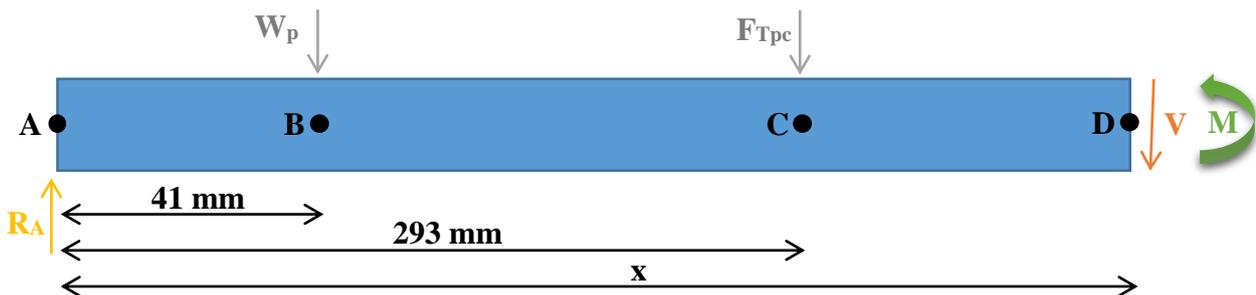
$$-R_A x + W_{pi}(x - 0,041\text{m}) + M = 0$$

$$-128,31 + 2,44(x - 0,041) + M = 0$$

$$-128,31x + 2,44x - 0,1 + M = 0$$

$$M = 125,87x + 0,1$$

CD $293\text{mm} \leq x < 343\text{mm}$



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - W_{pi} - F_{Tpc} - V = 0$$

$$128,31\text{ N} - 2,44\text{ N} - 865,44\text{ N} - V = 0$$

$$V = -739,57\text{ N}$$

$$\sum M_D = 0$$

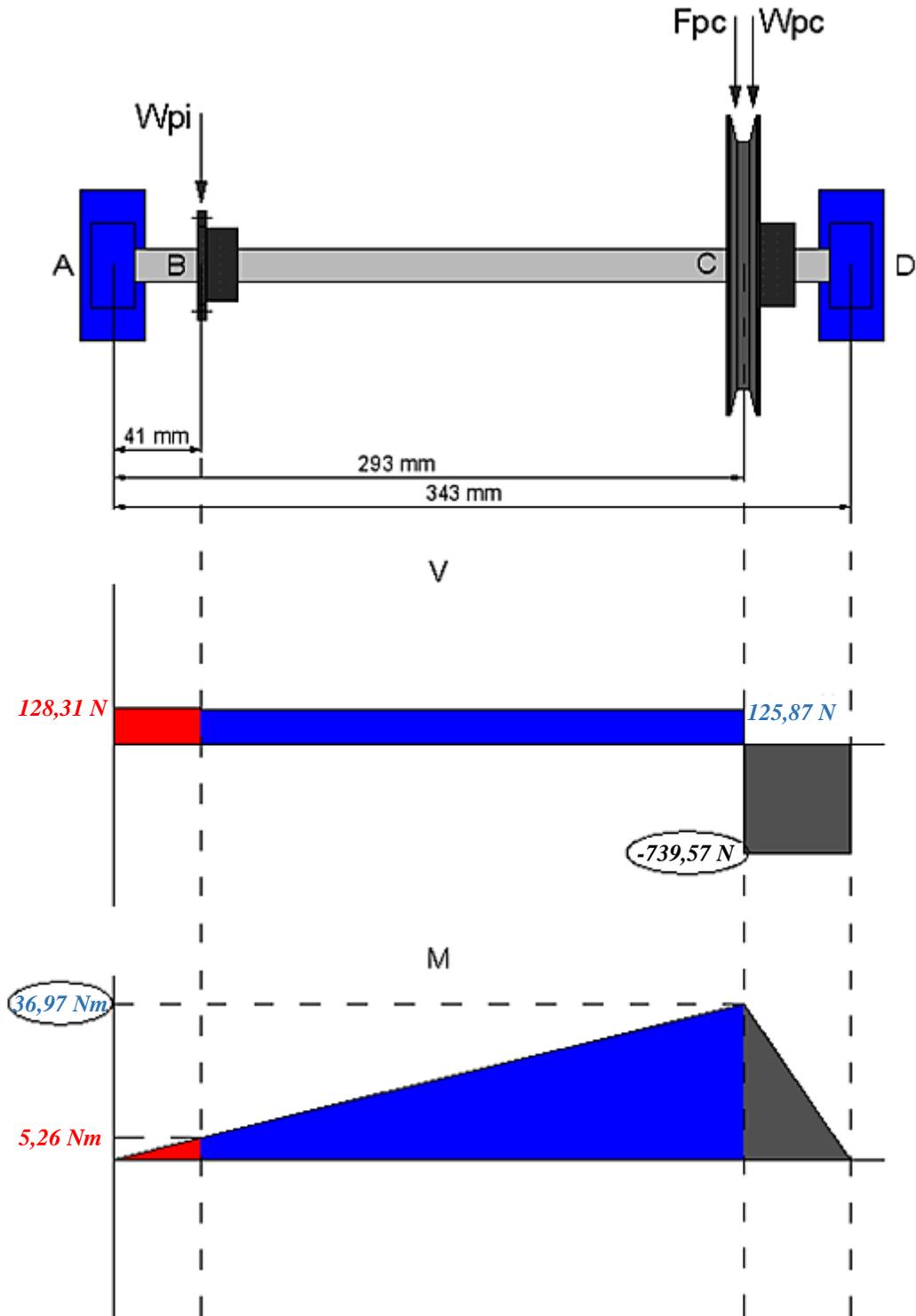
$$-R_A x + W_{pi}(x - 0,041\text{m}) + F_{Tpc}(x - 0,293) + M = 0$$

$$-128,31x + 2,44(x - 0,041) + 865,44(x - 0,293) + M = 0$$

$$-128,31x + 2,44x - 0,1 + 865,44x - 253,57 + M = 0$$

$$M = -739,57x + 253,67$$

GRÁFICA DE ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



DIÁMETRO DEL EJE PARA FLEXIÓN

$$r = \sqrt[3]{\frac{2T}{\tau_{max} * \pi}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{2(36,97Nm)}{(440 \times 10^6 Pa) \pi}}$$

$$r = 0,00376 m$$

$d = 0,00753 m = 7,53 mm$

DIÁMETRO DEL EJE PARA CORTE

$$\tau = \frac{V}{A}$$

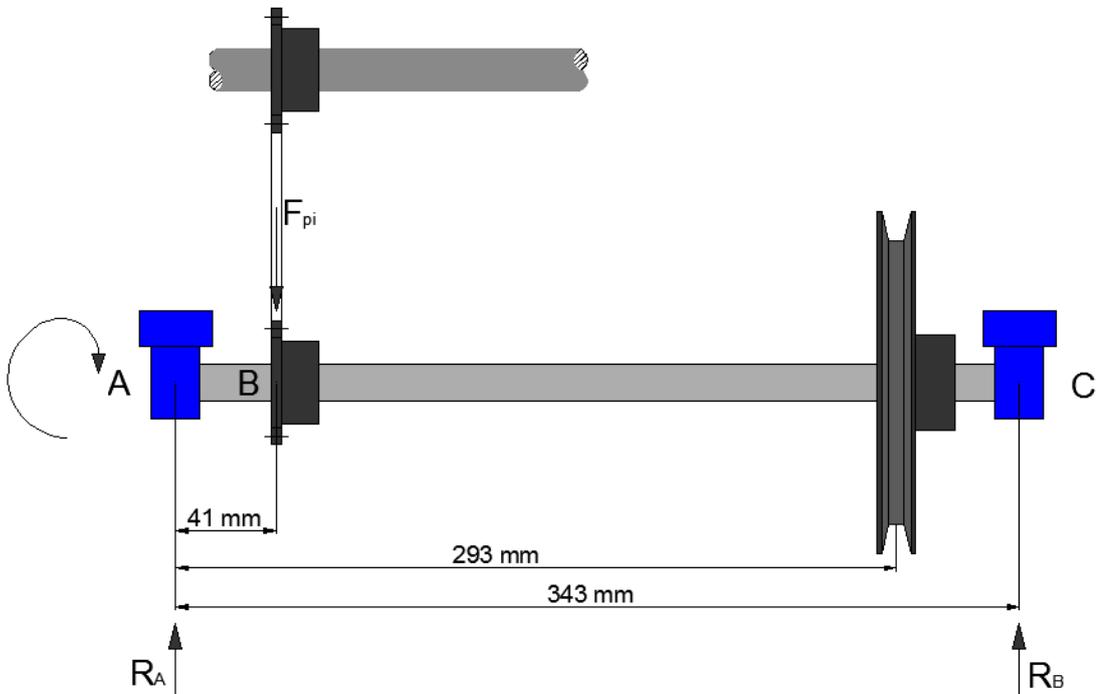
$$\tau = \frac{4V}{\pi d^2}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{2V}{\tau_{max} * \pi}}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{2(739,57 N)}{(440 \times 10^6 Pa) \pi}}$$

$d = 0,00103 m = 1,03 mm$

a) CÁLCULO DE DIÁMETRO DEL EJE CONSIDERANDO LAS FUERZAS EN EL EJE Z



$$\sum F_y = 0$$

$$R_A - F_{pi} + R_B = 0$$

$$R_A - 2356,47 N + 281,67 N = 0$$

$$R_A = 2074,8 N$$

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{pi} * d - R_B * d = 0$$

$$2356,47 N * 0,041 m - R_B * 0,343 m = 0$$

$$R_B = 281,67 N$$

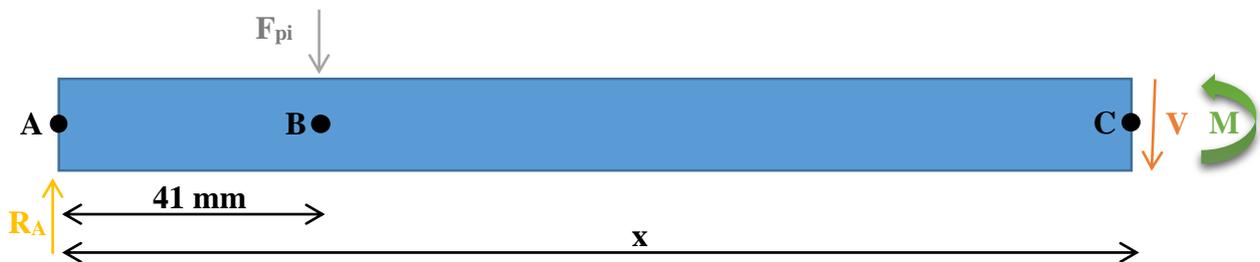
$\overline{AB} \ 0 \leq x < 41mm$



$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ R_A - V &= 0 \\ V &= 2074,8 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_B &= 0 \\ -R_A x + M &= 0 \\ M &= 2074,8x \end{aligned}$$

