

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ETIQUETADO DE BOTELLAS
PLANAS PARA LA EMPRESA LIVERZAM**

**AUTORES:
DARWIN ALEJANDRO PAUCAR FERNÁNDEZ
GERARDO DAVID ROJAS OLMEDO**

**TUTOR:
EDUARDO RODRIGO TORRES SANTOS**

Quito, diciembre del 2018

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Darwin Alejandro Paucar Fernández, Gerardo David Rojas Olmedo, con documentos de identificación N° 1718829425 y N° 1723349054, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ETIQUETADO DE BOTELLAS PLANAS PARA LA EMPRESA LIVERZAM”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Darwin Alejandro Paucar Fernández
C.I.: 1718829425

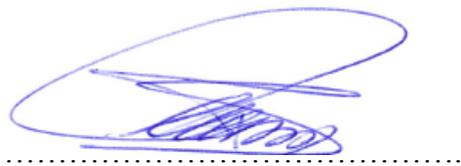
Gerardo David Rojas Olmedo
C.I.: 1723349054

Quito, diciembre del 2018.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación "DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ETIQUETADO DE BOTELLAS PLANAS PARA LA EMPRESA LIVERZAM" realizado por Darwin Alejandro Paucar Fernández y Gerardo David Rojas Olmedo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, diciembre de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned above a horizontal dotted line.

Eduardo Rodrigo Torres Santos

C.I.: 1713654604

DEDICATORIA

Quiero empezar dedicando este logro a Dios por permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi vida, ya que me supo dar sabiduría, fortaleza y sobre todo la mejor guía en este largo camino. A mis padres por siempre apoyarme brindándome palabras de aliento, dedicándome tiempo y cariño para no desmayar en el proceso. En especial a mi madre quien fue la que estuvo conmigo en todo momento, con sus consejos y sobre todo, con la confianza que nunca perdió en mí para que llegue a alcanzar este éxito.

A mi querido hermanito Nicolás quien fue la persona que cambio mi vida con su nacimiento. Él es el responsable de la entrega, las ganas y el compromiso con el que trabajé para que llegara a conseguir mi título de ingeniero. Espero ser siempre su ejemplo, guía, consejero, pero sobre todo un buen hermano.

A mi novia por estar en los momentos más duros de mi vida, por nunca dejarme rendir en este camino, por ser un apoyo muy grande y sobre todo por el amor incondicional que me da.

Alejandro

Este proyecto de titulación lo dedico a toda mi familia, en especial, a mis padres Patricia y Hernán por haberme apoyado incondicionalmente a pesar de las dificultades que se han presentado, por su apoyo y confianza. A mis hermanas Vanessa y Viviana por sus consejos y su ayuda en los buenos y malos momentos.

Gerardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme salud y vida y permitirme alcanzar esta meta de ser ingeniero. A mis padres por darme todo el apoyo y siempre confiar en mí para llegar a cumplir mi objetivo.

A nuestro tutor Eduardo Torres por guiarnos, aconsejarnos y darnos su asesoramiento para lograr culminar esta tesis, mostrando profesionalismo y gran interés en cada tutoría.

A Gerardo Rojas por ser un excelente amigo y gran compañero en la universidad, por el compromiso y la responsabilidad que supo mostrar durante este proyecto y a mis compañeros de la universidad por estar siempre apoyándome en los momentos más duros de mi vida estudiantil.

Alejandro

Por la culminación de esta etapa en mi vida, agradezco especialmente a mis padres ya que sin su apoyo incondicional nada de esto sería posible.

A nuestro tutor Eduardo Torres por sus conocimientos y su guía en este proyecto. Además, a Pablo y Michael que nos permitieron realizar el proyecto de titulación en la empresa LIERZAM.

Finalmente, agradezco a toda mi familia y compañeros que me han brindado su apoyo.

Gerardo

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación	1
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General.....	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
CAPÍTULO 2	3
MARCO TEÓRICO	3
2.1. Automatización.....	3
2.2. Controlador lógico programable	3
2.2.1. Generalidades del PLC.....	4
2.3. Interfaz hombre máquina.....	4
2.4. Procesos industriales	4
2.4.1. Producción por lotes.....	4
2.4.2. Líneas de producción	4
2.4.3. Producción continua.....	5
2.5. Sistemas de medición y control industrial.....	5
2.5.1. Sistema de control en lazo abierto	5
2.6. Máquinas etiquetadoras.....	5
2.7. Botella	6
2.7.1. Tipos de botellas	6
2.7.1.1. Botella de vidrio.....	6

2.7.1.2. Botella de plástico	6
2.8. Etiquetas	7
2.8.1. Tipos de etiquetas.....	7
2.9. Caracterización del proceso	9
2.10. Procesos similares desarrollados en América Latina	9
2.10.1. Automatización de etiquetadora de botellas Kronen bajo PLC SIEMENS	10
2.10.2. Diseño e Implementación del Sistema de Control de un Equipo Etiquetador Autoadhesivo Automático	10
2.10.3. Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la etiquetadora de Botellas de una Línea de Envasado de Cerveza.....	11
CAPÍTULO 3	13
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN	13
3.1. Automatización de la etiquetadora de botellas planas	13
3.2. Ingreso	14
3.3. Engomado	15
3.4. Fijación y Transporte	16
3.4.1. Fijación y transporte de la etiqueta	16
3.4.2. Fijación y transporte de la botella	17
3.5. Dispensado	19
3.6. Componentes técnicos.....	21
3.6.1. Monitoreo e instrumentación	21
3.6.2. Mandos de operación y emergencia	24
3.6.3. Potencia	27
3.7. Sistema mecánico.....	31
3.7.1. Dimensiones de la banda transportadora.....	31
3.7.2. Características del motor	32
3.7.3. Caja reductora con tornillo sin fin marca Bonfiglioli	32
3.7.4. Calculo de velocidad y relación de transmisión del sistema de etiquetado	35
3.8. Diagramas de bloques y de flujos	37
CAPÍTULO 4	39
ANÁLISIS Y RESULTADOS	39
4.1. Caracterización del proceso.....	39

4.2. Máquina etiquetadora de botellas planas	41
4.3. Producción	42
4.3.1. Producción manual	43
4.3.2. Producción automática	43
CAPÍTULO 5	46
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
5.1. Conclusiones	46
5.2. Recomendaciones	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Control en lazo abierto	5
Figura 2.2 Máquina etiquetadora SERIE ESI	6
Figura 2.3 Tipos de etiquetas	7
Figura 2.4 Nomenclatura de etiquetas de botellas	8
Figura 2.5 Diagrama de bloques del proceso de etiquetado de botellas planas	9
Figura 2.6 Etiquetadora con pegamento frío	10
Figura 2.7 Máquina etiquetadora autoadhesiva automática	11
Figura 2.8 Etiquetadora antes de la Automatización	12
Figura 3.1 Diagrama de bloques de etiquetadora de botellas planas	13
Figura 3.2 Implementación de la banda transportadora	14
Figura 3.3 Acople del motor a la banda transportada	15
Figura 3.4 Sistema de engomado	15
Figura 3.5 Acople del motor y la caja de reducción	16
Figura 3.6 Sistema de transporte de la etiqueta	17
Figura 3.7 Rodillo con almohadillas y uñetas metálicas	17
Figura 3.8 Manzanas y ejes conectados al piñón principal	18
Figura 3.9 Sistema de transporte y fijación de botellas	19
Figura 3.10 Sistema tipo biela-manivela	20
Figura 3.11 Dispensador de etiquetas	20
Figura 3.12 Tablero de control	21
Figura 3.13 Elementos del tablero de control	21
Figura 3.14 Ubicación de las botoneras en la máquina etiquetadora	24
Figura 3.15 Implementación del sistema de paro de emergencia	25
Figura 3.16 Sistema de fallo mecánico con resortes	26
Figura 3.17 Diagrama de fuerza	27
Figura 3.18 Diagrama de fuerza	28
Figura 3.19 Diagrama de control	29
Figura 3.20 Diagrama de fuerza	29
Figura 3.21 Tablero Eléctrico	30
Figura 3.22 Reductor de tornillo sin fin	32
Figura 3.23 Diagrama de transmisión de movimiento	33
Figura 3.24 Diagrama de un tren de engranajes	34
Figura 3.25 Tren de engranajes del sistema de etiquetado	36

Figura 3.26 Diagrama de bloques	37
Figura 3.27 Diagrama de flujo del HMI	37
Figura 3.28 Diagrama de flujo del PLC	38
Figura 4.1 Máquina etiquetadora de botellas planas.....	41
Figura 4.2 Componentes principales de la máquina etiquetadora	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Elementos del tablero de control.....	23
Tabla 3.2 Datos técnicos de los elementos de mandos de operación y emergencia ...	26
Tabla 3.3 Características de los elementos del tablero Eléctrico	30
Tabla 3.4 Características del motor de la banda transportadora.....	32
Tabla 3.5 Datos técnicos de fuente de alimentación.....	33
Tabla 3.6 Velocidades de la polea motriz y polea conducida	35
Tabla 3.7 Datos del tren de engranajes del sistema de etiquetado	36
Tabla 4.1 Caracterización de los elementos mecánicos del proceso	39
Tabla 4.2 Caracterización de los elementos eléctricos del proceso.....	40
Tabla 4.3 Caracterización de los elementos electrónicos del proceso	40
Tabla 4.4 Datos de producción de forma manual	43
Tabla 4.5 Datos de producción de forma automática	43
Tabla 4.6 Resultados de los errores porcentuales del lote 1.....	44
Tabla 4.7 Resultados de los errores porcentuales del lote 2.....	44
Tabla 4.8 Resultados de los errores porcentuales del lote 3.....	45
Tabla 4.9 Resultados del error promedio de los tres lotes	45

RESUMEN

La empresa LIVERZAM dedicada a la producción, envasado y etiquetado de varios productos como: licores, jugos, aguas; en diferentes tipos de botellas como planas, cuadradas y redondas, tanto en material de vidrio como de plástico, posee máquinas de etiquetado de botellas redondas, pero carece de una máquina de etiquetado de botellas planas, por tal motivo el proceso se lo realiza de forma manual con la participación de varios trabajadores haciendo que el tiempo de etiquetado sea más largo. El presente proyecto técnico tiene como objetivo principal realizar la automatización de un sistema de etiquetado de botellas planas con elementos reciclados de máquinas dadas de baja que se encuentran en la bodega de la empresa, el cual se lo realizó mediante un tren de engranajes que son accionados con un eje que atraviesa una caja reductora con tornillo sin fin. La transmisión de movimiento consta de tres componentes como son: la polea motriz, la polea conducida y la banda. El sistema de etiquetado tiene un tablero de control y monitoreo el cual se encarga del accionamiento de la banda transportadora y la máquina etiquetadora, así como de visualizar el número de botellas etiquetadas, los fallos de la máquina y el paro de emergencia. Se instaló un sistema electromecánico para el paro de emergencia el cual está ubicado en tres diferentes sitios de la máquina con el fin de que los operarios tengan un mejor manejo para así preservar la integridad física y la salud de todo el personal de la empresa.

ABSTRACT

The company LIVERZAM dedicated to the production, packaging and labeling of various products such as: liqueurs, juices, waters; in several types of bottles such as: flat, square, round and oval, both in glass and plastic material. The company has labeling machines for round bottles, but they do not have a labeling machine for flat bottles, for this reason the process is done manually, which means that this process is carried out by several workers and the labeling time is longer. long. The main objective of this technical project is to automate a labeling system for flat bottles with recycled items from unsold machines that are found in the company's warehouse, which is done by a train of gears that are driven by an axle that passes through a gearbox with worm, the motion transmission consists of three components such as: the drive pulley, the driven pulley and the belt. The labeling system has a control and monitoring board which is responsible for driving the conveyor belt and the labeling machine, as well as displaying the number of labeled bottles, machine failures and emergency stoppage. An electromechanical system was installed for the emergency stop which is located in three different places of the machine in order that the operators have a better management in order to preserve the physical integrity and health of all the personnel of the company.

INTRODUCCIÓN

LIVERZAM es una empresa que lleva trabajando más de 20 años en el mercado nacional, su negocio está enfocado en la producción de jugos naturales en empaque tetrapak y licores nacionales entre otros. El presente proyecto de titulación denominado “Desarrollo de un sistema de etiquetado de botellas planas para la empresa LIVERZAM”, se encuentra estructurado en cuatro capítulos los cuales se describen a continuación:

El capítulo uno describe el planteamiento del problema, la justificación, el objetivo general, los objetivos específicos y el alcance.

El capítulo dos se realizó la caracterización del proceso, la descripción teórica de los elementos y los métodos de control utilizados para desarrollar el proceso de etiquetado de botellas planas.

El tercer capítulo se realiza los diseños de los elementos y las etapas que se implementan en el sistema de etiquetado de botellas planas: desde el ingreso de botellas, el engomado de la etiqueta, el dispensador, la fijación y transporte de las mismas. Usando un PLC para el control y monitoreo se puede visualizar el monitoreo del proceso de etiquetado.

En el cuarto capítulo se realizó una caracterización del proceso y del sistema propuesto, se expone los datos obtenidos de los tres lotes de producción tanto de forma manual como automática, se analiza el porcentaje de error que se obtuvo con los datos tabulados y, finalmente, de acuerdo a las pruebas realizadas se comprueba que el funcionamiento de la máquina etiquetadora cumple con los requerimientos de la empresa LIVERZAM.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema

La empresa LIVERZAM ubicada en el Valle de los Chillos, el sector de San Juan de la Armenia, está dedicada al envasado y etiquetado de distintos productos como: jugos, aguas, licores; en varios tipos de botellas como: redondas, ovaladas, cuadradas y planas, tanto de plástico como de vidrio.

La empresa no tiene una máquina para etiquetar botellas planas de vidrio, por lo cual este proceso se realiza de forma manual, para esto necesitan que el personal de producción realice esta tarea durante todo el lote, llegando a necesitar varios trabajadores cuando la empresa tiene mayor demanda.

El proceso de etiquetado manual produce fatiga en el trabajador, además de generar un cuello de botella dentro del proceso, ya que en el etiquetado manual, se produce un retardo en el empaquetado del producto final, incrementando el tiempo de producción y costos adicionales.

1.2. Justificación

Los seres humanos, a menudo no pueden cumplir con los requisitos de la industria moderna respecto a la demanda de producción, al tiempo en la reducción de pérdidas.

