

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA:  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención de título de:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:  
DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL  
ENSAMBLAJE DE DOSIFICADORES PLÁSTICOS DE LICORES Y SU  
CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA TAPENSA**

**AUTORES:  
GEOVANNY PATRICIO CUMBAL RODRÍGUEZ  
JORGE ANDRÉS VILLA VERDUGO**

**TUTOR:  
JAVIER ARTURO ROJAS URBANO**

**Quito, enero del 2019**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Geovanny Patricio Cumbal Rodríguez con documento de identificación N° 1722447339 y Jorge Andrés Villa Verdugo, con documento de identificación N° 1721928198, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del Trabajo de Titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ENSAMBLAJE DE DOSIFICADORES PLÁSTICOS DE LICORES Y SU CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA TAPENSA”, 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 hagamos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana



Geovanny Patricio Cumbal Rodríguez

Cédula: 1722447339



Jorge Andrés Villa Verdugo

Cédula: 1721928198

Quito, enero 2019.

## **DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL ENSAMBLAJE DE DOSIFICADORES PLÁSTICOS DE LICORES Y SU CONTROL DE CALIDAD EN LA EMPRESA TAPENSA”, realizado por Geovanny Patricio Cumbal Rodríguez y Jorge Andrés Villa Verdugo, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerado como Trabajo Final de Titulación.

Quito, enero 2019.



Ing. Javier Arturo Rojas Urbano

Cédula de identidad: 020189802-0

## DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios, a la Virgen del Quinche por protegerme a lo largo de toda mi vida y permitirme culminar mis metas.

A la mujer que me ha sabido sacar adelante toda mi vida con sus enseñanzas, su comprensión, esfuerzo y sacrificio brindándome una buena educación y haciendo de mi un hombre de bien mi madre Carlota a quien le debo la vida y las gracias por la persona que soy.

A la persona que más quiero en la vida mi hermano Antony por siempre alegrarme la vida con sus ocurrencias y motivarme a ser un ejemplo de persona.

A mi padre Luis por darme la vida y enseñarme el valor del estudio, así como la inspiración para llegar a ser lo que soñamos.

A la persona que ha sido como un padre para mí, quien me ha dado su confianza y ha sido un ejemplo de profesional quien me enseñó el valor del trabajo y me ha demostrado que podemos salir adelante siempre, pese a las circunstancias mi primo Jorge.

A quien me ha brindado su paciencia, así como su apoyo sin esperar nada a cambio siendo como un padre Luis Naranjo.

A mi tía Hipatia por ser como una madre apoyarme, brindarme su cariño y confianza en toda mi vida.

A toda mi familia que siempre ha estado hay apoyándome de una u otra manera.

A la mujer que me enseñó que la felicidad viene en el momento menos esperado y de la manera menos imaginada Valery gracias por tu apoyo y tu felicidad que me alegra la vida

Geovanny Patricio Cumbal Rodríguez

## DEDICATORIA

### *A mis Padres.*

Ante todo, quiero dedicar este proyecto a las dos personas que me dieron la vida mi madre **Bélgica** y mi padre **Jorge**, quienes, con su apoyo incondicional, la confianza depositada en mí y las enseñanzas que desde muy niño lo recuerdo como si hubiese sido el día de ayer, contribuyeron en los cimientos para la construcción de mi vida personal y profesional.

### *A mi abuelito Carlos y Mami Sara*

**Abuelito Carlos**, quien desde el cielo me acompaña y cuida de mí, junto a sus enseñanzas y locuras compartidas tanto tiempo, siempre tuvo las palabras correctas para educarme e inculcarme para ser y crecer como una persona de bien. **Mami Sara** mi segunda madre quien ha velado y sigue haciéndolo hasta el día de hoy, todo este trabajo es el resultado del tiempo dedicado a mí. Gracias **Dios** por tenerla a mi lado y pueda ser partícipe de este logro.

### *A mi novia Andreina.*

Quiero dedicarte a ti, persona incondicional, fuente de inspiración, compañera y pareja; compartiendo de alegrías, locuras y momentos imborrables, con tu apoyo, amor y compañía se culminó una etapa de mi vida profesional.

En especial a la mujer que me dio la vida, a usted Mami BELGICA, por todos los años de esfuerzo, trabajo constante y sin duda la preocupación de mi bienestar. Y a ti CARLOS mi hermano, por compartir toda una vida juntos y brindarme alegrías, **los quiero mucho.**

Jorge Andrés Villa Verdugo

## AGRADECIMIENTO

En estas líneas para que nadie se quede fuera quiero agradecer a todas las personas que me apoyaron en mi vida tanto estudiantil como personal que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres, y tristes. Estas palabras son para todos ustedes. Gracias por todo su amor, comprensión y apoyo, sobre todo por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano

A todos mis profesores que supieron despejarme de mis dudas y guiarme a lo largo de estos años de estudio siendo un ejemplo de docentes, al ingeniero Gustavo Caiza por brindarnos su enseñanza y su amistad, a mi tutor Javier Rojas a quien agradezco por su paciencia y guía, así como a la Universidad por inculcar sus valores y hacer de mi un buen cristiano y honrado ciudadano.

A mi hermano por llenarme de alegría día tras día, por compartir horas y horas de juegos y dejarse molestar siempre recordándome la alegría de la niñez.

A mis amigos pocos, pero buenos. Con los que compartí dentro y fuera de las aulas Luis un gran amigo con grandes valores, Mayrita y a mi compañero de tesis con quien pasamos mil y una adversidades buenos y malos momentos, pero lo logramos gracias hermano por todo Andrés Villa; A uno de mis mejores amigos, así como a su familia por apoyarme siempre Andrés Mena, gracias por todo su apoyo y diversión.

No puedo dejar de agradecerte especialmente a ti Andreina, mi compañera de Universidad, no sabes cuánto te agradezco por tu apoyo y cariño espero que seas muy feliz toda tu vida.

Geovanny Patricio Cumbal Rodríguez

## AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios por darme la oportunidad de vida para construir en el día a día de un camino largo y firme a pasos lentos, pero con enseñanzas de convivencia estudiantil, profesional y personal.

Para mis padres no encuentro las palabras para darles las gracias por confiar en mí y brindarme de su amor y cariño todo el tiempo que fue necesario para alentar mi superación.

Todo este trabajo es para ellos, mis abuelitos Carlos y Sara, me cuidaron y me inculcaron el valor de vida, el amor familiar, brindándome un amor puro y sincero a lo largo de mi formación estudiantil, profesional y humana.

Quiero agradecer a mis hermanos Jenny, Francisco, Carlos y Jefferson, quienes han compartido momentos de calor familiar, y sin dudar del lazo de hermandad, contando en todo momento de su amor incondicional.

Quiero agradecer a ti Kosy (Andreina) como siempre te llamé, quien en toda la carrera universitaria frente a adversidades me brindaste siempre de una amistad sincera, más aún ahora juntos en la vida, compartimos de alegrías y victorias.

Como no agradecer y dedicar todo este esfuerzo continuo a ti ZULY quien más que mi prima eres mi hermana, gracias por tu confianza, cariño desinteresado al ofrecerme tu tiempo para un consejo y tus palabras de aliento.

A mis amigos (Katty A, Mayrita C, Luchin E), compañeros de universidad y como no a mi amigo Geovanny Cumbal, con quien en conjunto hemos culminado una etapa del largo esfuerzo en camino de la vida.

Agradezco a la Universidad Politécnica Salesiana, a sus autoridades y profesores quienes inculcaron la enseñanza y honestidad en todo momento, formando profesionales de calidad y brillantez.

A mi tutor al Ing. Javier Arturo Rojas Urbano, quien me ha acompañado en el camino largo de este proyecto de titulación apoyándome con sus enseñanzas como docente.

Jorge Andrés Villa Verdugo

## ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	xvi
CAPÍTULO 1 .....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Tema.....	1
1.3. Justificación.....	1
1.4. Objetivos .....	2
1.4.1. Objetivo General.....	2
1.4.2. Objetivos Específicos .....	2
1.5. Metodología.....	2
CAPÍTULO 2.....	4
MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. Dosificadores plásticos .....	4
2.2. Sistemas de Fabricación para ensamble de dosificadores plásticos .....	4
2.2.1. Sistemas Manuales.....	5

2.2.2. Sistemas Semi-Automatizados .....	7
2.2.3. Sistemas Automatizados .....	8
2.3. Mecanismos de transferencia .....	9
2.3.1. Sistema de indexación rotativo .....	10
2.3.2. Sistemas de transferencia en línea .....	11
2.4. Control de Calidad.....	11
2.4.1. Control de calidad mediante método de inspección .....	11
2.4.2. Control Estadístico de procesos de calidad.....	12
2.4.3. Control de calidad estadístico .....	12
2.4.4. Control de calidad utilizando visión artificial.....	12
2.5. Visión Artificial.....	13
2.5.1. El sistema de Iluminación.....	14
2.5.2. El sensor o cámara de captura de imagen .....	15
2.5.3. PC.....	15
2.5.4. Procesamiento de imagen .....	15
CAPÍTULO 3 .....	17
DESARROLLO DEL HARDWARE .....	17
3.1. Visión General.....	17
3.2. Requerimientos de diseño del subsistema de alimentación.....	19
3.3. Requerimientos de diseño del subsistema de ensamblaje .....	19
3.4. Requerimientos de diseño del subsistema de control de calidad.....	20
3.5. Requerimientos de diseño del subsistema de control centralizado .....	20
3.6. Diseño subsistema de Alimentación.....	21
3.6.1. Alimentadores del cristal y boquilla flexible mediante Tolva vibratoria .	21
3.6.2. Sensor de detección de objetos difuso para cristal y boquilla flexible .....	22
3.6.3. Alimentador de bola dosificadora mediante tolva .....	23
3.6.4. Carrilera de despacho para bola dosificadora .....	23

3.6.5. Cilindro inserción de bola dosificadora a carrilera.....	24
3.7. Diseño subsistema de ensamblaje .....	25
3.7.1. Cilindro Neumático para dispensar bola dosificadora al sistema de indexación.....	27
3.7.2. Sensor para detectar piezas en el plato indexador .....	27
3.7.3. Cilindro de ensamblaje vertical. ....	27
3.7.4. Final de Carrera magnético para cilindro neumático vertical.....	28
3.7.5. Estructura Indexadora Rotativa .....	29
3.7.6. Motor a Pasos para movimiento del sistema de indexación. ....	29
3.7.7. Stepper Driver.....	30
3.8. Diseño subsistema de control centralizado.....	31
3.8.1. Controlador .....	31
3.8.2. HMI.....	32
3.9. Diseño subsistema de control de calidad.....	33
3.9.1. Estructura rectangular cerrada de acero para control de calidad .....	33
3.9.2. Cámaras .....	34
3.9.3. Raspberry pi 3.....	35
3.9.4. Sensor Infrarrojo para detectar dosificadores en el control de calidad.....	36
3.10. Fuente de Alimentación para todos los subsistemas de la máquina.....	37
CAPÍTULO 4.....	38
DESARROLLO DE SOFTWARE .....	38
4.1. Programación de Control.....	38
4.1.1. Subrutina posicionamiento sistema indexador .....	40
4.1.2. Subrutina Configuración de producción.....	41
4.1.3. Subrutina estación ensamblaje 1 .....	42
4.1.4. Subrutina movimiento estrella indexadora .....	43
4.1.5. Subrutina estación ensamblaje 2.....	44