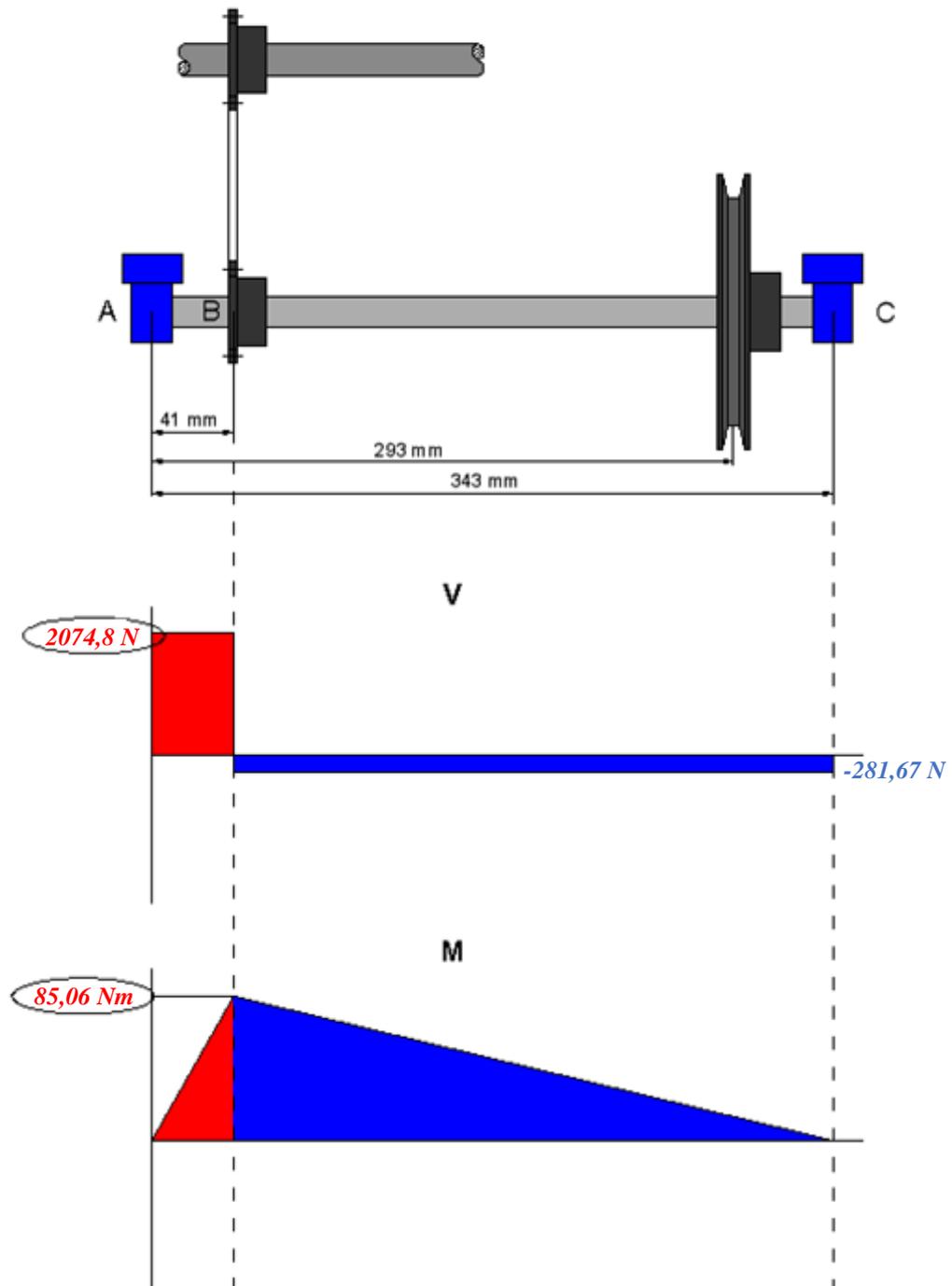
BC $0,041\text{m} \leq x < 343\text{mm}$



$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 \\ R_A - F_{pi} - V &= 0 \\ 2074,8 \text{ N} - 2356,47 \text{ N} - V &= 0 \\ V &= -281,67 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum M_D &= 0 \\ -R_A x + F_{pi}(x - 0,041\text{m}) + M &= 0 \\ -2074,8 x + 2356,47(x - 0,041) + M &= 0 \\ -2074,8x + 2356,47x - 96,61 + M &= 0 \\ M &= -281,67x + 96,61 \end{aligned}$$

GRAFICA DE ESFUERZO CORTANTE Y MOMENTO FLECTOR



DIÁMETRO DEL EJE PARA FLEXIÓN

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 T}{\tau_{max} * \pi}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{2 (85,06 Nm)}{(440 \times 10^6 Pa) \pi}}$$

$$r = 0,004974 m$$

$$d = 0,00994 m = 9,94 mm$$

DIÁMETRO DEL EJE PARA CORTE

$$\tau = \frac{V}{A}$$

$$\tau = \frac{4V}{\pi d^2}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{2 V}{\tau_{max} * \pi}}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{2 (2074,8 N)}{(440 \times 10^6 Pa) \pi}}$$

$$d = 0,00173 m = 1,73 mm$$

b) SELECCIÓN DEL DIÁMETRO ADECUADO

Tabla 11. Resultados de la evaluación

	ESFUERZO DE FLEXIÓN	ESFUERZO DE CORTE
EJE Y	7,53 mm	1,03 mm
EJE Z	9,94 mm	1,73 mm

Fuente: Autores

El mayor esfuerzo que el eje soportará será en el eje z debido a un esfuerzo de flexión, para asegurar el correcto funcionamiento del eje de transmisión y de este sistema se dimensionará el eje con un diámetro de 9,94 milímetros, adicional, se considera un factor de seguridad 1,2; para lo cual el diámetro calculado es 11,93 milímetros; los ejes de acero se distribuyen comercialmente en diámetros normalizados, el diámetro normalizado comercialmente disponible e inmediatamente superior al diámetro calculado corresponde al diámetro 1/2 de pulgada, es decir, 12,7 milímetros que será el diámetro del eje a ser implementado.

4.2.2 *Diseño del sistema de control y mando.* Ya que el sistema de control y mando de la envasadora se encuentra inoperante y es obsoleto, es necesario diseñar un nuevo sistema en el cual se intentará reutilizar la mayor cantidad de elementos posibles, para este diseño se toma en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 12. Parámetros del líquido a envasar

Producto a envasar	Bebidas a base de agua
Variable a controlar	Volumen
Volumen a envasar	100 ml, 160 ml, 250 ml, 300 ml

Fuente: Autores

4.2.2.1 Selección del controlador del sistema. En la industria existen tres tipos principales de controlares, Controladores Programables Lógicos o PLC por sus siglas en inglés, equipos LOGO! y tarjetas electrónicas, cada uno de ellos presenta tanto ventajas como desventajas según el tipo de aplicación, en la siguiente tabla se presentan las ponderaciones, de 1 a 10 para cada parámetro y el total alcanzado por cada uno de estos equipos, determinando así el equipo idóneo a emplearse como controlador del sistema de control y mando de la envasadora vertical.

Tabla 13. Comparación de dispositivos

EQUIPO	LOGO!	PLC	TARJETA ELECTRÓNICA
DESCRIPCIÓN			
Software	8	7	8
Programación	8	8	4
Conexiones	8	7	6
Costo	7	5	9
Aplicación ambiente hostil	8	7	2
Amperaje a soportar	8	6	4
Ponderación total	47	40	33

Fuente: Autores

Con base en la tabla anterior el equipo de mayor ponderación es el LOGO!, que cuenta con una mayor aceptación gracias a las facilidades que este brinda, como son:

- Trabaja con un software libre que se lo puede descargar fácilmente de la web.
- Emplea un entorno de programación intuitivo que facilita la detección de errores de programación, presente una variedad de funciones que le permite al programador realizar su trabajo de manera ágil, además, permite simular el programa para comprobar la lógica de programación.
- Las conexiones son sencillas, conectándose a las entradas (I) los elementos que aportan señales de mando y a las salidas (Q) los elementos consumidores. Además

cuenta con módulos de expansión que permiten adicionar entradas y salidas al equipo.

- Para el trabajo que desempeña, su empleo en la automatización de procesos y maquinaria, y las múltiples funciones que brinda, los costos son accesibles.

4.2.2.2 *Diagrama de conexiones del logo!*. Las conexiones del equipo LOGO! y su módulo de expansión se han de clasificar en tres tipos de conexiones:

- **ENERGIZACIÓN (L1, M):** Se conectará el LOGO! y su módulo de expansión a una línea de 110 V, la ranura para esta conexión se encuentra señalada con la sigla L1, en los dos equipos, el circuito se cerrará conectando el neutro en la ranura M.
- **ENTRADAS (I):** Todas las entradas corresponderán a un voltaje de 110 V, cada una de ellas constituye un condicionante que enviará una orden específica al programa que se diseñará e instalará en el LOGO! el cual determinará la acción a realizarse.
- **SALIDAS (Q):** Son contactos normalmente abiertos que se cierran en un orden determinado según la programación instalada y en base a las entradas (I) activadas, la línea de fase de cada uno de los actuadores será conectada a las ranuras de una salida, para cada salida corresponden dos ranuras, cuando una salida se cierre permitirá el paso de la energía hacia el actuador, el cual deberá estar conectado ya sea a neutro o a otra fase de 110 V, según el actuador, para cerrar el circuito del mismo y ponerlo en funcionamiento.

4.2.2.3 *Conexión de entradas.* La siguiente tabla permite visualizar los elementos de los cuales proceden las distintas señales de entrada del LOGO! y del módulo de expansión así como la entrada a la cual se ha conectado cada uno.

Tabla 14. Conexiones de entradas

SIGLA/ENTRADA	SIGNIFICADO	TIPO DE ENTRADA
i1	Botón Verde	DIGITAL
i2	Botón Rojo	DIGITAL
i3	Parada de Emergencia	DIGITAL
i4	Selectora 1 100 ml	DIGITAL
i5	Selectora 1 160 ml	DIGITAL
i6	Selectora 2 250 ml	DIGITAL
i7	Selectora 2 300 ml	DIGITAL

Fuente: Autores

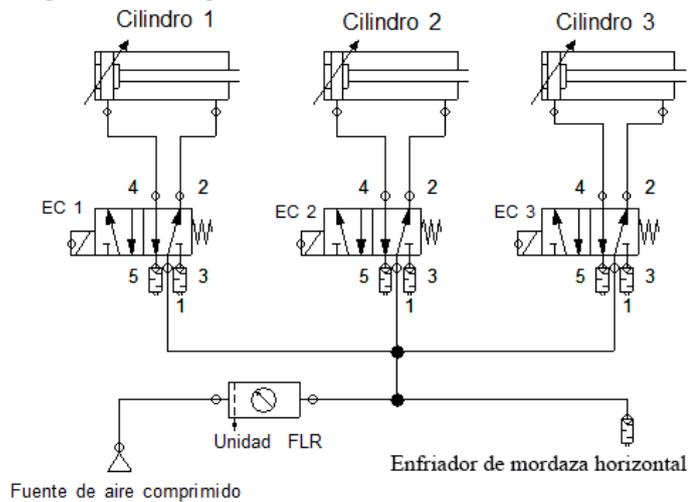
Tabla 14 (Continua). Conexiones de entradas

i8	Botón Negro	DIGITAL
i9	Botón Blanco	DIGITAL
i10	Perilla	DIGITAL

Fuente: Autores

4.2.2.4 Diagrama unifilar del sistema neumático. El sistema neumático de la envasadora utiliza tres cilindros de doble efecto, cada cilindro es comandado por una electroválvula 5/2, todo el aire que ingresa al sistema pasa primero por una unidad de mantenimiento FLR donde la presión del aire es regulada y el aire es lubricado con pequeñas partículas de aceite, esto es necesario para arrastrar el aceite al interior de los cilindros para lubricarlos y prolongar su vida útil. Una toma adicional se deriva hacia la mordaza de corte horizontal, la cual posee un conducto interno, conocido como enfriador, por donde circula el aire con el fin de facilitar su enfriamiento, ya que la niquelina de corte le comunica altas temperaturas.