Un ensayo de la revista *Science* publicado por Jeffrey J. McDonnell en Canadá en la Universidad Saskatchewan, al inicio del día laboral se explica que las primeras horas del día favorecen a una mejor producción. También se considera las más efectivas y creativas. (Jeffrey J.2018)

El trabajo de etiquetar, manualmente, cientos de botellas al día, llega a ser muy tedioso y repetitivo para el trabajador, además se convierte en un proceso ineficaz e ineficiente debido a que se vuelve muy lento y de baja calidad, disminuyendo su productividad en las últimas horas de trabajo.

Un sistema automático, por el contrario, llevaría a cabo el etiquetado con una precisión constante y a una rapidez establecida por el propio proceso de producción de la empresa. Al ser un sistema automático este mejorará el tiempo de ejecución del etiquetado de botellas planas y reducirá los tiempos de producción.

El desarrollo de un sistema automático de etiquetado para botellas planas permite mejorar la calidad y la presentación del producto final, logrando así que la industria ecuatoriana siga innovando sus productos.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar una máquina etiquetadora con elementos reciclados para el etiquetado de botellas planas para la empresa LIVERZAM.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Caracterizar el proceso de etiquetado para determinar las variables que intervienen en una máquina etiquetadora.
- Implementar un sistema mecánico con equipo reciclado para el etiquetado de botellas planas.
- Diseñar el software y hardware para el control del sistema de etiquetado de botellas planas.
- Realizar un estudio de producción del etiquetado de botellas planas antes y después de la implementación del sistema automático.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se indica la descripción teórica de los elementos y de los métodos de control utilizados para el desarrollo del sistema de etiquetado de botellas planas.

2.1. Automatización

La automatización es el proceso de conseguir que funcione algo sin que se realice de forma manual. Este proceso se lo utiliza para realizar procesos de control continuos, pero también se ve que funciona en el caso de otros tipos de control, como es el caso de los procesos movidos por eventos. (Cholota, 2018)

La automatización tiene sus ventajas e inconvenientes. Entre las principales ventajas se resumen las siguientes:

- Permite aumentar la producción.
- Ayuda a disminuir el costo del producto.
- El producto mejora en su calidad.
- Obtiene una mejora de la gestión en la empresa
- Disminuye el proceso manual.
- Facilita el uso de la herramienta para la producción.

Algunos inconvenientes son:

- Incrementa la energía consumida por producto.
- Los costos de inversión se incrementan para la producción.
- Requiere niveles mayores de conocimientos por parte de los operadores.

2.2. Controlador lógico programable

En la industria se han desarrollado un controlador lógico programable (PLC), que es un dispositivo que se encarga de controlar el funcionamiento de sistemas de producción, logrando aumentar la calidad del producto final. (Fernandéz, 2012)

2.2.1. Generalidades del PLC

Todos los sistemas automatizados están diferenciados en tres partes las cuales son:

- Proceso el cual se desea controlar.
- Sistema de control que es utilizado para gobernar la parte operativa de manera adecuada.
- Sistema de supervisión que sirve como interfaz entre el operador y los sistemas automatizados. (Torres Santo & Bucheli Naranjo, 2017)

2.3. Interfaz hombre máquina

Una interfaz hombre-máquina (HMI), es un sistema que presenta información a un operador y que puede controlar un proceso industrial. Las HMI podemos definir las como ventana de un proceso, donde esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. (Ochoa & Veloz, 2012)

2.4. Procesos industriales

Los procesos industriales tienen un propósito principal, el de transformar materias primas en un producto final. Cuando realizamos la producción de ciertos bienes, podemos obtener algunos procesos distintos, de los cuales se pueden reutilizar los materiales ocasionando que el producto final sea productivo. La instrumentación da el significado de realizar el proceso de producción y asegura que los distintos productos se elaboren correctamente. Hay distintos procesos en la industria y ninguno es similar. Es muy importante conocer que los fundamentos que se aplica en los procesos sean semejantes en sus principios. (Cholota, 2018)

2.4.1. Producción por lotes

Este sistema es utilizado por las empresas que tienen una producción discontinua o limitada, permitiendo que se fabrique cantidades pequeñas de productos idénticos. (Salazar, 2013).

2.4.2. Líneas de producción

El resultado de estos procesos es la evolución de una producción en cadena, fue una idea de Henry Ford. Para producir una línea de grandes productos se utiliza este proceso, pueden estar integrados mediante el montaje de algunas piezas. Si se

desplaza el producto cuando es colocado en las bandas transportadoras, en montacargas o en otros elementos que se utilizan para el transporte y pasa por las diversas estaciones de trabajo en cada una de las cuales se le aplica un proceso determinado. (Cholota, 2018)

2.4.3. Producción continua

Las empresas son las que utilizan este proceso para la realización de ciertos productos, sin cambiar los períodos largos de tiempo. La producción tiene un ritmo acelerado y no tiene interrupciones cuando se ejecutan las operaciones. (Salazar, 2013)

2.5. Sistemas de medición y control industrial

2.5.1. Sistema de control en lazo abierto

En este tipo de control la variable de salida del sistema no produce ningún efecto en la señal de entrada. Estos sistemas son muy simples, por consiguiente, el costo es bajo y en general su confiabilidad es buena. Uno de sus desventajas es que con frecuencia son imprecisos porque no hay corrección de errores. (Cholota, 2018)

Figura 2.1 Control en lazo abierto



Sistema de control en lazo abierto de una etiquetadora de botellas planas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

2.6. Máquinas etiquetadoras

Existen muchos tipos de máquinas etiquetadoras en las industrias. Existen varias similitudes en su funcionamiento, pero los distintos tipos de envases donde se ubica la etiqueta, requieren diversos tipos de materiales para las etiquetas.

Figura 2.2 Máquina etiquetadora SERIE ESI



Modelo de una máquina etiquetadora. Fuente: <http://equitek.com.mx/equipos/SerieES1/28.php>

La empresa LIVERZAM tiene la política de trabajar con etiquetas de papel no adhesivas.

2.7. Botella

Las botellas son un envase que son fabricadas en materiales rígidos, en vidrio o en alguna variedad de plástico. Estos son materiales habitualmente utilizados, que tienen un cuello mucho más angosto que el cuerpo del envase y se usa para contener productos líquidos, como licor, agua, coñac, jugos etc. (Simbaña & Marcelo, 2012)

2.7.1. Tipos de botellas

2.7.1.1. Botella de vidrio

Son utilizados para determinados productos cuyas propiedades no sufren ninguna alteración cuando están bajo efectos de la luz. Si sufren algún efecto, se utilizan opacos como *bricks* o latas. Son ideales para procesos de termo-encogido, debido a que resisten altas temperaturas sin presentar deformaciones y pueden ser reutilizados, facilitando su lavado y esterilización. (Murillo & Alarcón, 2012)

2.7.1.2. Botella de plástico

Estas botellas de plástico tienen un envase muy liviano y son utilizadas para la venta de líquidos en productos como bebidas, lácteos o limpia casas. Además, se emplean para transportar productos como píldoras o pulverulentos, como medicinas o

vitaminas. La ventaja respecto a las botellas hechas de material de vidrio son básicamente su precio más bajo y las formas más versátiles que se pueden fabricar. Son recipientes muy livianos y son utilizados en la venta de líquidos porque se moldean a cualquier forma que sea necesaria y según el tipo de función que tengan. (Murillo & Alarcón, 2012)

2.8. Etiquetas

Las etiquetas son parte fundamental del producto. Permite identificar, describir, diferenciar el producto para dar una excelente información al cliente y cumplir con los reglamentos, regulaciones o normativas establecidas por cada industria. La etiqueta es uno de los primeros aspectos del producto con el que entra en contacto en cliente. El etiquetado debe ser homogéneo y preservar su calidad para evitar que el cliente se lleve una mala impresión del producto a consumir. (Nieto, 2017)

Figura 2.3 Tipos de etiquetas



Etiquetados de botellas. Fuente: <http://www.amee.org.mx> (Asociación Mexicana de Envase y Embalaje)

2.8.1. Tipos de etiquetas

Entre los materiales más empleados están: papel, plástico, papel metalizado y papel laminado. En las botellas de licores, las etiquetas son distribuidas en distintas posiciones a lo largo del envase. La Figura 2.4 muestra la nomenclatura de las etiquetas en base a su posición. (Nieto, 2017). La empresa LIVERZAM se dedica a la elaboración de bebidas alcohólicas destiladas como: whisky, coñac, brandy,

ginebra, aguardiente de caña de azúcar, etcétera. Las etiquetas que utiliza tienen fines informativos y promocionales para captar la atención de los clientes, por esta razón son fabricadas con distintos diseños y materiales.

La principal información que la etiqueta tiene es:

- Cantidad [ml]
- Marca y nombre del producto
- Código de barras
- Ingredientes
- Registro sanitario
- Dirección
- Elaborado por
- Porcentaje de alcohol por milímetro

Figura 2.4 Nomenclatura de etiquetas de botellas



Nomenclatura de etiquetas de botellas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Existen varios tipos de etiquetas como son:

- Etiquetas con pegamento frío o caliente
- Etiquetas sensibles al calor
- Etiquetas de transferencia en caliente
- Etiquetas Autoadhesivas
- Etiquetas en forma de cromos sin pegamento

2.9. Caracterización del proceso

En la empresa LIVERZAM antes de dar inicio al proceso de etiquetado, las botellas pasan por varios procesos previos como: lavado, envasado, roscado de la tapa y almacenaje. El almacenaje consiste en colocar manualmente las botellas en canastas y apilarlas para luego trasladarlas mediante un montacargas a la bodega. Una vez listas las botellas se trasladan el lote a ser etiquetado para dar inicio al proceso de etiquetado.

El proceso de etiquetado consiste en colocar goma blanca a una etiqueta tipo cromo y colocarla sobre la botella. El proceso es continuo y necesita de al menos tres operarios: uno para el ingreso manual de las botellas a la banda transportadora, otro para colocar la goma blanca y las etiquetas, y un tercero para evitar que las botellas se aglomeren al final de la banda transportadora.

El resumen del proceso de etiquetado de botellas planas se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 2.5.

Figura 2.5 Diagrama de bloques del proceso de etiquetado de botellas planas



Resumen del proceso de etiquetado para la empresa LIVERZAM, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

2.10. Procesos similares desarrollados en América Latina

Es necesario hacer mención que existen varios procesos similares al que se detalla en el presente trabajo, sin embargo entre los que más se asemejan son los que se describen a continuación:

2.10.1. Automatización de etiquetadora de botellas Krones bajo PLC SIEMENS

En la empresa cervecera Regional Planta Cagua de Venezuela, se realizó la automatización de una etiquetadora en 2006, es importante indicar que dicha empresa para esos años contaba con un nivel de automatización de alta tecnología. La etiquetadora Krones fue automatizada en razón de que se encontraba deteriorada y la producción no satisfacía la demanda para aquella época.

Como se mencionó anteriormente esta etiquetadora se encontraba con un nivel de operación mínima. El sistema de operación se encontraba controlado por un PLC Telemecanic, el departamento de mantenimiento no tenía las herramientas necesarias para programar y supervisar todo el proceso de la etiquetadora, por tal motivo se optó por automatizar y reestablecer todas las funciones, para lo cual se utilizó el PLC S7-300.

Para la realización de esta automatización se utilizó la técnica de etiquetado con pegamento frío, por su bajo consumo de pegamento y su manejo sencillo.

Figura 2.6 Etiquetadora con pegamento frío



Fuente: (Díaz, 2006)

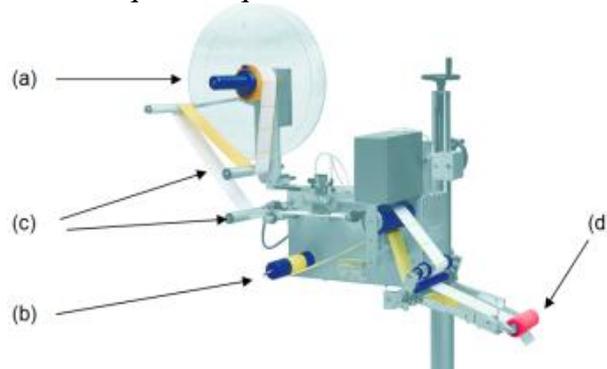
2.10.2. Diseño e Implementación del Sistema de Control de un Equipo Etiquetador Autoadhesivo Automático

En Perú hay una fuerte demanda en etiquetadoras, sin embargo muy pocas empresas las fabrican, por tal motivo la empresa SISCIDE S.A automatizó una de sus máquinas para lo cual se desarrolló un sistema electrónico de la etiquetadora en

varias partes utilizando sensores para calcular la velocidad y realizar un adecuado movimiento del motor.

Se implementó una interfaz para que los operadores puedan manejar las diferentes funciones de la etiquetadora.

Figura 2.7 Máquina etiquetadora autoadhesiva automática



(a) Contenedor de la cinta. (b) Receptor de la cinta. (c) Rodillos guía. (d) Cuña, Fuente: (Palacios, 2018)

2.10.3. Diseño de un Sistema de Supervisión y Control para Automatizar la etiquetadora de Botellas de una Línea de Envasado de Cerveza

En Perú una empresa cervecera que cuenta con cinco plantas en todo el país, se vio en la necesidad de que en una de sus plantas donde la línea de envasado contaba con una etiquetadora de botellas que funcionaba manualmente lleve a cabo la automatización de la misma. Como es de conocimiento las fallas continuas ocasionan pérdidas en la producción y para aumentar la productividad se instaló una pantalla HMI para realizar un monitoreo de todo el proceso, también se diseñó un sistema de control y supervisión, que permitió una mejora en la producción y sobre todo en la calidad del producto terminado.

Figura 2.8 Etiquetadora antes de la Automatización



Fuente: (Segura, 2018)

CAPÍTULO 3

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

En el presente capítulo se diseñan los elementos y las etapas que se implementan en un sistema de etiquetado de botellas planas: desde el ingreso de botellas, el engomado de la etiqueta, el dispensador, la fijación y transporte de las mismas.

3.1. Automatización de la etiquetadora de botellas planas

El funcionamiento de la máquina etiquetadora se sintetiza en el diagrama de bloques mostrado en la Figura 3.1. Se muestra las distintas etapas del proceso y los componentes técnicos que se reutilizan en las distintas modificaciones realizadas para el proyecto.