4.1.6. Subsistema Control de calidad.....	45
4.2. HMI .....	46
4.2.1. Ventana de presentación .....	46
4.2.2. Ventana de Configuración de producción .....	46
4.2.3. Ventana de estado de producción .....	47
4.2.4. Ventana de Históricos .....	47
CAPÍTULO 5 .....	49
PRUEBAS Y RESULTADOS .....	49
5.1. Pruebas de montaje mecánico, eléctrico y electrónico de la máquina automática para dosificadores .....	49
5.2. Prueba de funcionamiento del sistema de ensamblaje de dosificadores .....	49
5.2.1. Prueba de funcionamiento del sistema automatizado implementado .....	49
5.2.2. Prueba de funcionamiento del antiguo sistema en TAPENSA .....	51
5.3. Prueba de funcionamiento del control de calidad.....	53
CAPÍTULO 6 .....	55
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES .....	55
6.1. CONCLUSIONES.....	55
6.2. RECOMENDACIONES .....	56
BIBLIOGRAFÍA .....	58
ANEXOS .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Dosificador plástico de licores.....	4
Figura 2.2 Categorías de sistemas de fabricación .....	5
Figura 2.3 Sistema manual de ensamblaje TAPENSA .....	6
Figura 2.4 Línea manual de ensamble de Liner .....	7
Figura 2.5 Máquina Semi-automática de empanadas CM07B.....	8
Figura 2.6 Máquina Enlaineadora (Auting) Automática SM-002 PRE .....	9
Figura 2.7 Sistema de Indexación Rotativo .....	10
Figura 2.8 Sistema de Visión Artificial.....	14
Figura 3.1 Diagrama de bloques de la máquina ensambladora automática .....	17
Figura 3.2: Posición requerida de las piezas para la formación y ensamblaje .....	18
Figura 3.3 Diseño mecánico tolva vibratoria .....	22
Figura 3.4 Sensor fotoeléctrico difuso OPTEX C2DM-11N.....	22
Figura 3.5 Tolva de alimentación bola dosificadora.....	23
Figura 3.6 Carrilera de alimentación bola dosificadora .....	24
Figura 3.7 Cilindro AIRTEC MI20X70-S .....	24
Figura 3.8 Electroválvula AIRTAC 2PO25-06.....	25
Figura 3.9 Estaciones y movimiento de indexación del subsistema de ensamblaje ..	26
Figura 3.10 Sensor fotoeléctrico fibra-óptica SICK WL170 .....	27
Figura 3.11 Cilindro Metal Work Iso 15552.....	28
Figura 3.12 Final de carrera magnéticos AIRTAC CS1-E .....	28
Figura 3.13 Estructura Indexadora Rotativa .....	29
Figura 3.14 Motor a pasos Xinje 86BYGH150 V2.0(Nema 34) .....	29
Figura 3.15 Stepper Driver DP 508 .....	30
Figura 3.16 Automata Programable XINJE XC3-32RT-E .....	32
Figura 3.17 Pantalla TG465-UT XINJE .....	33
Figura 3.18 Estructura metálica para control de calidad.....	34
Figura 3.19 Raspberry Pi3 .....	35
Figura 3.20 circuito de conexión sensor Infrarrojo E18-D80NK .....	36
Figura 3.21 Fuente de alimentación EBCHQ LP1300D-24MDA .....	37
Figura 4.1 Diagrama de flujo subrutina posicionamiento sistema indexador.....	40
Figura 4.2 Diagrama de flujo subrutina configuración de producción .....	41
Figura 4.3 Diagrama de flujo subrutina de ensamblaje 1.....	42

Figura 4.4 Subrutina movimiento estrella indexadora .....	43
Figura 4.5 Diagrama de flujo subrutina de ensamblaje 2.....	44
Figura 4.6 Diagrama de flujo subsistema control de calidad .....	45
Figura 4.7 Ventana de configuración de producción .....	47
Figura 4.8 Ventana de configuración de producción .....	48

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Características sensor fotoeléctrico difuso OPTEX C2DM-11N .....	23
Tabla 3.2 Características Cilindro AIRTEC MI20X70-S .....	25
Tabla 3.3 Características electroválvula AIRTAC 2PO25-06 .....	25
Tabla 3.4 Características del sensor fotoeléctrico fibra-óptica SICK WL170.....	27
Tabla 3.5 Características Final de carrera magnéticos AIRTAC CS1-E .....	28
Tabla 3.6 Características motor a pasos Xinje Nema 34 .....	30
Tabla 3.7 Características Stepper Driver DP 508 .....	31
Tabla 3.8 Características del PLC XC3-32RT-E .....	32
Tabla 3.9 Características Pantalla TG465-UT XINJE .....	33
Tabla 3.10 Características Cámara VANTEC VT-WC04 .....	34
Tabla 3.11 Especificaciones técnicas Raspberry PI 3 model B .....	35
Tabla 3.12 Especificaciones técnicas sensor E18-D80NK .....	36
Tabla 3.13 Características fuente de alimentación.....	37
Tabla 5.1 Datos tomados de las pruebas realizadas máquina automática.....	50
Tabla 5.2 Datos tomados de las pruebas realizadas en sistema antiguo .....	52
Tabla 5.3 Resultados de pruebas para control de calidad .....	54

## RESUMEN

El presente proyecto describe el proceso de desarrollo e implementación de un sistema automático para el ensamblaje de dosificadores plásticos de licor dentro de la empresa TAPENSA, ubicada en Carcelén en la ciudad de Quito-Ecuador, en el área de producción con la finalidad de optimizar el proceso, mejorar el sistema manual que es utilizado para el ensamblaje de dosificadores, el cual dependía totalmente de personal dedicado específicamente a esta tarea. Este proyecto incorpora un sistema automático que permite el ensamblaje de dosificadores plásticos reduciendo el personal que se necesita actualmente para este trabajo y aumentando la producción diaria de dosificadores. Se usó dispositivos industriales, como : un Controlador Lógico Programable(PLC), sensores, actuadores pantallas y sistemas electro-neumático con sus respectivas protecciones y conexiones que permiten el ensamblaje de los dosificadores mediante una línea automática de ensamblaje donde la alimentación de las piezas es automático, una vez ingresadas las piezas al sistema se inserta una por una en un sistema indexador el cual las desplaza a través de 2 estaciones de ensamblaje, el sistema cuenta con subsistemas de alimentación encargados del posicionamiento de piezas tanto para la una como para la otra estación.

Para la primera estación se adjuntan dos piezas acompañado de un cilindro dosificador el cual inserta una esfera plástica en el cristal; Por otro lado, en la segunda estación se realiza el ensamblaje mecánico del conjunto de piezas mediante un cilindro vertical y acoples mecánicos.

## **ABSTRACT**

This project describes the process of development and implementation of an automatic system for the assembly of plastic liquids dispensers within the company TAPENSA, located in Carcelén in the city of Quito-Ecuador, in the production area in order to optimize the process, improve the manual system that is used for the assembly of dispensers, which depended totally on personnel dedicated specifically to this task. This project incorporates an automatic system that allows the assembly of plastic dispensers reducing the personnel that is currently needed for this work and increasing the daily production of dispensers. Industrial devices were used, such as: a programmable logic controller (PLC), sensors, actuators screens and electro-pneumatic systems with their respective protections and connections that allow the assembly of the dosers by means of an automatic assembly line where the supply of the pieces is Automatic, once the pieces are entered into the system, they are inserted one by one into an indexing system which moves them through 2 assembly stations. The system has supply subsystems in charge of positioning parts for both the one and the other station.

For the first station, two pieces are attached together with a dosing cylinder which inserts a plastic sphere in the glass; On the other hand, in the second station the mechanical assembly of the set of pieces is carried out by means of a vertical cylinder and mechanical couplings.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la producción de licores va en aumento vertiginosamente creando así una alta demanda de componentes para el correcto embazado del licor por lo cual se ha visto un crecimiento en las necesidades de producción de dosificadores plásticos requiriendo así la optimización de los procesos en la fabricación de tapas con el fin de aumentar su producción y hacer el proceso de manufactura más eficaz mediante la automatización del ensamblaje de dosificadores plásticos de licores.

La empresa TAPENSA no cuenta actualmente con un sistema de ensamblaje automático ni eficiente, utilizan un sistema manual mediante 2 trabajadores los cuales realizan el proceso de ensamblaje con la ayuda de un sistema mecánico de presión siendo este un proceso repetitivo y agotador para el trabajador ya que su producción va reduciéndose con el paso de las horas y se producen desperfectos en las piezas finales las cuales son desechadas.

El presente proyecto tiene como objetivo desarrollar un sistema automatizado para el ensamblaje de dosificadores plásticos de licores en la empresa TAPENSA utilizando un sistema de control para su ensamblaje y un sistema de control de calidad mediante visión artificial. El proyecto técnico mencionado está conformado de cinco capítulos para lograr cumplir este propósito

En el primer capítulo se detalla el problema a resolver, la justificación, los objetivos generales, los objetivos específicos la metodología utilizada y los beneficiarios de la realización de este proyecto En el segundo capítulo se describe el estado del arte que resume la investigación realizada para el desarrollo del proyecto técnico detallando los sistemas que se utilizaran para el ensamblaje y el control de calidad.

En el tercer capítulo referencia al diseño e implementación del proyecto a nivel de hardware hace una revisión de las características de los equipos utilizados de acuerdo a las necesidades del proyecto técnico. En el cuarto capítulo se hace referencia al diseño e implementación del proyecto a nivel de software donde se menciona los procedimientos de funcionamiento y programación de sistema automático, continuando con los procesos para el control de calidad mediante visión artificial. En el capítulo 5 se muestran los resultados y las pruebas de funcionamiento del proyecto para garantizar que el sistema de control sea óptimo.

# **CAPÍTULO 1**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1.Planteamiento del problema**

Dentro de la industria de la fabricación de accesorios plásticos para empresas licoreras, no existen sistemas específicos para el ensamblaje de dosificadores plásticos para licores, por lo cual este proceso se lo realiza de forma manual, y con ello generan fuertes retrasos en la producción y un inadecuado control en la calidad del producto. Este es el caso de la empresa TAPENSA ubicada en la Av. Domingo Rengifo N74-103 y Joaquín Mancheno sector Carcelén Industrial, en el cual dos obreros realizan el proceso, uno de ellos prepara el ensamblaje de las piezas necesarias del dosificador mientras otro realiza el accionamiento del mecanismo para el acoplamiento de las piezas de manera manual; El mismo obrero realiza un control de calidad lo que conlleva a que muchas veces el producto terminado tenga fallas y no se pueda cumplir con la producción diaria, por ejemplo el material presente fisuras generando problemas en etapas posteriores de producción.

### **1.2.Tema**

Desarrollo de un sistema automatizado para el ensamblaje de dosificadores plásticos de licores y su control de calidad en la empresa TAPENSA

### **1.3.Justificación**

Se presenta la necesidad de recurrir a la implementación de un sistema de ensamblaje automático de dosificadores de tapas de licores rápido y eficiente mediante el uso de neumática en su proceso y un sistema de visión artificial, que cumpla con las expectativas de producción tanto en tiempo como en calidad evitando productos defectuosos con presencia de fisuras optimizando el proceso para satisfacer la demanda y reducir los costos de mano de obra en la empresa TAPENSA.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Desarrollar un sistema automatizado para el ensamblaje de dosificadores plásticos de licores en la empresa TAPENSA utilizando sistemas de control y visión artificial.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Caracterizar el funcionamiento y operación manual del módulo ensamblador para identificar sus variables de control.
- Desarrollar el hardware y software de control para automatizar el proceso de ensamblado de dosificadores plásticos de licores mediante el uso de sensores, actuadores y controladores.
- Desarrollar el hardware y software de control de calidad de este proceso para identificar productos defectuosos mediante cámaras y un sistema de visión artificial.
- Validar el funcionamiento mediante pruebas y análisis de resultados obtenidos para definir las condiciones finales de productividad del proceso de ensamblaje en la empresa TAPENSA.

## **1.5. Metodología**

- Caracterización del funcionamiento y operación manual del módulo ensamblador para identificar sus variables mediante el método de observación
- En el desarrollo del hardware se diseñará los procesos para el ensamblaje y el sistema de visión artificial con las respectivas ubicaciones de los elementos necesarios para el óptimo funcionamiento del proceso de ensamblaje anexando sus diagramas P&ID, eléctricos y mecánicos mediante el método práctico
- En la automatización del proceso de ensamblaje de dosificadores de licores se usará un controlador que será programado con la ayuda de su software correspondiente, controlará todas las señales digitales producidas por los sensores y también de los actuadores requeridos para el sistema mediante el método práctico
- Para el control de calidad se utilizará una tarjeta de desarrollo donde se realizará el sistema de control mediante visión artificial programada con su

software correspondiente, la cual recibirá la información de las cámaras y procesará esta información para la detección de dosificadores defectuosos mediante el método práctico

- Se instalará un tablero eléctrico con las protecciones, señalización y los mandos necesarios para el proceso en un lugar de fácil acceso para facilitar la revisión del tablero mediante el método práctico
- Se realizará las pruebas de funcionamiento del sistema de ensamblaje de dosificadores de licores registrando los datos necesarios durante su proceso mediante el método de experimentación

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO

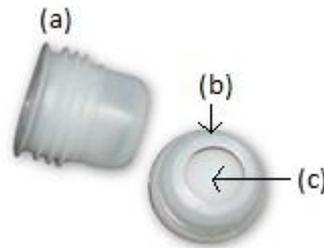
En el presente capítulo se detallará los conceptos teóricos más relevantes y necesarios para el desarrollo del proyecto con el propósito de manifestar procesos industriales a ser implementados.

#### 2.1. Dosificadores plásticos

Son elementos que permiten abastecer de cierto producto hacia algún tipo de recipiente, con una función principal de dosificar el contenido de sustancia mediante el uso de mecanismos plásticos. (Industria Licorera Caldas, 2012)

La empresa TAPENSA fabrica dosificadores plásticos tipo inserto de color blanco y transparente, que consta de 3 piezas (cristal, bola dosificadora, boquilla flexible) como se puede observar en la figura 2.1, es fabricado para la dosificación de líquidos para la industria licorera nacional.