Figura 30. Diagrama unifilar del sistema neumático



Fuente: Autores

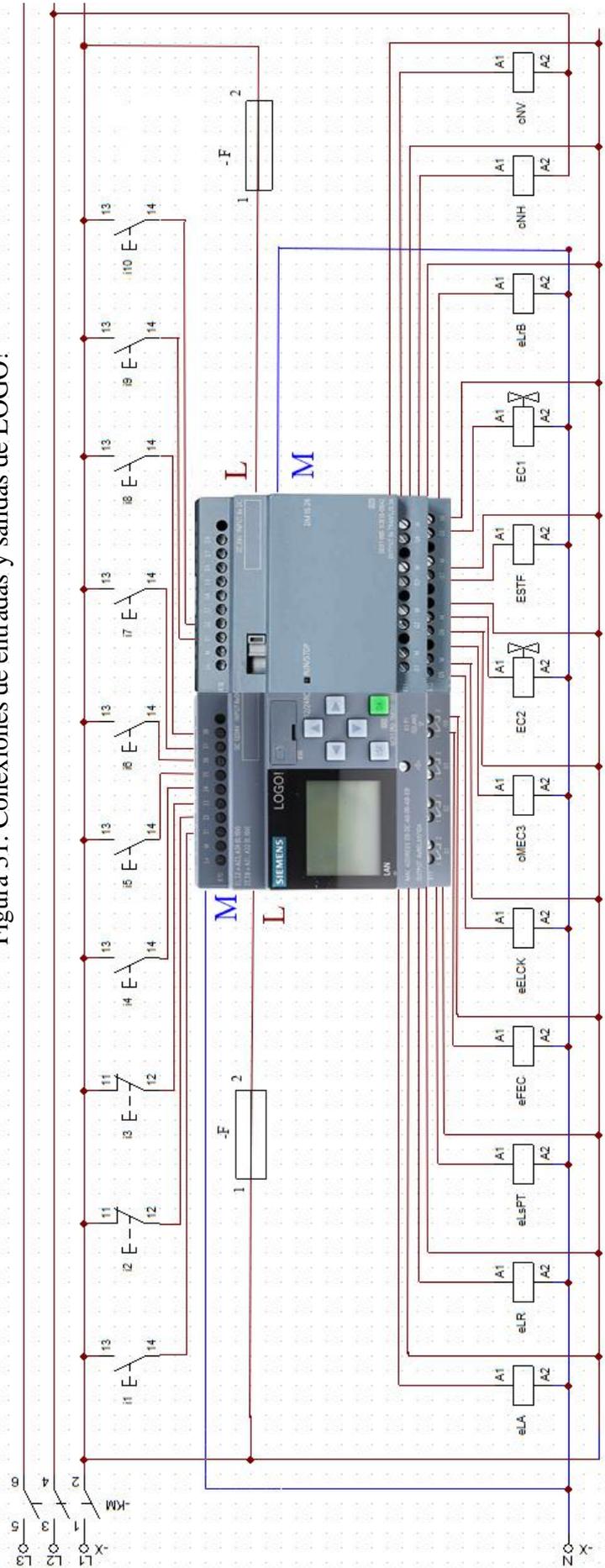
4.2.2.5 Conexión de salidas. Ya que la cantidad de actuadores es mayor a la cantidad de salidas ofrecidas por el LOGO! y el módulo de expansión algunos elementos se conectarán en paralelo en una misma salida, esta acción se realizará con aquellos elementos que funcionen al mismo tiempo o que su funcionamiento simultáneo no afecte el desempeño de la envasadora. La siguiente tabla indica los elementos conectados a cada salida y la nomenclatura designada a cada salida en el circuito de conexión.

Tabla 15. Conexiones de salidas

SALIDA	SIGLA	SIGNIFICADO
Q1	eLA	Encender Luz Amarilla
Q2	eLR	Encender Luz Roja
Q3	eLsPT	Encender Luz Verde, Luz UV, pirómetros, contactor del Transformador
Q4	eFEC	Encender Fechadora
Q5	eELCK	Encender Electrocheck
Q6	cMEC3	Contactador del motor y Electroválvula del cilindro 3
Q7	EC2	Electroválvula del cilindro 2
Q8	ESTF	Estampar fecha
Q9	EC1	Electroválvula del cilindro 1
Q10	eLrB	Encender Luz roja 2 y Buzzer
Q11	cNH	Contactador de la Niquelina Horizontal
Q12	cNV	Contactador de la Niquelina Vertical

Fuente: Autores

Figura 31. Conexiones de entradas y salidas de LOGO!



Fuente: Autores

4.2.3 *Programación del sistema de control y mando.*

4.2.3.1 *Lógica de programación.* Antes de iniciar el proceso se debe seleccionar el volumen de líquido a ser envasado, esto se hará por medio de dos selectoras de tres posiciones cada una.

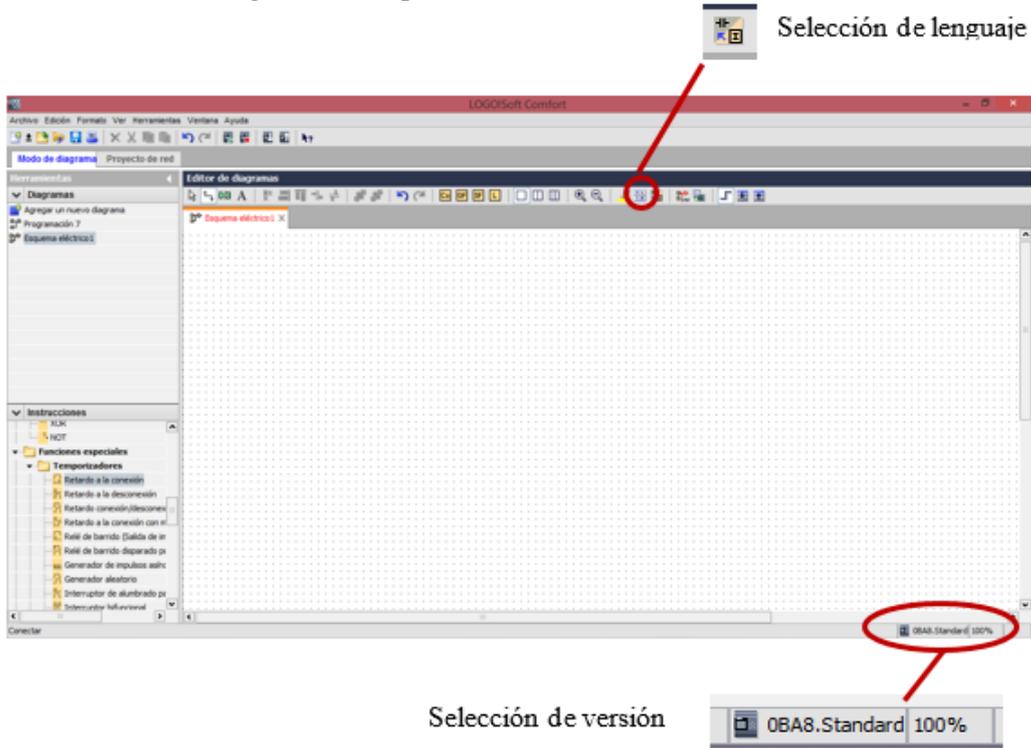
Una vez seleccionado el volumen a envasar y el plástico se encuentre en su posición se presionará la botonera verde de inicio del proceso, antes de empezar el envasado se deberá esperar un tiempo de calentamiento de la fechadora para que el estampado de la fecha sea prolijo. Ya con la fechadora caliente el ciclo de envasado empezará con la descarga de líquido, los rodillos de caucho del sistema de arrastre de plástico desplazarán el plástico hasta las mordazas de corte donde estas se cerrarán formando cada envase individual, a medida que el plástico se desplaza en el proceso la mordaza de sellado se cerrará formando el sello vertical de cada envase.

Para detener el proceso se presionará la botonera roja, esto emitirá la señal de STOP del proceso una vez que el último envase haya sido llenado y cortado.

En caso de una emergencia y de ser necesario detener el proceso en cualquier punto, se presionará el botón de parada de emergencia, este enviará al programa la orden de detener todo proceso de inmediato.

4.2.3.2 *Configuración del software libre logosoft comfort v8.* Antes de poder realizar la programación y cargarla al equipo LOGO! es necesario configurar el lenguaje de programación a la versión del controlador, en este caso la versión 8 Standard y elegir el tipo de lenguaje de programación a utilizar, para la envasadora vertical se utilizará el lenguaje LADDER.

Figura 32. Esquema del entorno de LOGOSoft



Fuente: Autores

4.2.3.3 Identificación de símbolos a usarse en la programación.

4.2.3.3.1 *Contacto normalmente abierto.* Es un contacto sin continuidad en su estado de reposo, al cerrarse da el paso de señal que será utilizada según la lógica de programación.

Figura 33. Contacto normalmente abierto



Fuente: Software LOGOSoft

4.2.3.3.2 *Contacto normalmente cerrado.* En el estado de reposo el contacto permite el paso de la señal, al energizarse el contacto se abre e interrumpe la continuidad de la señal.

Figura 34. Contacto normalmente cerrado



Fuente: Software LOGOSoft

4.2.3.3.3 Bobina. Representa la activación de una salida, al energizarse, el programa envía la señal al equipo controlador para cerrar el contacto físico. La bobina también puede ser asignada como marca, cerrando contactos internos de programación y no los contactos físicos de las salidas.

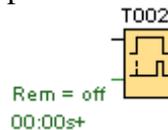
Figura 35. Bobina



Fuente: Software LOGOSoft

4.2.3.3.4 Temporizador con retardo a la conexión. Al energizarse el tiempo establecido en el temporizador empieza a correr, al cumplirse el tiempo los contactos, abiertos o cerrados, asignados al temporizador se activarán.

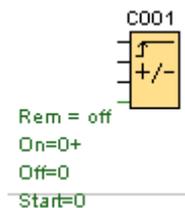
Figura 36. Temporizador retardo a conexión



Fuente: Software LOGOSoft

4.2.3.3.5 Contador adelante/atrás. Cada vez que el contador se energiza su contador aumenta o disminuye en una unidad, al llegar a la marca establecida los contactos asignados al contador se activarán.