Figura 3.1 Diagrama de bloques de etiquetadora de botellas planas

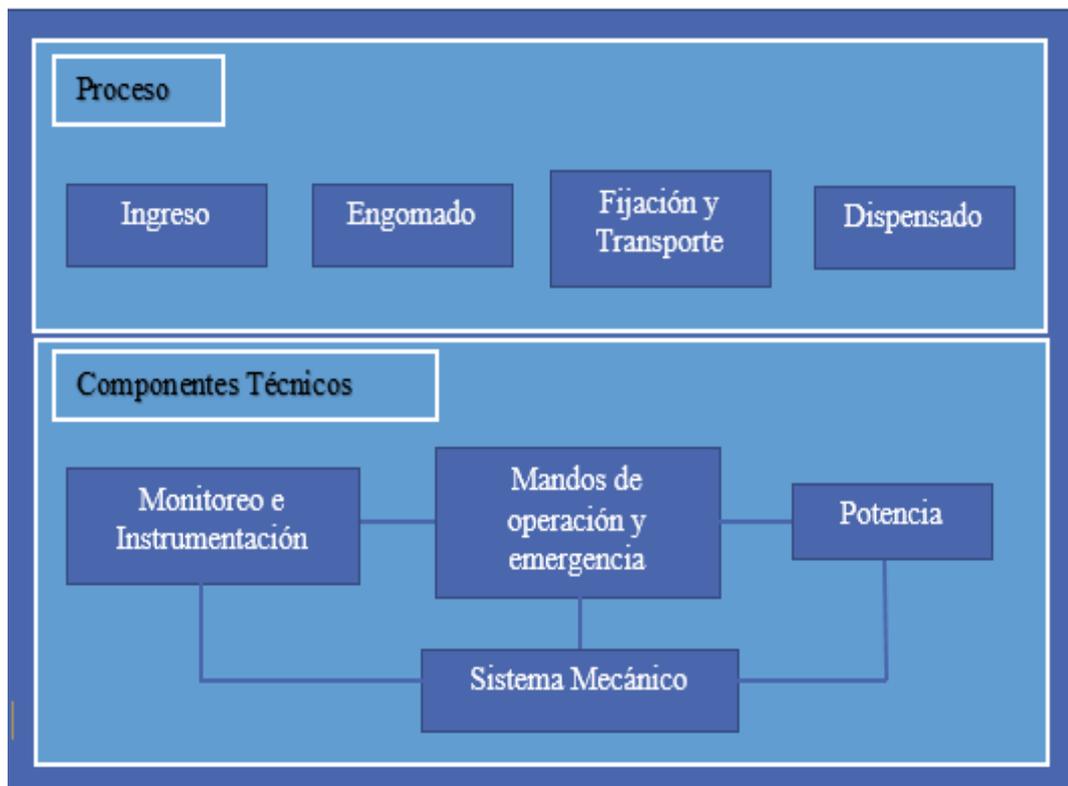


Diagrama de bloques del etiquetado de botellas planas para la empresa LIVERZAM, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

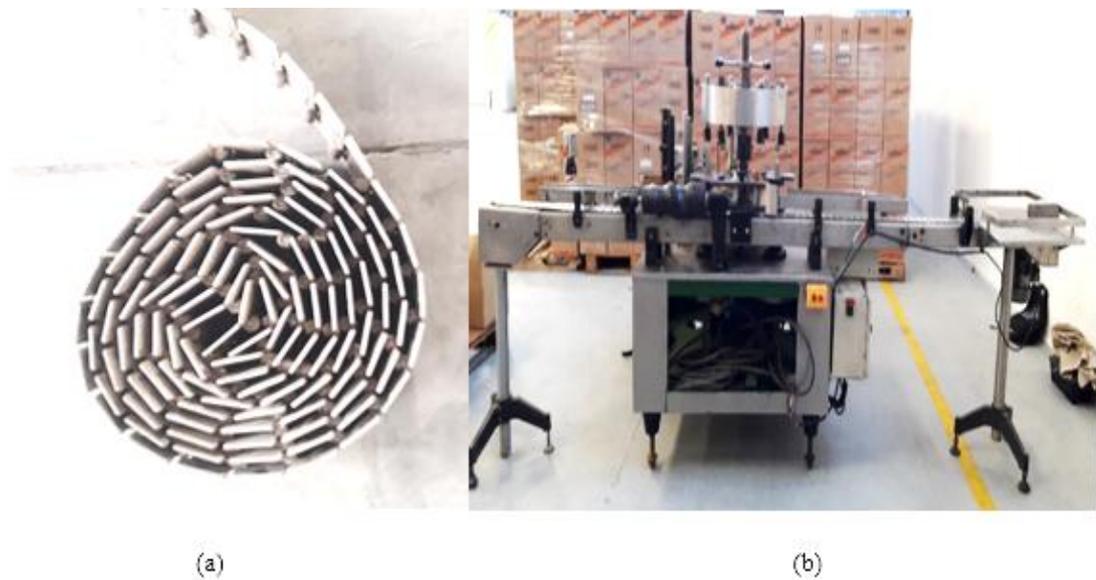
Las botellas planas pasan por varios procesos previos como: lavado, envasado y roscado de la tapa. Posterior a esto son colocadas en bandejas plásticas de

48 unidades y apiladas por lotes en bodega para su futuro etiquetado. Así las botellas están listas para pasar al proceso de etiquetado que se describe en la Figura 3.1.

3.2. Ingreso

El ingreso de las botellas planas es mediante una banda transportadora, con estructura metálica. La banda transportadora es accionada por un motor trifásico. Todos los componentes de la banda transportadora fueron reutilizados de la bodega de la empresa de máquinas inoperativas. El motor pasó por un mantenimiento correctivo antes de ser instalado.

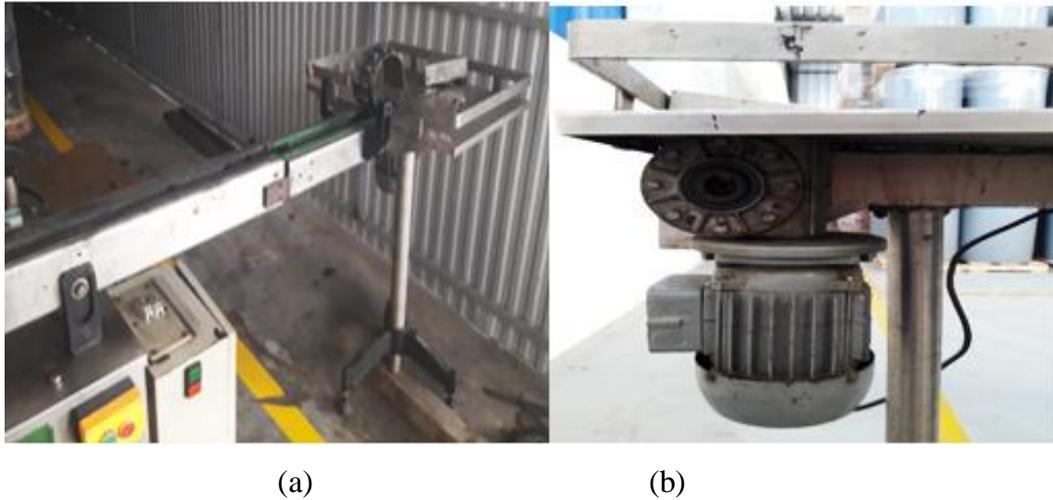
Figura 3.2 Implementación de la banda transportadora



(a) Cadena de acero inoxidable (b) estructura de la banda ubicada en la etiquetadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

La banda transportadora es desmontable y se tiempla de forma mecánica mediante dos pernos para poder acoplar a distintos procesos donde se requiere un ingreso continuo de botellas.

Figura 3.3 Acople del motor a la banda transportada

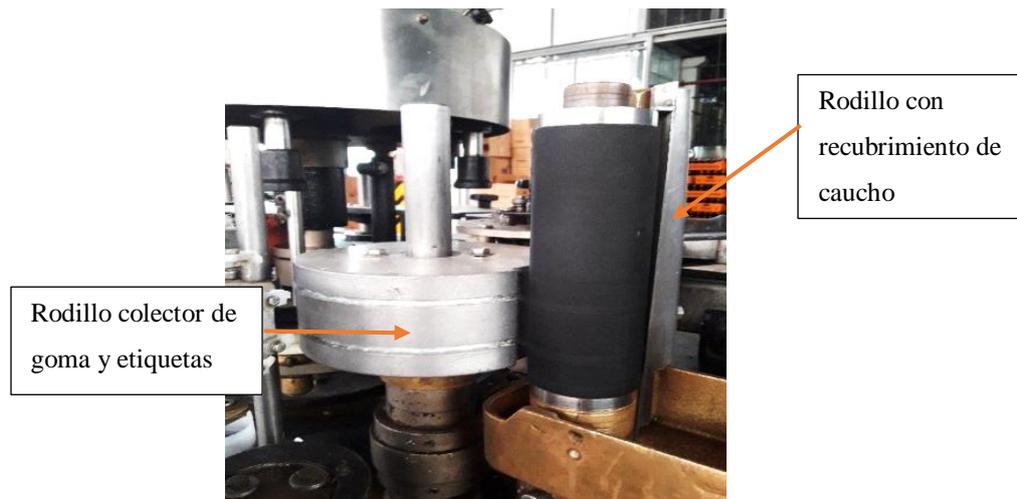


(a) Banda templada de forma mecánica (b) Acople del motor a la banda transportadora. Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.3. Engomado

El ingreso de la goma es manual. El operario coloca la goma blanca en el plato de bronce, la goma es transferida al rodillo colector de goma y etiquetas mediante un rodillo con recubrimiento de caucho el cual es accionado por un piñón conectado al eje principal. En la Figura 3.4 se indica la etapa de engomado implementada.

Figura 3.4 Sistema de engomado

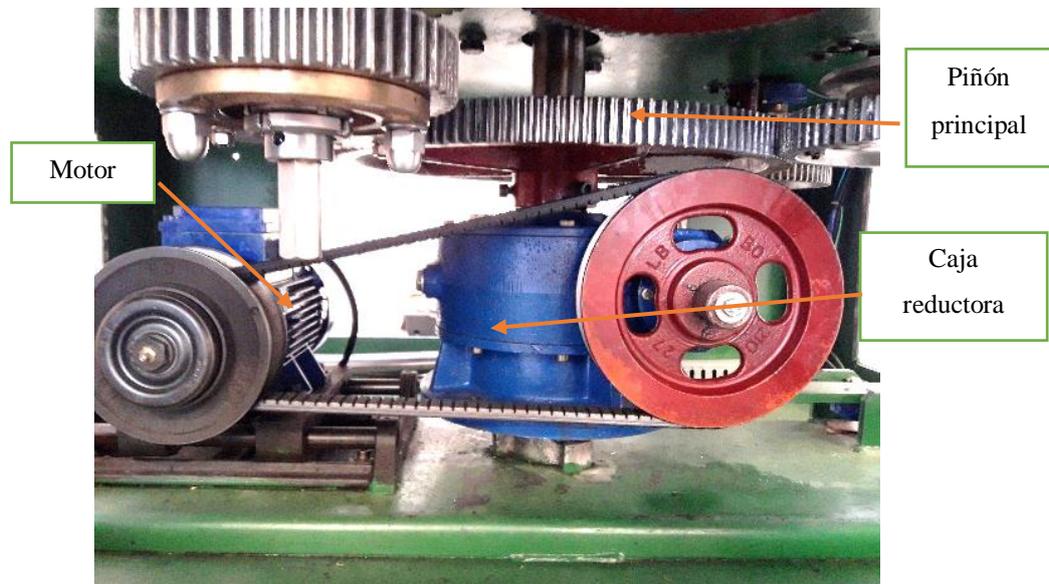


Sistema de rodillos para engomado de etiquetas. Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.4. Fijación y Transporte

El sistema de transporte fue reciclado de una máquina envasadora, para su reutilización se realizaron varias modificaciones como son: supresión del sistema neumático para la inyección de líquido, mantenimiento a la caja de reducción, rectificación del piñón principal mediante torno. El tambor está conectado directamente a la caja de reducción principal de la máquina, mediante un eje que lo atraviesa, el eje a su vez atraviesa al piñón principal que es el que permite el movimiento de todo el sistema de etiquetado, como se observa en la Figura 3.5. El motor utilizado para el sistema de transporte tiene las mismas características del motor de la banda transportadora descrito en la Tabla 1.

Figura 3.5 Acople del motor y la caja de reducción



Sistema de transmisión de movimiento. Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.4.1. Fijación y transporte de la etiqueta

El transporte de la etiqueta empieza cuando el rodillo colector de goma retira la etiqueta del dispensador, lo transfiere al rodillo hecho con almohadillas y uñetas metálicas logrando así la fijación de la etiqueta en la botella plana.

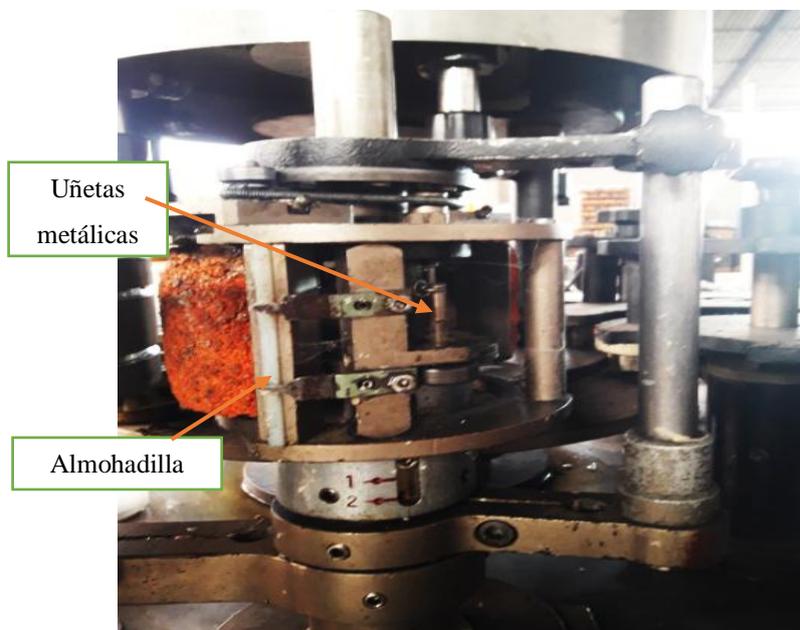
Figura 3.6 Sistema de transporte de la etiqueta



Etapa de transporte de la etiqueta, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

El rodillo con almohadillas y uñetas metálicas es el encargado de tomar la etiqueta, colocarla sobre la botella y mediante un movimiento las almohadillas empujan la etiqueta para que se fije correctamente sobre la botella. Adicional a esto dentro del recorrido de la botella se encuentran dos escobillas plásticas de respaldo para fijar los lados de la etiqueta.