Figura 2.1 Dosificador plástico de licores

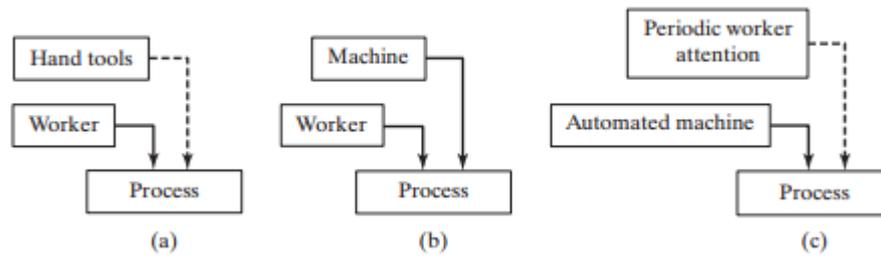


Dosificador plástico fabricados por TAPENSA, a) cristal, b) boquilla flexible, c) bola dosificadora,  
Fuente: (Envases del Perú WILDOR E. I. R.L, 2018)

#### 2.2. Sistemas de Fabricación para ensamble de dosificadores plásticos

Los sistemas de fabricación son un conjunto lógico de trabajadores y equipos que realizan la operación de procesamiento, ensamblaje y verificación de piezas o productos realizados por una fábrica; Estos sistemas pueden ser células de trabajo individuales compuestos por una máquina de producción y su respectivo operario o pueden ser varias máquinas y trabajadores distribuidos en una línea de producción.

Figura 2.2 Categorías de sistemas de fabricación



Conjunto lógico de trabajadores y equipos, a) sistema manual, b) sistema semi-automático, c) sistema automático, Fuente: (Groover, 2015)

Los sistemas de fabricación entran en contacto físico directo con las partes y ensamblajes que se utilizan en el proceso de fabricación, estos sistemas se muestran en la figura 2.2, donde se puede apreciar sus diferentes categorías como son: sistemas de trabajo manual, sistemas semi-automáticas y sistemas automatizados.

### 2.2.1. Sistemas Manuales

El sistema manual se caracteriza por realizar movimientos por acción o fuerza de un operador, presentando en sus mecanismos elementos o piezas metálicas. Se puede señalar que este tipo de sistemas son de un nivel de producción bajo y además requieren de un esfuerzo físico por parte del operario.

#### Sistema Manual en la empresa TAPENSA

La empresa TAPENSA para el ensamblaje de dosificadores plásticos de licores dispone de un mecanismo, el cual permite colocar a la pieza cristal mencionada en la figura 2.1 literal a), en una posición estática e inamovible sobre una base metálica; De esta manera el operador coloca una bola dosificadora sobre el cristal, y este grupo de piezas juntas en una posición adecuada coloca una boquilla flexible ligeramente acoplada. Por último, mediante el uso de una palanca adjunta al mecanismo, con la fuerza suficiente se genera una presión a las 3 piezas de ensamblaje y de esta manera obtener un dosificador plástico, el sistema manual utilizado en TAPENSA se puede observar en la figura 2.3.

Figura 2.3 Sistema manual de ensamblaje TAPENSA



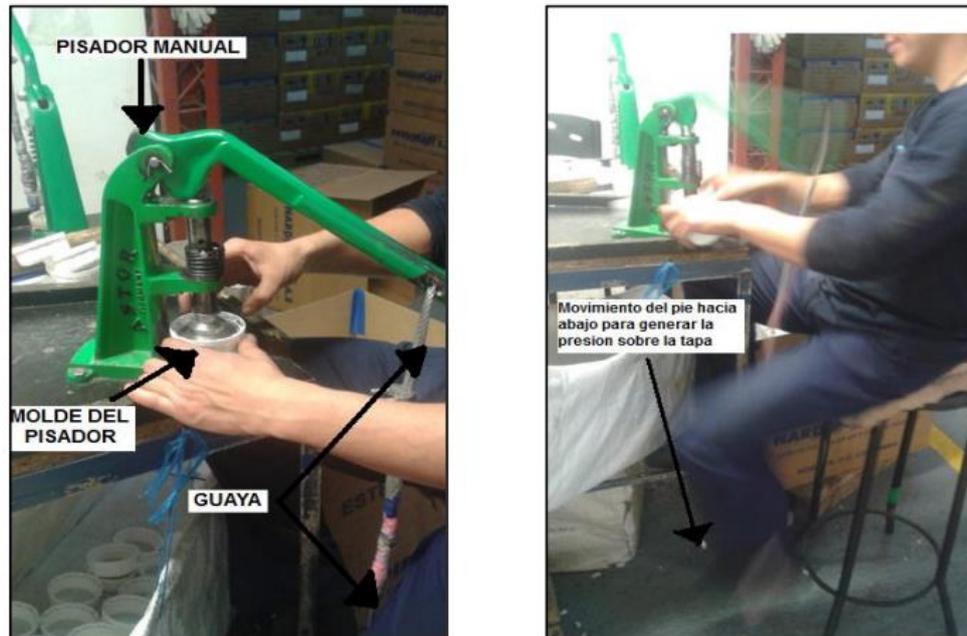
Mecanismo de ensamblaje de dosificadores plásticos de licores (base metálica y palanca), Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### **Línea Manual de ensamble de LINER**

La empresa NARDIPLAST S.A.S, ubicada en Colombia, se dedica a la producción de envases plásticos para la industria química, dentro de sus procesos se realiza el ensamblado de Liner, proceso similar el tratado en este proyecto; Este procedimiento requiere de 5 operadores divididos en diferentes funciones para el ensamble del componente en la tapa de seguridad. (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

El operador 1 se encarga de realizar una revisión y verificación a la tapa de seguridad que corresponda a la referencia en producción, adicional realiza un control de calidad de posibles daños en el inyectado; El operador 2 y 3 están encargados de poner el pegamento necesario sobre la tapa de seguridad y colocar el liner con su respectiva referencia; por último, los operadores 4 y 5 realizan el ensamble final de las tapas que vienen con el liner mediante un molde pisador manual y hala con su pie un cable de acero(guaya) amarrado a un pedal manual para culminar el ensamble, en la figura 2.4 se puede observar la línea manual de ensamble de LINER. (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

Figura 2.4 Línea manual de ensamble de Liner



Proceso de ensamble de Liner con su tapa de seguridad respectiva, Fuente: (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

### 2.2.2. Sistemas Semi-Automatizados

Los sistemas Semi-Automatizados hacen uso de máquinas que realizan una parte del ciclo de trabajo mediante el programa de control y un trabajador se encarga del resto como podría ser la alimentación y descarga de la máquina, o alguna otra tarea en cada ciclo.

#### Máquina Semi-automática de empanadas CM07B

La máquina Semi-automática CM07B de ensamblado y laminación de empanadas está construida en acero inoxidable referencia 304 que elabora más de 400 empanadas por hora de manera eficiente con 2 operadores. (Maquiempañadas.SAS, 2017)

El proceso de ensamblado es similar al ensamble de dosificadores plásticos de licores tratado en este proyecto, el procedimiento de la máquina Semi-automática de empanadas empieza por la alimentación de una porción de masa de trigo mediante el primer operario, y por un segundo operario ubicado a un lado de la máquina realiza la aplicación de una porción de queso con carne; Mediante el uso de dos pistones ubicados cada uno de ellos a 180 grados y una estrella giratoria, se realiza el corte y agrupación de los ingredientes necesario de la empanada de acuerdo al molde utilizado

con el primer pistón, mientras que en el segundo pistón se realiza la laminación de la empanada como producto final. Este procedimiento puede elaborar de 600 a 900 empanas por hora. En la figura 2.5 se puede observar la máquina Semi-automática. (Maquiempañadas.SAS, 2017)

Figura 2.5 Máquina Semi-automática de empanadas CM07B



Máquina Semi-automática ensambladora y laminadora de empanas, Fuente: (Maquiempañadas.SAS, 2017)

### 2.2.3.Sistemas Automatizados

Los sistemas automatizados realizan sus procesos mediante una máquina sin la participación directa de un trabajador humano.

Este tipo de sistema se distingue de su contraparte Semi-automatizada por su capacidad de operar por un periodo extendido de tiempo sin requerir asistencia humana. Un periodo extendido de tiempo significa que es más de un ciclo de trabajo de la máquina por lo cual un trabajador no debe estar presente en cada ciclo. El trabajador debe dar asistencia a la máquina después de muchos ciclos de trabajo o tal vez solo inspeccionar el buen funcionamiento del proceso. (Groover, 2015)

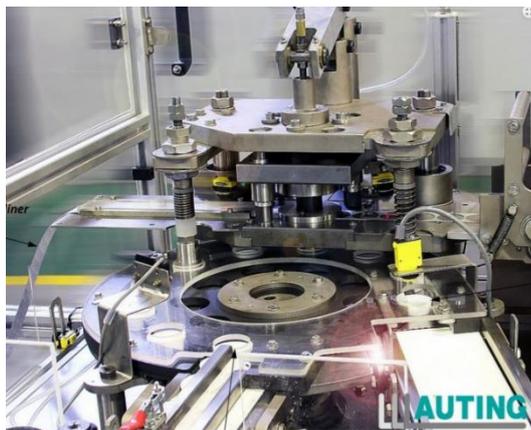
#### **Máquina Automática de ensamble LINER Enlaineadora Auting SM-002 PRE**

La máquina automática enlaineadora(Auting) parte de la línea Semi-automática de ensamble liner, hace uso de diferentes procesos en los cuales intervienen operarios encargados tanto de programar y parametrizar la producción, como personal para el control de calidad en la tapa de seguridad a ser ensamblada en conjunto del Liner

respectivo, los procesos y mecanismos están en similitud a los tratados en este proyecto. (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

El proceso de ensamblaje inicia en la línea Semi-automática por operadores que identifican y revisan a la tapa de seguridad sea la correcta y parte de la referencia en producción, y de ser posible detectar posibles daños o defectos de fabricación en este caso de inyección, adicional los mismos realizan la alimentación de una tolva de liners. Por otro lado, un operador realiza la programación y control de la máquina Auting para lograr el ensamble correcto de liners según los parámetros de producción. La máquina enlaineadora(Auting) consta de una estrella guía en la cual se van a colocar mediante una alimentación inicial de las tapas de seguridad en tiempos específicos con uso de sensores de presencia. Por otro lado, mediante una tolva de bobina realiza el correcto posicionamiento de liners en un punto de ensamblado, del cual también mediante acoples mecánicos y uso de cilindros neumáticos realiza el sellado entre la tapa de seguridad y el liner, entre estos dos procesos antes de realizar el ensamble final en una posición específica de la estrella guía, se realiza el abastecimiento de goma en la tapa para su sellado completo. En la figura 2.5 se puede observar las diferentes partes de la máquina Enlaineadora. (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

Figura 2.6 Máquina Enlaineadora (Auting) Automática SM-002 PRE



Proceso de ensamblaje de máquina Enlaineadora automática, Fuente: (Nelson, Cárdenas Covaleda, & Muñoz, 2015)

### **2.3.Mecanismos de transferencia**

Los mecanismos de transferencia, mueve partes entre estaciones en la línea de producción, se los puede dividir en dos categorías:

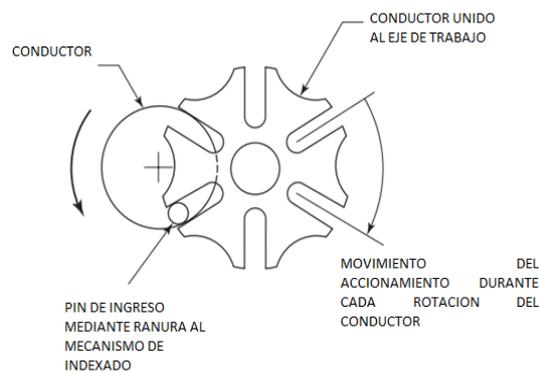
- Sistemas de indexación rotativo
- Sistema de transporte para sistemas en línea.

### 2.3.1. Sistema de indexación rotativo

Sistemas de indexación rotativos son comúnmente limitados a pequeños trabajos ya que son más económicos y requieren menos espacio. Algunos por no decir muchos elementos eléctricos como neumáticos son capaces de proveer el movimiento a un sistema de indexación rotacional para procesos u operaciones de ensamblaje.

Un tipo representativo de este tipo de sistemas es el mecanismo Geneva, el cual es representado mediante la figura 2.7

Figura 2.7 Sistema de Indexación Rotativo



Mecanismo Geneva, Fuente: (Groover, 2015)

Las ranuras de ingreso son las que determinan el número máximo de estaciones que pueden estar alrededor del mecanismo, si el miembro accionado tiene seis ranuras para una indexación de seis estaciones, cada vuelta del controlador da como resultado una rotación  $1/6$  de la mesa de trabajo o  $60^\circ$ . El conductor solo causa el movimiento de la mesa a través de una porción de su propia rotación. Para una Geneva de seis ranuras,  $120^\circ$  de rotación del conductor se utiliza para indexar la mesa, los  $240^\circ$  restantes de la rotación del controlador es el tiempo de permanencia durante el cual la operación debe completarse en la unidad de trabajo.

### **2.3.2.Sistemas de transferencia en línea**

Los sistemas de transferencia en línea proporcionan un movimiento lineal, se utilizan para la transferencia de partes de trabajo en sistemas de producción automatizados. Estos incluyen transportadores de rodillos motorizados, de correa, de cadena y de carro en la vía los cuales se utilizan para generar movimiento continuos o intermitentes de las partes de trabajo entre las estaciones. (Groover, 2015)

### **2.4.Control de Calidad**

El control de calidad ha incrementado importantemente en la industria. El consumidor demanda un producto económico y de gran calidad. Para una producción exitosa y eficiente se debe tener un sistema robusto de control de calidad. Estos sistemas nos permiten la detección de defectos en la cadena de producción también la implementación en el proceso de producción puede evitar desvíos o fallos, reduciendo el desperdicio.