Figura 37. Contador adelante/atrás

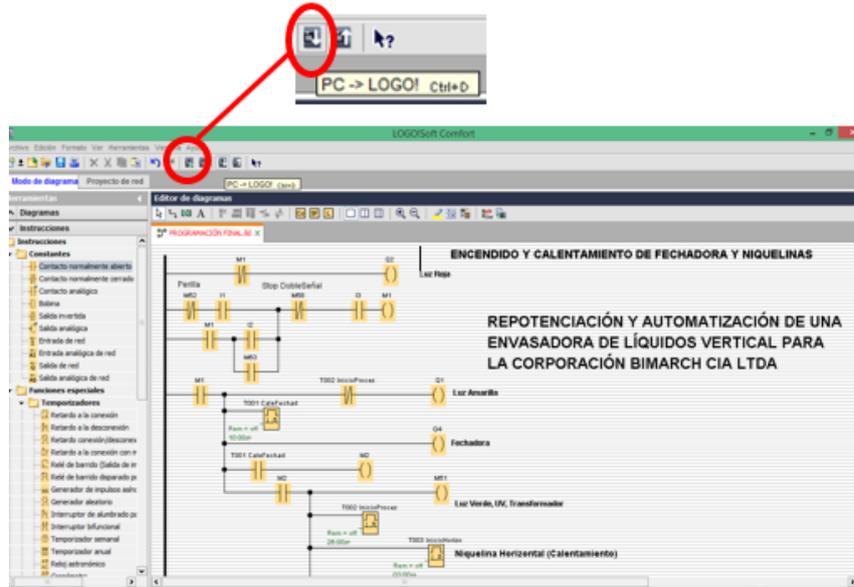


Fuente: Software LOGOSoft

4.2.3.4 Interfaz PC – LOGO. La interfaz entre el computador y el equipo LOGO es posible mediante una conexión LAN y la utilización de direcciones IP.

Una vez conectado el cable LAN entre el LOGO y la PC se procede a cargar la programación presionando en el ícono PC -> LOGO o ingresando el comando Ctrl + D.

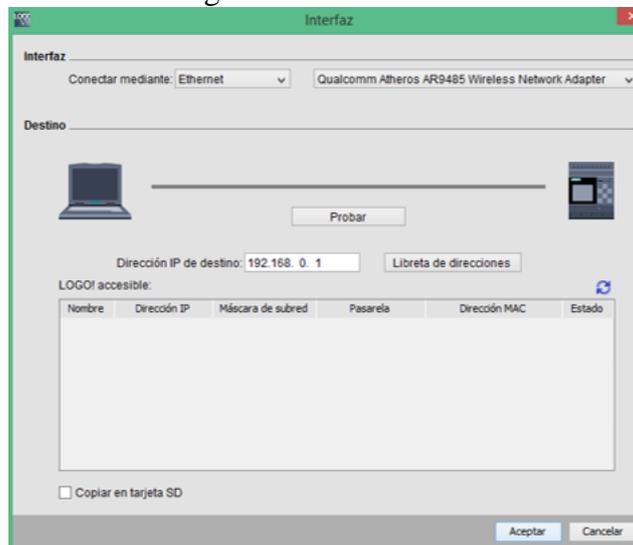
Figura 38. Interfaz PC-LOGO



Fuente: Autores

A continuación el software solicitará la dirección IP del equipo controlador donde se ingresará la dirección 192.168.0.1:

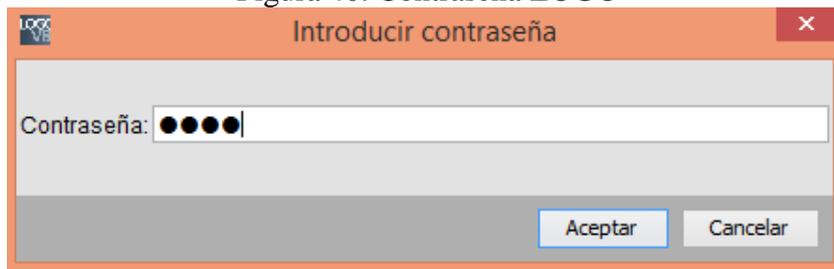
Figura 39. Dirección IP



Fuente: Autores

Finalmente se solicitará la contraseña de acceso de administrador que por defecto es la palabra “LOGO”; mencionada contraseña puede modificarse a gusto desde el menú de administración de la pantalla del controlador.

Figura 40. Contraseña LOGO



Fuente: Autores

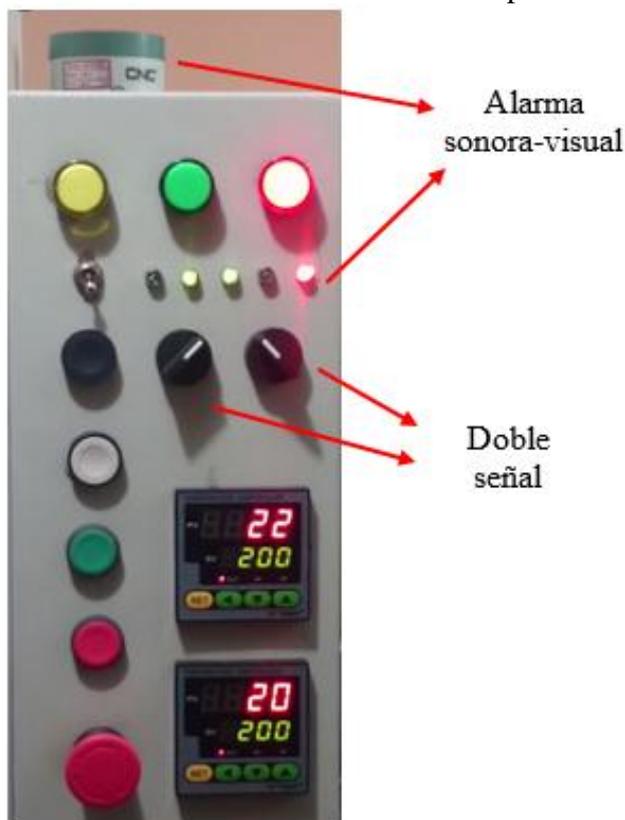
4.2.3.5 Bloqueo de doble señal de presentación. La selección del volumen a envasar se realiza por medio de dos selectoras de tres posiciones, cada selectora permite elegir dos de las cuatro posibles presentaciones, ya que las selectoras son independientes la una de la otra, existe la posibilidad de accionarlas al mismo tiempo, lo cual descoordinará la programación ocasionando problemas en el envasado, para evitarlo se ha creado una programación de bloqueo, una vez seleccionada una de las presentaciones en una de las selectoras será imposible activar otra presentación aunque se manipule la selectora libre, esto es posible gracias a la programación de bloqueo de doble señal que a su vez accionará una alarma sonora-visual que advertirá cada vez que las dos selectoras sean activadas.

Figura 41. Programación de bloqueo doble señal



Fuente: Autores

Figura 42. Alarma sonora-visual ocasionada por doble señal



Fuente: Autores

4.2.3.6 *Desarrollo de la programación.* La principal forma de controlar el volumen de envasado, la distancia del arrastre de plástico y el sellado y corte de envases será a través de la calibración de temporizadores, un temporizador dará paso al temporizador de la siguiente actividad dentro del proceso, el temporizador de la última actividad reiniciará al de la primera, reiniciando así el proceso completo. Los temporizadores a activarse estarán determinados por el volumen de envasado seleccionado en una de las dos selectoras de tres posiciones, de esta manera para la presentación de 100 ml se activarán temporizadores configurados con menos tiempo que aquellos que se activen cuando se seleccione la presentación de 300 ml.

El momento de activación del sellado vertical dependerá también de la presentación de envasado seleccionada, para este propósito se hace uso de contadores adelante/atrás, para cada presentación se calibrará un número de repeticiones de ciclo, al completarse el número de ciclos establecidos para cada presentación el cilindro de sellado vertical se activará, a menor volumen de envasado seleccionado mayor cantidad de repeticiones de ciclo serán necesarias antes de activar el sellado vertical.

4.2.4 *Diagrama eléctrico.* Para energizar todo el sistema se trabajará con dos líneas de alimentación, la línea 1 proveerá de energía a los siguientes sistemas: sistema de control y mando, sistema neumático, sistema de fechado, sistema de llenado, todos estos sistemas cerrando sus circuitos en neutro, es decir, son sistemas que funcionan a 110 V. Los sistemas que funciona a 220 V son los sistemas de sellado y corte y el sistema mecánico, para estos sistemas se hace uso de las líneas 1 y 2. Todas las conexiones se realizan en paralelo, el siguiente diagrama demuestra todas las conexiones realizadas:

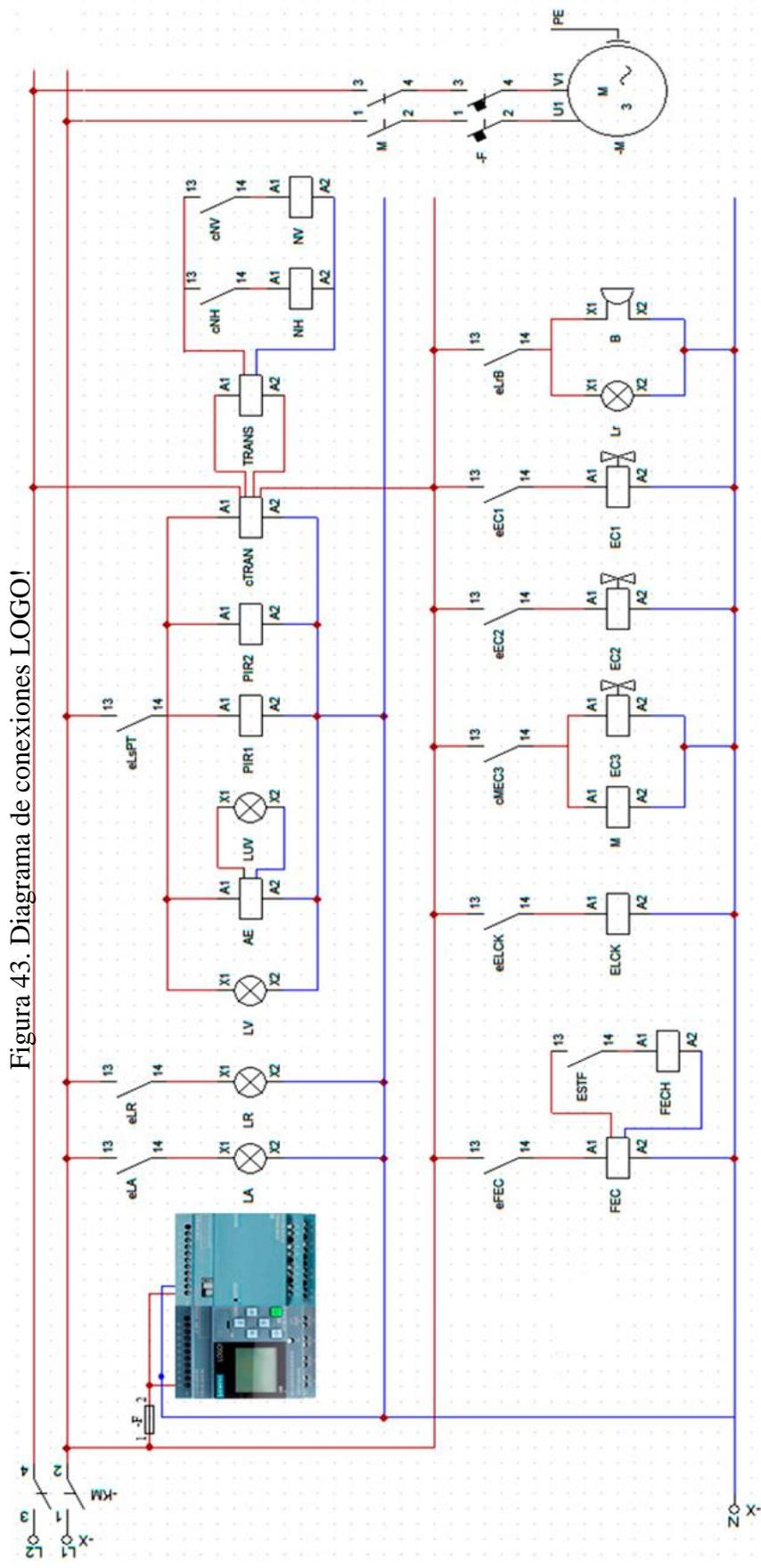


Figura 43. Diagrama de conexiones LOGO!

