



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA
MÁQUINA ENVASADORA DE AGUA EN LA
CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA. UBICADA EN
LA PARROQUIA COTALÓ EN EL CANTÓN PELILEO”**

**COLLAY RUIZ WASHINGTON GIOVANNI
LUZURIAGA BONILLA JULIO MAURICIO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2017-02-14

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

COLLAY RUIZ WASHINGTON GIOVANNI
LUZURIAGA BONILLA JULIO MAURICIO

Titulada:

“RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA
ENVASADORA DE AGUA EN LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA.
UBICADA EN LA PARROQUIA COTALÓ EN EL CANTÓN PELILEO”

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Maniño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Orozco Ramos
DIRECTOR

Ing. Eduardo García Cabezas
ASESOR

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: COLLAY RUIZ WASHINGTON GIOVANNI

TÍTULO DE LA TESIS: “RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA DE AGUA EN LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA. UBICADA EN LA PARROQUIA COTALÓ EN EL CANTÓN PELILEO”

Fecha de Examinación: 2017-02-14

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Eduardo García Cabezas 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 Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: LUZURIAGA BONILLA JULIO MAURICIO

TÍTULO DE LA TESIS: “RECONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA DE AGUA EN LA CORPORACIÓN BIMARCH CIA. LTDA. UBICADA EN LA PARROQUIA COTALÓ EN EL CANTÓN PELILEO”

Fecha de Examinación: 2017-02-14

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Almendariz Puente PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Eduardo García Cabezas 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 Almendariz Puente
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado 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.

Collay Ruiz Washington Giovanni
Cédula de Identidad: 180489887-0

Luzuriaga Bonilla Julio Mauricio
Cédula de Identidad: 180398941-5

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Collay Ruiz Washington Giovanni y Luzuriaga Bonilla Julio Mauricio, declaramos que la presente tesis de grado 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.

Collay Ruiz Washington Giovanni
Cédula de Identidad: 180489887-0

Luzuriaga Bonilla Julio Mauricio
Cédula de Identidad: 180398941-5

DEDICATORIA

En este presente trabajo quiero expresar mi mayor agradecimiento a Dios por la vida, salud y sabiduría que me ha dado, poder disfrutar de los triunfos y la fortaleza para superar las dificultades a lo largo de mi carrera estudiantil, y el haberme permitido terminar una meta muy importante.

A mis padres, Ángel Collay y Norma Ruiz por todo el amor y sacrificio que hicieron por ver cumplida esta meta tan anhelada, a mis hermanas Lissette, Johanna y Thalía por el apoyo incondicional que incansablemente me brindaron. A mi familia en general, que directa e indirectamente con sus consejos me han impulsado a no dejarme vencer de los obstáculos. Sin olvidar a mis grandes amigos.

Collay Ruiz Washington Giovanni

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar el sacrificio que día a día hace por sus hijos.

A mi padre, a pesar de nuestra distancia física, siento que estás conmigo siempre y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí. A mi tía Mariana, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento. Porque sin ellos no hubiera logrado esta meta.

Luzuriaga Bonilla Julio Mauricio

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fortaleza para lograr mis propósitos, a mi familia por brindarme todo el cariño comprensión y confianza para ver culminada una etapa tan importante en mi vida como es la obtención del título de Ing. Industrial.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Eduardo García, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se elaboró el presente documento.

Collay Ruiz Washington Giovanni

A Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño comprensión y confianza para ver culminada una etapa más de mi vida.

A mis padres por ser un apoyo emocional tanto como financiero, por saberme guiar en todo este tiempo y nunca rendirse.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por brindarme la oportunidad de conseguir mi meta, ser un profesional.

Al Ing. Jhonny Orozco e Ing. Eduardo García, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis.

Luzuriaga Bonilla Julio Mauricio

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos	2
2. MARCO TEORICO	
2.1 Automatización	3
2.2 Control automático.....	3
2.3 SolidWorks software de diseño y simulación	6
2.4 PLC 1200.....	6
2.5 Tipos de taponadora automática.....	7
2.6 Motores eléctricos monofásicos.....	10
2.7 Electroneumática.....	11
2.8 Electrohidráulica.....	11
3. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE LA MÁQUINA ENVASADORA	
3.2 Estudio actual de la máquina embotelladora de agua	13
3.3 Componentes extras añadidos a la máquina de envasado de agua.....	17
3.4 Estudio eléctrico de la embotelladora de agua	19
4. RECONSTRUCCION Y MONTAJE DE LA MÁQUINA Y MATERIALES EN LA MICROEMPRESA	
4.1 Diseño propuesto de la embotelladora.....	21
4.2 Principio de funcionamiento	22
4.3 Construcción de los requerimientos de la embotelladora.....	23
4.4 Instalación de los requerimientos de la embotelladora	23
4.5 Capacidad de producción	26
4.6 Análisis de cargas a soportar en la maquina	26
4.7 Señales De Entradas y Salidas Requeridas en el Controlador Lógico Programable	32
4.8 Diseño del esquema neumático.....	34
4.9 Diseño del esquema eléctrico.....	34
4.10 Pruebas y puesta en marcha la máquina.....	40
5. OPERACIÓN Y MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MICROEMPRESA	
5.1 Operación	43
5.2 Pasos para la operación	43
5.3 Mantenimiento	44
6. ANÁLISIS DE COSTOS	
6.1 Costos directos	47
6.2 Costos indirectos	48
6.3 Costo de manufactura.....	49
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
7.1 Conclusiones	50
7.2 Recomendaciones.....	51
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1. Descripción de la taponadora manual tipo rosca.....	8
2. Descripción de la Tapadora Manual tipo Pilfer.....	8
3. Descripción Tapadora semiautomática tipo Twist Off.....	9
4. Descripción de la Tapadora semiautomática Tipo Pilfer	10
5. Evaluación del sistema mecánico.....	14
6. Evaluación del sistema eléctrico	15
7. Evaluación del sistema neumático	16
8. Resultados de evaluación	17
9. Parámetros y variables de los sistemas.....	18
10. Selección del tipo de taponadora.....	19
11. Selección de conductores	19
12. Análisis de los parámetros y selección del dispositivo programable	20
13. Entradas y Salidas en el TIA Portal.....	33
14. Instrucciones básicas del TIA PORTAL V13	33
15. Medición de parámetros de los motores.....	41
16. Resultados obtenidos.....	42
17. Costos Mecánicos.....	47
18. Costos Eléctricos	48
19. Costos por maquinaria, mano de obra y transporte	48
20. Costos Directos Totales.....	48
21. Costos Indirectos	49
22. Tareas de Mantenimiento	¡Error! Marcador no definido.
23. Tiempo de vida útil.....	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1. Pulsadores eléctricos	3
2. Contactor eléctrico	4
3. Sensor fotoeléctrico	4
4. Relés eléctricos.....	5
5. Fusibles.....	5
6. Software SolidWorks 2016 Premium.....	6
7. PLC siemens.....	6
8. Taponadora manual tipo rosca	7
9. Tapadora Manual tipo Pilfer.....	8
10. Tapadora semiautomática tipo Twist Off.....	9
11. Tapadora semiautomática Tipo Pilfer	10
12. Motor monofásico	10
13. Electroválvula neumática	11
14. Electroválvula hidráulica.....	11
15. Estado actual de la embotelladora	13
16. Banda en su estado actual.....	13
17. Caja de control eléctrico.....	15
18. Sistema neumático.....	15
19. Tanque de almacenamiento de líquidos	16
20. Dosificadora	16
21. Diseño propuesto de la embotelladora	21
22. Dosificado	22
23. Instalación del motor	23
24. Instalación de la limpiadora de botellas	24
25. Instalación de los retenes.....	24
26. Instalación de la taponadora.....	25
27. Instalación del control eléctrico.	25
28. Análisis estático de resistencia - estructura base.....	26
29. Deformación máxima del material - estructura base.....	27
30. Factor de seguridad mínimo - estructura base.....	27
31. Análisis estático de la estructura de llenado.....	29

32.	Deformación máxima del material	29
33.	Factor de seguridad mínimo que se puede aplicar al límite elástico.....	30
34.	Diseño final de la embotelladora.....	31
35.	Diagrama de proceso de producción	32
36.	Diagrama de Control	35
37.	Diagrama de Potencia.....	35
38.	Programación de las operaciones del proceso	36

SIMBOLOGÍA

F	Fuerza	N
σ	Esfuerzo	Pa
P	Presión	Pa
e	Espesor	Mm
I	Entrada del PLC	I
Q	Salida del PLC	Q

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Controlador lógico programable
AISI	Amerian Iron and Steel Institute
CAD	Dibujo asistido por computador
IEC	International Elcetrotechnical Commission
GOST	Gosudarstvenny Standart
TIA	Totally Integrated Automation

LISTA DE ANEXOS

- A** Manual de mantenimiento
- B** Diagrama de reconstrucción
- C** Diagrama de funcionamiento

RESUMEN

La reconstrucción y automatización de la dosificadora de agua embotellada de la corporación BIMARCH se llevó a cabo gracias al financiamiento de la empresa. Se realizó un levantamiento de información de la situación actual de la máquina, verificando los fallos existentes en los sistemas y mecanismos. Seguidamente se analizó alternativas de solución para la reconstrucción y automatización, tomando en cuenta el proceso básico de embotellado y las nuevas exigencias de la empresa. Una vez establecidos los requisitos, se aplicó una metodología deductiva con lo que se procedió a instalar nuevos componentes a la máquina, interconectándolos al nuevo sistema automático que permitirá ser manipulada manual y automáticamente. Posteriormente se efectuó el estudio de cargas a soportar en el software SolidWorks 2016 mediante el análisis de elementos finitos, facilitando así saber si la estructura soportará el acoplamiento de los elementos y el producto en proceso. El proceso de embotellado consta de tres etapas: limpiado y desinfección de la botella, dosificado, colocación de la tapa en la botella y por último el taponado que sella la tapa en su respectiva botella. Se elaboró una programación del PLC mediante el software TIA Portal V13 el cual se encarga del control total de la embotelladora. Finalizada la reconstrucción y automatización de la máquina, se pudo constatar satisfactoriamente el antes y después, justificando así la inversión con un aumento de la producción en un 51.3%. Además se debe indicar que la elaboración de un manual de operación sirve de guía autorizada para que el usuario pueda llevar a cabo las labores correspondientes, así también de un manual de mantenimiento que es de vital importancia, esta servirá para alargar la vida útil de la máquina dosificadora.

PALABRAS CLAVE: <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)> <ELEMENTOS DE COMUNICACIÓN/INTERFAZ (IP)> <UNIDAD DE FILTRADO Y LUBRICADO (UFL)> <TRIFÁSICO > <INSTITUTO AMERICANO DEL HIERRO Y ACERO (AISI)> <BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM)> <CORRIENTE ALTERNA (AC)> < CORRIENTE DIRECTA (DC)>

ABSTRACT

The reconstruction and automation of the bottled water dispenser of the BIMARCH Corporation was carried out thanks to the financing of the company. A survey of the current situation of the machine was carried out, verifying the existing flaws in the systems and mechanisms. We then analyzed alternative solutions for the reconstruction and automation, taking into account the basic process of bottling and the new ones and requirements of the company. Once the requirements were established, a deductive methodology was applied, whereby new components were installed to the machine, interconnecting them to the new automatic system that would allow manual and automatic manipulation. Later, the study of loads to be supported in the software SolidWorks 2016 was carried out by the analysis of finite elements, thus seeing if the structure will support the coupling of the elements and the product in process. The bottling process consists of three stages: cleaning and disinfection of the bottle, dosing, placing the lid on the bottle and finally the capping that seals the lid in its respective bottle. A programming of the PLC was developed using the software TIA Portal V13 which is in charge of the total control of the bottling machine. After the reconstruction and automation of the machine, it was possible to verify the before and after, thus justifying the investment with an increase of production by 51.3%. In addition, it should be noted that the preparation of an operation manual is an authorized guide for the user to carry out the corresponding tasks, as well as a maintenance manual that is of vital importance, this will serve to extend the useful life of the Dosing machine.

KEY WORDS: < PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>
<COMMUNICATION / INTERFACE ELEMENTS (IP)> <LIFTED AND
LUBRICATED UNIT (UFL)> < THREE PHASE> <AMERICAN INSTITUTE OF
IRON AND STEEL (AISI)> <GOOD PRACTICES OF MANUFACTURE (BPM)> <
ALTERNATING CURRENT (AC)> < DIRECT CURRENT (DC)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

Como una de las necesidades básicas de un ser humano está el consumo de agua, siendo primordial para las empresas captar agua de fuentes naturales para tratarla, envasarla y distribuirla como un producto de consumo masivo.

Con el pasar de los años la demanda de agua embotellada aumento drásticamente por su gran uso y diferentes aplicaciones. Evitando así el consumo de agua que tiene contacto directo con el hierro de las tuberías de las redes de distribución, perdiendo así sus propiedades naturales y pureza.