Los sistemas actuales de control de calidad automatizado presentan varias ventajas comparados con el control de calidad tradicional entre las cuales está la habilidad de trabajar en ambientes peligrosos las 24 horas del día, y en algunas tareas funcionan de manera más rápida con mayor precisión y consistencia que los humanos, pudiendo implementar de manera fácil en el proceso de producción. (Groover, 2015)

A continuación, se detallan los tipos de controles de calidad utilizados al momento en procesos industriales.

#### **2.4.1.Control de calidad mediante método de inspección**

El método de inspección es el más antiguo y en el cual se basaba la calidad, realizando rechazos de producto defectuoso antes de salir al mercado mediante un operario en el proceso final de producción. Este tipo de control en calidad hacía que el coste final del producto sea alto ya que el consumo es de mayor mano de obra, materia prima, etc.; Provocando a su vez un porcentaje del 15 % de producto rechazados o aceptados incorrectamente. (Gutiérrez, 2014)

#### **2.4.2. Control Estadístico de procesos de calidad**

Mediante el análisis de factores y variables que provocan un porcentaje de producto ineficiente y defectuoso mediante el método de inspección, a través del W. Shewhart se desarrolla en control estadístico de calidad en sus procesos, basado en el recorte de tiempos en tres pasos importantes en su producción, que son: ocurrencia, detección e identificación. Este control permite la no existencia de desorden en su producción evitando repeticiones. (Gutiérrez, 2014)

#### **2.4.3. Control de calidad estadístico**

En el proceso industrial se desarrolla el control de calidad estadístico, que manifiesta ser un método científico para recoger, organizar, resumir, y analizar datos, del cual mediante un análisis tomar las decisiones correctas. Este control permitirá hacer uso de procedimientos sencillos, correctos y económicos, obteniendo un alto control de calidad en comparación de sus otros métodos de control. El método estadístico va permitir tener respuesta a: Cuándo, Cómo y Por qué utilizarla se debe utilizar cierto proceso. (Gutiérrez, 2014)

#### **2.4.4. Control de calidad utilizando visión artificial**

El control de calidad mediante el uso de visión artificial permite realizar una clasificación y un control del producto a ser analizado mediante el uso de aplicativos y cámaras donde se puede realizar una supervisión y análisis mientras se ejecuta el proceso a ser controlado. El control de calidad mediante visión artificial puede enfocarse en diferentes categorías, tales como:

##### **Posicionamiento**

El posicionamiento de un producto es el más relevante en el control de calidad por visión artificial ya que mediante localizadores y reconocedores de patrones se puede tener con exactitud la ubicación y la orientación con respecto a su línea de producción. (INFAIMON S.L., 2018)

##### **Identificación**

La identificación va a permitir de acuerdo al aplicativo una clasificación o separación del producto para posteriores análisis en las partes que pueden conllevar el producto. (INFAIMON S.L., 2018)

### **Verificación**

La verificación en el control de calidad con visión artificial va a permitir comprobar objetos, ensambles o productos empaquetados se encuentren correctamente que de acuerdo al modelo en verificación. (INFAIMON S.L., 2018)

### **Medida**

Los requisitos de fabricación y empaquetados tienen necesidad obtener las dimensiones del producto, lo cual mediante herramientas de medida en exactitud mediante niveles de sub-píxeles, combinación con ópticas de alta resolución y la iluminación precisa se obtendrá las medidas requeridas del producto en fabricación. (INFAIMON S.L., 2018)

### **Detección de defectos**

La detección de fallos mediante herramientas de la visión artificial va a permitir desechar a tiempo productos defectuosos no aptos para su comercialización. (INFAIMON S.L., 2018)

## **2.5. Visión Artificial**

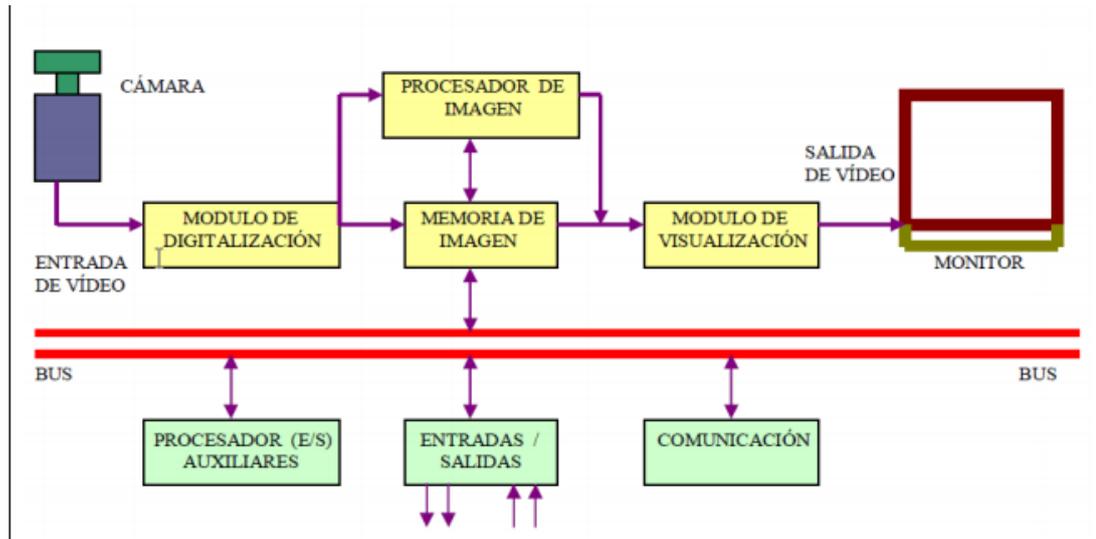
La visión artificial es la captación de imágenes mediante cámaras y su posterior procesamiento a través de técnicas avanzadas de procesamiento, realizando así la intervención en un proceso o producto, para el control de calidad y seguridad de toda la producción. (Ministerio de Educación España, 2012)

El principio de un sistema de visión artificial realiza las siguientes acciones:

- Capta una imagen de un objeto real
- La convierte en formato digital
- La procesa mediante un computador
- Finalmente obtiene resultados del proceso

En la figura 2.8 se puede observar el diagrama de bloques general de un sistema de visión artificial con sus principios de funcionamiento.

Figura 2.8 Sistema de Visión Artificial



Esquema del funcionamiento del sistema de visión artificial, Fuente: (Ministerio de Educación España, 2012)

Cada bloque realiza diferentes acciones los cuales están especificados de la siguiente manera:

Módulo de digitalización: Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento)

Memoria de imagen: Almacena la señal procedente del módulo de digitalización

Módulo de visualización: Convierte la señal digital residente en memoria, en una señal de videos analógica para poder ser visualizada en el monitor

Procesador de imagen: Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara

Módulo de entradas/salidas: Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección. (Ministerio de Educación España, 2012)

La visión artificial hace uso de algunos elementos importantes para su funcionamiento e implementación correcta, los cuales se manifiestan de la siguiente manera:

### 2.5.1. El sistema de Iluminación

La iluminación en los sistemas de visión artificial sirve para controlar la forma en que la cámara va a visualizar el objeto, adicional el sistema de iluminación debe ajustarse

al objeto que va a iluminar ya que las cámaras capturan la luz reflejada de los objetos. (Ministerio de Educación España, 2012)

### **2.5.2. El sensor o cámara de captura de imagen**

Para cada aplicación se debe seleccionar el tipo de cámara más adecuado a las necesidades del ambiente. La función de una cámara es de capturar la imagen proyectada en el sensor para posteriormente transferirlas a un sistema electrónico. Las cámaras utilizadas en sistemas de visión artificial requieren de un sistema que permita el control de disparo y un control de tiempos, señales, etc. (Ministerio de Educación España, 2012)

### **2.5.3.PC**

La PC se encarga de adquirir, procesar y mostrar las imágenes capturadas, para llevar a cabo su cometido. Las tareas que realiza son:

- Recibir todas aquellas señales de sincronización para que se pueda realizar correctamente la captura de imágenes.
- Realizar la lectura de las imágenes.
- Procesar los datos proporcionados por las cámaras para realizar el análisis de imagen.
- Realizar el interfaz con los usuarios.
- Comunicarse con los sistemas productivos para detener el proceso en caso de la aparición de algún defecto.
- Controlar el buen funcionamiento de todos los elementos en hardware.

### **2.5.4.Procesamiento de imagen**

#### **2.5.4.1.Captura**

Diseño de las propiedades de captura. Tipo de cámara, distancia al objeto, mega píxeles, etc. (Ministerio de Educación España, 2012)

#### **2.5.4.2.Pre-procesamiento**

Reducir el entorno que no es de interés para el problema. Fondo, ruido, etc. (Ministerio de Educación España, 2012)

#### **2.5.4.3.Segmentación**

Reconocer y extraer cada uno de los objetos presentes en la imagen (Ministerio de Educación España, 2012)

#### **2.5.4.4.Extracción de características**

Seleccionar y extraer “características” apropiadas para la identificación de los objetos deseados (Ministerio de Educación España, 2012)

#### **2.5.4.5.Identificación de objetos**

Utilizar un modelo de toma de decisión para decidir a qué categoría pertenece cada objeto (Ministerio de Educación España, 2012)

## CAPÍTULO 3

### DESARROLLO DEL HARDWARE

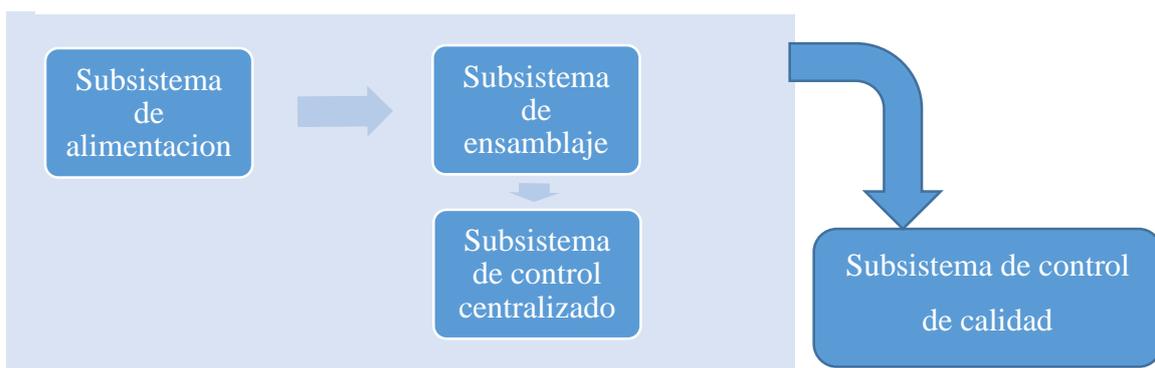
En este capítulo se describirá los diferentes equipos que se utilizarán para el desarrollo e implementación del sistema automatizado de ensamblaje de dosificadores plásticos de licores y control de calidad.

#### 3.1. Visión General

La solución planteada en el proyecto propone automatizar el proceso de ensamblaje de dosificadores plásticos de licores con la finalidad de reducir el personal, aumentar los niveles de producción y disponer de control de calidad, para esto se considera el desarrollo de un sistema conformado por controladores programables, instrumentación, actuadores, fuentes de alimentación de energía eléctrica, protecciones eléctricas, cámaras de video entre otros.

La construcción de la máquina ensambladora automática está formada por 3 subsistemas para realizar el ensamblaje de los dosificadores plásticos de licores y 1 subsistema para el control de calidad. En la figura 3.1 se puede observar un esquema en diagramas de bloques del sistema desarrollado.

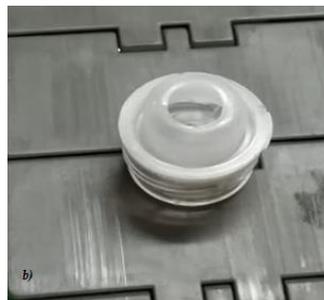
Figura 3.1 Diagrama de bloques de la máquina ensambladora automática



Sistema de bloques de la máquina ensambladora automática de dosificadores plásticos de l, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

- El subsistema de alimentación está compuesto por 3 dispensadores, uno para cada pieza del dosificador. Cada uno de ellos incluye un mecanismo que permite trasladar las piezas hacia el subsistema de ensamblaje, así como el acople requerido para obtener un funcionamiento continuo, cada una de las piezas es colocada en la posición que permite el ensamblaje con las demás como se muestra en la figura 3.2.
- El subsistema de ensamblaje está compuesto por un sistema de indexación rotativo con 3 posiciones, en la primera posición se ubica la bola dosificadora sobre el cristal, mediante un giro es llevado a la segunda posición en donde se agrega la boquilla flexible y se ejerce presión sobre el conjunto de piezas, quedando ensambladas. El proceso finaliza mediante otro giro que lleva el dosificador ensamblado a la tercera posición donde es despachado hacia el depósito de acumulación.
- El subsistema de control centralizado se encarga de recibir las señales generadas por la instrumentación del subsistema de alimentación y del subsistema de ensamblaje para gestionar la operación automática de los actuadores que permiten el funcionamiento de la máquina de forma repetitiva e ininterrumpidamente de acuerdo a una determinada configuración de producción.
- El subsistema de control de calidad comprueba que las piezas no presenten fisuras por fuerza excesiva en el proceso de ensamblaje o por defectos de fabricación de las piezas, también dispone de un sistema para la separación de piezas con falla, siendo llevadas a un depósito diferente a las piezas en buen estado.