Fuente: Autores

4.3 Construcción del equipo

Para describir el proceso de construcción se identifica a cada sistema con una letra, se utilizarán las mismas letras designadas para la evaluación de situación inicial de la envasadora, además, se añade dos nuevos sistemas, se trata del sistema de fechado y el sistema de desinfección por luz UV, inicialmente la envasadora no cuenta con estos sistemas, pero por requerimientos de ley es necesario implementarlos.

Tabla 16. Codificación de partes de la máquina

SISTEMA	CÓDIGO
Estructural	A
Mecánico	B
Arrastre de plástico	C
Formado	D
Llenado	E
Sellado y corte	F
Neumático	G
Control y mando	H
Fechado	I
Desinfección por luz UV	J

Fuente: Autores

El proceso de repotenciación y construcción se detalla en base a las actividades realizadas a cada elemento de cada uno de los sistemas. A cada elemento se le ha asignado un código alfanumérico, lo cual facilitará la identificación de cada pieza dentro del conjunto y de la envasadora.

4.3.1 *Repotenciación.*

Tabla 17. Sistema estructural
SISTEMA: ESTRUCTURAL (A)
ESQUEMA

			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
A-1	Elemento	Bastidor	Lijar toda la estructura. Quitar grasa. Aplicar pintura de esmalte.
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	

Fuente: Autores

Tabla 18. Sistema mecánico
SISTEMA: MECÁNICO (B)

ESQUEMA



COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
B-1	Elemento	Motor	Reemplazar y adaptar motor monofásico al reductor de velocidad
	Cantidad	1	
	Material	-	
B-2	Elemento	Banda	Limpiar
	Cantidad	1	
	Material	Caucho	
B-3	Elemento	Piñón conductor	Quitar grasa
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI 1018	
B-4	Elemento	Piñón conducido	Quitar grasa
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI 1018	
B-5	Elemento	Cadena	Sustituir por elemento nuevo
	Cantidad	0.6 metros	
	Material	Acero AISI 1018	
B-6	Elemento	Soporte de chumaceras	Medir, trazar, cortar, esmerilar, soldar, perforar, limpiar, pintar
	Cantidad	2	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	
B-7	Elemento	Polea	Adquirir según cálculos de transmisión
	Cantidad	1	
	Material	Aluminio AISI 6101	
B-8	Elemento	Eje de transmisión	Adquirir según cálculo de dimensionamiento
	Cantidad	0.5 metros	
	Material	Acero AISI 1018	

Fuente: Autores

Tabla 19. Sistema de arrastre de plástico

SISTEMA: ARRASTRE DE PLÁSTICO (C)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
C-1	Elemento	Rodillos	Limpiar y quitar grasa
	Cantidad	4	
	Material	Caucho	
C-2	Elemento	Piñones de transmisión	Quitar grasa
	Cantidad	2	
	Material	Polímero industrial	
C-3	Elemento	Guía de rodillos	Limpiar, quitar grasa, lubricar
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	
C-4	Elemento	Resortes de presión	Lijar, quitar óxido, quitar grasa
	Cantidad	2	
	Material	Acero	
C-5	Elemento	Seguro de los rodillos	Limpiar, quitar grasa, aplicar pintura en spray.
	Cantidad	1	
	Material	Aluminio AISI 6101	

Fuente: Autores

Tabla 20. Formador de funda

SISTEMA: FORMADO (D)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
D-1	Elemento	Espaldar	Reconstruir con base en el original, perforar
	Cantidad	1	
	Material	Acero Inoxidable AISI 304	
D-2	Elemento	Solapas	Reconstruir con base en el original, perforar, remachar bisagras, unir a espaldar
	Cantidad	2	
	Material	Acero Inoxidable AISI 304	

Fuente: Autores

Tabla 21. Sistema de llenado

SISTEMA: LLENADO (E)			
ESQUEMA			
 			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
E-1	Elemento	Tubo de descarga	Reconstruir con base en el original, roscar parte superior
	Cantidad	1	
	Material	Acero Inoxidable AISI 304	
E-2	Elemento	Electrocheck	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Acero Inoxidable AISI 304	
E-3	Elemento	Bomba inoxidable 0.75 HP	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	

Fuente: Autores

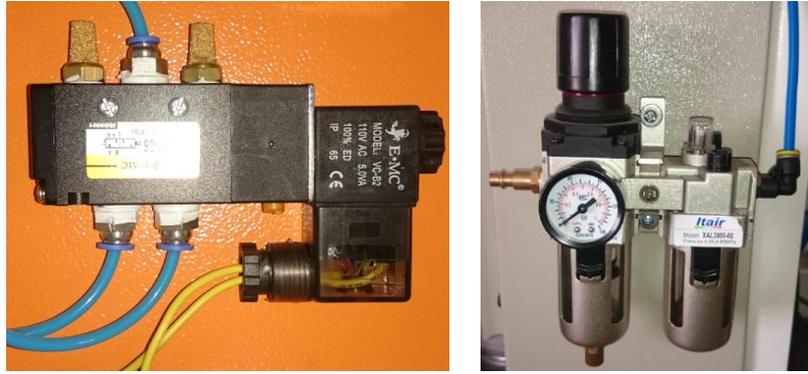
Tabla 22. Sistema de sellado y corte
SISTEMA: SELLADO Y CORTE (F)
ESQUEMA



COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
F-1	Elemento	Mordazas	Limpiar grasa, aplicar pintura en spray
	Cantidad	3	
	Material	Aluminio AISI 6101	
F-2	Elemento	Soportes de mordazas	Limpiar grasa, aplicar pintura en spray
	Cantidad	4	
	Material	Aluminio AISI 6101	
F-3	Elemento	Niquelinas	Sustituir por nuevas
	Cantidad	1 Plana, 1 Alambre	
	Material	Bronce	
F-4	Elemento	Seguros de las niquelinas	Limpiar
	Cantidad	4	
	Material	Varios	
F-5	Elemento	Cinta teflón	Sustituir por nuevas
	Cantidad	2	
	Material	Politetrafluoroetileno	
F-6	Elemento	Transformador	Limpiar
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
F-7	Elemento	Caucho de contacto	Medir, trazar, cortar, pegar
	Cantidad	0.5 metros	
	Material	Polímero	

Fuente: Autores

Tabla 23. Sistema neumático

SISTEMA: SISTEMA NEUMÁTICO (G)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
G-1	Elemento	Unidad FLR	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
G-2	Elemento	Electroválvulas	Adquirir según catálogo
	Cantidad	3	
	Material	Varios	
G-3	Elemento	Manguera neumática	Adquirir
	Cantidad	5 metros	
	Material	Poliuretano	
G-4	Elemento	Racores	Adquirir según catálogo
	Cantidad	6	
	Material	Varios	
G-5	Elemento	Silenciadores	Adquirir
	Cantidad	6	
	Material	Bronce	
G-6	Elemento	Portamordazas	Limpiar, soldar guía, aplicar pintura en spray
	Cantidad	2	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	
G-7	Elemento	Cilindros	Limpiar, quitar grasa, pintar, lubricar
	Cantidad	3	
	Material	Varios	
G-8	Elemento	Reductores	Adquirir
	Cantidad	2	
	Material	Plástico	

Fuente: Autores

Tabla 24. Sistema de mando y control

SISTEMA: CONTROL Y MANDO (H)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
H-1	Elemento	Caja de control	Adquirir
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-2	Elemento	LOGO!	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-3	Elemento	Interruptor térmico	Limpiar
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-4	Elemento	Contactador 220V	Limpiar
	Cantidad	3	
	Material	Varios	
H-5*	Elemento	Selectoras 3 posiciones	Adquirir
	Cantidad	2	
	Material	Varios	
H-6	Elemento	Expansión LOGO!	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Poliuretano	
H-7	Elemento	Luces piloto	Adquirir
	Cantidad	3	
	Material	Varios	
H-8	Elemento	Luces indicadores	Adquirir
	Cantidad	5	
	Material	Varios	
H-9	Elemento	Pirómetros	Adquirir según catálogo
	Cantidad	2	
	Material	Varios	
H-10	Elemento	Botoneras	Adquirir
	Cantidad	4	
	Material	Varios	

*: Elementos o equipos desechados.

Fuente: Autores

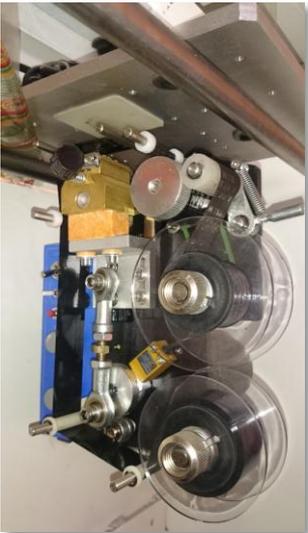
Tabla 24 (Continua). Sistema de mando y control

H-11	Elemento	Parada de emergencia	Adquirir
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-12	Elemento	Perilla	Adquirir
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-13	Elemento	Guardamotor	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
H-14	Elemento	Contactador 110 V	Adquirir según catálogo
	Cantidad	2	
	Material	Varios	
H-15	Elemento	Arranque electrónico	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	

Fuente: Autores

4.3.2 Construcción de sistemas nuevos. Con base en las necesidades de la Corporación BIMARCH CIA. LTDA se ve la necesidad de implementar dos sistemas nuevos a la envasadora, se trata de los sistemas de fechado de envases y de desinfección por luz UV, estos sistemas se identificarán con las letras I y J, respectivamente, dentro de los códigos de nomenclatura.

Tabla 25. Sistema de impresión de fecha

SISTEMA: FECHADO (I)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES

Fuente: Autores

Tabla 25 (Continua). Sistema de impresión de fecha

I-1	Elemento	Soportes	Construir (medir, trazar, cortar, limar, soldar, lijar, limpiar, pintar), perforar, asegurar
	Cantidad	2	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	
I-2	Elemento	Fechadora	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	

Fuente: Autores

Tabla 26. Sistema de desinfección UV

SISTEMA: DESINFECCIÓN POR LUZ UV (J)			
ESQUEMA			
			
COD.	PARÁMETRO	DETALLE	ACCIONES
J-1	Elemento	Soporte	Construir (medir, trazar, cortar, limar, soldar, lijar, limpiar, pintar), perforar, asegurar
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	
J-2	Elemento	Germicida	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
J-3	Elemento	Base de lámpara	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
J-3	Elemento	Balastro	Adquirir según catálogo
	Cantidad	1	
	Material	Varios	
J-3	Elemento	Protector de lámpara UV	Construir (medir, trazar, cortar, limar, soldar, lijar, limpiar, pintar), perforar, asegurar
	Cantidad	1	
	Material	Acero AISI-SAE 1045	

Fuente: Autores

4.4 Pruebas y funcionamiento

Se correrán una serie de pruebas de funcionamiento haciendo uso de un formato de registro de pruebas para cada sistema, a su vez cada sistema se divide en sus

correspondientes subsistemas para analizarlos independientemente anotando los resultados obtenidos en cada prueba realizada, si los resultados obtenidos después de una prueba no son satisfactorios se tomarán las medidas necesarias y se correrá una nueva prueba al subsistema en cuestión hasta obtener los resultados esperados.