La industria productora de agua embotellada, ha crecido a un ritmo vertiginoso en todo el mundo desde que entramos en el siglo XXI. Para la dosificación del agua tiene como requisito ser potable para luego ser envasada en botellas individuales de consumo y venta al por mayor y menor. Su proceso consiste en la preparación del líquido vital a lo que el cliente exige como; sabor, olor, textura, etc. De la mejor forma higiénica posible satisfaciendo así la creciente demanda.

Aprovechando las vertientes de sectores que proveen agua natural, con su debido tratamiento y proceso de embotellado automático, mejora la calidad de vida de los consumidores puesto que la salud de ellos no se afectaría al no contraer enfermedades por contaminación de agua.

Años atrás la elaboración de aguas tratadas ha sido común un proceso manual por lo que ocasionalmente no cumplía con condiciones de salud y la demanda.

La tecnología con el pasar de los tiempos evolucionó y perfeccionó los sistemas automatizados con los cuales las empresas se benefician para lograr obtener un mejor producto o servicio, permitiendo satisfacer al cliente.

1.2 Justificación

La Corporación BIMARCH CIA. LTDA., se propuso ingresar al mercado de aguas embotelladas purificadas debido a que cumple con todos los requisitos legales y ambientales, además tiene la facilidad de obtener agua de una vertiente en la Provincia de Tungurahua, cantón San Pedro de Pelileo, parroquia Cotaló.

Los propietarios de la empresa BIMARCH CIA. LTDA., tienen en su poder una maquina embotelladora usada y con averías graves que impiden su funcionamiento, por lo cual necesita una pronta limpieza, estudio, rediseño, reconstrucción, automatización y puesta en marcha.

Hoy en día, gracias al avance de la tecnología se logró automatizar los procesos de producción con la finalidad de cubrir la mayor demanda posible, pero debido al crecimiento poblacional en diferentes sectores del Ecuador y el uso frecuente del producto en otras industrias para el proceso de otros productos aumentó la demanda.

Este proyecto se desarrolla con el afán de asegurar una excelente calidad con productos elaborados bajo un sistema que exige alcanzar una producción máxima, con la mayor rapidez posible y evitando perdidas de cualquier tipo.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.*

Reconstruir y automatizar la envasadora de agua en la corporación BIMARCH CIA. LTDA. Ubicada en la parroquia COTALÓ del cantón PELILEO.

1.3.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar el levantamiento de información de la máquina envasadora y elaborar el fundamento teórico necesario para el proyecto.
- Desarrollar la reconstrucción de la envasadora en base a requerimientos de la empresa.
- Implementar los requerimientos para la máquina envasadora.

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1 Automatización

Es la acción de operar procesos industriales de forma autónoma con la mínima participación de fuerza humana y orientada a la utilización de inteligencia artificial a través de la programación de distintos tipos de procesadores

2.2 Control automático

Es la organización de equipos e instrumentos tecnológicos combinados con procedimientos algorítmicos, trabajan entorno a propósitos previamente establecidos.

2.2.1 Los Pulsadores. Es un elemento que permite el paso de interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su estado natural. Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA.

Consta de una lámina conductora que establece contacto con los terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición original al dejar de presionarlo.

Figura 1. Pulsadores eléctricos



Fuente: <http://bit.ly/2kuCyNZ>

2.2.2 *Los contactores.* Son artefactos electromecánicos que establecen o interrumpen el flujo de corriente eléctrica, sea de control o de potencia. Pueden ser activados de una considerable distancia.

Figura 2. Contactor eléctrico



Fuente: <https://goo.gl/idg5KB>

2.2.3 *Sensores fotoeléctricos.* Los sensores fotoeléctricos usan un haz de luz para detectar la presencia o la ausencia de un objeto. Esta tecnología es una alternativa ideal a sensores de proximidad inductivos cuando se requieren distintas detecciones largas que no sean metálicos. (*Automation*)

Figura 3. Sensor fotoeléctrico



Autores: <https://goo.gl/MgQhej>

2.2.4 *Relés eléctricos.* Un relé de impulsos es un dispositivo electromecánico que simplifica la instalación eléctrica- Es posible controlar por medio del relé la iluminación, timbres y entre otras aplicaciones gracias de pulsadores quien emite la orden.

Figura 4. Relés eléctricos



Fuente: <http://bit.ly/2jz3uZ5>

La bobina es el principal componente del relé. A su alrededor genera un campo electromagnético cuando el relé es energizado siendo capaz de generar la fuerza necesaria para mover un conjunto magnético junto a este los contactos cambiando así su estado de normalmente abierto a cerrado y viceversa. (Marketing, 2014)

2.2.5 Fusibles. Son dispositivos de seguridad que protegen a los alambres contra sobrecargas de corriente, es importante que al cambiarlos se haga por uno de igual amperaje.

Figura 5. Fusibles



Fuente: <https://goo.gl/DPxpdT>

Todo conductor se calienta cuando por el pasa una corriente excesiva. La sobrecarga de los conductores puede ser por causa de utilizar fusibles de mayor amperaje en las derivaciones de los circuitos, esto causa pérdida de energía en los conductores de esta sección, por ende, los aparatos funcionaran incorrectamente, con el agravante de causar incendios y serios daños en la canalización.

2.3 SolidWorks software de diseño y simulación

Es un diseño asistido por computadora para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corporation. Éste es programa que permite al usuario diseñar piezas y de ellos se pueden extraer planos.

Figura 6. Software SolidWorks 2016 Premium



Fuente: Dassault Systemes

SolidWorks es un diseñador virtual de sólidos. Estuvo en funcionamiento desde 1995 para competir con otro software como Autodesk, NX, CATIA, etc.

2.4 PLC 1200

Es un dispositivo electrónico que sustituye el conjunto de componentes eléctricos que se usan en la caja de control como contactores, relés, etc.

Figura 7. PLC siemens



Fuente: <http://bit.ly/2k2f9Td>

Éste dispositivo viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (1211C, 1212C, 1214C, 1215C y 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas. (Siemens)

Este dispositivo conjuntos con sus componentes necesarias para su utilización mejoran la competitividad al incrementar su producción a unos costos menores incrementando considerablemente la calidad y su tiempo de proceso.

2.5 Tipos de taponadora automática.

El módulo de tapado consiste en un contenedor cilíndrico compuesto por una base giratoria conectado a un motor, que proporciona un movimiento centrífugo que permite ubicar las tapas sobre cada envase.

Como su nombre lo indica es el elemento que permitirá realizar el tapado del envase y que podrá ser de dos modos: presión y de roscado.

Para el acople justo depende mucho del tamaño de la boquilla a ser incrustada, por ende ésta debe ser medida y comprada previamente. (Rodríguez Prada, y otros, 2007)

2.5.1 *Taponadora manual tipo rosca.*

La taponadora manual tipo rosca es ideal para las empresas que empiezan sus procesos productivos, su versatilidad y fácil mantenimiento lo hacen un accesorio muy demandado en el mercado. (Ver figura8)

Figura 8. Taponadora manual tipo rosca



Fuente: <https://goo.gl/xJE7A8>

Tabla 1. Descripción de la taponadora manual tipo rosca

Máquina	Roscadora manual
Precio	450\$
Modelo	RM-32-N-300
Eficiencia de trabajo	15-30 bpm
Campana de roscado	Según muestra
Presión de aire	40-60 PSI
Caudal de aire	4 gpm
Lubricación	Por Unidad de Mantenimiento
Peso	5 Kg

Fuentes: (Yungay)

2.5.2 Tapadora Manual tipo Pilfer

Taponadora manual tipo Pilfer es un elemento utilizado para tapado de envases de vidrio con gran presión de apriete y fácil funcionamiento. (Ver Figura 9)

Figura 9. Tapadora Manual tipo Pilfer



Fuente: <https://goo.gl/DfjDXk>

Tabla 2. Descripción de la Tapadora Manual tipo Pilfer

Máquina	Roscadora manual Pilfer
Precio	650\$
Modelo	RM-28-P-300
Eficiencia de trabajo	12-15 bpm
Campana de roscado	Según muestra
Potencia	400 watts
Voltaje	220 V Monofásico
Peso	8 Kg

Fuentes: (Yungay)

2.5.3 Tapadora semiautomática tipo Twist Off

La taponadora semiautomática tipo twist off, fue diseñada para satisfacer las exigencias de producciones medianas y pequeñas y es adecuado para la aplicación de tapones corona de diámetro 26, 29 o 30,5. Puede trabajar botellas cilíndricas de vidrio de diámetro desde 55 hasta 115mm. (Ver Figura10)

Figura 10. Tapadora semiautomática tipo Twist Off



Autores: <https://goo.gl/duhLBr>

Tabla 3. Descripción Tapadora semiautomática tipo Twist Off

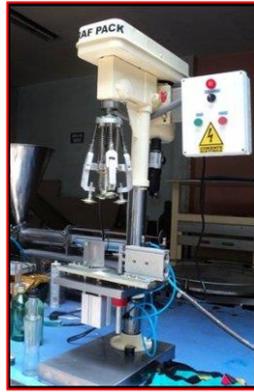
Máquina	Roscadora Semiautomática Twist Off
Precio	880\$
Modelo	RS-100-N-300
Eficiencia de trabajo	15-30 bpm
Campana de roscado	Según muestra
Presión de Aire	80 PSI
Caudal de Aire	220 V Monofásico
Peso	15 Kg

Fuentes: (Yungay)

2.5.4 Tapadora semiautomática Tipo Pilfer

Este tipo de taponadora se caracteriza por ser fácil de utilizar y de uso rápido para botellas de diferentes medidas y alturas, taponadora para roscas pilfer semi-automática capaz de enroscar un amplia gama de tapones de rosca. (Ver Figura 11)

Figura 11. Tapadora semiautomática Tipo Pilfer



Fuente: <https://goo.gl/iK5Dv8>

Tabla 4. Descripción de la Tapadora semiautomática Tipo Pilfer

Máquina	Roscadora Semiautomática Pilfer
Precio	1030\$
Modelo	RS-28-P-300
Eficiencia de trabajo	20bpm
Campana de roscado	Según muestra
Potencia	400 watts
Voltaje	220 V Monofásico
Peso	15 Kg

Fuentes: (Yungay)

2.6 Motores eléctricos monofásicos.

Los motores eléctricos monofásicos, en su gran mayoría, se construyen en forma de motores bifásicos, con dos devanados de estator en cuadratura espacial. Los devanados principal y auxiliar por lo general son diferentes, con distinto número de vueltas, diámetro de conductores y distribución de vueltas.

Figura 12. Motor monofásico



Fuente: <https://goo.gl/uo76qq>

Esta diferencia, en combinación con el capacitor que por lo general se utiliza en serie con el devanado auxiliar, garantiza que las fuerzas magneto motrices producidas por las dos corrientes de devanado resultarán bastante desbalanceadas; en el mejor de los casos, pueden estar balanceadas en un punto de operación específico.

2.7 Electroneumática

Es una combinación de la parte eléctrica y neumática, ya que gracias a la energía eléctrica es activada una bobina que permite el flujo de aire a presión.

Figura 13. Electroválvula neumática



Fuente: <https://goo.gl/RWthtk>

Si bien la electroneumática utiliza los mismos principios de la neumática básica, la diferencia se concentra en torno a la utilización de electroválvulas activadas con electroimanes que sustituye al control neumático por eléctrico.

2.8 Electrohidráulica.

Cumple el mismo sistema de la electroneumática con la excepción que esta vez pasará algún líquido en vez de aire.

Figura 14. Electroválvula hidráulica



Fuente: Autores

Mediante una señal eléctrica es activada una bobina que provoca la fuerza necesaria para abrir la compuerta que permita el flujo del líquido

CAPITULO III

3. ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL Y PROPUESTA DE LA MÁQUINA ENVASADORA

La Corporación BIMARCH CIA. LTDA. Tuvo la necesidad de hacer una reconstrucción total de la máquina embotelladora de aguas mediante un estudio previo realizado por los autores del proyecto.

Al realizar el estudio de la máquina se estudiará la situación actual y bases que servirán para su total reconstrucción y automatización.

Para la corporación es de suma importancia reducir costos permitiendo tener una buena utilidad que asegure el sustento en el mercado.

Los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera permitieron tener las herramientas necesarias para realizar el proyecto para mejorar al máximo el desempeño de la máquina.

Base legal.

Razón Social:	Corporación BIMARCH CIA. LTDA.
Tipo de empresa:	Compañía limitada
Reconocimiento legal:	Pequeña Industria
Representante legal:	Mariño Abarca Ximena Alexandra
RUC:	1891761798001
Actividad económica:	Embotellado de aguas minerales o de manantial, purificadas o artificiales.

Ubicación de la microempresa

País:	Ecuador
Provincia:	Tungurahua
Cantón:	San Pedro de Pelileo
Parroquia	Cotaló
Barrio	Caserío laurel pamba

Dirección: Vía a Calhuaji S/N
Teléfono: 032841075 / 0995812508
Email: bimarchcorp@yahoo.es

3.1 Estudio actual de la máquina embotelladora de agua

La máquina embotelladora de aguas aportada por la corporación BIMARCH estuvo en su paro completo, por lo que conllevó a su respectivo estudio y análisis minucioso de cada elemento a través de su estado de funcionamiento dando la información necesaria para ser: reemplazada o reutilizada según corresponda.