Figura 3.2: Posición requerida de las piezas para la formación y ensamblaje



Acoplamiento del cristal, bola dosificadora, boquilla flexible, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

El diseño de cada subsistema requiere la selección adecuada de componentes mecánicos y electrónicos, los que deben cumplir los requerimientos que se describen a continuación.

### **3.2.Requerimientos de diseño del subsistema de alimentación**

El subsistema de alimentación requiere de un contenedor para cada una de las piezas a ser ensambladas (cristal, bola dosificadora, boquilla flexible) considerando sus dimensiones y geometría, de manera que pueda almacenar una gran cantidad de piezas para obtener un funcionamiento continuo de la máquina. También requiere de un mecanismo que permita el desplazamiento y acumulación de piezas hacia el subsistema de ensamblaje. En el caso del cristal y la boquilla flexible se debe contar con un sistema de orientación en cada uno de sus contenedores, para que se posicionen de manera que permitan realizar el ensamblado del dosificador.

En el mecanismo de desplazamiento se requiere de sensores que detecten la presencia de piezas de polipropileno de baja densidad, cristal, indicando que la pieza ha sido trasladada al siguiente subsistema, considerando que la pieza va a estar en constante movimiento el sensor debe ser capaz de realizar la detección sin contacto con el objeto así como funcionar en un rango adecuado determinado desde la posición del sensor hasta el extremo más alejado del mecanismo de desplazamiento por donde se moviliza la pieza.

### **3.3.Requerimientos de diseño del subsistema de ensamblaje**

En el subsistema de ensamblaje, para el desplazamiento de las piezas se requiere de un sistema de indexación rotativo que permita realizar el ensamblaje en diferentes lugares del sistema y con los actuadores correspondientes. Se ha establecido que este proceso se realice en tres posiciones; el movimiento del sistema de indexación debe ser preciso para llegar a cada posición por lo que se realiza con un motor a pasos capaz de mover una carga de 30[N], que es el peso del sistema de indexación, el cual se obtuvo experimentalmente.

En cada posición es necesario detectar la presencia de las piezas y considerando el movimiento de estas se requiere de sensores de presencia sin contacto, flexibles y de tamaño adecuado de forma que no interrumpa el giro del sistema de indexación ni

altere la posición de las piezas, el rango de medición requerido es de 1mm a 10 mm, considerando la estructura mecánica.

Para la inserción de la bola dosificadora y la boquilla flexible en el sistema de ensamblaje se requiere de actuadores neumáticos que activen el acople con el sistema de alimentación, la presión requerida por estos actuadores debe ser suficiente para movilizar las piezas mecánicas involucradas en dicho proceso.

Para el ensamblaje del dosificador es necesario ejercer presión sobre las piezas, por lo que se requiere de un actuador neumático que ejerza una presión de trabajo suficiente para que el dosificador quede bien ensamblado pero que no presente fisuras. Este actuador de ensamblado necesita sensores de posición para controlar su desplazamiento.

### **3.4.Requerimientos de diseño del subsistema de control de calidad**

Para la detección de fisuras en los dosificadores se requiere de un control de calidad mediante visión artificial integrado por: cámaras de video y un sistema embebido que en conjunto puedan adquirir la imagen del dosificar e implementar algoritmos para la detección de fisuras, adicionalmente se requiere de un sistema de desecho de dosificadores, para separar las piezas fisuradas.

Para iniciar el análisis de un dosificador es necesario detectar su presencia en el subsistema por lo que se requiere de un sensor sin contacto con un rango de detección hasta 30 mm y que detecte polipropileno de baja densidad.

### **3.5.Requerimientos de diseño del subsistema de control centralizado**

Requiere de un controlador capaz de recibir todas las señales de entrada de los sensores y generar todas las señales de salida requerida por cada uno de los actuadores tanto para el subsistema de alimentación como el de ensamblaje. El controlador debe disponer por lo menos una salida transistor para el movimiento del motor a pasos y múltiples salidas tipo relé para los actuadores restantes.

También se requiere de un tablero de control que permita el funcionamiento del sistema mediante selectores, pulsadores, luces piloto y una pantalla HMI (human-machine interfaces) para visualización y configuración del estado de la máquina.

### **3.6.Diseño subsistema de Alimentación**

El subsistema de alimentación dispone de dos tolvas vibratorias de orientación para el cristal y la boquilla flexible, y una tercera tolva no vibratoria de alimentación para la bola dosificadora. Cada una de las tolvas integra una carrilera adaptada en tamaño y forma para cada pieza, permitiendo alimentar continuamente al subsistema de ensamblaje y con la posición adecuada de la pieza. Cada tolva vibratoria de orientación, mediante oscilaciones realizadas por una bobina impulsa a las piezas hacia las trampas específicas que permiten el paso solo de las piezas que se encuentren en una posición adecuada para el ensamblado. En el caso de la bola dosificadora se dispone de un cilindro neumático adentro de la tolva no vibratoria para movilizar dicha pieza hasta la carrilera que conecta al sistema de indexación rotativo.

Cada tolva vibratoria tiene las dimensiones específicas para almacenar aproximadamente 1200 piezas del dosificador plástico, considerando una producción continua y adaptándose a las dimensiones del lugar físico. Tomando en cuenta que el tiempo de producción de cada dosificador es aproximadamente de 1.5 s, el operador deberá realizar la alimentación de la tolva aproximadamente cada 25 minutos para mantener un funcionamiento continuo.

Se hace uso de un sensor de presencia de distancia corta aproximadamente de 15 a 20 mm, que permite contar el número de piezas se encuentran en las carrileras tanto para el cristal como para la boquilla flexible.

Para cumplir con estas funciones de diseño, dispone de las siguientes partes:

#### **3.6.1.Alimentadores del cristal y boquilla flexible mediante Tolva vibratoria**

Está integrado por una tolva vibratoria metálica de acero inoxidable de calidad 304 considerando que es un proceso de elementos para el consumo humano por lo que deben tener un alto grado de salubridad.

La tolva se construye de forma cónica con carrileras en sus paredes como se puede observar en la figura 3.3.



Tabla 3.1 Características sensor fotoeléctrico difuso OPTEX C2DM-11N

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
voltaje de alimentación	10	24	30	[V]
Rango de sensado	8		110	[mm]
Consumo de energía	-	20	-	[mA]
Tiempo de respuesta	-	1	-	[ms]
Salida		NPN		-

Características de sensor fotoeléctrico, en el rango mínimo, típico y máximo. Fuente: (acomee, 2018)

### 3.6.3. Alimentador de bola dosificadora mediante tolva

Está integrado por una tolva metálica de acero inoxidable calidad 304 no vibratoria, garantizando la alimentación a la carrilera de despacho y de acuerdo con los requerimientos del subsistema ya mencionados anteriormente, el diseño implementado se puede observar en la figura 3.5.

Figura 3.5 Tolva de alimentación bola dosificadora



Sistema mecánico de alimentación tolva para bola dosificadora, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### 3.6.4. Carrilera de despacho para bola dosificadora

La Carrilera de despacho para bolas dosificadoras se construye en forma de L con una apertura circular al final para la caída hacia el subsistema de ensamblaje como se observa en la figura 3.6.

Figura 3.6 Carrilera de alimentación bola dosificadora



Sistema mecánico de alimentación carrilera para bola dosificadora, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### 3.6.5. Cilindro inserción de bola dosificadora a carrilera

El cilindro de inserción para bola dosificadora a utilizarse en el proceso es de doble efecto de marca AIRTEC MI20X70-S como se muestra en la figura 3.7. El cilindro ha sido seleccionado ya que cumple con los requerimientos de presión y movilización ya establecidos anteriormente.

Su accionamiento es comandado por una electroválvula 2P025-08 de la marca AIRTAC de 2 vías, 2 posiciones, con reposición por muelle normalmente cerrada.

Figura 3.7 Cilindro AIRTEC MI20X70-S



Cilindro de despacho para bolas dosificadoras. Fuente: (Direct INDUSTRY, 2018)

Tabla 3.2 Características Cilindro AIRTEC MI20X70-S

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	unidad
Fluido		aire –lubricado		-
Presión de trabajo	0	6	7	[bar]
Amortiguación		Elástica		-

Características de presión de trabajo de distintos estados. Fuente: (Direct INDUSTRY, 2018)

Figura 3.8 Electroválvula AIRTAC 2PO25-06



Electroválvula para control de cilindro neumático, Fuente: (Rome, 2018)

Tabla 3.3 Características electroválvula AIRTAC 2PO25-06

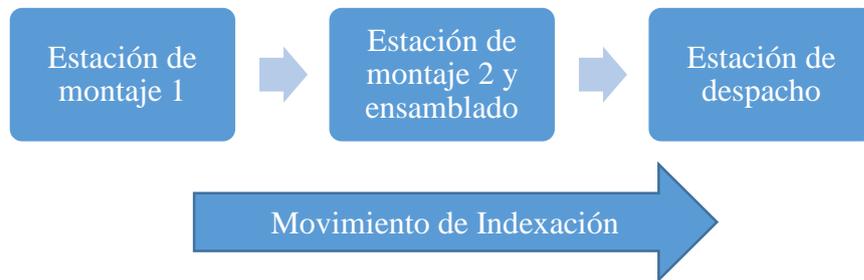
Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Presión de funcionamiento	0	6	7	[bar]
Frecuencia de conmutación	0		5	[ciclos/seg]
Consumo de energía	-	-	7.0	[w]
Temperatura	-20	-	45	[°c]
Voltaje bobina	21.6	24	26.4	[vdc]

Descripción valores mínimo, típicos y máximo en sus respectivas unidades. Fuente (Rome, 2018)

### 3.7.Diseño subsistema de ensamblaje

El subsistema de ensamblaje se subdivide en 3 estaciones de montaje y un sistema con movimiento de indexación como se muestra en la figura 3.9.

Figura 3.9 Estaciones y movimiento de indexación del subsistema de ensamblaje



Diseño del subsistema de ensamblaje para el dosificador plástico, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

- La estación de montaje 1, tiene la funcionalidad de alimentar al plato indexador rotativo con el cristal y la bola dosificadora haciendo uso de la fuerza gravitacional generada en la carrilera del subsistema de alimentación y un cilindro neumático respectivamente, mediante un sensor ubicado en la base del sistema de indexación detecta el ingreso del cristal y también inicia un temporizador que activa el cilindro y permite el paso de la bola dosificadora.
- La estación de montaje 2 y ensamblado, está destinada a colocar la boquilla flexible sobre el cristal y bola dosificadora haciendo uso de un cilindro neumático con un gancho acoplado a su vástago para dispensar boquillas de una en una desde su carrilera; un segundo cilindro neumático posicionado verticalmente realiza el ensamblado del dosificador, mediante finales de carrera magnéticos se detecta que el vástago regresó a su posición normal y se da la orden de mover el plato indexador; todo este proceso inicia cuando el cristal junto con la bola dosificadora son detectadas en la estación.
- El subsistema de despacho transporta el dosificador ya ensamblado hasta el depósito de acumulación mediante una banda transportadora.

El movimiento del plato de indexación tiene la función de trasladar las piezas del dosificador hacia cada una de las estaciones, se utiliza una estructura indexadora rotativa metálica con 8 slots separados 45 grados y acoplada a un motor a pasos que permite un posicionamiento exacto de la estructura indexadora rotativa en cada estación.

### 3.7.1. Cilindro Neumático para dispensar bola dosificadora al sistema de indexación

Se utiliza un cilindro Neumático doble efecto de marca AIRTEC MI20X70-S, el cilindro es de las mismas características señaladas en el punto 3.6.5 del documento. El cilindro es controlado mediante una electroválvula de las mismas características mencionadas en la tabla 3.3.

### 3.7.2. Sensor para detectar piezas en el plato indexador

Se utiliza el sensor WL170, que es un sensor fotoeléctrico de fibra óptica con amplificador de la marca SICK como se observa en la figura 3.10, es de alta precisión con tiempos de respuesta rápidos, ideal para procesos rápidos y tareas de detección precisas siendo flexibles y lo suficientemente pequeños para caber en lugares reducidos utilizando fibras, es adecuado para los requerimientos solicitados.