Tabla 27. Prueba del sistema de control y mando

SISTEMA: CONTROL Y MANDO (H)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> a. Todas las conexiones están bien realizadas. b. Todos los equipos de control funcionan adecuadamente. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cargar la programación al equipo LOGO!. 2. Verificar la lógica y secuencia de programación. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. La programación es cargada al equipo LOGO! sin inconvenientes. 2. La lógica y la secuencia de programación son correctas.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Todas las conexiones están bien realizadas. 2. Todos los equipos de control funcionan adecuadamente. 	

Fuente: Autores

Tabla 28. Prueba del sistema de formado

SISTEMA: FORMADO (D)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El plástico pasa por el formador y las solapas con suavidad, sin dañar el plástico. 2. El plástico se solapa de forma simétrica. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Abrir el formador y posicionar el plástico manualmente. 2. Cerrar y asegurar el formador. 3. Desplazar el plástico manualmente hacia abajo. 4. Comprobar el formado del plástico. 	

Fuente: Autores

Tabla 28 (Continua). Prueba del sistema de formado

PRUEBA	RESULTADOS Y/O CORRECTIVOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la unión de las solapas el plástico se rasga. <u>No apretar en exceso el formador.</u> 2. El plástico tiende a inclinarse hacia el lado derecho. <u>Asegurarse que el formador se encuentra completamente vertical.</u>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. El plástico atraviesa con suavidad por el formador sin rasgarse. 2. El plástico pasa por el formador sin inclinarse a ningún lado. 3. Al ingresar al formador el plástico se arruga. <u>Comprobar que el plástico no se tensa antes de ingresar al sistema de formado activando el cilindro de desenrollo de plástico.</u>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. El plástico no está tenso por lo cual ingresa al sistema de formado sin problemas y sin deformarse ni arrugarse.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El plástico debe fluir por el sistema de formado con suavidad eliminando toda tensión en el formador, ya que, el plástico puede rasgarse o arrugarse. 2. El formador debe estar totalmente vertical para que el plástico no se incline y se solape simétricamente. 	

Fuente: Autores

Tabla 29. Prueba del sistema de arrastre

SISTEMA: ARRASTRE DE PLÁSTICO (C)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 3. Los rodillos aprietan uniformemente. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aflojar los resortes de los rodillos. 2. Colocar el plástico solapado y formado entre los cuatro rodillos. 3. Apretar los resortes de los rodillos. 4. Accionar manualmente los rodillos. 5. Comprobar el desplazamiento uniforme del plástico. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los rodillos del lado izquierdo no aprietan adecuadamente. El plástico se desplaza de forma asimétrica. <u>Verificar que los resortes estén apretados uniformemente.</u>

Fuente: Autores

Tabla 29 (Continua). Prueba del sistema de arrastre

2	<ol style="list-style-type: none"> Los dos rodillos aprietan uniformemente y el plástico se desliza simétricamente.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> Los resortes deben apretar los rodillos de forma uniforme para desplazar el plástico simétricamente. 	

Fuente: Autores

Tabla 30. Prueba del sistema mecánico

SISTEMA: MECÁNICO (B)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> El movimiento se transmite sin problemas del motor a la polea y al eje de transmisión. El movimiento se transmite sin problemas hacia el arrastre por medio de cadena – piñón. El plástico se desplaza con velocidad controlable por el sistema de arrastre. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> Colocar el plástico solapado en el sistema de arrastre. Accionar el sistema mecánico. Verificar la velocidad de desplazamiento del plástico. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> El tensor de la cadena está demasiado ajustado, la cadena se atranca y la banda patina. <i>Aflojar el tensor de la cadena.</i>
2	<ol style="list-style-type: none"> La cadena no se atranca y el movimiento se transmite sin problemas desde el motor al sistema de arrastre. El motorreductor le comunica demasiada velocidad al sistema de arrastre, no se puede controlar la velocidad de desplazamiento del plástico. <i>Adaptar una reducción de velocidad.</i>
3	<ol style="list-style-type: none"> El plástico se desplaza de forma controlable por el sistema. La polea roza con el apoyo de la chumacera. <i>Esmerilar el apoyo de la chumacera.</i> La cadena está demasiado floja y salta. <i>Ajustar el tensor de la cadena.</i>

Fuente: Autores

Tabla 30 (Continua). Prueba del sistema mecánico

4	<ol style="list-style-type: none"> 1. La polea gira libremente sin rozamiento. 2. La cadena tiene la tensión correcta, no salta y transmite el movimiento correctamente.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La velocidad transmitida al sistema de arrastre no deber ser demasiado elevada ya que esto dificulta el control de la velocidad de desplazamiento del plástico por el sistema. 2. El tensor de la cadena debe estar calibrado adecuadamente para que el movimiento se transmita sin ninguna dificultad. 	

Fuente: Autores

Tabla 31. Prueba del sistema neumático

SISTEMA: NEUMÁTICO (G)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Los cilindros recorren toda su carrera. 2. Los solenoides y muelles de las electroválvulas se accionan inmediatamente. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Conectar una fuente de aire comprimido a la entrada de la unidad de mantenimiento. 2. Accionar las electroválvulas. 3. Verificar el correcto accionamiento y retorno de las electroválvulas. 4. Comprobar el recorrido total de la carrera de cada cilindro. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tanto los solenoides y los muelles de cada electroválvula reaccionan adecuadamente. 2. Los cilindros recorren toda su carrera sin ningún inconveniente.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El eficiente accionamiento de las electroválvulas y la presión adecuada de aire comprimido permiten a los cilindros recorrer sus respectivas carreras, tanto de avance como de retorno, sin ningún inconveniente. 	

Fuente: Autores

Tabla 32. Prueba del sistema de sellado y corte

SISTEMA: SELLADO Y CORTE (F)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La mordaza vertical sella en toda su longitud el plástico. 2. La mordaza horizontal sella y corta el plástico. 3. Las mordazas están alineadas con sus respectivas contra-mordazas. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Comprobar la alineación de las mordazas. 2. Accionar las niquelinas vertical y horizontal. 3. Activar el sistema neumático. 4. Comprobar el sellado y corte del plástico. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mordazas no alineadas. <u>Alinear reajustando la sujeción de los portamordazas.</u>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mordazas alineadas. 2. Niquelina vertical no calienta. <u>Verificar conexiones eléctricas.</u> 3. Niquelina horizontal caliente demasiado, daña el plástico. <u>Calibrar la temperatura de la niquelina horizontal.</u>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conexiones eléctricas revisadas, contactor de la niquelina vertical averiado. <u>Cambiar por un contactor en buenas condiciones.</u> 2. Niquelina horizontal calibrada.
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contactor de la niquelina vertical sustituido. 2. Niquelina vertical caliente demasiado, rompe el sello. <u>Calibrar la temperatura de la niquelina vertical.</u>
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Niquelina vertical calibrada.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Las mordazas desalineadas provocan sellos y cortes no parejos. 2. Demasiada temperatura en las niquelinas daña el plástico. 3. Un elemento eléctrico o una conexión eléctrica defectuosa puede afectar al desempeño de las niquelinas. 	

Fuente: Autores

Tabla 33. Prueba del sistema de llenado

SISTEMA: LLENADO (E)	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La electrocheck se mantiene cerrada mientras no sea activada y no fuga líquido. 2. El tubo de llenado descarga el líquido sin problemas. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Accionar la bomba de acero inoxidable. 2. Accionar la electrocheck. 3. Verificar la correcta descarga de líquido. 4. Verificar la correcta dosificación del volumen deseado. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. La electrocheck necesita una presión mínima de trabajo de 7 psi por lo que no se cierra adecuadamente permitiendo la fuga de líquido. <u>Cambiar la electrocheck por una nueva que no necesite presión mínima de trabajo.</u>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. La electrocheck se cierra totalmente e impide la fuga de líquido. 2. El líquido es descargado sin problemas una vez es activada la electrocheck. 3. La dosificación del volumen de la presentación de 100 ml no es la correcta. <u>Calibrar el tiempo de activación de la electrocheck.</u>
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. La dosificación del volumen de la presentación de 100 ml no es la correcta. <u>Calibrar el tiempo de activación de la electrocheck.</u>
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. La dosificación del volumen de la presentación de 100 ml es la correcta. 2. La dosificación del volumen de la presentación de 160 ml no es la correcta. <u>Calibrar el tiempo de activación de la electrocheck.</u>
5	<ol style="list-style-type: none"> 1. La dosificación del volumen de la presentación de 160 ml es la correcta. 2. La dosificación del volumen de la presentación de 250 ml no es la correcta. <u>Calibrar el tiempo de activación de la electrocheck.</u>
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. La dosificación del volumen de la presentación de 250 ml no es la correcta. <u>Calibrar el tiempo de activación de la electrocheck.</u>

Fuente: Autores

Tabla 33 (Continua). Prueba del sistema de llenado

7	<ol style="list-style-type: none"> 1. La dosificación del volumen de la presentación de 250 ml es la correcta. 2. La dosificación del volumen de la presentación de 300 ml es la correcta.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La calibración del volumen de cada presentación depende del caudal del sistema y del tiempo de activación de la electrocheck. 2. La electrocheck debe tener una presión de trabajo mínima de 0 psi para evitar fugas en el sistema. 	

Fuente: Autores

Tabla 34. Prueba del sistema de fechado

SISTEMA: FECHADO (I)	
SUBSISTEMA: FECHADORA	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La fechadora reacciona correctamente ante la señal de accionamiento del LOGO!. 2. La fecha es estampada con claridad. 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Colocar los caracteres deseados en el porta-caracteres. 2. Esperar que la fechadora se caliente. 3. Calibrar la temperatura del porta-caracteres al máximo. 4. Estampar la fecha. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. La fecha es estampada con claridad. 2. El porta-caracteres está demasiado caliente, provoca pequeñas perforaciones en el plástico. <i>Disminuir la temperatura del porta-mordazas.</i>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. El porta-caracteres está a la temperatura adecuada, el plástico ya no es perforado.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. La fechadora reacciona adecuadamente con la señal de mando del LOGO!. 2. Demasiada temperatura en el porta-caracteres perfora el plástico. 	

Fuente: Autores

Tabla 35. Prueba del sistema de desinfección UV

SISTEMA: DESINFECCIÓN POR LUZ UV (J)	
SUBSISTEMA: GERMICIDA	
EXPECTATIVA:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El balastro que acciona la lámpara UV funciona correctamente. 2. La lámpara se enciende sin problemas. 3. El protector cubre totalmente la lámpara 	
ACTIVIDADES:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Accionar el balastro. 2. Verificar el correcto encendido. 	
PRUEBA	RESULTADOS
1	<ol style="list-style-type: none"> 1. La caída de voltaje ocasionada por el motoreductor quema el balastro. <u>Cambiar el balastro por una fuente de corriente directa equivalente al balastro.</u>
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. La lámpara se acciona correctamente.
CONCLUSIONES	
<ol style="list-style-type: none"> 1. El balastro es un elemento sensible a las variaciones de voltaje. 2. La lámpara se acciona correctamente con una fuente de corriente directa. 	