Figura 15. Estado actual de la embotelladora



Fuente: Autores

El estudio consiste en determinar algunos factores tales como:

- Fallas mecánicas
- Verificar si tiene o no la posibilidad de un arreglo oportuno
- Reemplazo de elementos inservibles.

3.1.1 Evaluación del sistema mecánico

Figura 16. Banda en su estado actual



Fuente: Autores

La banda metálica de acero inoxidable se encuentra en buen estado por lo que puede ser reutilizada, los soportes utilizados para el agarre del cuello de la botella serán sustituidos por falta de piezas y cambio del sistema de producción.

Tabla 5. Evaluación del sistema mecánico

ELEMENTO	EVALUACIÓN	DIAGNÓSTICO
Estructura base	Cubierta de polvo y aceite, debido a su mal almacenamiento.	Reutilizable
Estructura del dosificado	Cubierta de polvo y aceite, debido a su mal almacenamiento.	Reutilizable
Banda de acero inoxidable	Cubierta de polvo. Presenta perforaciones y rayaduras.	Reutilizable
Soportes de agarre al cuello de la botella	Incompletas y deterioradas	Reemplazo total

Fuente: Autores

Debido al cambio de producción de la maquina se decidió retirar los soportes para detener el cuello de la botella, ya que esta operación se la realizaba manualmente

Por el contrario al automatizar la maquina con una ordenadora de botellas esta acción se eliminara siendo innecesarios estas soportes.

La ordenadora de botellas es una proyección de la máquina que no está contemplada en el siguiente escrito.

3.1.2 *Evaluación del sistema eléctrico*

La parte eléctrica será totalmente reemplazada excepto los elementos que se consideren que cumplan con sus funciones.

Debido al cambio mecánico y el aporte de nuevas funciones a la máquina, considerando una automatización integra en el proceso de llenado y tapado.

Figura 17. Caja de control eléctrico



Fuente: Autores

Tabla 6. Evaluación del sistema eléctrico

ELEMENTO	EVALUACIÓN	DIAGNÓSTICO
Caja de control	Se encuentra completa con rayaduras, golpes.	Reutilizable
PLC	Tecnología antigua e incompleto	Reemplazo total
Contactores 220V	En buen estado	Reutilizable
Relés térmicos (24V- 220V)	En buen estado	Reutilizable
Motor trifásico	En mal estado	Reemplazo total

Fuente: Autores

3.1.3 *Evaluación del sistema neumático*

Figura 18. Sistema neumático



Fuente: Autores

Debido al cambio del diseño de funcionamiento de la maquina envasadora de agua se instaló varios actuadores neumáticos que ayuden esta labor. Respecto a la parte neumática actual se revisó y evaluó los elementos que podían ser reutilizados.

Tabla 7. Evaluación del sistema neumático

ELEMENTO	EVALUACIÓN	DIAGNÓSTICO
Electroválvulas	Cubiertas de aceite, polvo y acoples faltantes.	Reemplazo total
Mangueras neumáticas	Rotas e inservibles	Reemplazo total
Válvula electrocheck	Buenas condiciones	Reutilizable

Fuente: Autores

Figura 19. Tanque de almacenamiento de líquidos



Fuente: Autores

Todas las partes se encuentran en buen estado por lo que no se realizará ningún reemplazo o modificación.

Figura 20. Dosificadora



Fuente: Autores

En la dosificadora no se encontró ningún desperfecto por lo que lo único que se hará es cambiar de tubería por su largo uso.

3.1.4 Conclusiones de la evaluación

Los elementos evaluados en el estado inicial de la envasadora de agua se clasifican en dos estados: dependiendo el estado que se encuentren: reutilizables, o reemplazo total, la cantidad total de elementos analizados y los porcentajes se muestra en la siguiente tabla.

3.1.5 Resultados de la evaluación

En el siguiente análisis se concluye la cantidad de elementos reutilizables de la maquina dando como resultado un 58.4% de elementos que pueden volver a reutilizarse y un 41.6% de los elementos necesitan un reemplazo total y no se podrán utilizar al momento de empezar la construcción de la máquina esto completando el 100% de la evaluación de los componentes de la maquina envasadora de agua.

Tabla 8.Resultados de evaluación

ESTADO	CANTIDAD	PORCENTAJE
Reutilizable	7	58,4%
Reemplazo total	5	41,6%
Total	12	100%

Fuente: Autores

3.2 Componentes extras añadidos a la máquina de envasado de agua.

Gracias al análisis realizado en la situación actual de la embotelladora de agua se dedujo que la maquina envasadora necesita nuevos componentes para su total automatización, agregando requerimientos planteados por los dueños de la máquina y la forma de producción, estos son:

- *Motor monofásico.* Éste fue impuesto ya que el motor que venía por defecto en la máquina era trifásico y actualmente donde va a ser instalada la máquina por el momento no consta de las tres fases.

- *Limpiador de botellas.* Consiste en desinfectar las botellas previamente a su dosificación, llevará cierto número de botellas al área en donde efectuará aquel proceso de limpieza.

Éste es un sistema que consta de un tanque fabricado con acero inoxidable de 2 mm, más el aporte de un sistema que se encarga por medio de cilindros neumáticos de sostener las botellas y hacerlas girar hacia el tanque,

Cuando haya llegado a ésta posición, mediante presión previamente activada por una válvula electrocheck fluye el líquido que se encargará de la limpieza de la botella.

Éste líquido es agua tratada por el usuario para la desinfección de cada botella que vaya pasando por aquella posición.

- *Retenes.* Consiste en cilindros que su labor es detener las botellas para que hagan su respectiva acción en cada etapa de la máquina.
- *Taponadora.* consiste en que una vez ya dosificada la máquina, éste se encargue de sellarla por completo, para así culminar el proceso y continuar con el empaclado en cajas.

3.2.1 *Parámetros y variables.* Debido a los nuevos requerimientos es recomendable analizar las variables a la que se están sujetas la máquina en cada sistema.

Tabla 9. Parámetros y variables de los sistemas

	Parámetros	Variables	Observaciones
Sistema mecánico	Motor 2 HP	Velocidad de arranque	dependiente del giro medida en RPM
	Motor 1/4 HP	Presión en rodillos	Encargadas de desplazar la banda
Sistema de dosificación	Materiales	Caudal de llenado	600 ml y 1000 ml
	Tubo de llenado	Tiempo de llenado	De 4 a 7 segundos
Sistema de taponado	Taponadora	Tiempo de taponado	De 3 a 5 segundos
	Cilindros		

Fuente: Autores

3.2.2 Selección de material y maquinaria. Para la selección de la tapadora de botellas, tomando en cuenta cada característica ya estudiada de cada tipo de tapadora. Se ha previsto ahora analizar los siguientes parámetros.

Tabla 10. Selección del tipo de tapadora

Parámetros	Tapadora Manual Tipo Rosca	Tapadora Tipo Pilfer	Tapadora Semiautomática Tipo Twist Off	Tapadora Semiautomática Tipo Pilfer
Precio	80%	70%	60%	30%
Versatilidad	70%	75%	80%	90%
Tamaño	90%	75%	40%	50%
Calidad	85%	80%	70%	80%
Resistencia	90%	70%	70%	60%
PROMEDIO	83%	74%	64%	62%

Fuente: Autores

Gracias a este análisis de los parámetros se seleccionó la tapadora tipo rosca, aunque esta no es automática tiene la facilidad de automatizarla a las necesidades del usuario tomando en cuenta también las condiciones a las cuales trabajará, como son la velocidad tanto de desplazamiento y como de giro para asegurar las tapas.

3.3 Estudio eléctrico de la embotelladora de agua

Se desechó toda la parte eléctrica y de control que se encontraba en la máquina, reemplazándolo por materiales nuevos y actualizados, agregando partes extras como lo es la automatización completa.

3.3.1 Selección de conductores. Esto se divide en tres partes, lo que es la parte de control, potencia media y potencia de alto voltaje-amperaje. Los cables seleccionados son flexibles debido a su mejor maniobrabilidad en la caja de control.

Tabla 11. Selección de conductores

Parámetros	Número de cable	Diámetro [mm]	Amperes [A]
Control	18	1	5
Potencia media	16	1,3	8
Potencia de alto voltaje-amperaje	14	1,6	13

Fuente: Autores

3.3.2 Selección del autómata programable. Entre la variedad de PLC existentes en el mercado, se optó por analizar varios aspectos.

En la selección de estos dispositivos sólo se optó por analizar los de la marca siemens ya que son más económicos y accesibles en el mercado sin hacer a un lado su gran eficiencia y utilización en el ámbito industrial.

Ponderaciones utilizando 1 como Bajo y 10 como Alto

Tabla 12. Análisis de los parámetros y selección del dispositivo programable

Restricciones	LOGO		PLC		
	V7	V8	S7-200-CPU 224	S7-1200-1212	S7-1200-1214
N° de entradas	6	6	9	7	9
N° de salidas	5	5	9	6	8
Ámbito de trabajo	8	8	7	8	8
Espacio de trabajo	9	9.5	7	9	8.5
Disponibilidad en el mercado	6	8	5	9	9
Precio	9	9	8	7.5	7
Demanda de proyecciones futuras que exige el usuario	4	7	3	8.5	9
PROMEDIO	6.8	7.5	6.9	7.9	8.4

Fuente: Autores

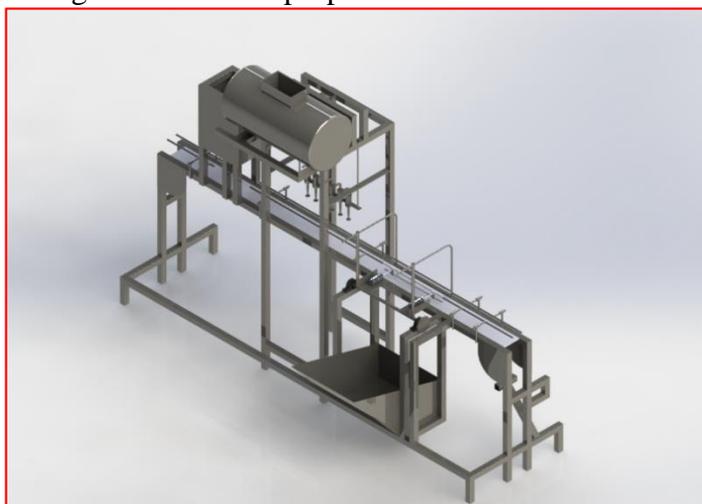
CAPITULO IV

4. RECONSTRUCCION Y MONTAJE DE LA MÁQUINA Y MATERIALES EN LA MICROEMPRESA

4.1 Diseño propuesto de la embotelladora.

Debido a las necesidades de la corporación de construir y agregar elementos extras como son: la lavadora y la tapadora de botellas más el estudio realizado por los autores de la tesis, se concluyó con un diseño que se ajusta a una producción con dos tipos de botellas, obteniéndose el siguiente esquema.

Figura 21. Diseño propuesto de la embotelladora



Fuente: Autores

Cumpliendo todos los requisitos por la corporación BIMARCH y satisfaciendo el estudio realizado se procedió a su reconstrucción total, que consiste en retirar las partes obsoletas, instalándolas cuidadosamente cumpliendo todas las normas eléctricas y mecánicas que a esta impone.

Se ha mejorado la parte ergonómica de la máquina para que el usuario pueda manipular los controles sin ningún problema.

Además se ha diseñado la máquina de tal forma que no genere ninguna afectación al ambiente tanto en su reconstrucción como en el momento de su producción en puesta en marcha. (Ver Anexo C)

4.2 Principio de funcionamiento

Consiste en el ingreso de botellas en forma manual, que por consiguiente llegara a una posición a seis botellas las cuales serán cogidas mediante presión por un brazo, el mismo que las llevara a una posición de limpiado, que mediante agua a presión genera un chorro que ingresará por la boca de la botella, lavándola en posición vertical y cumpliendo así con el proceso higiene del envase. Después de esto, el mecanismo regresará a su posición inicial para que las botellas continúen con el siguiente proceso.

Las botellas continúan con la banda en movimiento hacia el dosificado, éste se encarga de bajar las boquillas de llenado mediante unos pistones, el cual al hacer presión sobre la botella libera el fluido, mediante un tiempo cuidadosamente programado llenara la botella al nivel requerido. Una vez llenada la botella, los pistones regresaran a la posición original y las botellas llenas continuará su curso.

Por requerimiento de la corporación se ha visto la necesidad de crear dos tipos de envases uno pequeño y uno grande en presentaciones de 600 ml y 1000 ml respectivamente. Debido a este requisito se ha programado en 2 partes de tiempos, así como la ubicación ingeniosa de sensores para cada envase.

Cuando el envase esta dosificado, prosigue mediante la banda a un mecanismo encargado de posicionar la tapa, mientras la botella continúa a una sección de la maquina encargada finalmente de taponar, mediante movimiento giratorio y ejerciendo presión para un sellado total. Concluyendo así el proceso de dosificado de las botellas. (Ver Anexo D)

Figura 22. Dosificado



Fuente: Autores

4.3 Construcción de los requerimientos de la embotelladora

4.3.1 *Preparación de los materiales.* Para la preparación de los materiales a ser ocupados

Pasos a seguir:

- Corte de plancha de acero inoxidable AISI 304.
- Doblado de aquellas planchas
- Corte de las barras de acero inoxidable.
- Doblado de las barras a las medidas establecidas
- Soldado en las partes necesarias.