Figura 3.7 Rodillo con almohadillas y uñetas metálicas



Rodillo con almohadillas y uñetas metálicas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

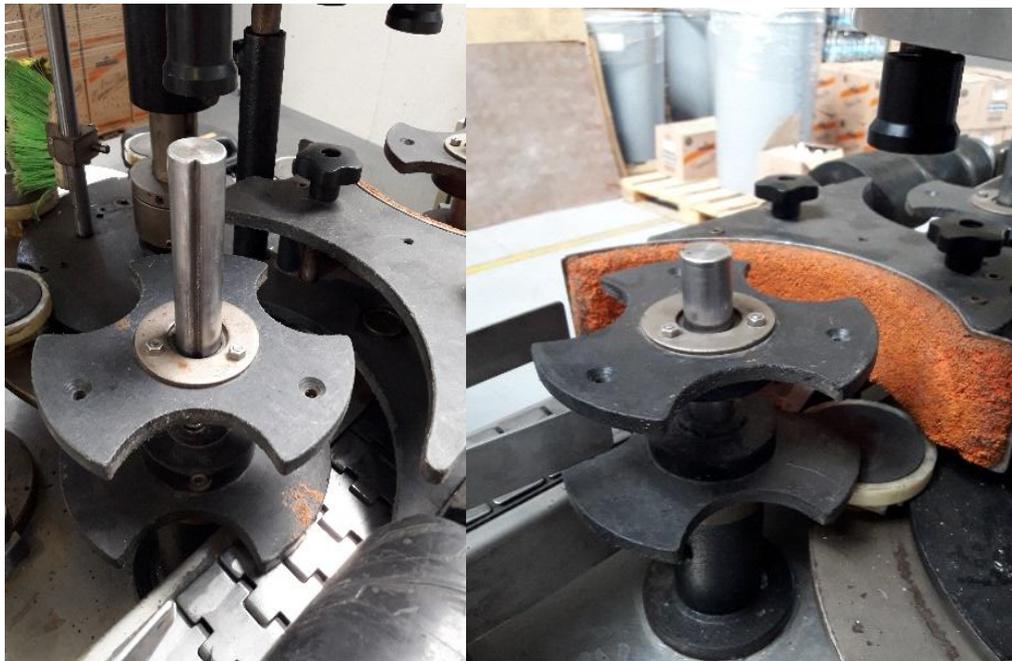
3.4.2. Fijación y transporte de la botella

El transporte de la botella empieza cuando la botella ingresa al tambor colector de

botellas, este tambor toma la botella mediante dos manzanas acopladas a un eje conectado al piñón principal, estas manzanas tienen la forma de la botella y al girar permiten que la botella se coloque en un transportador del tambor colector de botellas. El tambor tiene 6 transportadores de botellas.

El tambor colector de botellas tiene un movimiento circular, de esta manera a la salida de la botella el sistema es idéntico al de la entrada, es decir que mediante dos manzanas con la forma de la botella acopladas a un eje conectado al piñón principal al girar permiten que la botella etiquetada salga del tambor e ingrese nuevamente a la banda, terminando así el proceso de etiquetado, como se muestra en la Figura 3.8 (b).

Figura 3.8 Manzanas y ejes conectados al piñón principal



(a)

(b)

Manzanas para el ingreso de botellas al tambor, (b) manzanas para la salida de botellas del tambor.
Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

La fijación de la botella se la realiza de forma manual, mediante un volante acoplado al eje principal, el cual permite subir o bajar el techo de fijación para que la botella quede apretada y no se caiga o se rompa a lo largo del proceso.

En la Figura 3.9 se muestra la etapa de fijación y transporte de la botella donde se detalla cada parte del sistema.

Figura 3.9 Sistema de transporte y fijación de botellas



Etapa de fijación y transporte de botellas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.5. Dispensado

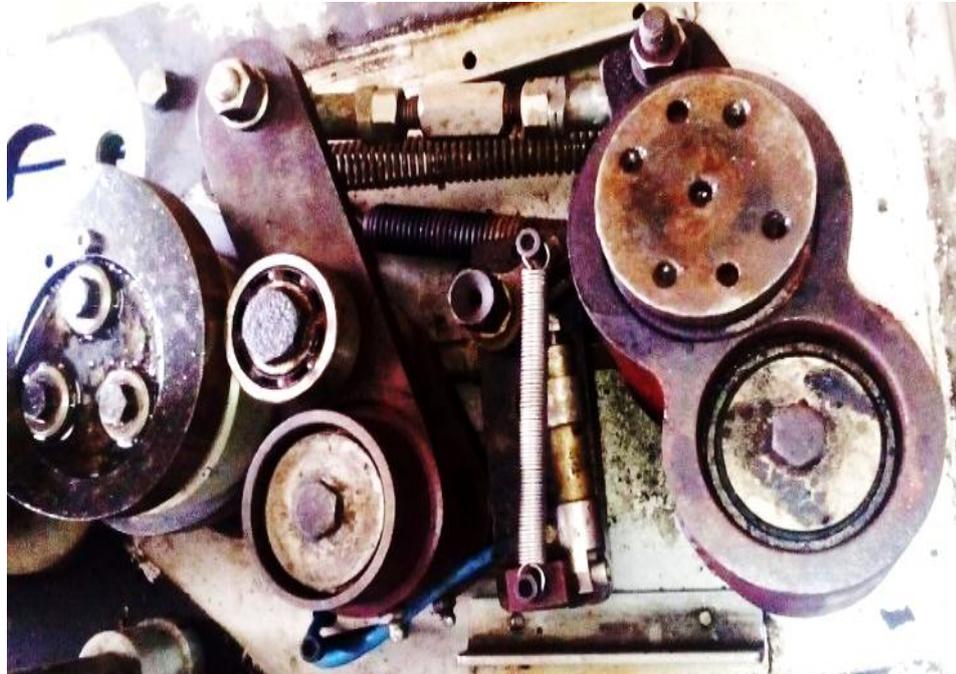
El ingreso de etiquetas requiere de un dispensador hecho de aluminio en el cual se colocan las etiquetas manualmente y mediante un sistema de poleas estas son empujadas linealmente hasta un seguro o ñeta plástica el cual sostiene la etiqueta hasta que el rodillo colector engomado la retire. El dispensador de etiquetas tiene un sistema tipo biela-manivela el cual hace que el dispensador tenga un movimiento semicircular accionado mediante un piñón conectado al eje principal.

Un sistema biela-manivela está comprendido por un componente giratorio llamado manivela, enlazado a una barra rígida llamada biela, de forma tal que cuando gira la manivela, la biela avanza y retrocede cíclicamente. Este sistema modifica el movimiento circular en movimiento de traslación. (Pérez & Gracia, 2012)

En la Figura 3.10 podemos observar el mecanismo con el sistema tipo biela-manivela que se utilizó en el diseño del sistema de dispensado de etiquetas. El sistema tipo biela-manivela está conectado al dispensador de etiquetas generando así un

movimiento de traslación que permite colocar la etiqueta sobre el rodillo colector de goma y etiquetas como se muestra en la Figura 3.11.

Figura 3.10 Sistema tipo biela-manivela



Sistema tipo biela-manivela acoplado al dispensador de etiquetas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Figura 3.11 Dispensador de etiquetas



Sistema de dispensado de etiquetas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.6. Componentes técnicos

3.6.1. Monitoreo e instrumentación

Para realizar el monitoreo e instrumentación del proceso de etiquetado de botellas planas se diseñó un tablero de control. Este tablero se muestra en la Figura 3.12 se encarga de controlar y monitorear la máquina etiquetadora. Los elementos utilizados en este tablero son: el PLC, la pantalla HMI, la fuente de alimentación, el disyuntor, el sensor óptico, un rectificador de voltaje *AC/DC* entre otros.

Figura 3.12 Tablero de control



Tablero de control para el monitoreo, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

En la Figura 3.13 se observa la distribución interna de los elementos que se utilizaron para el tablero de control y monitoreo.

Figura 3.13 Elementos del tablero de control



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

La protección del tablero de control se requiere un disyuntor que es un interruptor automático en miniatura, de un polo que soporta una corriente de 3 [A], al momento que dicha corriente supere el valor de corriente nominal, se activa produciendo que no llegue la energía a los elementos que se encuentren en el tablero de control y evitando que sufran daños los elementos eléctricos y electrónicos. El valor del disyuntor se fijó en base a la corriente que necesita el sistema para funcionar.

El PLC utiliza una fuente de energía con una entrada de voltaje 110 a 220 [V] alterna y su salida es 24 [V] continua la cual permite conectar los elementos que se encuentran en el tablero de control, los detalles técnicos se encuentran en la Tabla 3.1.

Se utiliza un PLC debido a exigencias de la empresa y se optó por un controlador Panasonic modelo AFP0RC14MRS que se observa en la Tabla 3.1, por las características y beneficios que brinda este controlador. El PLC se encarga de controlar todo el sistema de la máquina etiquetadora ya que sus salidas son tipo relé y los actuadores son controlados de acuerdo al funcionamiento del proceso de etiquetado.

La pantalla utilizada para el monitoreo de procesos de etiquetado fue la Panasonic GT02 debido a su compatibilidad con el PLC y por sus características técnicas. La pantalla permite el monitoreo de los fallos en la máquina, el paro de emergencia y el conteo de las botellas etiquetadas.

El conteo de botellas etiquetadas se realiza con un sensor óptico el cual fue ubicado en la banda transportadora. Cuando inicia el proceso de etiquetado de botellas planas, las botellas ingresan por la banda transportadora y cuando ya están etiquetadas pasan por el sensor óptico que detecta cada botella etiquetada y envía una señal digital al PLC. Este envía los datos a la pantalla y se visualizan mediante un contador.

A continuación se describen los datos técnicos de todos los elementos que se utilizaron para realizar el tablero de control y monitoreo del proceso de etiquetado de botellas planas.

Tabla 3.1 Elementos del tablero de control

Elemento	Detalle	Grafico
Disyuntor del circuito miniatura del CNC MCB Breaker (YCB9 – 63)	Tensión nominal 120 – 240[V]AC Corriente 3 [A] Protección IP20 # polos 1polo Frecuencia 50/60 [HZ]	
Fuente de alimentación de modo conmutado EPSITRON ECO Power	# fases 1 Voltaje nominal 110 – 240 [V]AC Intensidad de entrada < 0.7 A(230 [V]AC) < 1.2A(115[V]AC) Tensión salida 24 [V] DC ajustable Corriente nominal de salida 2.5 [A]	
PLC Panasonic AFP0RC14MRS	#número de entradas 8 – digitales #número de 6 – relé Voltaje de fuente 24 [V]DC Comunicación RS485	
Pantalla Programable Display GT02 Series	Fuente de alimentación 5 – 24 [V]DC Tamaño de la pantalla 3.8" pulgadas (88,5 x 35,4[mm]) Tipo de pantalla STN monocromo LCD Resolución 240x96 píxels Retroiluminación LED 3 colores (rojo, verde, azul)	
Sensor óptico de barrera por reflexión Pepperl+Fuchs	Tensión de alimentación máxima 30[V]DC Tensión de alimentación mínima 10[V]DC Protección IP67	

Tabla de los elementos utilizados para el tablero eléctrico, Fuente: (CNC Electric Group Co., 2018)

(ECUAINSETEC, 2018) (PEPPERL+FUCHS, 2018).

3.6.2. Mandos de operación y emergencia

El control de mandos de operación se realiza mediante el accionamiento de una botonera de arranque y parada, la cual al accionar el pulsador verde envía una señal al PLC que activa una salida la cual permite al motor arrancar para el inicio del proceso y al presionar el pulsador rojo desactiva la salida del PLC y se para el proceso de etiquetado.

Las botoneras fueron ubicadas en diferentes sitios de la máquina y conectadas en paralelo para que el operario tenga mejor control desde sitios diferentes y más facilidad para el control de fallos en el proceso de etiquetado.

Figura 3.14 Ubicación de las botoneras en la máquina etiquetadora



Botoneras ubicadas en sitios diferentes de la etiquetadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

El control de fallos y paro de emergencia se realizó mediante microswitchs debido a su gran resistencia en ambientes industriales y su funcionamiento es el mismo que un final de carrera, cuando la rueda del microswitch se presiona se activa y manda una señal eléctrica de 24 [V] alterna a un rectificador de voltaje *AC/DC* para transformar la señal eléctrica a una señal digital de 24 [V] continua y esta señal llega al PLC para realizar el control y la visualización se realiza en la pantalla cuando la máquina tiene algún fallo.

Para el sistema de paro de emergencia se implementó un sistema electromecánico como se observa en la Figura 3.15, para el funcionamiento de este sistema se acopla un microswitch a una platina que está sujeta a la caja reductora y a la estructura de la

máquina mediante unos resortes, si el eje principal que está acoplado a la caja reductora realiza un movimiento brusco debido a botellas atascadas o fallos en el proceso moverá la platina y así activará el microswitch y enviará una señal al PLC que desactivará la salida del PLC ocasionando que se pare el motor, por tal motivo se para todo el proceso de etiquetado.

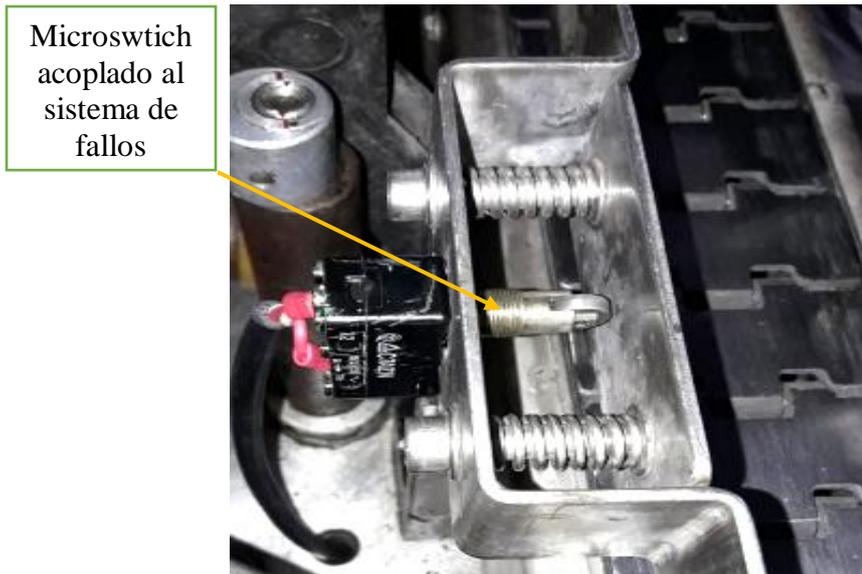
Figura 3.15 Implementación del sistema de paro de emergencia



Sistema electromecánico de paro de emergencia, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

La verificación del ingreso correcto de botellas en la banda transportadora lo realiza un microswitch ubicado en un sistema mecánico con resortes como se observa en la Figura 3.16. Cuando la botella llega en la posición incorrecta pasa por el sistema de fallos. Este sistema está conectado en paralelo con el sistema de paro de emergencia.