Fuente: Autores

CAPÍTULO V

5. ESTUDIO DE COSTOS

5.1 Costos de repotenciación y automatización

MATERIA PRIMA			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Envasadora inoperante	1	3500	3500
Tomacorriente	1	3	3
Cable flexible (m)	20	1,71	34,2
Pernos	6	4,13	24,78
Spray pintura	4	2,84	11,34
Spray pintura ALUM alta temp.	1	5,2	5,2
Zumbador	1	6,72	6,72
Switch COOPER	1	2,44	2,44
Sensor fotoeléctrico	1	29,93	29,93
Selectora de 3 posiciones	2	2,54	5,08
Silenciador Bronce	7	2,29	16,03
Fusible 2AMP	1	0,48	0,48
Luces de Neón	5	1,45	7,25
Bisagra	2	8,15	16,3
Remaches	1	0,49	0,49
Rodelas de caucho	3	1	3
Cadena de transmisión	1	30	30
Racores	14	1,68	23,52
Fluorescente germicida	1	7,5	7,5
Balastro	1	3,15	3,15
Niquelina (m)	4,30	5,13	22,06
Niquelina Triangular	1	39,90	39,90
Niquelina T	1	39,90	39,90
Tubo inoxidable 1" (m)	2	20	40
Pletina inoxidable 1" (m)	0,6	16,67	10
Acople rápido macho	1	1,5	1,5
Canaleta Gris	1	5,76	5,76
MARQ CSC	1	1,79	1,79
Teflón Adhesivo	1	27,45	27,45

Pintura de esmalte (lt)	1	7	7
Construcción piezas acero inoxidable	1	60	60
Chumaceras ½"	2	5	10
Polea simple 6"	2	6,39	12,78
Electroválvula 5/2 1/8"	1	72,78	72,78
Electroválvula 5/2 ¼"	2	75,56	151,12
Unidad FLR	1	109,14	109,14
Pulsador monoblock	4	1,59	6,36
Pulsador hongo	1	5,26	5,26
Gabinete metálico 400*300*200	1	37,91	37,91
Gabinete metálico 300*300*200	1	29,08	29,08
Guardamotor SIEMENS	1	75,26	75,26
LOGO!	1	207,2	207,2
Expansión LOGO!	1	170,24	170,24
Fechadora semiautomática	1	950	950
Eje de acero ½" (m)	0,5	3	1,5
Eje de acero inox 3/16" (m)	2	1	2
Piezas soldadas	1	56	56
Manguera poliuretano (m)	17	0,86	14,62
Termocupla J	2	7,13	14,26
Controlador de temperatura	2	68,54	137,08
Luz piloto	3	1,51	4,53
Unión T 6mm	3	2,76	8,28
Racor codo 6mm ¼"	1	2,16	2,16
Reducción recta	2	2,37	4,74
Racor reductor caudal	2	6,66	13,32
Canaleta lisa blanca	2	1,73	3,46
Lámpara T5 8W	1	4,59	4,59
Electrocheck	2	112,50	225
Prisionero	1	0,5	0,5
Pletina 1"	1	1	1
Sellador IPS PLUS	1	7,41	7,41
Teflón fino	1	1,43	1,43
Contactores	3	25,08	75,23
Manguera transparente 1" (m)	12	1,69	20,25
Válvula Compuerta 1"	2	17,30	34,61
Tee Acero Inoxidable 1"	1	3,98	3,98
Neplo cintura	2	3,39	6,78
Abrazadera Acero Inox 1"	4	2,30	9,23
Bomba 1 HP	1	149,92	149,92
Adaptador rosca manguera	4	3,19	12,77

TOTAL	6626,21
--------------	----------------

COSTOS INDIRECTOS			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
Cemento de contacto	1	1	1
Varilla de suelda inox 1/8"	1	2,4	2,4
Cinta adhesiva	1	0,56	0,56
Broca	1	2,74	2,74
Sierra	1	3,09	3,09
Destornillador plano	1	1,68	1,68
Bornera	2	1,94	3,88
Solvente (lt)	2	1,5	3
Soldadura 6011 (lb)	0,5	2,5	1,25
Broca HSS	1	1,36	1,36
Soldadura R91 3/32	5	1,5	7,5
Aceite de compresor	1	15,3	15,3
Disco de corte	3	2,75	8,25
Gas oxígeno	1	5	5
Arriendo de taller			200
Detergente y estropajo	1	1,5	1,5
Gasolina, brocha, lija	1	2,1	2,1
Roscado para acople inox	1	2	2
Transporte			149,35
Alimentación			101,6
Rollo de plástico	1	22,8	22,8
Llamadas asesoramiento			7
Imprevistos			103,51
TOTAL			646,87

5.1.1 *Costos totales de repotenciación y automatización*

DESCRIPCIÓN	VALOR (\$)
COSTOS DIRECTOS	6626,21
COSTOS INDIRECTOS	646,87
TOTAL	7273,08

5.2 Costos del proyecto

5.2.1 Costos directos.

5.2.2 Activos fijos.

MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIP.	CANT.	UNIDAD	V.UNIT (\$)	V. TOTAL (\$)
Envasadora de líquidos vertical	1	UNID	7273,08	7273,08
TOTAL				7273,08

5.2.3 Costos de producción

Ya que BIMARCH no ha iniciado aún sus actividades económicas y al no contar con un estudio de mercado y proyecciones de ventas, se estimarán los costos suponiendo una producción de 44 horas a la semana envasando bebidas de 100 ml por ser la presentación más popular en el mercado; se debe considerar que una presentación de mayor volumen permitirá obtener una utilidad superior.

MATERIA PRIMA					
DESCRIP.	CANT. DIARI A	UNIDA D	V.UNI T (\$)	V. PARCIAL (\$/D)	V. ANUAL (\$)
Agua	0,768	m ³	0,02	0,015	4,06
Azúcar	50	Kg	0,5	25	6600
Saborizante de naranja	0,7	lt	170	119	31416
Colorante comestible	0,7	lt	130	91	24024
Esencia de naranja	0,7	lt	400	280	73920
Ácido cítrico	7	Kg	1,6	11,20	2956,80
Benzoato	10	Kg	9	90	23760
TOTAL					162680,86

PERSONAL MANO DE OBRA DIRECTA				
DESCRIP.	CANT.	V.UNIT (\$)	V. PARCIAL (\$)	V. ANUAL (\$)
Obrero	1	360	360	4320
Supervisor de Producción	1	600	600	7200
TOTAL				11520

5.2.4 Costos indirectos

MATERIALES INDIRECTOS					
DESCRIP.	CANT	UNIDAD	V.UNIT (\$)	V. PARCIAL (\$/D)	V. ANUAL (\$)
Rollos de polietileno	470,4	m	0.2	94,08	24837,12
TOTAL					24837,12

MANTENIMIENTO			
DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE (%)	VALOR DEL ACTIVO	V. ANUAL (\$)
Maquinaria y Equipos	2	7273,08	145,46
TOTAL			145,46

MANO DE OBRA INDIRECTA				
DESCRIP.	CANTIDAD	V.UNIT (\$)	V. PARCIAL (\$)	V. ANUAL (\$)
Gerente	1	800	800	9600
Secretaria	1	500	500	6000
Chofer	1	360	360	4320
Guardia	1	360	360	4320
TOTAL				24240

SERVICIOS					
DESCRIP.	UNIDAD	CANT.	V.UNIT (\$)	V. MENSUAL (\$)	V. ANUAL (\$)
Agua	m3	200	0,1	20	240
Luz	kWh	12000	0.11	1320	15840
Teléfono	minutos	500	0.05	25	300
Internet	Mb	5	10	50	600

Transporte	Contrato		70/día	1400	16800
TOTAL					33780

5.2.5 Costos de venta

PUBLICIDAD		
DESCRIPCIÓN	VALOR MENSUAL	VALOR ANUAL
Tarjetas de presentación	240	2880
Logotipo y eslogan	100	100
Publicidad radial	225	675
Afiches	1000	6000
TOTAL		9655

5.2.6 Depreciaciones

DEPRECIACIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO				
DESCRIP.	V. ADQUISICIÓN	V. RESIDUAL	AÑO	DEP. ANUAL
	(\$)	(\$)	S	(\$)
Maquinaria y Equipo	7273,08	2000	10	527,31
TOTAL				527,31

5.2.7 Costos totales

COSTOS FIJOS (\$)		COSTOS VARIABLES (\$)	
Sueldos	35760	Materia prima	162680,86
Servicios Básicos	33780	Materiales indirectos	24837,12
Interés	0		
Depreciaciones	527,31		
Mantenimiento	145,46		
Publicidad	9655		
TOTAL	79867,77	TOTAL	187517,98

COSTOS TOTALES	
DESCRIPCIÓN	VALOR ANUAL (\$)
COSTO DE PRODUCCIÓN	199037,98
COSTO DE ADMINISTRACIÓN	24801,57
COSTO DE VENTA	9655
COSTO FINANCIERO	0
TOTAL	233494,55
Producción (litros)	202752
COSTO UNITARIO (\$/lt)	1,15
NÚMERO DE ENVASES	2027520
COSTO POR ENVASE	0,11

5.3 Ingresos del proyecto

Se estima un precio de venta de 0,13 dólares a los principales distribuidores de este producto, es decir, tiendas y panaderías; considerando una inflación del 3.5% anual.

AÑO	CANTIDAD (lt)	NÚMERO DE ENVASES	Precio Unitario (\$)	Ventas Totales (\$)
1	202752	2027520	0,13	263577,60
2	202752	2027520	0,13	263577,60
3	202752	2027520	0,14	283852,80
4	202752	2027520	0,14	283852,80
5	202752	2027520	0,15	304128
6	202752	2027520	0,15	304128
7	202752	2027520	0,16	324403,20
8	202752	2027520	0,16	324403,20
9	202752	2027520	0,16	324403,20
10	202752	2027520	0,17	344678,40

5.4 Estado de pérdidas y ganancia

AÑOS	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
RUBROS										
Cantidad de envases	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520	2027520
Ventas Netas	263577,6	263577,6	283852,8	283852,8	304128	304128	324403,2	324403,2	324403,2	344678,4
(-) Costo de Producción	199037,98	206004,31	213214,46	220676,97	228400,66	236394,68	244668,50	253231,89	262095,01	271268,34
(=) Utilidad Bruta	64539,62	57573,29	70638,34	63175,83	75727,34	67733,32	79734,70	71171,31	62308,19	73410,06
(-) Costo de Administración	24801,57	25669,62	26568,06	27497,94	28460,37	29456,49	30487,46	31554,52	32658,93	33801,99
(-) Costo de Venta	9655	9992,93	10342,68	10704,67	11079,33	11467,11	11868,46	12283,86	12713,79	13158,77
(-) Costo Financiero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(=) Utilidad Neta antes RU	30083,05	21910,74	33727,60	24973,22	36187,63	26809,72	37378,78	27332,93	16935,47	26449,30
(-) Reparto de Utilidades (15%)	4512,46	3286,61	5059,14	3745,98	5428,15	4021,46	5606,82	4099,94	2540,32	3967,39
(-) Impuestos (25%)	7520,76	5477,69	8431,90	6243,30	9046,91	6702,43	9344,70	6833,23	4233,87	6612,32
(=) UTILIDAD NETA TOTAL	18049,83	13146,44	20236,56	14983,93	21712,58	16085,83	22427,27	16399,76	10161,28	15869,58

5.5 Flujo neto de efectivo

AÑOS	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
RUBROS											
UTILIDAD NETA TOTAL		18049,83	13146,44	20236,56	14983,93	21712,58	16085,83	22427,27	16399,76	10161,28	15869,58
Depreciaciones		527,31	527,31	527,31	527,31	527,31	527,31	527,31	527,31	527,31	527,31
Amortizaciones		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inversiones Fijas	7273,08										
Inversiones Intangibles	0										
Capital de Trabajo	0										
FLUJO NETO DE EFECTIVO	7273,08	17522,52	12619,13	19709,25	14456,62	21185,27	15558,52	21899,96	15873,45	9633,97	15342,27

5.6 Punto de equilibrio

$$P.E \$ = \frac{\text{Costos fijos}}{\frac{\text{Costos variables}}{\text{Ventas totales}}}$$

$$P.E \$ = \frac{79867,77}{\frac{187517,98}{263577,60}}$$

$$P.E \$ = 112263.13$$

Para no registrar pérdidas ni ganancias se deberá producir el equivalente a \$112263,13, lo cual representa:

$$P.E U = \frac{\text{Costos fijos} \times \text{unidades producidas}}{\text{ventas totales} - \text{costos variables}}$$

$$P.E U = \frac{79867,77 \times 2027520}{263577,60 - 187517,98}$$

$$P.E U = 2129034 \text{ unidades}$$

Se necesita producir 2129034 envases de 100 ml de refresco, para no registrar pérdidas ni ganancias.