4.4 Instalación de los requerimientos de la embotelladora

4.4.1 *Instalación del motor.* Se retiró el motor trifásico y se instaló en la misma posición el motor monofásico cumpliendo la misma función del anterior motor.

Figura 23. Instalación del motor

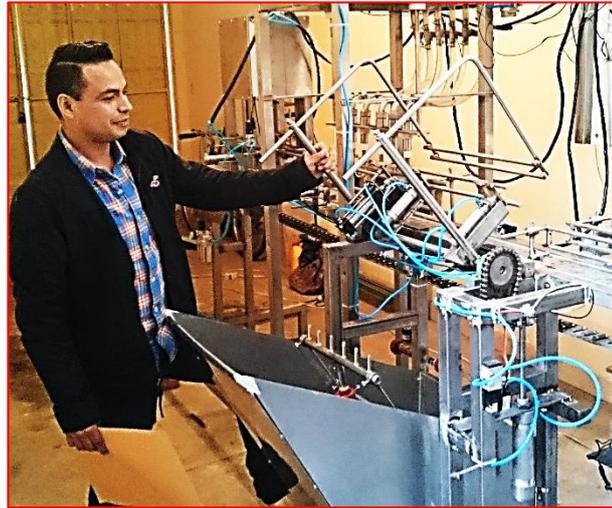


Fuente: Autores

4.4.2 *Instalación de los elementos eléctricos secundarios.* Se colocaron en una posición estratégica con el objetivo de ser lo menos visible posible y a su vez manejable para el técnico.

4.4.3 *Instalación del limpiador de botellas.* La instalación se hizo mediante pernos, con el objetivo de desmontar y colocar cuando así lo desee el usuario, facilitando la transportación de la máquina cuando así lo sea necesario.

Figura 24. Instalación de la limpiadora de botellas



Fuente: Autores

4.4.4 *Instalación de los retenes.* Los cilindros fueron colocados en puntos estratégicos con el objetivo de detener las botellas para realizar su debida operación en aquella etapa.

Figura 25. Instalación de los retenes



Fuente: Autores

Se usaron cuatro retenes, el primero para detener y separando las botellas para el lavado, el segundo para detener las botellas que no pasen el área de lavado, el tercer reten está colocado después del dosificador evitando que las botellas pasen aquel punto para ser dosificado, cuarto y último reten se encuentra antes del taponador de botellas con el objetivo de hacer pasar un por uno a ser taponado.

4.4.5 *Instalación de la taponadora.* Aquella taponadora manual se le unión a un cilindro que es encargado de bajar hacia la tapa de la botella y mediante la activación del

aire gira, cumpliendo así su función de taponar

A éste se le colocaron dos juegos de cilindros encargados de sostener a la botella para evitar movimientos bruscos mediante el taponado.

Figura 26. Instalación de la taponadora

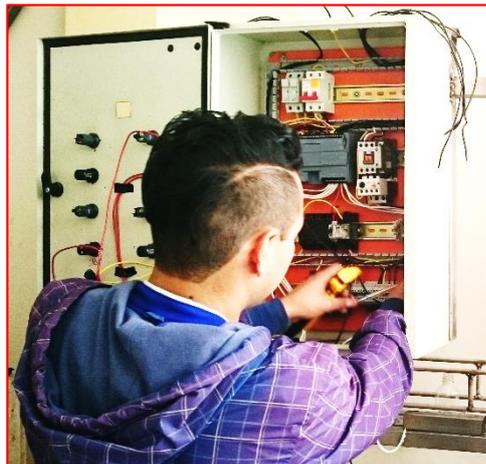


Fuente: Autores

Todo éste sistema fue conectado en paralelo con el objetivo que mediante una sola señal eléctrica sea activado el conjunto como uno solo.

4.4.6 *Instalación del control eléctrico.* Tomando las debidas precauciones y basándonos en el estudio eléctrico de la embotelladora y siguiendo el diseño en Figura 36, se procedió a su debida instalación en la caja de control.

Figura 27. Instalación del control eléctrico.



Fuente: Autores

4.5 Capacidad de producción

La capacidad de la maquina está determinada por la cantidad de envases, de 372 botellas de 600 ml y de 360 botellas de 1000 ml por hora en producción continua.

4.6 Análisis de cargas a soportar en la maquina

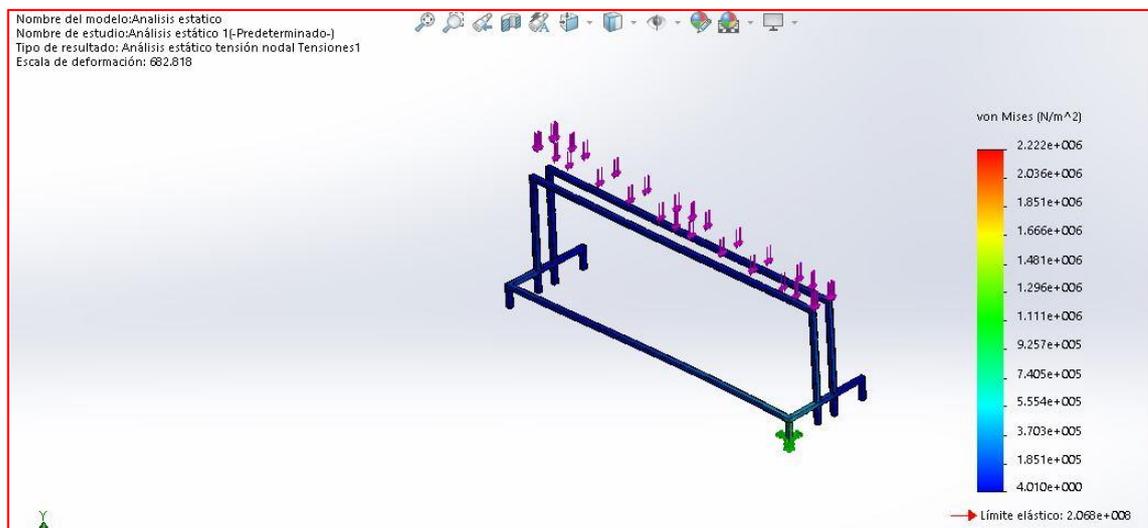
El software SolidWorks 2016 permite realizar un estudio mediante el análisis de elementos finitos según Von Mises,

Éste análisis consiste en la división de toda la estructura de la maquina e interpretación de cada sección, concluyendo un estudio generalizado, obteniendo una carga máxima a soportar y un desplazamiento máximo debido a dicha carga.

Los materiales a utilizarse en la construcción de la maquinaria deberán cumplir con la función de resistir el peso de las cargas aplicadas durante la producción sobre la máquina.

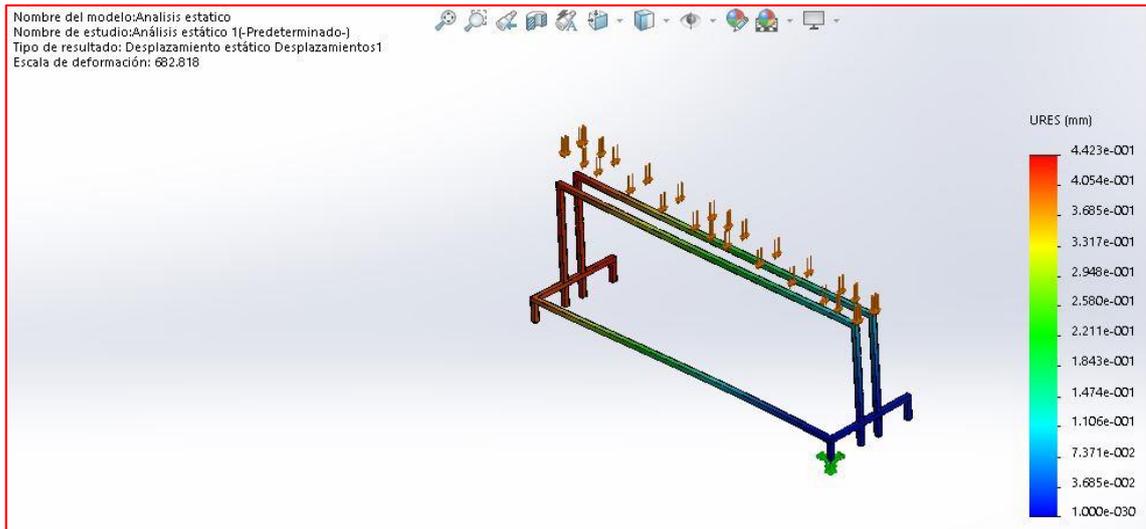
El análisis estático de la estructura base partió de aplicar una carga de 1N, que se lo detalla a continuación.

Figura 28. Análisis estático de resistencia - estructura base



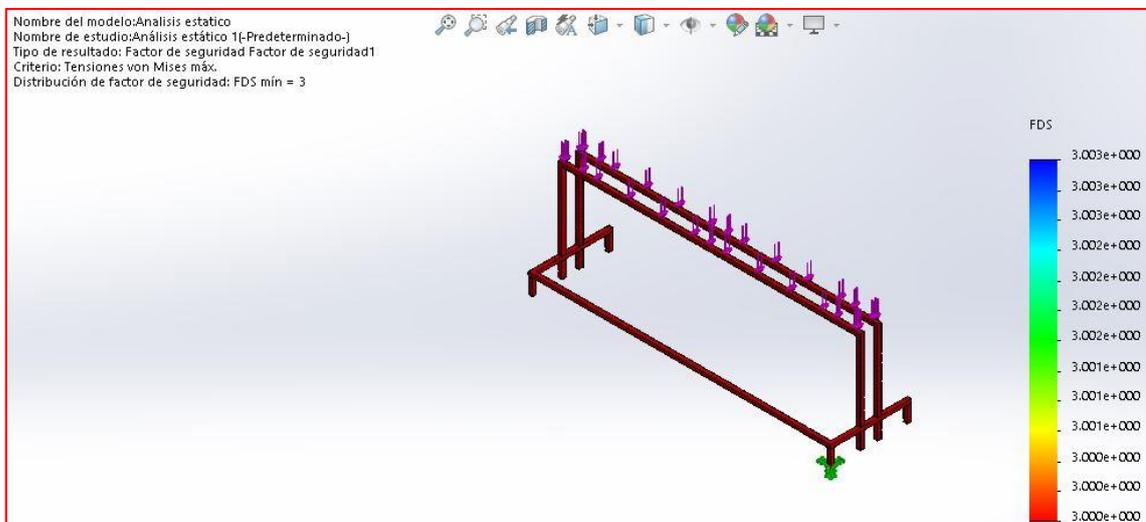
Fuente: Autores

Figura 29. Deformación máxima del material - estructura base



Fuente: Autores

Figura 30. Factor de seguridad mínimo - estructura base



Fuente: Autores

Los resultados del análisis realizado arrojaron datos de tensión máxima de 2,2 MPa como se puede observar en la Figura 28.

La tensión máxima (σ_{trabajo}), y la tensión admisible es el límite elástico del material dividido para su coeficiente de seguridad dado ($\eta = 2$). La tensión de trabajo no debe superar a la tensión admisible, si no cumple este requisito pueda que exista algún tipo de deformación permanente o rotura.

$$\sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta} \quad (1)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{206,81}{2} \frac{N}{mm^2} = 103,41 \frac{N}{mm^2} \quad (2)$$

$$\sigma_{trabajo} < \sigma_{adm}$$

$$2,22 \frac{N}{mm^2} < 103,41 \frac{N}{mm^2}$$

Debido a estos resultados se demostró que la máquina no sufrirá deformación permanente alguna, pero si tendrá un pequeño desplazamiento de 0,44 mm en el punto indicado en la Figura 29.