Figura 3.16 Sistema de fallo mecánico con resortes



Ubicación del sistema de fallos de la etiquetadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Para el control de marcha paro y sistemas de emergencia se utilizaron los elementos descritos en la Tabla 3.2.

Tabla 3.2 Datos técnicos de los elementos de mandos de operación y emergencia

Elemento	Detalle	Gráfico
Botonera remota de arranque parada STRONGER	Tensión de alimentación 120 – 240 [V]AC Corriente 15 [A] Grado de protección IP67	
Microswitch estándar, Pistón con roldana	Tensión de alimentación 125 – 250[V]AC Actuador microswitch Pistón por rodela Micro interruptor tipo Stándar Corriente de contacto 15 A máximo Configuración SPTD Temperatura de funcionamiento -25° hasta + 80°C	

Tabla de los elementos utilizados para el mando de operación y paro de emergencia, Fuente:

(ElectroSERTEC, 2018) (CAMSCO ELECTRIC CO., 2018).

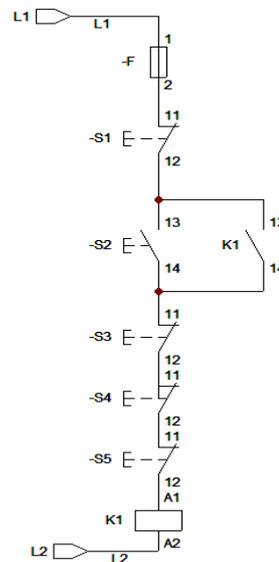
3.6.3. Potencia

Este tablero se encarga del accionamiento de los motores de la banda transportadora y la etiquetadora, controla los sistemas de paro de emergencia y se obtienen las señales eléctricas para la visualización en el HMI del tablero electrónico. Se ha ubicado elementos de protección, distribución y control los cuales son: fusibles, contactares, contactos auxiliares, transformador, borneras, relés térmicos, entre otros.

Todos estos elementos fueron entregados por la empresa de su bodega. Los fusibles que se colocaron para proteger los dispositivos eléctricos que se muestran en la Figura 3.17 fueron dimensionados en base a la corriente que necesita el sistema para funcionar, se instaló un transformador reductor de 220 a 24 [V] alterna que sirve para accionar el contactor 1 del motor trifásico de la etiquetadora que su bobina se acciona a 24 [V] alterna y energiza los microswitchs que son los encargados del sistema de paro de emergencia de la etiquetadora.

En la Figura 3.17 se observa el diagrama esquemático de control de la máquina etiquetadora de botellas planas.

Figura 3.17 Diagrama de fuerza



Accionamiento de la etiquetadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

En la Figura 3.18 se observa el diagrama esquemático de fuerza de la máquina etiquetadora de botellas planas.

Figura 3.18 Diagrama de fuerza

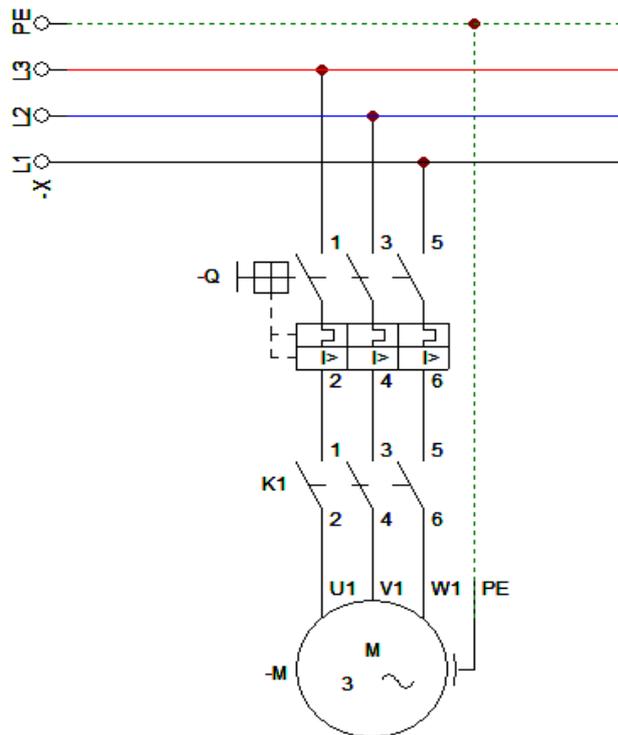
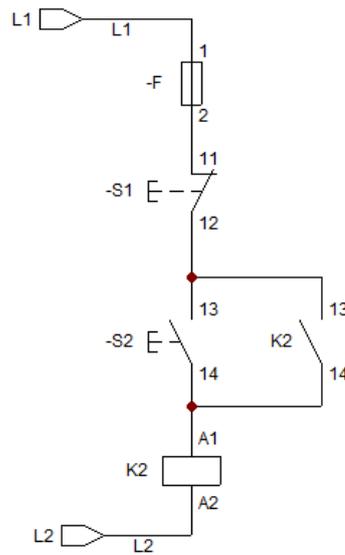


Diagrama de fuerza de la etiquetadora de botellas planas, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

El pulsador que se observa en la Figura 3.21 controla la marcha y paro de la banda transportadora mediante el accionamiento del contactor 2 que funciona su bobina a 110[V] alterna.

En la Figura 3.19 se observa el diagrama esquemático de control del accionamiento de la banda transportadora.

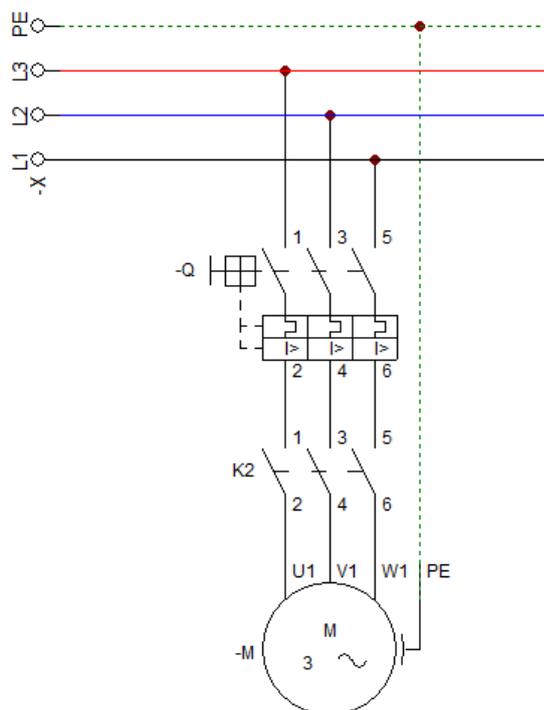
Figura 3.19 Diagrama de control



Accionamiento de la banda transportadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

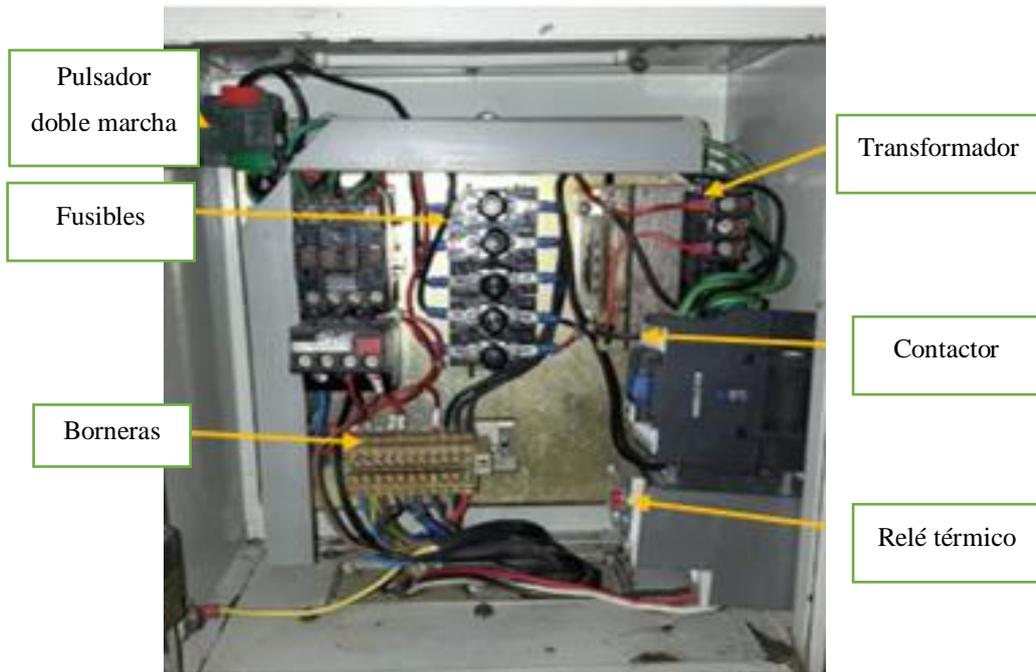
En la Figura 3.20 se observa el diagrama esquemático de fuerza del accionamiento de la banda transportadora.

Figura 3.20 Diagrama de fuerza



Accionamiento de la banda transportadora, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Figura 3.21 Tablero Eléctrico



Distribución de los elementos del tablero eléctrico, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Tabla 3.3 Características de los elementos del tablero Eléctrico

Elemento	Detalle	Gráfico
Contactor	Numero de fase 3 Voltaje de alimentación 110/ 220[V]AC Marca CNC Bobina de activación 110[V]AC Intensidad 15A	
Relé térmico	Modelo JRS1 Marca CNC, OEM 3 fases Stándar IEC60947 – 4	
Bornera	11 borneras para riel din Material plástico	

Tabla de los elementos utilizados para el tablero eléctrico, Fuente: (CNC Electric Group Co., 2018)

(Adajusa, 2018) (Stereon, 2018)

Continuación de la Tabla 3.3 Características de los elementos del tablero Eléctrico

Elemento	Detalle	Gráfico
Transformador	Voltaje primario 220[V]AC Voltaje secundario 24 [V]AC Frecuencia 60 [Hz]	
Pulsador doble marcha paro	Modelo 500XB2 – EL8425 Color verde y rojo Material plástico Contacto: 1 abierto[NA] y 1 cerrado[NC] Intensidad nominal de trabajo 10[A] Tensión máxima de trabajo	
Fusibles	Intensidad de funcionamiento 10[A] Material vidrio Voltaje máximo 250[V]AC	

Tabla de los elementos utilizados para el tablero eléctrico, Fuente: (CNC Electric Group Co., 2018) (Adajusa, 2018) (Seren, 2018)

3.7. Sistema mecánico

3.7.1. Dimensiones de la banda transportadora

La banda transportadora permite el ingreso de las botellas sin etiqueta, la salida de las botellas etiquetadas. Está hecha de acero inoxidable al igual que la cadena y sus dimensiones son:

- 3,2 [m] de largo
- 15 [cm] de ancho
- 20 [cm] de alto
- 8 [cm] ancho de la cadena
- 6,4 [m] largo de la cadena
- 0,5 [cm] espesor de la cadena

Además, la zona que pertenece a el ingreso de botellas mide 1 [m], donde el operario

tiene el espacio suficiente para el ingreso continuo de botellas para el proceso.

3.7.2. Características del motor

El motor para la banda transportadora fue proporcionado por la misma empresa, por cuestiones de mantenimiento trabajan con la misma marca, la cual se describe en la Tabla 3.4. El motor está en conexión delta y está conectado directamente a un piñón que transmite el movimiento a la banda, sin caja de reducción.

Tabla 3.4 Características del motor de la banda transportadora

Marca	<i>Adag</i>
Voltaje	220 [V] AC
Potencia	0,5 [HP]
IP	54
Corriente	2,3 [A]
Factor de potencia	$\cos \varphi$ 0,79
Velocidad	1720 [rpm]

Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

3.7.3. Caja reductora con tornillo sin fin marca Bonfiglioli

La caja reductora es de la serie VF y sus ejes se encuentran en una ubicación ortogonal y sus engranajes se forman por un tornillo sinfín y una corona. Esta caja reductora utilizamos para el movimiento del eje principal de la máquina etiquetadora ya que se necesitó de gran fuerza para realizar el movimiento de un sistema de engranajes.

Figura 3.22 Reductor de tornillo sin fin



Caja reductora con tornillo sin fin utilizada para el movimiento de la etiquetadora Elaborado por:
Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Tabla 3.5 Datos técnicos de fuente de alimentación

Datos técnicos	Descripción
Serie	VF 110/F
Numero	87258215
Potencia	1,3 [HP]
Rango de relaciones de reducción i	1 a 80

Fuente: (Bonfiglioli, 2018)

La transmisión de movimiento entre dos ejes mediante poleas se basa en el diámetro de cada polea, el sistema consta de tres componentes: la polea motriz, la polea conducida y la banda como se muestra en la Figura 3.23. Dependiendo de la aplicación que se requiera a través del diámetro de las poleas se podrá mantener, reducir o aumentar la velocidad de giro.

En el caso de la máquina etiquetadora, para el transporte lo que se requiere es disminuir la velocidad de giro, para lo cual el diámetro de la polea motriz es menor al diámetro de la polea conducida.