5.7 Rentabilidad

$$RENTABILIDAD = \frac{\text{PROMEDIO UTILIDADES}}{\text{INVERSION}}$$

$$RENTABILIDAD = \frac{16907,31}{7273,08}$$

$$RENTABILIDAD = 2,32 = 232\%$$

5.8 Valor actual neto (VAN)

TASA MÍNIMA ATRACTIVA DE RETORNO (TMRA)	
Tasa pasiva bancaria (TPB)	5%
Inflación	3.5%
Riesgo	6.5%
TOTAL	15%

$$VAN = -I_0 + \frac{FNE_1}{(1+i)^1} + \frac{FNE_2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_3}{(1+i)^3} + \frac{FNE_4}{(1+i)^4} + \dots + \frac{FNE_{10}}{(1+i)^{10}}$$

$$VAN = -7273,08 + \frac{17522,08}{(1+0.15)^1} + \frac{12619,13}{(1+0.15)^2} + \frac{19709,25}{(1+0.15)^3} + \frac{14456,62}{(1+0.15)^4} + \frac{21185,27}{(1+0.15)^5} + \frac{15558,52}{(1+0.15)^6} + \frac{21899,96}{(1+0.15)^7} + \frac{15873,45}{(1+0.15)^8} + \frac{9633,97}{(1+0.15)^9} + \frac{15342,27}{(1+0.15)^{10}}$$

$$VAN = -7273,08 + \frac{17522,08}{1.15} + \frac{12619,13}{1.32} + \frac{19709,25}{1.52} + \frac{14456,62}{1.75} + \frac{21185,27}{2.01} + \frac{15558,52}{2.31} + \frac{21899,96}{2.66} + \frac{15873,45}{3.06} + \frac{9633,97}{3.52} + \frac{15342,27}{4.05}$$

$$VAN = -7273,08 + 15236,59 + 9559,95 + 12966,61 + 8260,92 + 10539,94 + 6735,29 + 8233,07 + 5187,40 + 2736,92 + 3788,21$$

$$VAN = -7273,08 + 83244,90$$

$$VAN = 75971,82$$

El valor obtenido del VAN es positivo, lo cual indica la factibilidad del proyecto.

5.9 Tasa interna de retorno (TIR)

TASA INTERNA DE RETORNO	
Io	7273,08
FNE1	17522,52
FNE2	12619,13
FNE3	19709,25
FNE4	14456,62
FNE5	21185,27
FNE6	15558,52
FNE7	21899,96
FNE8	15873,45
FNE9	9633,97
FNE10	15342,27
TIR	228%

La Tasa Interna de Retorno es del 228,00% que fácilmente supera el valor de la tasa mínima atractiva de retorno que es de 15,00% frente a factores tales como la inflación y el riesgo, en un lapso de 10 años proyectados.

5.10 Período de recuperación de capital (PRC)

$$PRC = \frac{I_o}{\frac{\sum FNE}{N \text{ años del proyecto}}}$$

$$PRC = \frac{7273,08}{\frac{17522,52 + 12619,13 + 19709,25 + 14456,62 + 21185,27 + 15558,52 + 21899,96 + 15873,45 + 9633,97 + 15342,27}{10 \text{ años}}}$$

$$PRC = 0,44 \text{ años}$$

La inversión inicial se recuperará en 0,44 años, es decir, 159 días después de haber iniciado las operaciones.

5.11 Relación beneficio/costo

$$RB/C = \frac{BENEFICIO}{COSTO}$$

$$RB/C = \frac{263577,60}{233494,55}$$

$$RB/C = 1,13$$

La relación beneficio/costo de 1,13 indica que por cada dólar invertido se obtiene una ganancia de \$0,13.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se repotenció y automatizó una envasadora de líquidos vertical para la CORPORACIÓN BIMARCH CIA LTDA.

Se analizó la situación inicial de la envasadora identificando cada uno de sus sistemas así como la funcionalidad y obsolescencia de cada uno de ellos.

Se elaboró el fundamento teórico para la repotenciación y automatización de la máquina.

Se evaluó el estado de servicio de los elementos de máquina de la envasadora determinando un 51,43% de elementos reutilizables, 42,85% de elementos de recambio y 5,72% de elementos a ser desechados.

Se implementaron los equipos y elementos necesarios para la repotenciación y automatización.

Se comprobó el correcto funcionamiento de la envasadora una vez repotenciada y automatizada por medio de una serie de pruebas.

La máquina permite obtener 4 distintas presentaciones de producto.

La envasadora posee un sistema de bloqueo de doble señal de presentación con alarma sonora-visual.

Después del estudio de costos se determinó que la puesta en marcha de la envasadora ya repotenciada y automatizada tiene una rentabilidad del 232%, VAN de \$75971,82 un TIR de 228% y un PRC de ciento cincuenta y nueve días de actividades productivas, lo cual demuestra la factibilidad de este proyecto.

6.2 Recomendaciones

Capacitar al personal encargado de la operación de la envasadora vertical en cuanto a uso y mantenimiento de sus distintos sistemas.

Dar mantenimiento preventivo a los elementos de cada uno de los sistemas de la máquina.

Contar con un sistema de elevación y transporte para movilizar la envasadora a su lugar de operación.

Establecer la presentación deseada a envasar con la máquina aún apagada.

No manipular las selectoras de presentación mientras la máquina esté en funcionamiento.

No establecer los caracteres de la fechadora mientras el porta caracteres se encuentre caliente.

BIBLIOGRAFÍA

MORENO, Eduardo. Diseño de una máquina empacadora dosificadora y selladora de arroz (tesis). Escuela Politécnica Nacional, Mecánica, Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2010. pp. 5-22

SANTACRUZ, Edgar, & SUAREZ, Jesús. Diseño y modelamiento de una máquina dosificadora y empacadora de frutas deshidratadas (tesis). Universidad de Salle, Diseño y Automatización Electrónica, Ingeniería de Diseño y Automatización Electrónica. Bogotá-Colombia. 2007. pp. 32-34

AG, Siemens. *Manual LOGO*. 6ª ed. Nuremberg-Alemania, 2003, pp. 13-31

ARDUINO CL. *Arduino* [en línea] Santiago, 15 de Septiembre de 2010. [Consulta: 04 de abril de 2016.] Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

ORTEGA Rogelio. *Componentes de control y protección en circuito de potencia*. [en línea] Talca, Marzo de 2016. [Consulta: 04 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.electrotelex.hol.es/guia%20-%20componentes%20control%20y%20proteccion%20circuito%20potencia.pdf>

CARBOTECNIA. *Luz ultravioleta UV*. [en línea] Jalisco, 2016. [Consulta: 04 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.carbotecnia.info/encyclopedia/luz-ultavioleta-uv/>

MOLINA José. *Electromecánica*. [en línea] San Pedro de los Pinos, 4 de Julio de 2014. [Consulta: 05 de abril de 2016]. Disponible en: <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/index.htm>

DIRIND. *Automatización y Electrónica*. [en línea] San Juan, 2002. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: http://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=4

GARCÍA, Andrés. *Control automático en la industria* [en línea]. La Mancha-España: Universidad de Castilla. 2005. [Consulta: 05 de abril de 2016]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=MzLgX4uM-O0C&printsec=frontcover&dq=Control+autom%C3%A1tico+en+la+industria+de+garcia&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUK EwjM1pWS0rzRAhUGQSYKHxD-BDMQ6wEIGTAA#v=onepage&q=Control%20autom%C3%A1tico%20en%20la%20industria%20de%20garcia&f=false>

GENERAL-AISLANTE. *Polotetrafluoroetileno*. [en línea] Buenos Aires, 2000. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://www.general-aislante.com.ar/teflon.htm#características>

NAVARRETE Andrés. *Automatización de procesos en la empresa*. [en línea] Bogotá, 5 de Noviembre de 2013. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/automatizacion-de-procesos-en-la-empresa/>

GIGA-MOTOR. *Correa*. [en línea] Santiago de Compostela, 1998. [Consulta: 07 de Abril de 2016]. Disponible en: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/correa-definicion-significado/gmx-niv15-con193697.htm>

CHINO IWS. *Sistemas Mecánicos*. [blog]. [Consulta: 10 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://sistemasmecanicosiws.blogspot.com/2012/05/definicion-de-sistemas-mecanic-os.html>

MESPACK. *Materiales de película flexible*. [en línea] Barcelona. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: www.mespack.com

MOTT, Robert. *Resistencia de Materiales*. 5ª ed. México: Pearson Educación, 2009, pp. 191-199

MUNDOCOMPRESOR. *FRL*. [en línea] Madrid. [Consulta: 10 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.mundocompresor.com/frontend/mc/FRL-vn3132-vst37>

Sc. *Autómatas programables*. [en línea]. Madrid, Diciembre de 2001. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/index.htm>

PROYESA. *Chumaceras*. [en línea]. El Salvador. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.proyesa.com.sv/ind-chumaceras.php>

QUIMINET. *Polietileno de baja y alta intensidad*. [en línea]. México, 2000. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/el-polietileno-de-baja-y-alta-densidad-17529.htm>

SUMITEC. *Aceros*. [en línea]. [Consulta: 12 de Abril de 2016]. Disponible en: www.sumiteccr.com

TEQMA. *Desinfección ultravioleta*. [en línea]. Barcelona. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://www.teqma.com/ultravioleta/desinfeccion-ultravioleta>

ESCALERA Manuel. *Actuadores Neumáticos*. [en línea]. Huelva. [Consulta: 05 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetapuntas.htm/Trabajos%20IM%20200910/Manuel%20Jesus%20EscaleraAntonio20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>

TROJANUV. *Luz ultravioleta*. [en línea]. London. [Consulta: 10 de Junio de 2016]. Disponible en: <http://www.trojanuv.com/es/uv-basics>

VALDES CHRISTIAN. *Controles Eléctricos*. [en línea]. Colombia. [Consulta: 06 de Abril de 2016]. Disponible en: <http://controleselectricos.weebly.com/contactores.html>

ANEXOS