Figura 3.10 Sensor fotoeléctrico fibra-óptica SICK WL170



Sensor para estación 1 y estación 2 del subsistema de ensamblaje, Fuente: (RS Components, 2018)

Tabla 3.4 Características del sensor fotoeléctrico fibra-óptica SICK WL170

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
voltaje de alimentación	10	24	30	[vdc]
rango de sensado	0		160	[mm]
consumo de energía	-	$\leq 30$	-	[ma]

Sensor presenta distintas características de trabajo. Fuente: (RS Components, 2018)

### 3.7.3. Cilindro de ensamblaje vertical.

Se utiliza un cilindro de doble efecto de la marca METAL WORK ISO 15552 neumático italiano como se observa en la figura 3.11, el cilindro tiene accesibilidad para el uso de finales de carrera magnéticos.

Figura 3.11 Cilindro Metal Work Iso 15552



Cilindro neumático vertical magnético sistema de ensamblado, Fuente: (METAL WORK PNEUMATIC, 2018)

### 3.7.4. Final de Carrera magnético para cilindro neumático vertical

Se utiliza sensores para finales de carrera magnéticos tipo CS1-E de la marca AIRTAC como se observa en la figura 3.12, tiene un voltaje de operación de 5-240 V AC/DC, lectura de switch con contacto. Sensor magnético ideal para emitir señales de la posición del vástago del cilindro neumático.

Figura 3.12 Final de carrera magnéticos AIRTAC CS1-E



Final de carrera magnético utilizado em el cilindro vertical de ensamblaje, Fuente: (Rosario Neumatica, 2018)

Tabla 3.5 Características Final de carrera magnéticos AIRTAC CS1-E

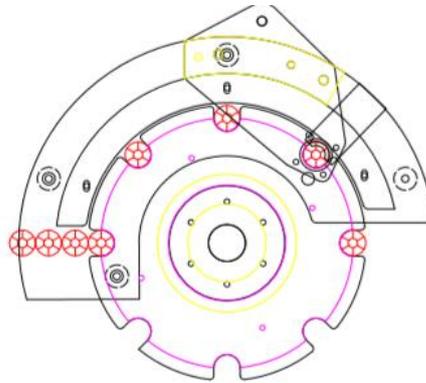
Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Voltaje de alimentación	5	-	240	[vac/dc]
Sensibilidad	45		55	[gauss]
Consumo de energía	-	0	-	[ma]

Airtac CSI trabaja a distintos niveles con respecto a su voltaje de alimentación y sensibilidad. Fuente (Rosario Neumatica, 2018)

### 3.7.5. Estructura Indexadora Rotativa

Su construcción se realiza con estructura de una Geneva de 8 slots porque permite el desplazamiento rotacional del conjunto de piezas de una estación a otra, permitiendo una constante alimentación del plato indexador y así obtener mayor velocidad en el ensamblado. En la figura 3.13 se puede observar el diseño mecánico de la estructura indexadora rotativa.

Figura 3.13 Estructura Indexadora Rotativa



Diseño mecánico de la estructura indexadora rotativa, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### 3.7.6. Motor a Pasos para movimiento del sistema de indexación.

Se utiliza el motor Xinje 86BYGH150 V2.0(Nema 34) con un torque nominal de 12 [Nm], que es suficiente para mover el peso del plato indexador, para lo que se requiere mínimo 9[N.m]. Este motor permite realizar el movimiento con la mayor velocidad y precisión posible.

Figura 3.14 Motor a pasos Xinje 86BYGH150 V2.0(Nema 34)



Motor a pasos necesario para su movimiento exacto. Fuente: (Alectro, 2018)

Tabla 3.6 Características motor a pasos Xinje Nema 34

Parámetro	Valor
corriente de fase	4.2 a
momento de inercia	5318 gcm <sup>2</sup>
peso	5.1 kg
ángulo de rotación/pasos	1.8 °
Tamaño	nema 34
torque estático	12 n.m

Motor a pasos para el sistema para sistema de indexado rotativo, Fuente: (Alectro, 2018)

### 3.7.7. Stepper Driver

El Stepper Driver DP/508 de la marca XINJE como se observa en la figura 3.17, fue el seleccionado para el manejo del motor a pasos ya que cumple con el manejo de corriente necesario para el motor y cumple con todas las características necesarias para el movimiento del mismo.

Figura 3.15 Stepper Driver DP 508



Driver para control del motor a pasos. Fuente: (XINJE, 2018)

Tabla 3.7 Características Stepper Driver DP 508

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Voltaje de entrada	20	24	80	[vdc]
Corriente de salida	0	-	5	[a]
Corriente de entrada lógica	4	7	16	[ma]
Frecuencia de pulsos por pasos	0	-	200	[khz]
Temperatura de operación	0	40	70	[°c]
Humedad de operación	40	-	90	[hr]

Parámetros del driver de motor a pasos, Fuente: (XINJE, 2018)

### 3.8. Diseño subsistema de control centralizado

El subsistema de control centralizado dispone de un controlador lógico programable(PLC), con salida transistor y relé. También tiene un tablero de control con un selector que permite cambiar el estado de la máquina ya sea encendido o apagado, otro selector para dar de inicio del proceso o posicionamiento del plato indexado que se requiere antes de iniciar el proceso de ensamblaje, adicionalmente, cuenta con una pantalla de Interfaz Máquina Humano para el control y visualización del proceso en el transcurso de ensamblaje, luces piloto y paro de emergencia.

#### 3.8.1. Controlador

Se utiliza el Controlador Lógico Programable de la serie XC3-32RT-E perteneciente a la marca XINJE, este controlador cuenta con 32 salidas digitales, 2 tipo transistor y 16 tipo relé, adicionalmente tiene 18 entradas digitales de 24 VDC, voltaje de alimentación de 220 V, permite generar pulsos con su salida transistor para el movimiento del motor a pasos, programación de las instrucciones es secuencial, tiene juegos de temporizadores y bobinas; adecuándose así a los requerimientos del subsistema. Adicionalmente, es una opción económica y de fácil adquisición en el mercado.

Figura 3.16 Automata Programable XINJE XC3-32RT-E



Autómata Programable para el sistema de control centralizado, Fuente: (XINJE, 2018)

Tabla 3.8 Características del PLC XC3-32RT-E

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Voltaje de alimentación	90	100-240	265	[vac]
Entradas	-	16	-	[a]
Salidas	-	16	-	
Consumo de energía	-	-	12	[w]
Corriente entrada sensores	-	-	400	[ma]
Voltaje de entrada sensores			24 ±10%	[vdc]
Tipo de entradas		NPN		

Control Lógico Programable ,I/O .Fuente: (XINJE, 2018)

### 3.8.2.HMI

Se utiliza una pantalla táctil TG465-UT de la marca XINJE a color con soporte de imagen de mapa de bits, JPG para compresión de imágenes con 24 bits de profundidad, galería 3D, respuesta de alta velocidad y transmisión bidireccional de datos, además de la visualización del proceso de ensamblado se puede observar la cantidad de dosificadores ensamblados, alarmas, así como la configuración de producción diaria y control de funcionamiento de la máquina. En la figura 3.17 se puede observar el modelo de pantalla.

Figura 3.17 Pantalla TG465-UT XINJE



Pantalla HMI para control y visualización del proceso de ensamblaje, Fuente: (XINJE, 2018)

Tabla 3.9 Características Pantalla TG465-UT XINJE

Especificaciones	Detalle	Característica
Físicas	Tamaño	4.3
	resolución	480x272
	vida de lcd	más de 5000
Comunicación	puerto plc	rs232/rs485/rs422
	puerto usb	usb-b (ajuste en estándar usb2.0)
Eléctricas	voltaje de entrada	dc24v (22vdc-26vdc)
	consumo de corriente	140ma

Características principales pantalla HMI, Fuente: (XINJE, 2018)

### 3.9. Diseño subsistema de control de calidad

El subsistema de control de calidad se diseña y construye con cuatro cámaras para la captura de las imágenes, para atenuar los efectos de la iluminación en la adquisición de las imágenes se cubre las cámaras con una estructura metálica cerrada con iluminación artificial en su interior obteniendo un ambiente controlado.

#### 3.9.1. Estructura rectangular cerrada de acero para control de calidad

Es una estructura metálica cerrada rectangular de acero construida con las dimensiones que se muestran en la figura 3.18. En su interior, tiene luz blanca de focos marca PHILLIPS con una capacidad de 2000 lumen ubicados de que la luz llegue de forma directa y perpendicular sobre el dosificador plástico de manera vertical, a una distancia

de 10 cm, que se determinó experimentalmente para definir las fisuras en los dosificadores.

Figura 3.18 Estructura metálica para control de calidad



Estructura metálica de acero para control de calidad con visión artificial, Fuente: Geovanny Cumbal && Jorge Villa

### 3.9.2. Cámaras

Se utiliza las cámaras VT-WC04 de la marca VANTEC con las características técnicas detalladas en la tabla 3.10, brindan una resolución de 2 Megapíxeles, suficientes para captar las fisuras críticas en los dosificadores, además cuenta con un sistema de enfoque manual lo cual permite tener una detección a corta distancia de las fisuras.

Tabla 3.10 Características Cámara VANTEC VT-WC04

Especificaciones Técnicas
Alta resolución CMOS, sensor de color
Resolución: 2M píxeles
Formato de video: 24bit Color verdadero
Interfaz: USB 1.1/2.0
Rango dinámico: $\geq 72$ db Distancia de imagen: 4 CM a $\infty$ .

Cámara de resolución CMOS a color implementada en el sistema de control de calidad. Fuente: (VANTEC, 2018)

### 3.9.3.Raspberry pi 3

Se utiliza la tarjeta de desarrollo RASPBERRY PI 3 MODEL B debido a su capacidad de procesamiento de imágenes mediante librerías como OPEN CV y la posibilidad de conexión con sensores y actuadores mediante puertos GPIO, está tarjeta es económica con respecto a otras con similares características. sus especificaciones técnicas se muestran en la tabla 3.11 (Caiza & García, 2017)

Figura 3.19 Raspberry Pi3



Tarjeta de desarrollo implementada en el sistema correspondiente al control de calidad.Fuente: (Raspberry Pi.ORG, 2018)

Tabla 3.11 Especificaciones técnicas Raspberry PI 3 model B

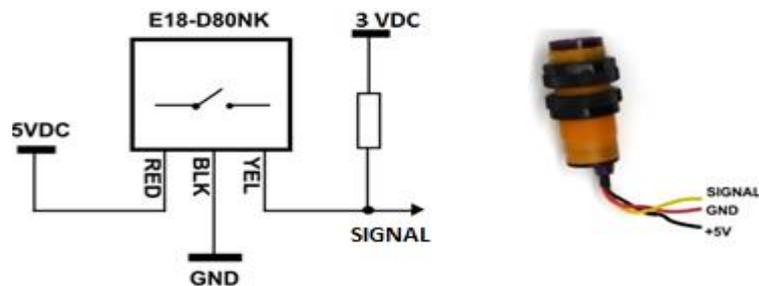
Especificaciones Técnicas	
Procesador	broadcom bcm2837, cortex-a53 (armv8) 64-bit soc
Frecuencia de reloj	1,2 ghz
GPU	videocore iv 400 mhz
Memoria	1gb lpddr2 sdram
Conectividad inalámbrica	2.4ghz ieee 802.11.b/g/n bluetooth 4.1

Características generales correspondiente a la tarjeta de desarrollo Raspberry PI.Fuente: (Raspberry Pi.ORG, 2018)

### 3.9.4.Sensor Infrarrojo para detectar dosificadores en el control de calidad

Se utiliza el sensor E18-D80NK, es un sensor INFRARROJO de procedencia china, equipado con un emisor y receptor de luz infrarroja con posibilidad de ajuste de sensibilidad mediante un potenciómetro, su luz infrarroja permite detectar los dosificadores plásticos sin afecta las imágenes capturadas por las cámaras.Se implementa el circuito de la figura 3.20 para acondicionar la señal hacia la Raspberry pi 3. Las características de este sensor están detalladas en la tabla 3.12

Figura 3.20 circuito de conexión sensor Infrarrojo E18-D80NK



Sensor de proximidad fotoeléctrico .Fuente : (NAYLAMP MECHATRONICS, 2018)

Tabla 3.12 Especificaciones técnicas sensor E18-D80NK

Especificaciones Técnicas
Rango de detección: 3 a 80cm (ajustable).
Voltaje de operación: 5V DC.
Corriente de salida máxima: 100mA.
Salida: Tipo NPN normalmente abierto.
Material: plástico.
Temperatura de trabajo: -25 a 70°C.

Características generales correspondiente al sensor fotoeléctrico. Fuente: (NAYLAMP MECHATRONICS, 2018)

### 3.10. Fuente de Alimentación para todos los subsistemas de la máquina

Considerando los elementos utilizados con sus respectivos requerimientos de energía, el sistema necesita de 165 W de potencia instantánea, para su alimentación se utiliza una fuente de poder LP1300D-24MDA de la marca EBCHQ de 300W, garantizando el funcionamiento continuo del sistema. La fuente tiene protecciones de sobrecarga, y alimentación eléctrica escalable.