La relación de velocidad en un sistema por poleas viene dada por la ecuación 3.1:

$$N1 D1 = N2 D2 \quad \text{Ec. (3.1)}$$

Figura 3.23 Diagrama de transmisión de movimiento

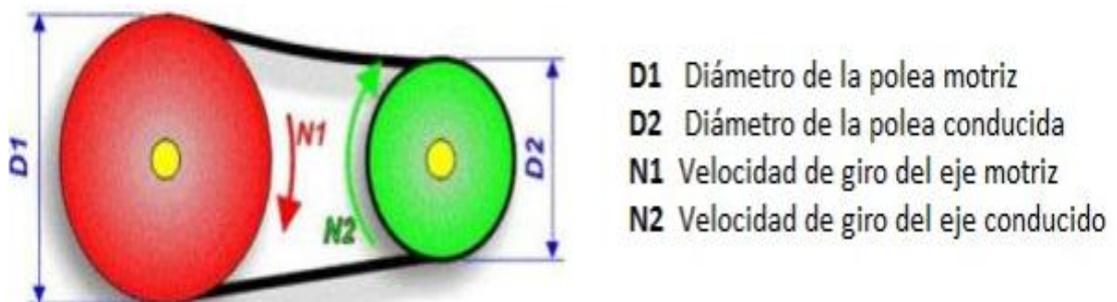
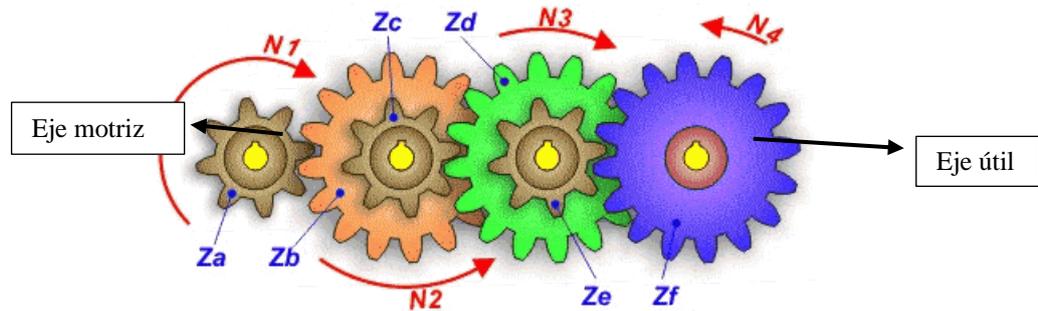


Diagrama y partes del sistema de transmisión de movimiento por poleas, Fuente: (Ospina, 2013)

La caja reductora transmite el movimiento a todo el sistema de etiquetado a través de un tren de engranajes conectado al eje principal.

Un tren de engranajes está compuesto por más de un par de engranajes. Es un sistema de transmisión circular, este sistema transfiere un movimiento giratorio de un eje a otro permitiendo así disminuir o aumentar la velocidad, también permite cambiar el sentido de giro. Este sistema es usado, principalmente, para transmitir elevadas potencias.

Figura 3.24 Diagrama de un tren de engranajes



Elementos que conforman un tren de engranajes. Fuente: (Ospina, 2013)

El número de dientes de un engranaje se representa con la letra z , dentro de un tren de engranajes se puede obtener varias relaciones de transmisión representadas con la letra i , esta relación de trabajo se puede obtener a través de la ecuación 3.2.

$$i = \frac{Z_b}{Z_a} = \frac{\# \text{ dientes rueda conductora}}{\# \text{ dientes rueda conducida}} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

Para más de un par de engranajes el cálculo de la relación de transmisión se realiza multiplicando entre sí las distintas relaciones que la forman, en la ecuación 3.3 se toma como ejemplo el tren de engranajes de la Figura 3.6.

$$i = \frac{Z_b}{Z_a} \times \frac{Z_d}{Z_c} \times \frac{Z_f}{Z_e} = \frac{Z_b \cdot Z_d \cdot Z_f}{Z_a \cdot Z_c \cdot Z_e} \quad \text{Ec. (3.3)}$$

Continuando con el ejemplo de la Figura 3.24, para cada grupo de engranajes se producirá un cambio de velocidad en función al diámetro de cada engranaje. De esta manera se obtienen las siguientes relaciones de velocidad:

$$N2 = N1 \frac{Za}{Zb} \quad \text{Ec. (3.4)}$$

$$N3 = N2 \frac{Zc}{Zd} \quad \text{Ec. (3.5)}$$

$$N4 = N2 \frac{Ze}{Zf} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

La velocidad del eje útil con respecto al eje motriz está dada por la relación de la ecuación 3.6.

$$N4 = N2 \frac{Za}{Zb} \frac{Zc}{Zd} \frac{Ze}{Zf} \quad \text{Ec. (3.6)}$$

3.7.4. Cálculo de velocidad y relación de transmisión del sistema de etiquetado

En la siguiente Tabla se muestra la relación de velocidad entre la polea motriz y la polea conducida, para este caso es una polea de diámetro menor a diámetro mayor, por lo cual se disminuye la velocidad.

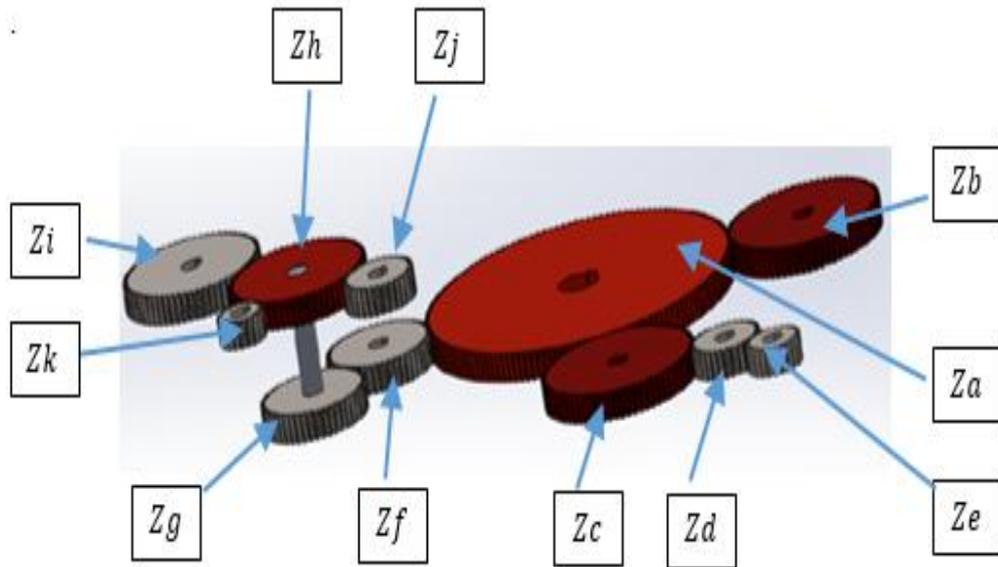
Tabla 3.6 Velocidades de la polea motriz y polea conducida

Descripción	Diámetro [Ø][cm]	Velocidad [N1, N2][rpm]
Polea motriz	16	1720
Polea conducida	23	1196,5

Datos calculados de la velocidad de la polea conducida, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

El tren de engranajes para el sistema de etiquetado se muestra en la Figura 3.21, en la tabla 3.6, se indica el número de dientes de cada piñón, la relación de velocidad y la relación de transmisión. Dentro del tren de engranajes el piñón Za está conectado al eje motriz con una velocidad $N1 = 1196.5 [rpm]$, el piñón Zd es considerado como un piñón loco, el cual nos permite mantener el sentido de giro del piñón Zc con respecto al piñón Ze .

Figura 3.25 Tren de engranajes del sistema de etiquetado



Tren de engranajes para el sistema de etiquetado. Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Tabla 3.7 Datos del tren de engranajes del sistema de etiquetado

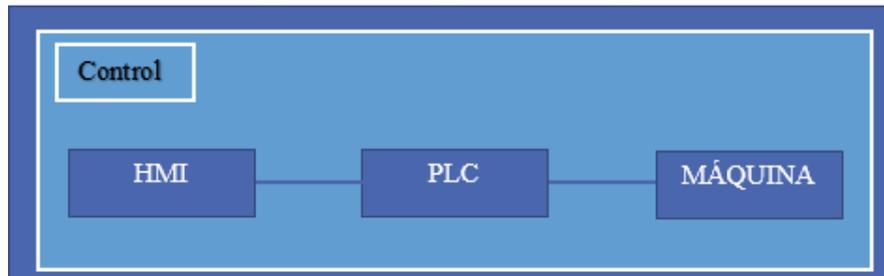
Nombre	Número de piñones	Diámetro [Ø][cm]	Velocidad [N1.....N11][rpm]
Za	150	45	1196,5
Zb	74	23	2425,3
Zc	74	23	2425,3
Zd	33	10	5438,6
Ze	25	9	7178,9
Zf	50	15	3589,5
Zg	50	15	3589,5
Zh	66	20	2991,3
Zi	33	9	5982,6
Zj	66	20	2991,3
Zk	21	7	941,2

Datos de la velocidad de la patea conducida, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

3.8. Diagramas de bloques y de flujos

A continuación, se observa el diagrama de bloques del control y monitoreo del sistema de etiquetado de botellas planas.

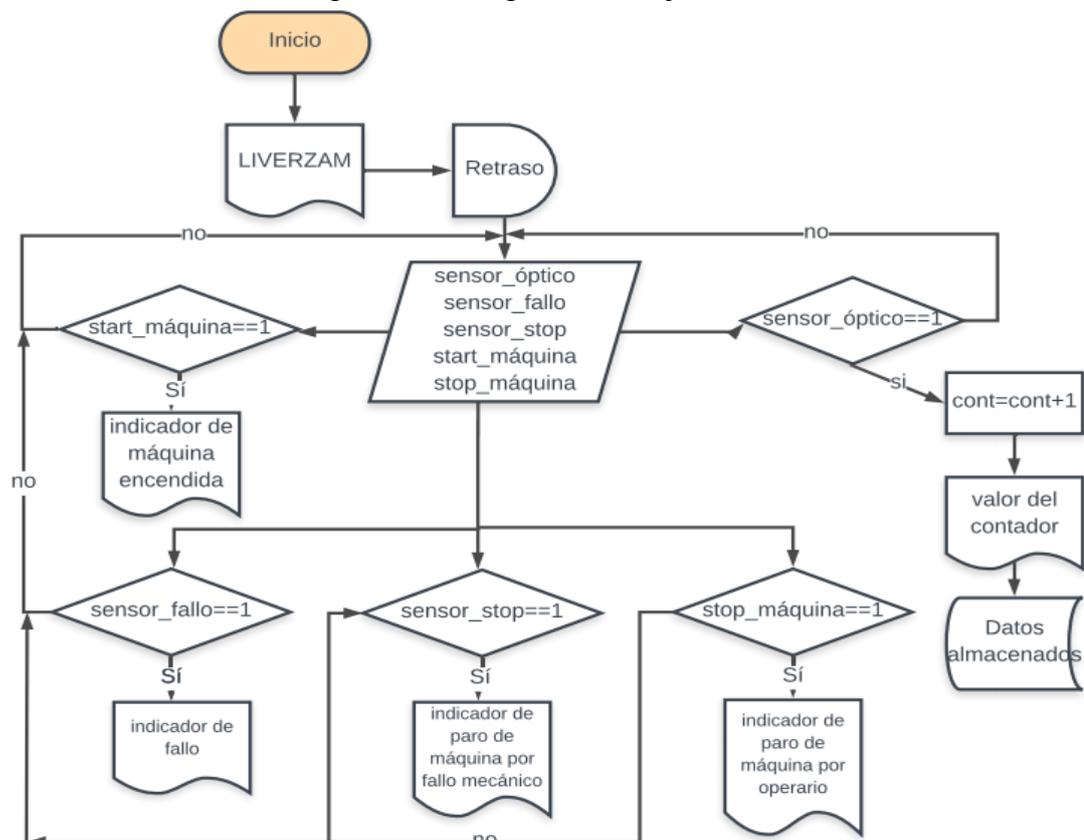
Figura 3.26 Diagrama de bloques



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Diagrama de flujo del HMI que realiza el monitoreo del sistema de etiquetado de botellas planas

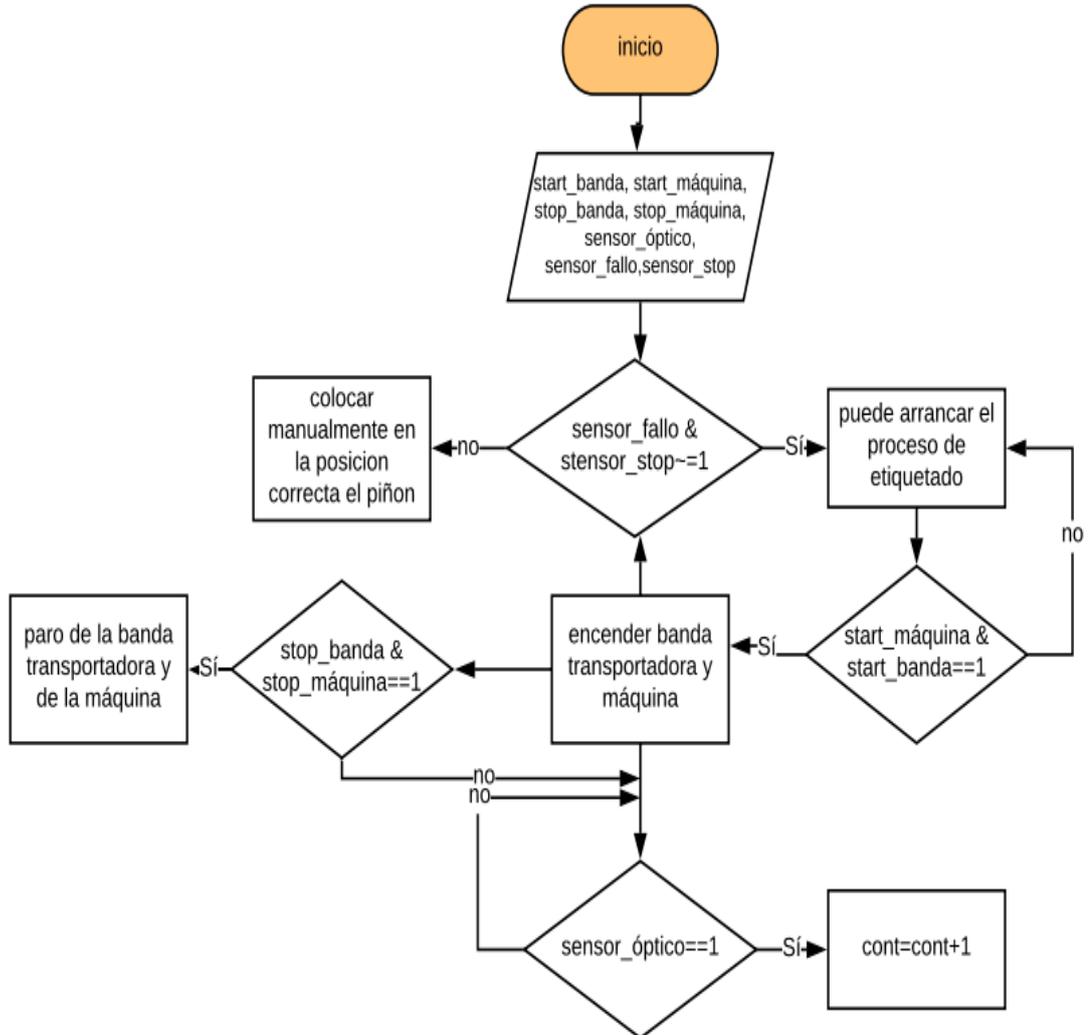
Figura 3.27 Diagrama de flujo del HMI



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Diagrama de flujo del PLC que realiza el control del proceso de etiquetado de botellas planas:

Figura 3.28 Diagrama de flujo del PLC



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se realiza una caracterización del proceso y del sistema propuesto. Expone los datos obtenidos de tres lotes de producción tanto de forma manual como automática mediante el sistema propuesto.