El software ofrece un factor de seguridad mínimo ($\eta = 93$) que se puede aplicarlo en el límite elástico del material para conseguir la tensión admisible mínima con respecto al estudio realizado.

$$\sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{206,8}{93} \frac{N}{mm^2} = 2,22 \frac{N}{mm^2}$$

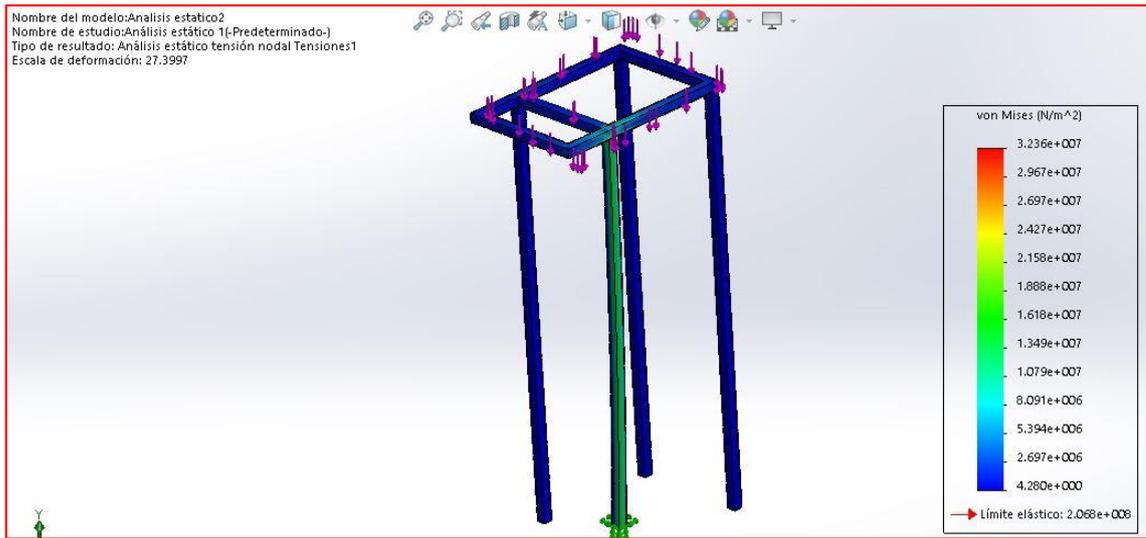
$$\sigma_{trabajo} = \sigma_{adm}$$

$$2,22 \frac{N}{mm^2} = 2,22 \frac{N}{mm^2}$$

La estructura de llenado tiene como característica importante la carga de un recipiente equivalente a 180 N.

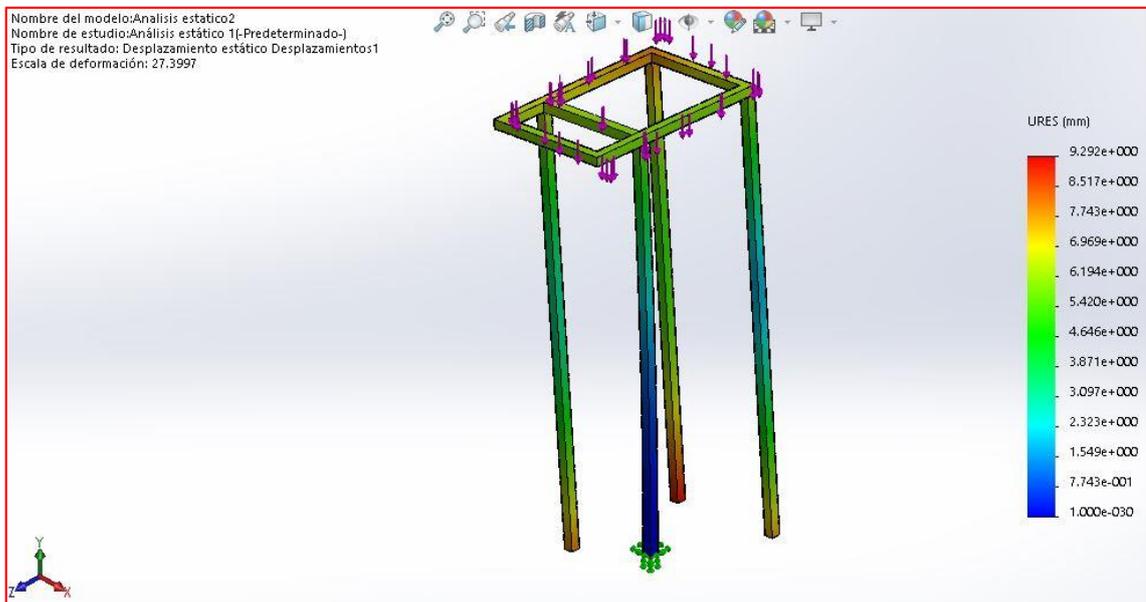
Hay que tomar en cuenta también que el recipiente está ubicado fuera de del centro de gravedad, por lo que en el software se lo distribuyo en toda el área de la parte superior de la estructura

Figura 31. Análisis estático de la estructura de llenado



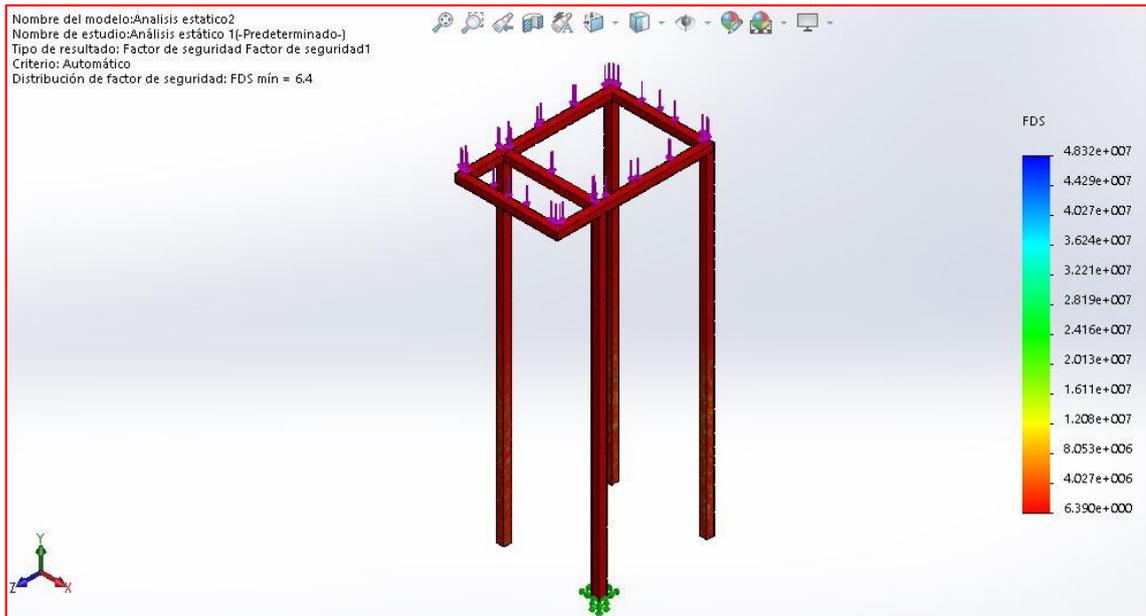
Fuente: Autores

Figura 32. Deformación máxima del material



Fuente: Autores

Figura 33. Factor de seguridad mínimo que se puede aplicar al límite elástico



Fuente: Autores

El análisis realizado nos da una tensión máxima de 32,36 MPa en el punto que se puede observar en la Figura 31.

Tensión de trabajo (σ_{trabajo}), coeficiente de seguridad ($\eta = 2$). La tensión de trabajo no debe superar a la tensión admisible.

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{S_y}{\eta}$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{206,8}{2} \frac{N}{\text{mm}^2} = 103,4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{\text{trabajo}} < \sigma_{\text{adm}}$$

$$32,36 \frac{N}{\text{mm}^2} < 103,4 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

Tiene un desplazamiento de 9,2 mm. El SolidWorks da factor de seguridad mínimo ($\eta = 6,4$).

$$\sigma_{adm} = \frac{Sy}{\eta}$$

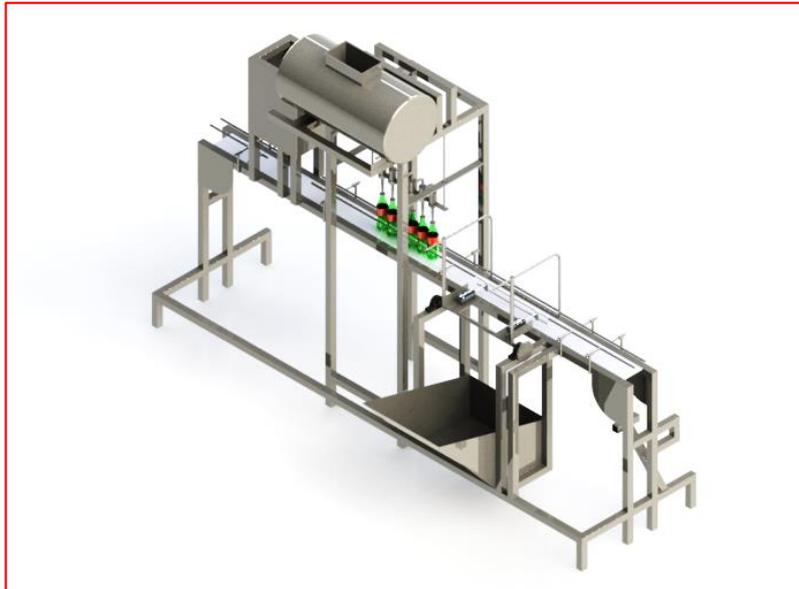
$$\sigma_{adm} = \frac{206,8}{6,4} \frac{N}{mm^2} = 32,31 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{trabajo} = \sigma_{adm}$$

$$32,31 \frac{N}{mm^2} \approx 32,31 \frac{N}{mm^2}$$

4.6.1 *Diseño final de la maquina embotelladora.* Se trabajará con un acero inoxidable de 2 mm AISI 304, un motor eléctrico bifásico de 2 HP, un motor eléctrico de ¼ HP que es usado en el movimiento de las tapas para las botellas, una taponadora de rosca manual y sensores fotoeléctricos.

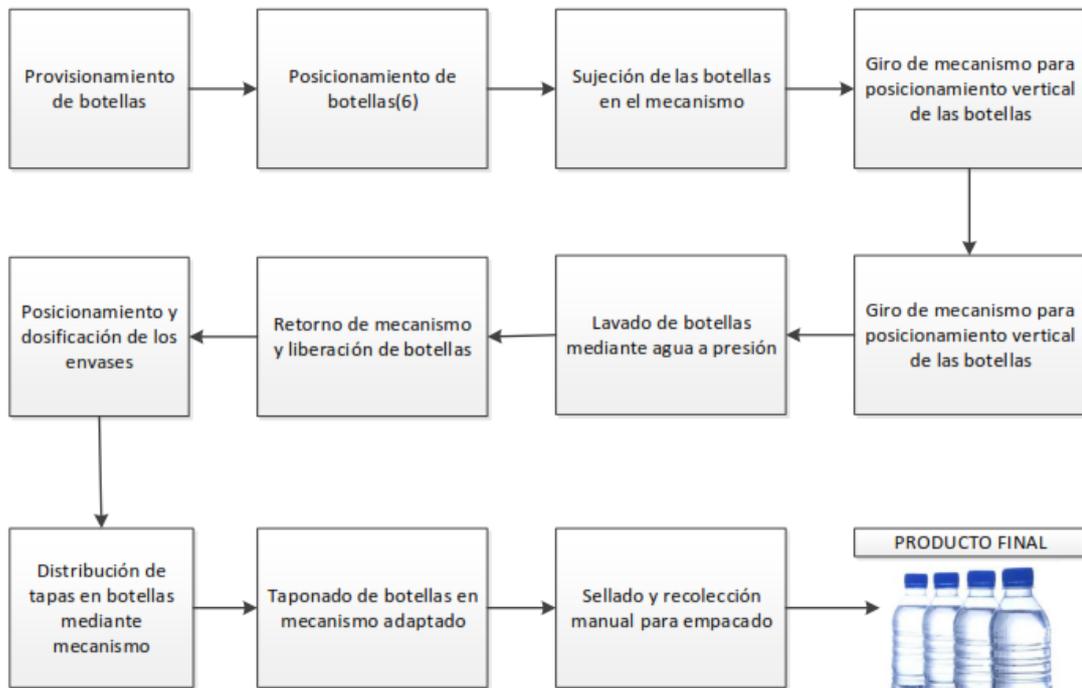
Figura 34. Diseño final de la embotelladora.



Fuente: Autores

4.6.2 *Diagrama De Procesos.* Para el diagrama de proceso se usó un software llamado Visio para su mayor facilidad en el diseño, éste diseño está basado en la producción del agua purificada y cada etapa a seguir en la máquina.

Figura 35. Diagrama de proceso de producción



Fuente: Autores

4.7 Señales De Entradas y Salidas Requeridas en el Controlador Lógico Programable

Para que el proceso mantenga una total independencia de la intervención del usuario, se realizó la programación en el controlador lógico programable el cual se encarga de ejecutar de forma sincronizada las tareas para alcanzar la producción deseada.

Después de un análisis previo se logró reconocer y sincronizar las entradas y las salidas del PLC para su programación.

Tabla 13. Entradas y Salidas en el TIA Portal

	Nombre	Tipo de datos	Dirección
1	Inicio	Bool	%I0.0
2	Reset	Bool	%I0.6
3	Cilindro 1	Bool	%Q0.0
4	Giro	Bool	%Q0.1
5	Cilindro 2	Bool	%Q0.2
6	Cilindro 3	Bool	%Q0.3
7	Enroscadora	Bool	%Q0.4
8	Motor banda	Bool	%Q0.5
9	Sujetador	Bool	%Q0.6
10	Electro check	Bool	%Q0.7
11	Bajada	Bool	%Q1.0
12	1ra Producción	Bool	%I0.1
13	2da Producción	Bool	%I0.2
14	S. Nivel Bajo	Bool	%I0.4
15	S. Nivel alto	Bool	%I0.5
16	Emergencia	Bool	%I0.7
17	Avan. derecha	Bool	%I1.0
18	Avan. izquierda	Bool	%I1.1
19	1er sensor	Bool	%I1.2
20	2do sensor	Bool	%I1.3
21	Electro check 2	Bool	%Q1.1

Fuente: Autores

La estructura de la programación, se la realizó en un entorno circuito KOP (LADDER), que tiene contactos, marcas, temporizadores, consumidores, etc.