Figura 3.21 Fuente de alimentación EBCHQ LP1300D-24MDA



Fuente de alimentación para la máquina automática, Fuente: (POWER SUPPLIES, 2018)

Tabla 3.13 Características fuente de alimentación

Parámetro	Mínimo	Típico	Máximo	Unidad
Voltaje de entrada	90	6	264	[vac]
Voltaje de salida	0		24	[vdc]
Frecuencia de entrada	47		63	[hz]
Carga(corriente)	0	12.5	12.5	[a]
Eficiencia	-	90	-	[%]
Temperatura de operación	-15	-	50	[°c]
Humedad de operación	5	-	95	[rh]

Parámetros principales de la fuente de alimentación, Fuente: (POWER SUPPLIES, 2018)

## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DE SOFTWARE

#### 4.1.Programación de Control

El control del sistema exceptuando el subsistema de control de calidad se lo realiza mediante un PLC de la marca Xinje, donde se desarrolló el sistema mediante el software de programación XC Series Program Tool, adicional para el subsistema de control de calidad mediante visión artificial se programó una tarjeta de desarrollo RASPBERRI PI 3 para la cual se utilizó el software Python y la librería OPEN CV.

Para el subsistema de control se implementa un HMI mediante una pantalla touch para la visualización y configuración de la producción deseada, para la programación del HMI se utiliza el programa TouchWin Edit Tool.

Para la programación se asignaron las entradas y salidas a los sensores, actuadores de acuerdo al desarrollo de programación en el transcurso de su implementación.

A continuación, se resume la lógica de programación del sistema en un diagrama de flujo (Anexo1), este se complementa con diagramas de flujo de partes específicas del proceso explicados más adelante.

A continuación, se detalla las subrutinas del diagrama de flujo mostrado en el Anexo 1

#### **Posicionamiento del sistema indexador**

Establecer la posición inicial del plato indexador mediante el movimiento del mismo hasta llegar a su posición inicial la cual está definida por una guía metálica, que al ser detectada por el sensor inductivo envía la orden de detener el sistema indexador para iniciar el proceso de ensamblaje

#### **Configuración producción HMI**

Configurar la producción deseada mediante el ingreso del número de piezas que se quiere ensamblar en el día valor que será guardado en un variable del PLC

Activar la máquina para iniciar el ensamblaje

### **Estación de ensamblaje 1**

Detectar presencia de pieza en la estación de ensamblaje 1 de la máquina, continuando con la inserción de una esfera plástica en base del dosificador.

### **Movimiento estrella indexadora**

Finalización de ensamblaje en la estación 1 y sin detección de presencia en la estación de ensamblaje 2, o Finalización de ensamblaje en la estación 1 y finalización de ensamblaje en la estación 2; Realiza el movimiento de la estrella indexadora mediante el conteo de pasos del motor, en este caso se subdivide en 50 pasos mediante el registro D8170.

Finalizado el movimiento de 50 pasos, se encerará el registro D8170.

### **Estación de ensamblaje 2 y terminado**

Detectar presencia de pieza en la estación de ensamblaje 2 de la máquina

Insertar tapones plásticos en base con esfera plástica del dosificador

Realizar el ensamblaje mecánico de las piezas

Aumentar contador de piezas ensambladas sin control de calidad

### **Control de calidad mediante visión artificial**

Identificar pieza sobre banda transportadora

Realizar captura de imagen

Procesar la imagen

Identificar fisuras

Realizar el desecho de dosificadores fisurados

Controlar número de piezas ensambladas

### **Fin de tarea**

#### 4.1.1.Subrutina posicionamiento sistema indexador

Figura 4.1 Diagrama de flujo subrutina posicionamiento sistema indexador

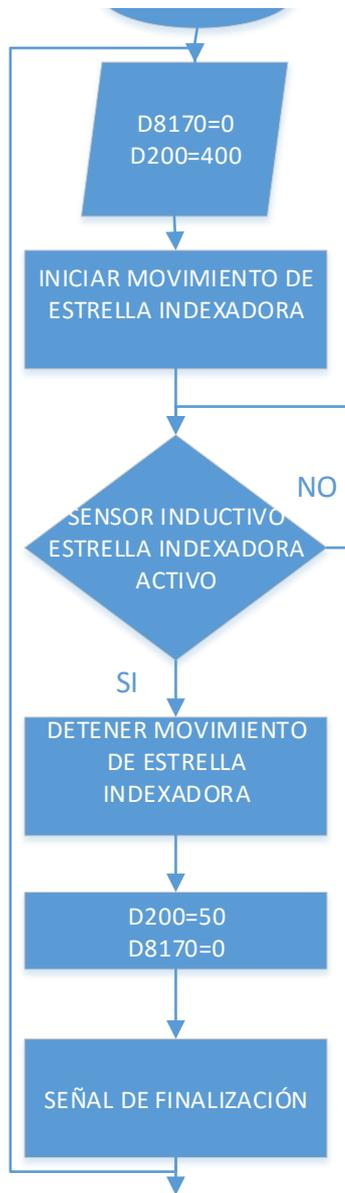


Diagrama de flujo respectivo al algoritmo empleado en la subrutina posicionamiento sistema indexador, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

#### 4.1.2.Subrutina Configuración de producción

Figura 4.2 Diagrama de flujo subrutina configuración de producción

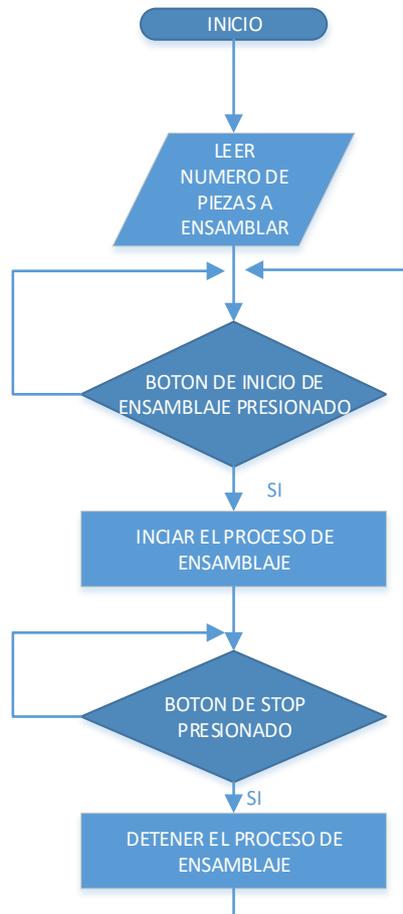


Diagrama de flujo algoritmo subrutina configuración de producción, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### 4.1.3. Subrutina estación ensamblaje 1

Figura 4.3 Diagrama de flujo subrutina de ensamblaje 1

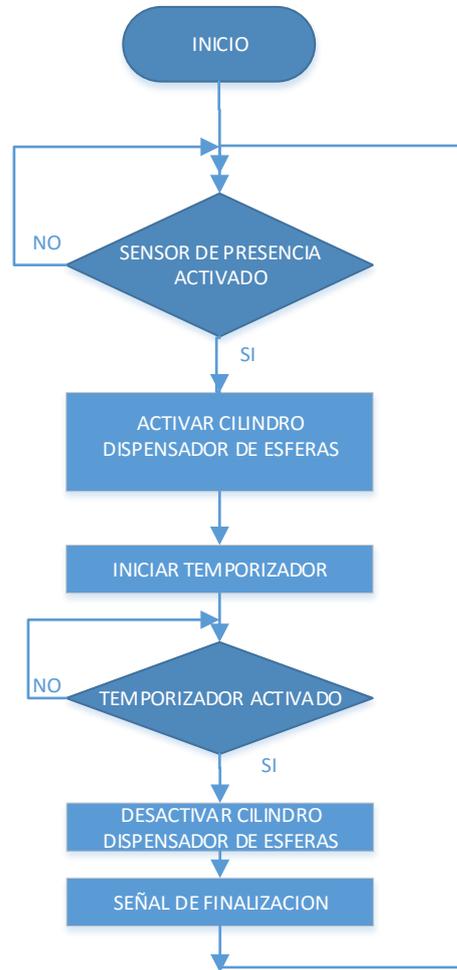


Diagrama de flujo algoritmo subrutina de ensamblaje 1, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

#### 4.1.4.Subrutina movimiento estrella indexadora

Figura 4.4 Subrutina movimiento estrella indexadora

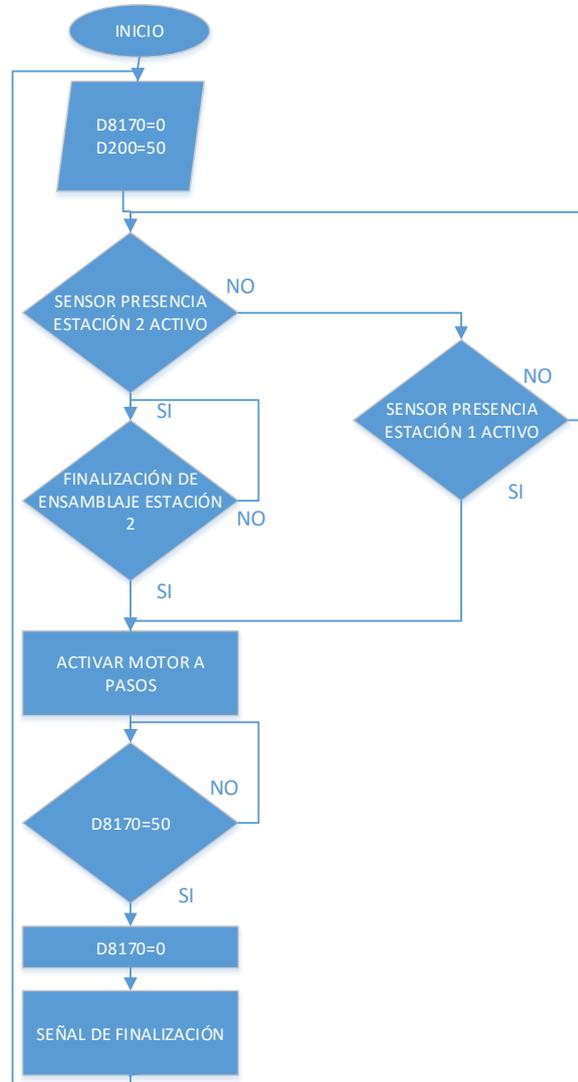


Diagrama de flujo algoritmo subrutina movimiento estrella indexadora, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

#### 4.1.5.Subrutina estación ensamblaje 2

Figura 4.5 Diagrama de flujo subrutina de ensamblaje 2

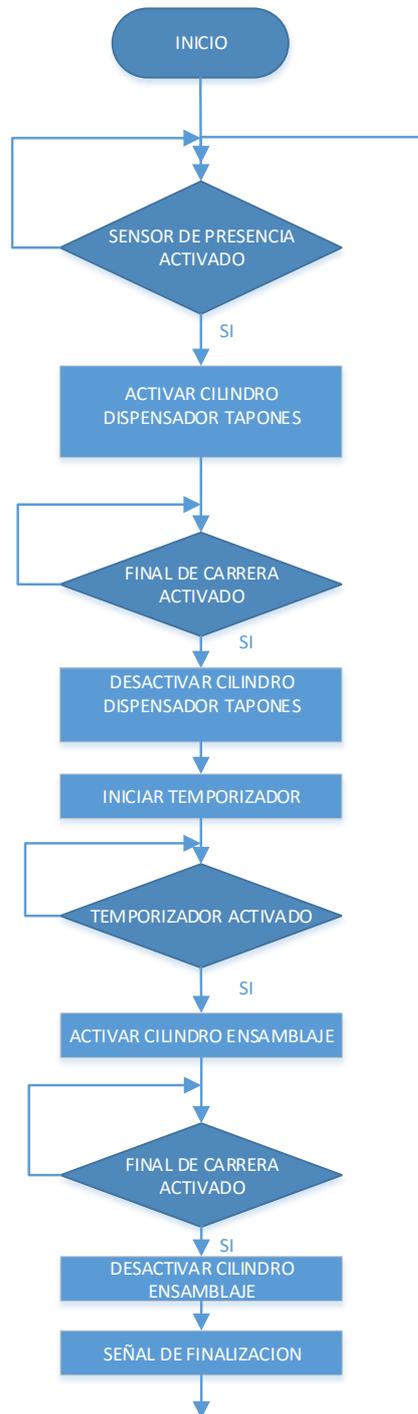


Diagrama de flujo algoritmo subrutina de ensamblaje 2, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

#### 4.1.6. Subsistema Control de calidad

Figura 4.6 Diagrama de flujo subsistema control de calidad



Diagrama de flujo algoritmo subsistema control de calidad, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

## **4.2.HMI**

La implementación del HMI se la realiza tomando en cuenta la información y requerimientos más relevantes para el operador, por lo cual se implementó una interfaz sencilla y practica con las siguientes funciones:

- Configurar el número de dosificadores a ensamblar
- Activar la máquina para iniciar el ensamblaje
- Observar el número de piezas que se están ensamblando en tiempo real
- Activar la máquina para iniciar el ensamblaje
- Visualizar los datos de producción y piezas desechadas mediante históricos
- Visualizar funcionamiento de sensores y actuadores en tiempo real
- Visualizar eventos en la máquina

### **4.2.1.Ventana de presentación**

Esta ventana muestra el logotipo de la empresa acompañado de su eslogan, el operador tiene 3 opciones a elegir producción, proceso, históricos, estas lo llevaran automáticamente a las pantallas correspondientes gracias a la función Jump Screen proporcionado por el software para configurar el HMI; no se agregó contraseñas o niveles de operación debido a que la empresa solicito que no se agreguen ya que la maquina no tendrá un operador fijo y cualquier persona en la fábrica debe ser capaz de activarla y acceder a toda la información disponible en la máquina.