4.1. Caracterización del proceso

Los elementos que se instalaron, su descripción y la pertenencia a las etapas del proceso de etiquetado se sintetizan en las Tablas 4.1., Tabla 4.2, Tabla 4.3.

Tabla 4.1 Caracterización de los elementos mecánicos del proceso

Elemento	Detalle	Proceso
Sistema tipo biela-manivela	El dispensador de etiquetas tiene un sistema tipo biela-manivela el cual hace que el dispensador tenga un movimiento semicircular accionado mediante un piñón conectado al eje principal.	Dispensado
Caja reductora con tornillo sin fin	Esta caja reductora utilizamos para el movimiento del eje principal de la máquina etiquetadora ya que se necesitó de gran fuerza para realizar el accionamiento de un sistema de engranajes.	Engomado Fijación y transporte Dispensado
Rodillo colector de goma y etiquetas	Este rodillo está encargado de coger la goma, la etiqueta y es accionado por un piñón conectado al eje principal.	Fijación y transporte Engomado
Rodillo con recubrimiento de caucho	Este rodillo se encarga de transferir la goma al rodillo colector de goma y etiquetas, es accionado por un piñón conectado al eje principal.	Engomado Fijación y transporte
Rodillo con uñetas metálicas y almohadilla	Es el encargado de tomar la etiqueta, colocarla sobre la botella y mediante un movimiento las almohadillas empujan la etiqueta para que se fije correctamente sobre la botella.	Fijación y transporte

Tabla 4.1. Elementos mecánicos utilizados en el proceso de etiquetado, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Tabla 4.2 Caracterización de los elementos eléctricos del proceso

Elemento	Detalle	Proceso
Fusibles	Se colocaron para proteger los dispositivos eléctricos y fueron dimensionados en base a la corriente que necesita el sistema para funcionar	Potencia
Contactador	Este contactor se utilizó para accionar el motor trifásico de la etiquetadora, su bobina se acciona a 24 [V] alterna.	Potencia
Relé térmico	Sirve para la protección del motor trifásico de sobrecargas	Potencia
Transformador	Se utilizó un transformador reductor de 220 a 24 [V] alterna que sirve para accionar el contactor 1 del motor trifásico de la etiquetadora que su bobina se acciona a 24 [V] alterna y energiza los microswitchs que son los encargados del sistema de paro de emergencia de la etiquetadora.	Potencia
Pulsador doble marcha paro	Controla la marcha y paro de la banda transportadora mediante el accionamiento del contactor 2 que funciona su bobina a 110[V] alterna.	Ingreso
Botonera	El control de mandos de operación se realiza mediante el accionamiento de una botonera de arranque y parada.	Mandos de operación y emergencia
Selector de 2 posiciones	Se encarga del encendido ON/OFF de la máquina etiquetadora	Potencia

Tabla 4.2. Elementos eléctricos utilizados en el proceso de etiquetado, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Tabla 4.3 Caracterización de los elementos electrónicos del proceso

Elemento	Detalle	Proceso
PLC Panasonic	El monitoreo y control es realizado mediante este PLC y se encarga de todo el proceso de etiquetado.	Monitoreo e instrumentación Mandos de operación y emergencia Potencia

Tabla 4.3. Elementos electrónicos utilizados en el proceso de etiquetado, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Continuación de la Tabla 4.3 Caracterización de los elementos electrónicos del proceso

Elemento	Detalle	Proceso
Pantalla HMI	Realiza el monitoreo del proceso de etiquetado	Monitoreo e instrumentación Mandos de operación y emergencia
Microswitch estándar, Pistón con roldana	Con este elemento se realiza el sistema de paro de emergencia y fallos de la máquina	Mandos de operación y emergencia Potencia
Sensor óptico	Tiene la función de realizar el conteo de la botellas etiquetadas	Monitoreo e instrumentación
Fuente de alimentación	Esta fuente de alimentación tiene una entrada de voltaje 110 a 220 [V] alterna y su salida es 24 [V] continua la cual permite conectar los elementos que se encuentran en el tablero de control	Monitoreo e instrumentación Mandos de operación y emergencia Potencia

Tabla 4.3. Elementos electrónicos utilizados en el proceso de etiquetado, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

4.2. Máquina etiquetadora de botellas planas

La máquina etiquetadora de botellas planas instalada en la empresa LIVERZAM se muestra en la Figura 4.1.

Figura 4.1 Máquina etiquetadora de botellas planas



Máquina etiquetadora desarrollada para la empresa LIVERZAM, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Los componentes principales de la máquina etiquetadora de botellas planas se describen en la Figura 4.2.

Figura 4.2 Componentes principales de la máquina etiquetadora



Máquina etiquetadora en funcionamiento, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

4.3. Producción

El análisis de la producción de botellas planas se realizó comparando el sistema de etiquetado anterior versus el sistema de etiquetado implementado, es decir comparando la producción del etiquetado manual versus el etiquetado de forma automática mediante la máquina etiquetadora.

Las variables que se tomaron en cuenta para el estudio de producción fueron las mismas para los dos sistemas antes mencionados tales como: el lote de producción, la cantidad de personal requerido, el tiempo de producción, cantidad de etiquetas utilizadas y la cantidad de producto etiquetado.

Dentro del análisis de producción se tomaron tres lotes de producción iguales tanto para la producción manual como para la producción automática, considerando seis trabajadores como el personal requerido para la producción.

4.3.1. Producción manual

Los datos de los tres lotes producidos de forma manual fueron obtenidos desde el 5 de febrero del 2018 hasta el 2 de marzo del 2018 como se muestran en la tabla 4.4

Tabla 4.4 Datos de producción de forma manual

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Cantidad de botellas	1100	1500	1800
Personal requerido	6	6	6
Tiempo de producción [min]	92	125	150
Etiquetas utilizadas	1115	1521	1826
Cantidad de producto etiquetado	1098	1497	1797

Datos tabulados durante un mes de producción manual en la empresa LIVERZAM, Elaborado por:
Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

4.3.2. Producción automática

Los datos de los tres lotes producidos de forma automática fueron obtenidos desde el 26 de julio del 2018 hasta el 24 de agosto del 2018 como se muestran en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Datos de producción de forma automática

	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Cantidad de botellas	1100	1500	1800
Personal requerido	6	6	6
Tiempo de producción [min]	28	38	45
Etiquetas utilizadas	1121	1527	1833
Cantidad de producto etiquetado	1097	1495	1794

Datos tabulados durante un mes de producción automática en la empresa LIVERZAM, Elaborado por:
Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

4.3.3. Análisis de resultados de producción

El análisis de resultados de producción se realizó en base a tres factores tales como: el tiempo de producción mediante la ecuación 4.1, la pérdida de producto mediante la ecuación 4.2 y la pérdida de etiquetas mediante la ecuación 4.3. Los resultados tabulados se muestran en la Tabla 4.6 para el lote 1, en la Tabla 4.7 para el lote 2 y en la Tabla 4.8 para el lote 3.

$$\varepsilon_t \% = \left| \frac{tm - ta}{tm} \right| \times 100\% \quad \text{Ec. (4.1)}$$

$$\varepsilon_{pp} \% = \left| \frac{ppm - ppa}{ppm} \right| \times 100\% \quad \text{Ec. (4.2)}$$

$$\varepsilon_{pe} \% = \left| \frac{pem - pea}{pem} \right| \times 100\% \quad \text{Ec. (4.3)}$$

$$\varepsilon_m = \sum_{i=1}^n \frac{\varepsilon}{n} \quad \text{Ec. (4.4)}$$

Tabla 4.6 Resultados de los errores porcentuales del lote 1

	Manual	Automático	Tiempo de producción [%]	Pérdida de etiquetas [%]	Pérdida de producto [%]
Tiempo de producción [min]	92	28	30,4		
Etiquetas utilizadas	1115	1121		0,5	
Cantidad de producto etiquetado	1098	1097			0,1

Cálculo de errores con respecto a la producción manual, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Tabla 4.7 Resultados de los errores porcentuales del lote 2

	Manual	Automático	Tiempo de producción [%]	Pérdida de etiquetas [%]	Pérdida de producto [%]
Tiempo de producción [min]	125	38	30,4		
Etiquetas utilizadas	1521	1527		0,4	
Cantidad de producto etiquetado	1497	1495			0,1

Cálculo de errores con respecto a la producción manual, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Tabla 4.8 Resultados de los errores porcentuales del lote 3

	Manual	Automático	Tiempo de producción [%]	Pérdida de etiquetas [%]	Pérdida de producto [%]
Tiempo de producción [min]	150	45	30		
Etiquetas utilizadas	1826	1833		0,4	
Cantidad de producto etiquetado	1797	1794			0,2

Cálculo de errores con respecto a la producción manual, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

Tabla 4.9 Resultados del error promedio de los tres lotes

	Manual	Automático	Tiempo de producción [%]	Pérdida de etiquetas [%]	Producto [%]
Tiempo de producción en los tres lotes [min]	367	111	30,245		
Etiquetas utilizadas en los tres lotes	4462	4481		0,291	
Cantidad de producto etiquetado en los tres lotes	4392	4386			0,137

Cálculo de errores con respecto a la producción manual, Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se entregó la máquina etiquetadora de botellas planas de vidrio a la empresa LIVERZAM cumpliendo con los requerimientos de la empresa tales como: uso de un PLC para la automatización, un HMI de visualización, la reutilización de distintos elementos tanto mecánicos como electromecánicos que se disponían en bodega y permitiendo realizar un etiquetado continuo.

Se realizó la caracterización del proceso de etiquetado en cuatro etapas y se pueden clasificar en la parte mecánica, la electromecánica, la eléctrica y la electrónica. Se identificó los componentes que se reutilizaron de otras máquinas dadas de baja, y se caracterizó las variables y elementos que intervienen en el proceso de etiquetado de botellas planas.

La máquina etiquetadora de botellas planas está conformada por varias partes las cuales son: una banda transportadora, un tren de engranajes, una caja reductora con tornillo sin fin, un sistema mecánico tipo biela-manivela, un dispensador de etiquetas, un rodillo colector de goma y etiquetas, un rodillo con recubrimiento de caucho, un rodillo con uñetas y almohadillas, dos manzanas en forma de la botella plana para el ingreso y salida de las botellas etiquetadas. Se realizó un mantenimiento y rectificación de algunos componentes reciclados. Además de la parte mecánica en la máquina se encuentran equipos eléctricos y electrónicos para su control y monitoreo como son un motor, un PLC, una pantalla HMI, sensores, un sistema electromecánico para el paro de emergencia, y un rectificador de voltaje AC/DC.

El software utilizado en este proyecto es el Control FPWIN pro, que consta de 5 tipos de lenguaje como son diagrama de bloques, diagrama de contactos, diagrama secuencial, lista de instrucciones y texto estructurado. Además de ser un software libre, el lenguaje que se utilizó fue el diagrama de contactos programado en el PLC de la marca Panasonic. Para el diseño del hardware se utilizó el PLC antes mencionado, este realiza el control, monitoreo y sistema de paro de emergencia del

proceso de etiquetado. El monitoreo del proceso se realizó en el software GTWIN_V3 que es un software libre y fue programado en la pantalla HMI marca Panasonic modelo GT02, se instaló un sistema electromecánico para el control de paro de emergencia y fallos de la máquina.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los tres lotes correspondientes a 1100, 1500 y 1800 botellas planas, se comprueba con respecto al sistema automatizado una reducción promedio de tiempo de etiquetado del 30.25[%], además se determina un incremento promedio de pérdida de etiquetas del 0.29[%] y por último un incremento promedio de pérdida de producto del 0.14 [%].

5.2. Recomendaciones

Para el correcto funcionamiento de la máquina etiquetadora se recomienda realizar un mantenimiento al menos dos veces por año revisando que no haya deterioro de las partes mecánicas como los piñones debido a la fricción y también revisar el tablero eléctrico y de control que no haya elementos que puedan perjudicar su correcto funcionamiento como pueden ser líquidos o residuos de botellas rotas.

Antes de iniciar el proceso de etiquetado de botellas planas se recomienda calibrar la máquina para que se coloque correctamente la etiqueta y de esta manera evitar botellas mal etiquetadas y por lo tanto pérdida de etiquetas.

Dentro del personal requerido para la operación de la máquina se recomienda que un operador este pendiente de que haya suficiente goma blanca en el plato de bronce y suficientes etiquetas en el dispensador.

Al final del proceso se recomienda que al menos un operario este pendiente de que no se aglomeren las botellas etiquetadas en la bandeja colectora y evitar que se caigan o se rompan.