Tabla 14. Instrucciones básicas del TIA PORTAL V13

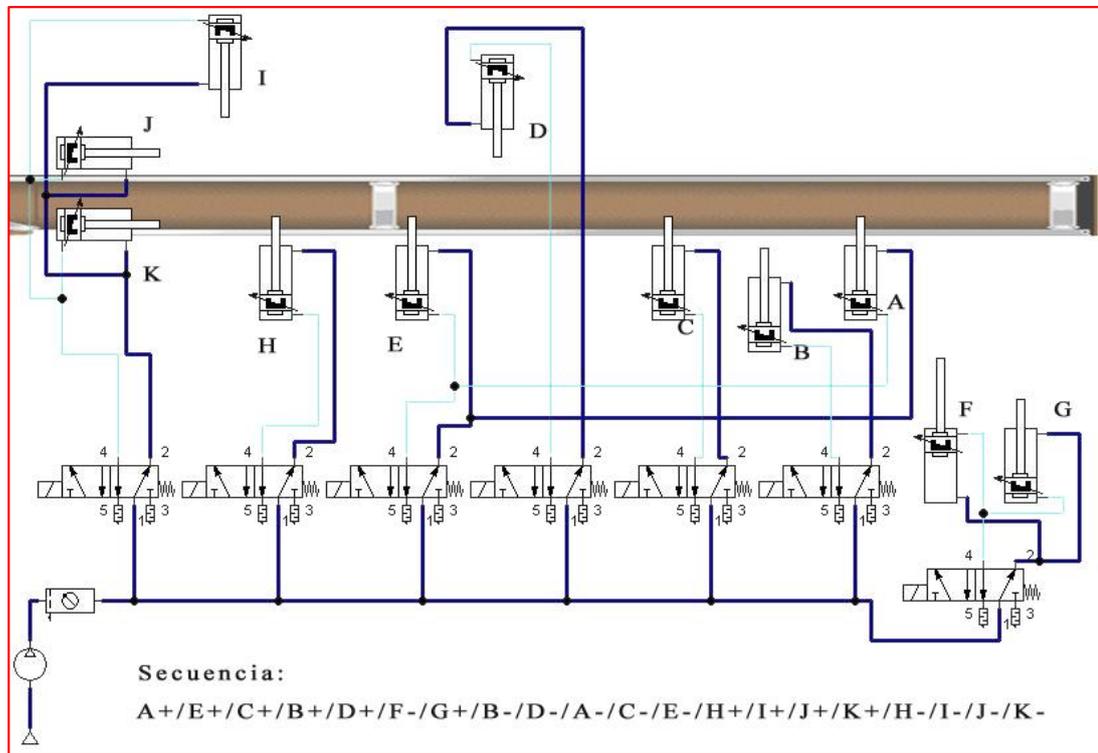
Contactos	Abierto	No permite el paso de señal hasta ser activado
	Cerrado	Permite el paso de señal hasta ser activado
Asignación		Señales que serán enviadas a las salidas del PLC
Temporizadores	TON	Mediante la activación de una señal a este temporizador permite iniciar el conteo, una vez finalizado este conteo mandará una señal a la acción correspondiente
	TOF	Una vez activado el temporizador, se inicia el conteo, permitiendo el paso de una señal. Al finalizar desconectará la misma.
Contador	CTU	Mediante unos pulsos de algún contacto, irá registrándolos y acumulándolos de forma ascendente hasta llegar al adecuado y mandará una señal ejecutando la acción requerida.
	CTD	Este contador se activara con señales, las mismas que serán registradas en forma descendente tomando en cuenta un valor preestablecido.
Comparador	CMP=	Permite tomar el bit necesario exacto para ejecutar una acción
	CMP>=	Permite tomar el bit mayor o igual al establecido
	CMP<=	Permite tomar el bit menor o igual al establecido

Fuente: Autores

4.8 Diseño del esquema neumático.

Para el diseño de éste esquema se basó en los requerimientos de la embotelladora una vez analizados tanto como los nuevos como los que ya venían por defecto en la máquina.

Figura 36. Diseño neumático



Fuente: Autores

Los requerimientos de la máquina exigen usar siete electroválvulas y once cilindros neumáticos.

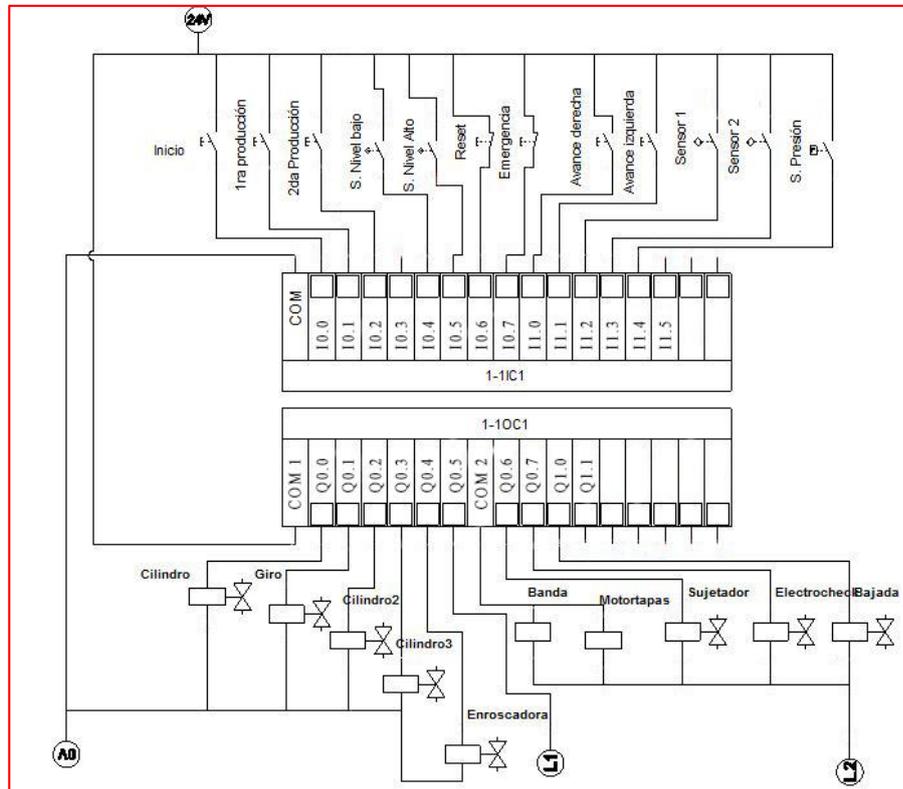
4.9 Diseño del esquema eléctrico

El diseño del esquema eléctrico se lo elabora en base a todos los elementos y componentes que se han de utilizar para el funcionamiento de cada conjunto de mecanismos dentro del proceso de embotellado.

4.9.1 Diagrama de control. Está orientado a la manipulación directa con el usuario, que cumple en mandar la orden a sus respectivos dispositivos para efectuar sus correspondientes funciones. (Figura 36)

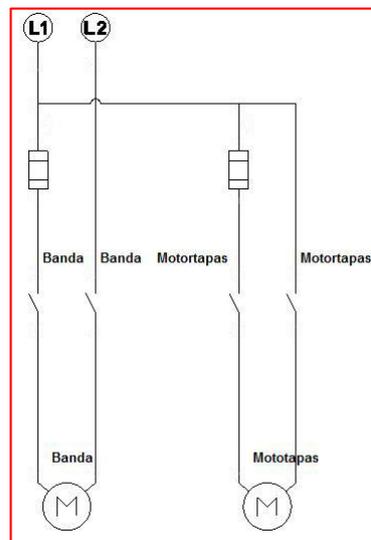
4.9.2 *Diagrama de potencia.* Capta la señal emitida por el usuario a través del sistema de control y procede al funcionamiento de cada consumidor como son: motor, electroválvulas, luces pilotos, etc. (Figura 37)

Figura 36. Diagrama de Control



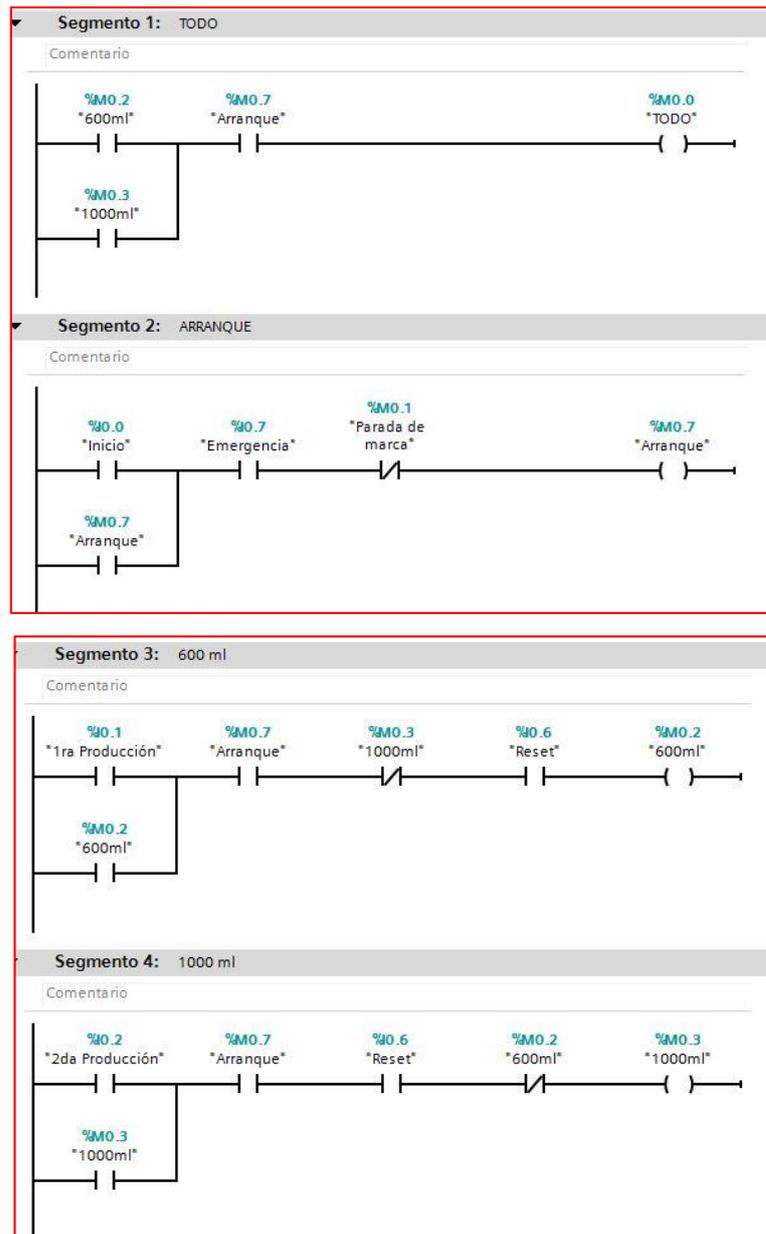
Fuente: Autores

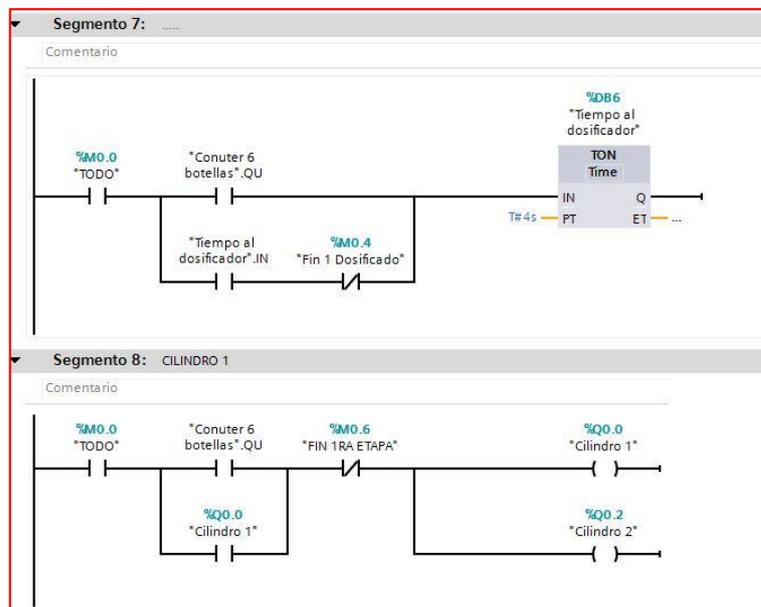
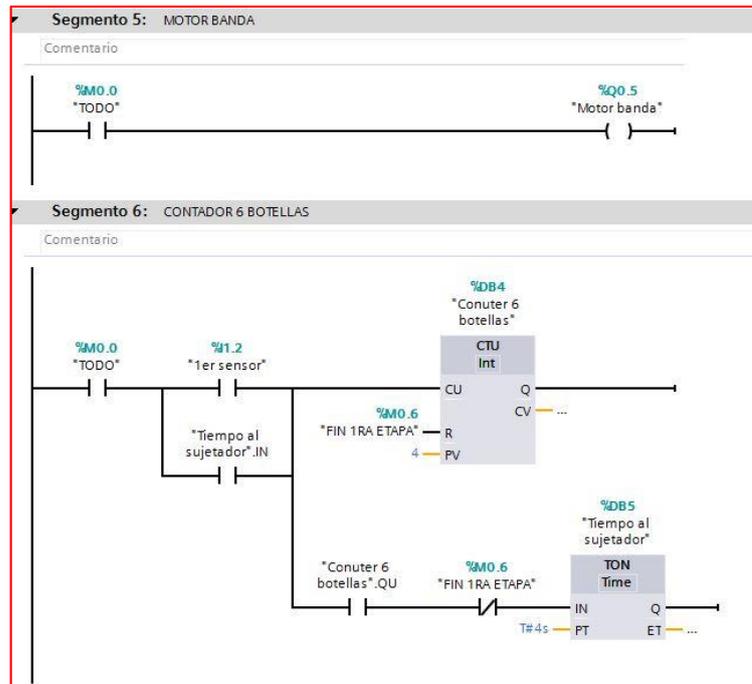
Figura 37. Diagrama de Potencia