REFERENCIAS

- Adajusa. (28 de 08 de 2018). *ADAJUSA*. Obtenido de ADAJUSA:
<https://adajusa.es/pulsadores/pulsador-doble-marcha-paro-contactos-abierto-y-cerrado-nanc-plastico.html>
- Altamirano Medina Maelvy, G. L. (2014). *PROPUESTA DE AUTOMATIZACION DE ETIQUETADO ESPECIALIZADO DE SACOS DE POLIPROPILENO*. Mexico D.F: Repositorio digital del INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.
- Andrade, M. A. (2015). *CRISTALERIA ECOLOGICA A BASE DE BOTELLAS DE VIDRIO RECICLADAS*. Quito: Universidad Central Del Ecuador.
- Bonfiglioli. (29 de 08 de 2018). *TECNICA INDUSTRIALE*. Obtenido de TECNICA INDUSTRIALE:
http://www.globalindustrialsupplies.biz/es/reductor_ortogonal_de_tornillo_sifin.htm
- CAMSCO ELECTRIC CO., L. (28 de 08 de 2018). *Camsco*. Obtenido de Camsco:
<https://www.camsco.com.tw/spa/ebook.html>
- Carranco Quiñones Carlos Alberto, C. S. (2010). *DESARROLLO DE UN SISTEMA HMI/SCADA, DISEÑO CON LOGICA DIFUSA E IMPLEMENTADO EN UN PROTOTIPO DE PRUEBA*. Quito: Universidad Politecnica Salesiana.
- Cholota, F. D. (07 de 08 de 2018).
file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Tesis%20I.%20M.%20172%20-%20Criollo%20Cholota%20%20Fabi%3%A1n%20Danilo.pdf. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/4999>
- CNC Electric Group Co., L. (28 de 08 de 2018). *CNC*. Obtenido de CNC:
<https://simoncnc.en.made-in-china.com/>
- Díaz, A. E. (2006). *Automatización de Etiquetadora de Botellas Krones bajo PLC SIEMENS*. Sartenejas: <http://159.90.80.55/tesis/000133731.pdf>.
- ECUAINSETEC. (2018). *ECUAINSETEC*. Obtenido de ECUAINSETEC:
<http://www.ecuainsetec.com.ec/es/lineas/39/panasonic>
- ElectroSERTEC. (28 de 08 de 2018). *Electrosertec*. Obtenido de Electrosertec:
<http://electrosertec.com/pulsadores-y-botoneras/641-botonera-remota-arranque-parada-stronger.html>

- Fernandez, R. V. (2012). *AUTOMATIZACION DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACION CON EL PLC*. Mexico D.F: Instituto Politecnico Nacional.
- Fernández, R. V. (05 de 2012). Automatización de un Sistema de Climatización con PLC. México D,F, México.
- Guachamin, J. G. (2016). *ACTUALIZACION DEL SISTEMA AUTOMATICO DE LA ETIQUETADORA DE FRASCOS BAUSCH STROBEL DEL AREA DE PENICILINAS DE LABORATORIOS LIFE*. Quito: Repositorio Digital de la UPS.
- McDonnell, J. J. (2018). *EL COMERCIO*. Obtenido de EL COMERCIO: <http://www.elcomercio.com/afull/productividad-estudios-ciencia-tareas.html>.
- Morales, A. M. (2018). *CONSTRUCCION DE UN SISTEMA AUTOMATICO PARA EL LAVADO DE VEHICULOS CON LA REUTILIZACION DE AGUA PARA LA EMPRESA ECOWASH*. Quito: Repositorio Digital de la UPS.
- Murillo, E. J., & Alarcón, A. F. (30 de 10 de 2012). Implementacion y Automatizacion de un tunel de calor para termoenogido de la empresa GAMMA SERVICIOS. Quito, Pichincha, Ecuador.
- Nieto, H. J. (2017). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA ETIQUETADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA BOTELLAS CILÍNDRICAS CON ETIQUETAS AUTOADHESIVAS. D.M.QUITO: <http://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2224/1/T-UIDE-1605.pdf>.
- Ochoa, C. A., & Veloz, S. J. (2012). Montaje y Diseño de un Módulo para la Simulación del Funcionamiento de una Lavadora Industrial utilizando una pantalla Táctil conHMI. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.
- Ospina, J. (6 de Marzo de 2013). *EUDOTEC*. Obtenido de EUDOTEC: <https://eudotec.wordpress.com/2013/03/06/relacion-de-velocidades/>
- Palacios, K. G. (2018). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UN EQUIPO ETIQUETADOR AUTOADHESIVO AUTOMÁTICO*. Lima: [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PALACIOS_BRONCANO_DISE%20%91O_IMPLEMENTACION_TESIS%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/PALACIOS_BRONCANO_DISE%20%91O_IMPLEMENTACION_TESIS%20(1).pdf).
- PEPPERL+FUCHS. (28 de 08 de 2018). *Pepperl+Fuchs*. Obtenido de Pepperl+Fuchs: https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/classid_9.htm?&view=productselection

- Pèrez, C., & Gracia, L. I. (2012). *Modelado de sistemas dinàmicos*. Valencia: Club Universitario.
- Salazar, E. V. (Enero de 2013). *Ánàlisi y Propuesta de Mejoramiento de la Producción en la empresa VITEFAMA*. Cuenca, Azuay, Ecuador.
- Segura, B. C. (2018). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE SUPERVISION Y CONTROL PARA AUTOMATIZAR LA ETIQUETADORA DE BOTELLAS DE UNA LINEA DE ENVASADO DE CERVEZA*. Chiclayo:
<http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2620/BC-TES-TMP-1495.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Simbaña, G. E., & Marcelo, C. O. (3 de Agosto de 2012). *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA TAPADORA DE BOTELLAS ROSCA ESTANDAR DE 500ML CONTROLADA MEDIANTE UN PLC PARA MICROEMPRESAS*. Quito, Pichincha, Ecuador:
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/5661/1/CD-4661.pdf>.
- Steren. (28 de 08 de 2018). *STEREN*. Obtenido de STEREN:
<https://www.steren.com.mx/fusible-europeo-de-10-a-250-vca.html>
- Torres Santo, E., & Bucheli Naranjo, J. (2017). *Construcción y modelación de un módulo didáctico de muro Trombe mediante CFD para fomentar los estudios de la calefacción solar pasiva. Master`s thesis*. Quito, Pichincha, Ecuador.

ANEXOS

Anexo A. Programación del PLC del proceso de etiquetado de botellas planas.

PROGRAMA TOTAL.pro - Control FPWIN Pro 7 - Sistema de Programación en el estándar IEC 61131-3 - Variables Globales

Clase	Identificador	Dire...	Dirección ...	Tipo	Inicial	A...	Comentario
0	VAR_GLOBAL	START_BANDA	X4	%X0.4	BOOL	FALSE	
1	VAR_GLOBAL	START_ETIQUETADORA	X5	%X0.5	BOOL	FALSE	
2	VAR_GLOBAL	STOP_BANDA	X6	%X0.6	BOOL	FALSE	
3	VAR_GLOBAL	STOP_ETIQUETADORA	R102	%MX0.102	BOOL	FALSE	
4	VAR_GLOBAL	SENSOR_PARO	X3	%X0.3	BOOL	FALSE	
5	VAR_GLOBAL	MOTOR_BANDA	Y4	%Q0.4	BOOL	FALSE	
6	VAR_GLOBAL	MOTOR_ETIQUETADORA	Y5	%Q0.5	BOOL	FALSE	
7	VAR_GLOBAL	SENSOR_BOTELLAS	X0	%X0.0	BOOL	FALSE	
8	VAR_GLOBAL	INDICADOR_BOTELLAS	Y0	%Q0.0	BOOL	FALSE	
9	VAR_GLOBAL	RESET	R200	%MX0.200	BOOL	FALSE	
10	VAR_GLOBAL	FIN_PROCESO	Y3	%Q0.3	BOOL	FALSE	
11	VAR_GLOBAL	CONTADOR	DT100	%MWS.100	WORD	0	
12	VAR_GLOBAL	INDICADOR_FALLO	R50	%MX0.50	BOOL	FALSE	
13	VAR_GLOBAL	ENERGIA	X1	%X0.1	BOOL	FALSE	
14	VAR_GLOBAL						

PROGRAMA TOTAL.pro - Control FPWIN Pro 7 - Sistema de Programación en el estándar IEC 61131-3 - ETIQUETADORA1

Variables Globales:

Clase	Identificador	Tipo	Inicial	Comentario
16	VAR_EXTERNAL	INDICADOR_BOTELLAS	BOOL	FALSE

Ladder Logic Diagram:

- Step 1: START_BANDA (NO) → BANDAS1 (S)
- Step 2: BANDAS1 (NO) → MOTOR_BANDA (S)
- Step 3: SENSOR_PARO (NO) → START_ETIQUETADORA (NO) → ETIQUETADO (S)
- Step 4: ETIQUETADO (NO) → MOTOR_ETIQUETADORA (S)
- Step 5: STOP_BANDA (NO) → MOTOR_BANDA (R)
- Step 6: STOP_ETIQUETADORA (NO) → MOTOR_ETIQUETADORA (R)
- Step 7: C1 (RST)

PROGRAMA TOTAL.pro - Control FPWIN Pro 7 - Sistema de Programación en el estándar IEC 61131-3 - ETIQUETADORA1

Variables Globales:

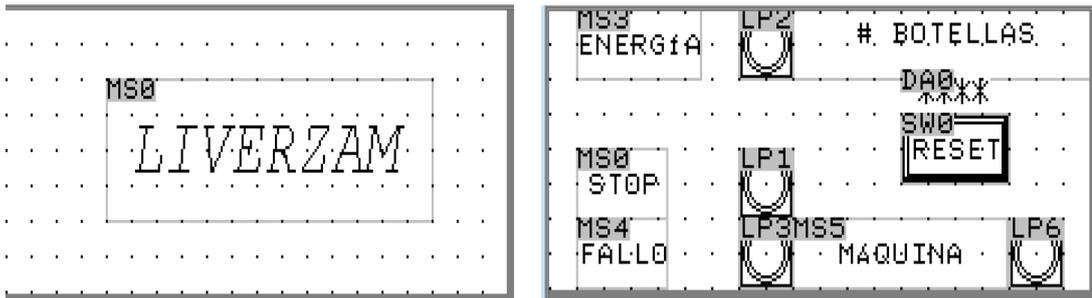
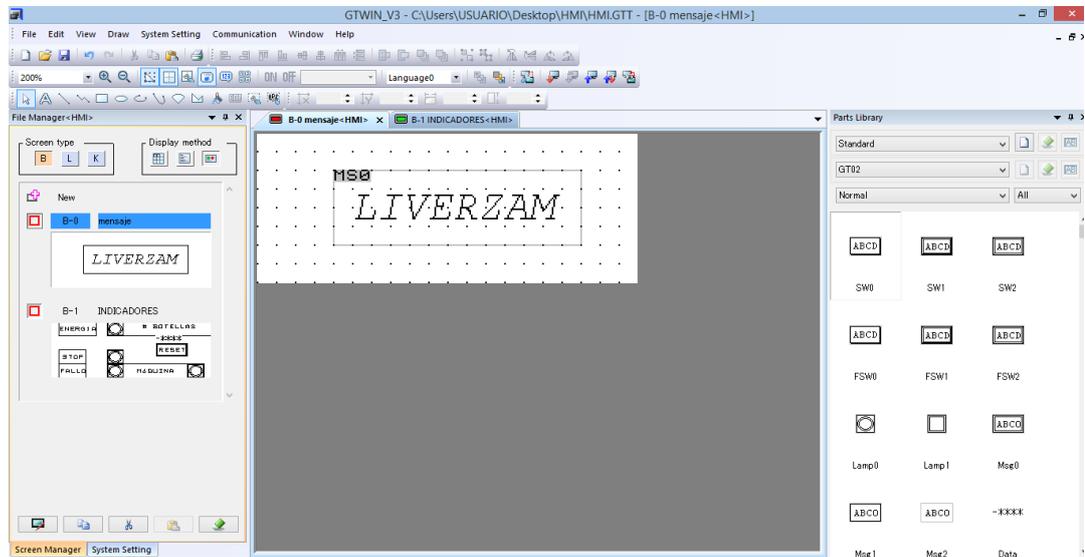
Clase	Identificador	Tipo	Inicial	Comentario
16	VAR_EXTERNAL	INDICADOR_BOTELLAS	BOOL	FALSE

Ladder Logic Diagram:

- Step 3: SENSOR_PARO (NO) → START_ETIQUETADORA (NO) → ETIQUETADO (S)
- Step 4: ETIQUETADO (NO) → MOTOR_ETIQUETADORA (S)
- Step 5: STOP_BANDA (NO) → MOTOR_BANDA (R)
- Step 6: STOP_ETIQUETADORA (NO) → MOTOR_ETIQUETADORA (R)
- Step 7: C1 (RST)
- Step 8: SENSOR_BOTELLAS (NO) → CU (CUV) → INDICADOR_BOTELLAS (S); R (RST) → C1 (RST); PV (PV) → C1 (RST)

Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Anexo B. Programación del HMI para el monitoreo del proceso de etiquetado de botellas planas.



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Anexo C. Reciclaje del sistema de transporte



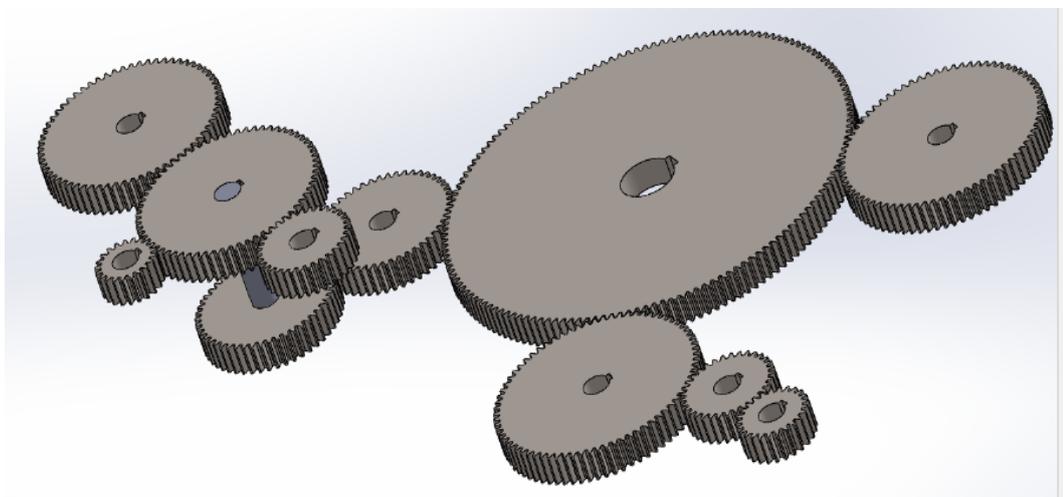
Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Anexo D. Ubicación del tablero de control y monitoreo



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro

Anexo E. Diseño del tren de engranajes



Elaborado por: Rojas Gerardo & Paucar Alejandro