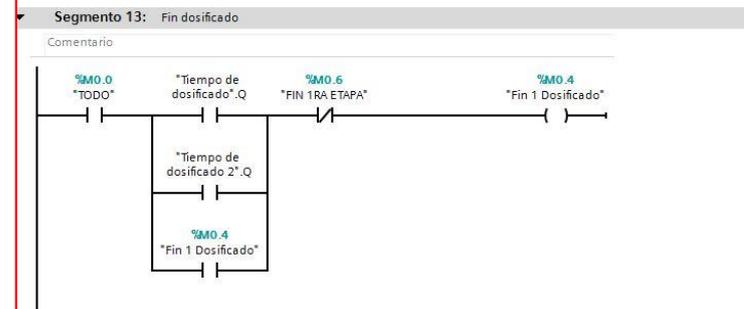
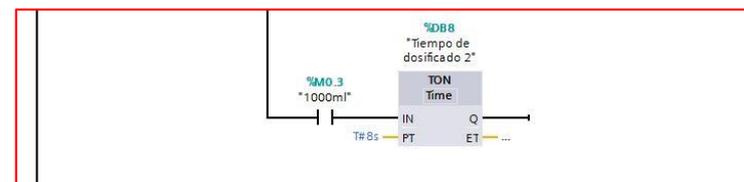
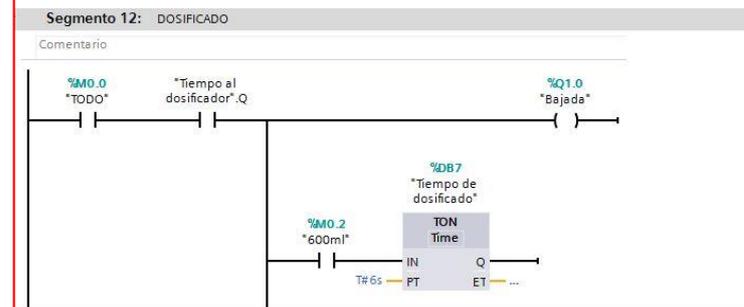
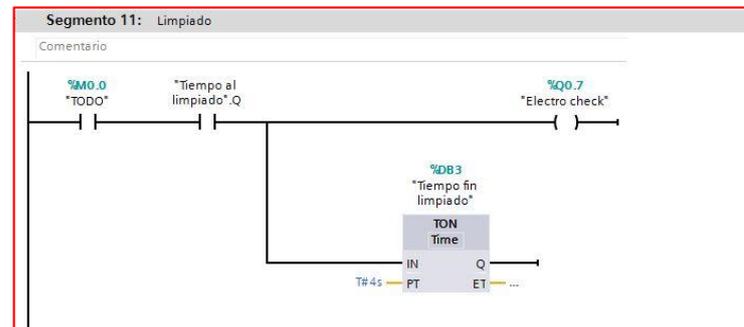
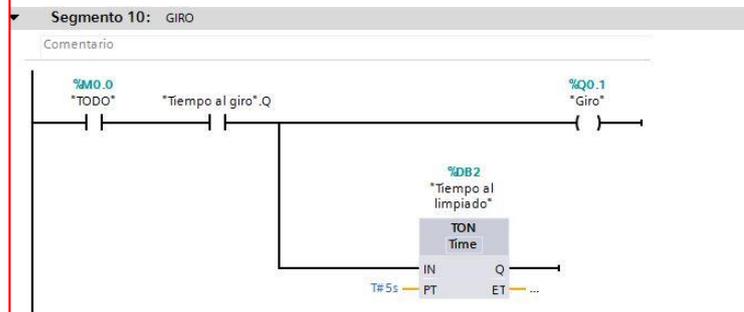
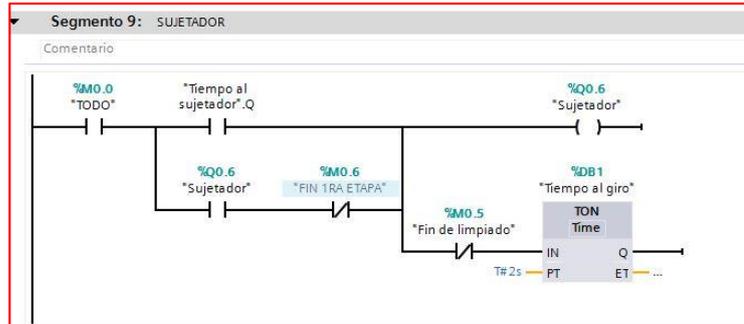


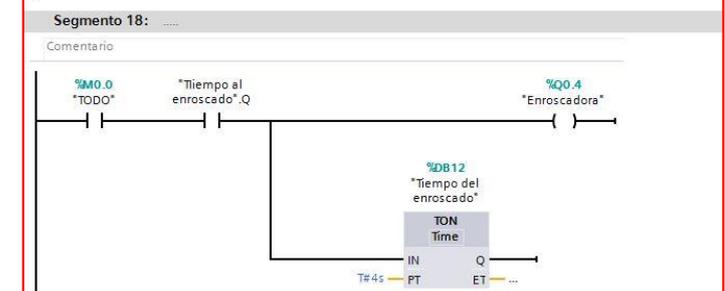
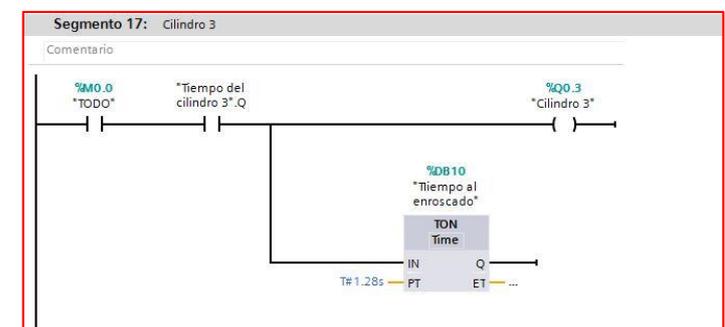
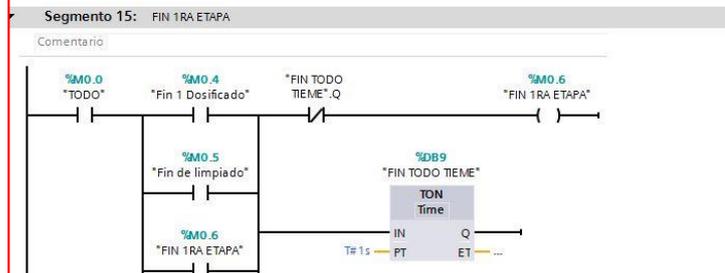
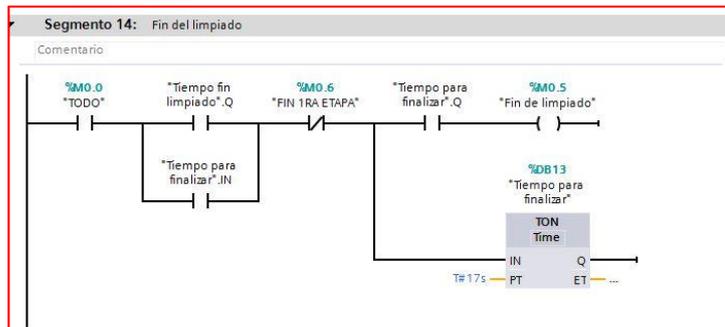
Fuente: Autores

Figura 38. Programación de las operaciones del proceso









Fuente: Autores

4.10 Pruebas y puesta en marcha la máquina.

El pulsador de color verde es el “INICIO” que es encargada de enviar una señal a la entrada del PLC, y el PLC procesará aquella.

Empezará con el encendido del motor de la banda que a su vez se encuentra en paralelo con el motor encargado del giro de las tapas del envase.

Cuando las botellas hayan sido colocadas manualmente la banda será encargada de transportarlas por todo el trayecto de la máquina, el cual cumple cuatro etapas.

Empezando su primera etapa en una posición de limpiado que consiste en la sujeción de seis botellas por un cilindro que y que es transportada mediante otro cilindro a una posición en donde una válvula permite el flujo de agua tratada a gran presión para su desinfección, quedando la botella lista para su dosificación, para terminar esta etapa, retorna a su posición de donde fue extraída las botellas, soltándolas para que continúen con las segunda etapa.

La segunda etapa consiste en la dosificación, cuando las botellas están perfectamente ubicadas un cilindro será el encargado de bajar las boquillas para la respectiva dosificación en cada botella, una vez realizada la dosificación procede a subir y conjuntamente las botellas continúan su ruta las tercera etapa.

La tercera etapa consiste en el acercamiento normal que hacen las botellas hacia la colocación del as tapas, quienes mediante un ingenioso diseño las tapas se van colocando mecánicamente en su lugar gracias a la gravedad.

En su última etapa consiste en el taponado, las botellas son detectadas por un sensor que ese manda la señal al PLC y es encargado de controlar independientemente ésta etapa. Al ingresar una por una las botellas van hacia la taponadora, que mediante la señal producida por el PLC es activada la válvula que permite el flujo de aire para la activación del cilindro que lo acerca al a botella y al mismo tiempo empieza el taponado por un tiempo determinado, regresando a su posición original.

Gracias a estas etapas se logra un dosificado adecuado a cada una de las botellas, llegando

así a una producción en serie, sin pérdidas de tiempo.

El funcionamiento de los componentes eléctricos, se midió las corrientes tanto de arranque como la nominal mediante un multímetro.

Comparando con las especificaciones tomadas en el multímetro con las que establecen los manuales respectivos de los componentes.

Tabla 15. Medición de parámetros de los motores

Componente	Funcionamiento eléctrico			Observaciones
	Tensión [V]	Ia [A]	In [A]	
Motor Eléctrico 2HP	220	16	13,5	Aceptable
Motor Eléctrico 1HP	220	4	3,7	Aceptable

Fuente: Autores

4.10.1 Prueba de funcionalidad. Se realizaron las pruebas para comprobar su funcionamiento adecuado, calibrando tiempos y sincronizando las tareas para evitar probables fallas en la puesta en marcha y en su elaboración del producto.

- Verificación del adecuado abastecimiento de materia prima.
- Determinación de todos los tiempos en cada etapa.
- Verificación de la temperatura de los motores, evitando así un sobrecalentamiento por el uso de un trabajo excesivo.

4.10.2 Resultados. Las pruebas realizadas durante la fase anterior, arrojaron datos importantes acerca de la maquinaria, mostrando un importante incremento de la producción al comparar los tiempos registrados en la maquinaria actual respecto a la propuesta.

Cabe recalcar que los tiempos registrados son aproximados y no representan un valor real, ya que al surgir variaciones como por ejemplo: imprevistos como, fallas mecánicas, etc. Además se toma como base comparativa el resultado del tiempo total al obtener lotes de seis botellas en forma cíclica. (Ver Tabla 16)

Tabla 16. Resultados obtenidos

		Máquina actual		Máquina propuesta			
		Botella 600 ml		Botella 600ml		Botella 1000ml	
		Tiempo (s)	Cantidad	Tiempo (s)	Cantidad	Tiempo (s)	Cantidad
Procesos	Lavado	60	6	17	6	18	6
	Dosificado	9	6	7	6	8	6
	Taponado	36	6	18	6	18	6
Resultados	Recorrido	8		8		8	
	Tiempo total	113	6	50	6	52	6
	Producción diaria	8 horas	1338	8 horas	2606	8 horas	2520

Fuente: Autores

Las unidades producidas con la implementación de la automatización de la máquina envasadora han incrementado la producción significativamente en un 51,3 % en envases de 600 ml.; esto a la vez aumentando una nueva línea de producción de envases de 1000 ml. dando lugar a que la empresa amplíe su línea de productos con una nueva presentación.

CAPITULO V

5. OPERACIÓN Y MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA MICROEMPRESA

5.1 Operación

El manual de operaciones reviste de una gran importancia para las empresas, ya que contiene y muestra información necesaria para llevar a cabo de manera precisa y secuencial, las actividades que son ejecutadas en áreas específicas de la empresa o procesos de una maquinaria, determinando así responsabilidades a asignarse e identificando mecanismos que permiten la ejecución de un proceso en general.

La descripción de los procesos debe ser una relación ordenada y progresiva de las operaciones que se lleve a cabo en la realización de cada actividad. La realización de un diagrama de flujo representa una imagen muy clara de las instrucciones del proceso, detallado en forma breve y utilizando la simbología correspondiente.

El funcionamiento de la maquinaria depende del accionamiento de los controles ubicados en el tablero de control, el mismo que contiene pulsadores adaptados para activar las funciones principales de los procesos y además de los leds indicadores de encendido y funcionamiento de cada etapa.

Gracias a la tecnología que ofrece el autómeta programable, se puede implementar controles remotos, adaptados para largas distancias; además la posibilidad de crear un sistema SCADA propio de la maquinaria es una de las grandes ventajas que permite un control eficaz de la producción.

5.2 Pasos para la operación

La máquina está construida de una manera fija empernada al suelo para evitar un movimiento involuntario y desubicación de sus acoples.

Los mandos que dispone para su funcionamiento son los siguientes:

5.2.1 *Pulsador de color verde 1.* “Encendido”: habilita el funcionamiento de todos los artefactos de la máquina.

5.2.2 *Pulsador de color verde 2.* “600 ml” pone en marcha a los motores y consecutivamente a los demás consumidores que se ha establecido según la programación. Durante su funcionamiento dispone de una luz indicadora de color verde.

5.2.3 *Pulsador de color verde 3.* “1000 ml” pone en marcha a los motores y consecutivamente a los demás consumidores que se ha establecido según la programación. Durante su funcionamiento dispone de una luz indicadora de color verde.

Estos dos últimos están programado a que no funcionen al mismo tiempo x evitar fallas, en caso de que desee cambiar de función presionar “Reset”

5.2.4 *Pulsador color rojo “Reset”:* Apaga el equipo temporalmente permitiendo el cambio de función de 600 ml a 1000 ml

5.2.5 *Pulsador de color rojo “Emergencia”:* su función es forzar a todos los procesos para que se detengan inmediatamente sea cual fuere su estado y se resetee a su estado original.

5.3 Mantenimiento

El mantenimiento es uno de los ejes fundamentales dentro cualquier tipo y tamaño de industria. Refleja la filosofía y organización de procedimientos de trabajo y de control mediante un documento que gestiona y facilita una acción planificada del mantenimiento e induce a un óptimo ambiente de trabajo estableciendo una conducta responsable y participativa del personal.

El objetivo del mantenimiento es alargar la vida útil de la embotelladora, obteniendo un buen rendimiento y reduciendo fallas que pueden producir mediante el funcionamiento.

Para un buen manteniendo se debe estar en una continua capacitación está también relacionada con la prevención de accidentes en el trabajador ya que le trabaja en buenas condiciones.

5.3.1 *Mantenimiento eléctrico.* Tiene como objetivo proteger los componentes eléctricos de la embotelladora. Entre alguna de las instalaciones, la energía eléctrica se manifiesta en equipos adecuados para el fin como son interruptores, motores, contactores, etc. Las fallas en los sistemas eléctricos se traducen en pérdidas económicas, por lo que se hace necesario asociar el mantenimiento con una actividad preventiva.

Cuando se produce algún fallo es una advertencia de un problema grave que debe ser detectado. El desafío en la detección de problemas se encuentra en la tarea de mantenimiento, así por ejemplo si se detiene abruptamente el funcionamiento de la maquinaria, los leds luminosos se apagarán, reseteando automáticamente el sistema.

5.3.2 *Mantenimiento neumático.* El tratamiento del aire comprimido en una instalación neumática presentará siempre impurezas líquidas y sólidas por lo que se debe tomar en cuenta que el respectivo mantenimiento será realizado por un especialista. Las causas de un mal funcionamiento pueden ser:

- Insuficiente aire de presión
- Fugas de aire en la instalación
- Filtro de línea sucio

Las inspecciones de los componentes se deben efectuar cada cierto lapso de tiempo verificando el nivel del aceite de la unidad de mantenimiento y llevar una continua revisión de la presión del aire que se encuentre en su medida óptima.

5.3.3 *Manual de mantenimiento.* El manual de mantenimiento es un documento importante en la industria que ayuda a establecer las directivas y procedimientos para un continuo funcionamiento de la máquina mediante la prevención. El manual de mantenimiento debe evitar paros imprevistos debido a un daño previo o por completo. (Ver Anexo A)

El manual de mantenimiento de la maquina embotelladora describe tres partes importantes que son: la mecánica, eléctrica y neumática.

Cada parte incluye tareas de limpieza, verificación e inspecciones, detalladas en forma

separada y que a su vez mostrará los procedimientos adecuados, herramientas y materiales utilizados.

La elaboración de la ficha técnica tendrá como fin evidenciar ejecución de las tareas y la frecuencia con la cual cada una es ejecutada.

CAPITULO VI

6. ANÁLISIS DE COSTOS

Para la determinación del costo de producción de la embotelladora, se analizaron los costos de los materiales, mano de obra y gastos generales. A esto se lo divide en costos directos e indirectos.

6.1 Costos directos

Son costos realizados por los elaboradores de la parte mecánica y eléctrica de la maquina mano de obra más lo equipos utilizados en su elaboración:

- El material de la estructura de la embotelladora es el acero inoxidable.
- Materiales para la instalación de la embotelladora. Las herramientas principales más usadas como, llaves hexagonales, llaves para tuercas, etc.
- Herramientas eléctricas. taladros, amoladora, soldadora, cables, etc.
- Accesorios. Elementos secundarios como: martillo, alicate, etc.

La mano de obra directa es el trabajo realizado directamente a la embotelladora.

A los gastos generales se los conoce también como gastos de utilización de equipo y de transporte de materiales.

Tabla 17. Costos Mecánicos

N°	Descripción	Cantidad	Precio [USD]
1	Motor Monofásico de 1/4 Hp	1	200,00
2	Tubo cuadrado de acero inoxidable	1	60,00
3	Planchas de acero inoxidable AISI 304	1	150,00
4	Motor Monofásico de 2 Hp	1	300,00
Total			710,00

Fuente Autores

Tabla 18. Costos Eléctricos

N°	Descripción	Cantidad	Precio [USD]
1	Canaleta	1	7,00
2	Contactador	2	80,00
3	Relés Encapsulados	4	6,00
5	Cable #18	30 m	7,00
6	Cable #14 y #16	30 m	11,00
7	Portafusibles	3	20,00
8	Fusibles	3	1,00
9	Luz Piloto	2	3,00
10	Pulsadores	7	10,00
11	PLC	1	600,00
Total			745,00

Fuente Autores

Tabla 19. Costos por maquinaria, mano de obra y transporte

N°	Descripción	Precio [USD]
1	Corte y doblado de las planchas de acero inoxidable	30,00
2	Soldadura del acero inoxidable	80,00
3	Acabados	30,00
4	Transporte desde el taller a la empresa	80,00
5	Instalación	80,00
6	Mano de Obra	300,00
Total		500,00

Fuente Autores

Tabla 20. Costos Directos Totales

N°	Descripción	Precio [USD]
1	Costos Mecánicos	710,00
2	Costos Eléctricos	745,00
3	Costo de Maquinaria, Mano de Obra y Transporte	500,00
Total		1955,00

Fuente Autores

6.2 Costos indirectos

Los costos indirectos de la producción son costos tomados por un bosquejo previo a la elaboración y las decisiones tomadas en el transcurso de la construcción e instalación de la embotelladora. Estos por lo general son los de alimentación, transporte, consultas, impresiones, etc.

Tabla 21. Costos Indirectos

N°	Descripción	Precio [USD]
1	Imprevistos en el transcurso de la fabricación e instalación	200
Total		200

Fuente Autores

6.3 Costo de manufactura

Es el total de todos los costos realizados tanto directos como indirectos, el resumen en el costo del bien producido.

- Costo total = Costos directos + Costos Indirectos
- Costo total = \$ 1 955,00 + \$ 200,00 = \$ 2 155,00

CAPITULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Durante el análisis y estudio para la reconstrucción de la maquina envasadora se pudo evidenciar el deterioro en el funcionamiento y en la capacidad de producción; con todos estos precedentes se estableció un proceso para mejorar las condiciones de trabajo de los componentes de la maquinaria.

La modificación y cambio del sistema semiautomático a un sistema automático da como resultado la eliminación de componentes obsoletos por unos con mejor tecnología que faculta al usuario ahorrar tiempo y recursos, que si bien fueron necesarios en este proceso de envasado, se podrán disponer en otras tareas o instalaciones para procesos de producción futuros.

Una vez realizado el levantamiento de información de la máquina envasadora de agua y en base a los requerimientos necesarios para producción en serie se seleccionó un PLC S7 1200 1214 AC/DC/Relé.

Se reconstruyó e instaló la máquina de envasado acoplando una taponadora automática, cuyo propósito consiste en proporcionar el tapado de botellas de dos capacidades (600 y 1000) ml y así satisfacer la demanda del mercado.

Se instaló satisfactoriamente los requerimientos ya mencionados en la máquina embotelladora y conectándolos a su caja de control para su debida automatización conjunta.

Se evaluó el estado inicial de la máquina, dando como resultados un 58,4% de elementos reutilizables y un 41,6% de elementos que necesitan ser reemplazados.

Finalizando con las respectivas pruebas de funcionamiento y justificando la inversión realizada comparando el antes y el después, concluyendo el proyecto de titulación exitosamente, dejando a la máquina embotelladora en proceso de crecimiento futuro

7.2 Recomendaciones

Previo a su funcionamiento la máquina debe ser examinada por el usuario, teniendo en cuenta el diagrama de operación y el plan de mantenimiento elaborado por los señores autores del proyecto para evitar cualquier conflicto hombre-máquina.

Se recomienda instalar la máquina en un lugar estrictamente plano y anclado para evitar vibraciones que puedan causar daños.

Cabe señalar también que la maquinaria al entrar en funcionamiento, las partes móviles pueden causar accidentes así que se debe evitar el contacto del usuario con el producto durante el proceso, a menos que sea estrictamente necesario.

Evitar la manipulación y el contacto directo con los componentes del interior del tablero de control ya que puede existir el riesgo de choque eléctrico.

BIBLIOGRAFÍA

AUTOMATION, ROCKWELL. Allen-Bradley. *Allen-Bradley Web site*. [en línea] [Consultado: 06 de Diciembre de 2016.]. Disponible en: <http://ab.rockwellautomation.com/es/Sensor-Switches/Photoelectric-Sensor>.

INOXIDABLES, ACEROS. Clasificación de los aceros inox. [en línea] [Consultado el: 16 de 12 de 2016.]. Disponible en: http://www.utp.edu.co/-publico17/ac_inox.htm.

INSTRUMENTATION, INDUSTRY. Conceptos del control automático industrial. <http://www.sapiensman.com/>. [en línea]. [Consultado: 09 de Enero de 2016.]. Disponible: http://www.sapiensman.com/control/_automatico/.

KAUMAN. *Manual de bandas transportadoras y accesorios*. Madrid, 2008, pp. 29-33
MARKETING. Findernet. [en línea] 28 de Enero de 2014. [Citado el: 25 de 01 de 2017.]. Disponible en: <http://www.findernet.com/en/node/47493>.

MORÁN, Iván. *Apuntes de sistemas neumáticos*. Riobamba, Facultad de Mecánica, 2008, pp. 121-127

RODRIGUEZ PRADA, María Catalina & CORTES ROCHA, Carlos Andres. Máquina Automática de llenado y sellado de envase tipo PET para condimentos en polvo. Bogotá. [en línea] [Consultado: 07 de Enero de 2017] : Universidad de la Salle, Facultad de Mecánica, 2007, pp 47-52.

SIEMENS. *Siemens PLC- Web site*. [en línea] [Consultado: 06 de Diciembre de 2016.] Disponible en: http://w5.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores_modulares/controlador_basico_s71200/pages/s7-1200.aspx.

MUNDOCOMPRESOR. FRL. [en línea] Madrid. [Consultado: 03 de Septiembre de 2016]. Disponible en: <http://www.mundocompresor.com/frontend/mc/FRL-vn3132-vst37>

YUNGAY. *drafpack Web site*. [en línea] [Consultado: 07 de Enero de 2017]. Disponible en: <http://www.drafpack.com/index.php?page=tapadoras-manuales-y-semiautomaticas>.

DIRIND. Automatización y Electrónica. [en línea] San Juan, 2002. [Consultado: 05 de Enero de 2017]. Disponible en: http://www.dirind.com/dae/monografia.php?cla_id=4