Las selecciones de los colores en pantalla se eligieron para crear un elevado contraste y así producir una mínima fatiga ocular al operario, se puede observar en el Anexo 2.

### **4.2.2.Ventana de Configuración de producción**

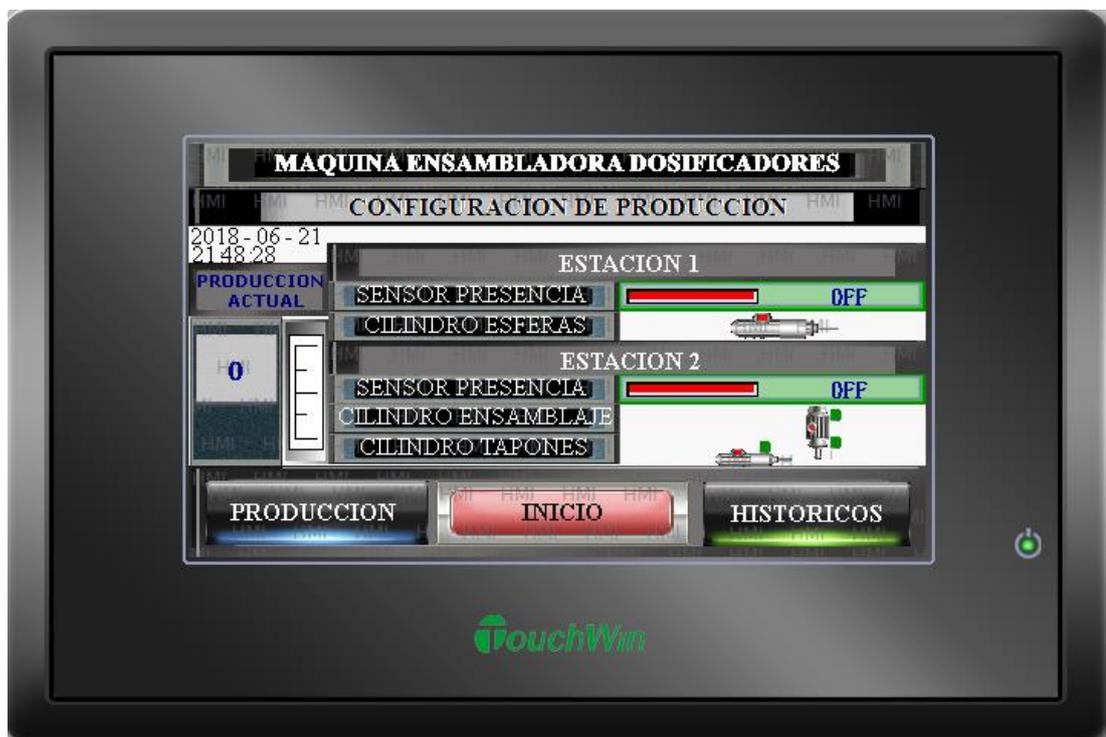
Esta ventana permite inicializar el funcionamiento de la maquina en general está relacionada con la subrutina de configuración de producción detallada en la sección 4.1.2 del presente documento, presenta campo para el ingreso de datos mediante teclado digital donde se seleccionara la cantidad de dosificadores que se desee ensamblar este valor será guardado en la variable tipo Word D13 la cual será tomada como un Setpoint de producción , consta de dos pulsadores el pulsador de color verde de inicio y el pulsador de color rojo de paro los cuales arrancan y detienen la

producción respectivamente, adicional consta de un menú de navegación el cual puede trasladarse a otras pantallas de manera fácil y sencilla evitando pasos innecesarios, se lo puede observar en el Anexo 3.

#### 4.2.3. Ventana de estado de producción

Esta ventana permite al operador, visualizar el estado de los sensores y actuadores y el correcto envío de las señales de control desde el PLC, adicional se puede observar la producción actual de la máquina tanto numérica como gráficamente los iconos están vinculados directamente a las variables de entrada y salida del PLC utilizadas para la adquisición de las señales desde los sensores y la activación de los actuadores, en la figura 4.7 se puede observar la ventana de estado de producción.

Figura 4.7 Ventana de configuración de producción



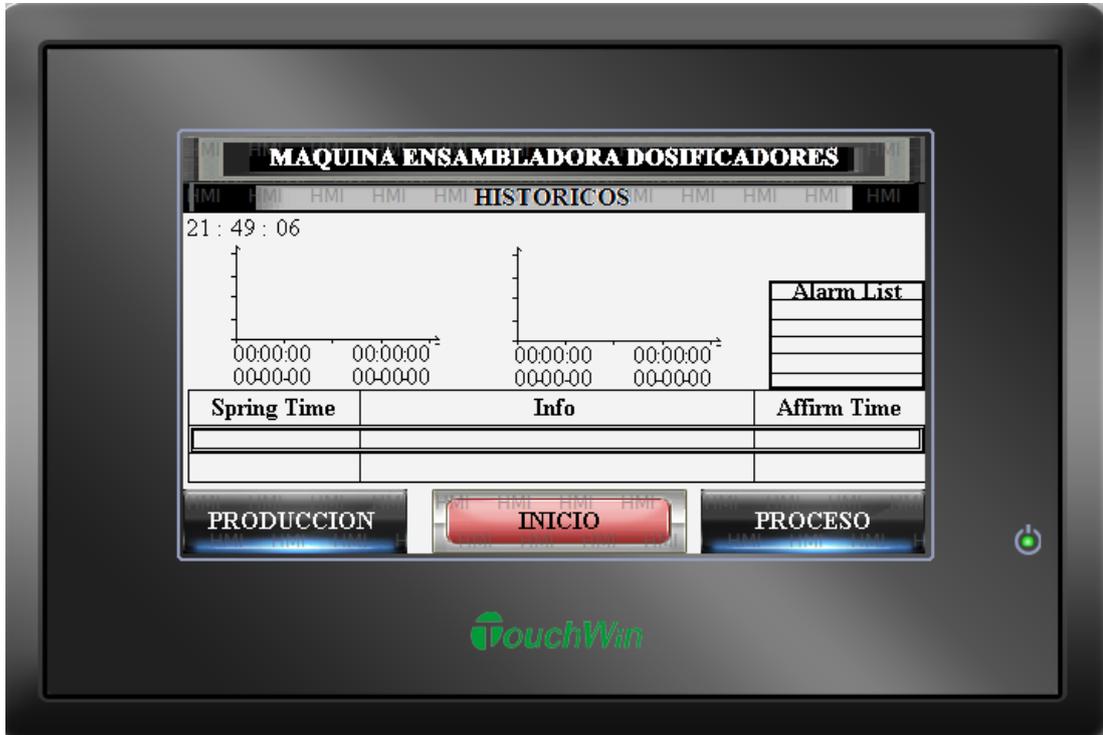
Interfaz ofrece información sensores y actuadores. Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

#### 4.2.4. Ventana de Históricos

El HMI permite visualizar la cantidad de piezas ensambladas, así como la cantidad de piezas desechadas además de una tabla de eventos en la cual en la primera columna se tiene la hora del evento, acompañada de la descripción del evento en la segunda fila como una lista de alarmas las cuales se activarán con el desecho excesivo de piezas debido a fisuras detectadas en el control de calidad pudiendo tomar las medidas

correspondientes por parte de la empresa, en la figura 4.8 se puede observar la ventana de históricos.

Figura 4.8 Ventana de configuración de producción



Interfaz para visualizar piezas ensambladas y desechadas. Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

## **CAPÍTULO 5**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **5.1. Pruebas de montaje mecánico, eléctrico y electrónico de la máquina automática para dosificadores**

Para evaluar el montaje mecánico de la máquina automática, tomando como referencia las Normas IEC-60439-1 correspondiente a “Normativa de los tableros eléctricos, Seguridad y disponibilidad operativa”, se evaluó cada una de las partes mecánicas, eléctricas y electrónicas de la máquina como se muestran en las tablas de Anexos 4, 5 y 6. (Asea Brown Boveri, S.A.)

Los resultados obtenidos muestran que la máquina automática se encuentra en condiciones óptimas para su funcionamiento.

#### **5.2. Prueba de funcionamiento del sistema de ensamblaje de dosificadores**

##### **5.2.1. Prueba de funcionamiento del sistema automatizado implementado**

Tiene como objetivo verificar el correcto funcionamiento del sistema de ensamblado de dosificadores plásticos de licores en un periodo de producción continua, se configuró a la máquina para ensamblar un lote de 1400 dosificadores plásticos. La prueba se repitió para 10 lotes de 1400 dosificadores. Cada dosificador ensamblado se inspeccionó visualmente para verificar si está en buen estado y si no se formaron fisuras, adicionalmente se contabiliza el tiempo requerido para ensamblar cada lote. Los resultados obtenidos se sintetizan en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Datos tomados de las pruebas realizadas máquina automática

N° de lote	Dosificadores ensamblados (1400 de muestra)		Tiempo de producción(s)	Error Relativo Porcentual piezas en mal estado
	Buen estado	Mal estado		
1	1392	8	3681	0,57
2	1389	11	3579	0,79
3	1388	12	3605	0,86
4	1391	9	3677	0,64
5	1389	11	3626	0,79
6	1391	9	3643	0,64
7	1394	6	3680	0,43
8	1387	13	3630	0,93
9	1387	13	3651	0,93
10	1389	11	3623	0,79
<b>Promedio</b>	<b>1390</b>	<b>10</b>	<b>3640</b>	<b>0,74</b>

Resultados de las pruebas realizadas a la máquina ensambladora, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

De los resultados obtenidos se puede señalar que el sistema de ensamblaje automático para dosificadores plásticos de licores tiene un error porcentual promedio de 0,74 [%], lo cual representa 10 piezas con falla, valor insignificante con respecto a los estándares

de producción de la fábrica. Este error puede deberse a la calidad del plástico, densidad del polietileno utilizado en la producción de las piezas de ensamblado, des calibración del cilindro de sellado o final de ensamblaje con respecto a su altura relativa a la pieza ubicada en el plato indexador.

### **5.2.2. Prueba de funcionamiento del antiguo sistema en TAPENSA**

Con el objetivo de evaluar el mejoramiento del sistema de ensamblaje de la fábrica, se comparará la producción anterior sistema con el implementado.

En TAPENSA para el ensamblado de dosificadores se lo realiza mediante un mecanismo manual con 2 operadores para la ubicación de las piezas y su ensamblado. Se realizó 10 lotes de 1400 dosificadores plásticos de licores para poder establecer la comparación, al igual que la prueba anterior se inspecciono visualmente cada dosificador para determinar aquellos que poseen fallas, los resultados se muestran en la tabla 5.2.

En la producción manual se obtiene un error porcentual promedio de 1,78%, que comparado con la máquina automática es mayor en cuanto al número de piezas que se encuentran en mal estado, con respecto al tiempo de producción aplicando la ecuación 5.1 se observa que el sistema automático es más rápido en una proporción del 201.7%, disminuyendo notablemente el tiempo de producción lo que implica mayor producción diaria para la empresa.

$$\textit{Proporcional de mejoramiento} = \frac{\textit{tiempo producción Sistema manual}}{\textit{tiempo producción Sistema automatizado}} \times 100$$

Ec.(5.1)

$$\textit{Proporcional de mejoramiento} = \frac{7342}{3640} \times 100 = 201,7\%$$

Tabla 5.2 Datos tomados de las pruebas realizadas en sistema antiguo

N° de lote	Dosificadores ensamblados(1400 de muestra)		Tiempo de producción(s)	Error relativo porcentual piezas en mal estado
	Buen Estado	Mal Estado		
1	1379	21	7331	1,5
2	1388	18	7360	1,29
3	1376	24	7358	1,71
4	1385	39	7327	2,78
5	1370	30	7352	2,14
6	1379	21	7340	1,5
7	1385	19	7302	1,38
8	1374	26	7362	1,86
9	1378	22	7350	1,57
10	1371	29	7338	2,07
<b>Promedio</b>	<b>1378</b>	<b>22</b>	<b>7342</b>	<b>1,78</b>

Resultados de las pruebas realizadas del sistema manual antiguo, Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

### 5.3. Prueba de funcionamiento del control de calidad

Se realiza para la verificación del correcto funcionamiento del sistema de control de calidad mediante visión artificial, y se evalúa su capacidad para detectar fisuras en el contorno del dosificador ensamblado.

Para el control de calidad implementado mediante el uso de visión artificial se tomó la información de cada pieza con falla de los lotes producidos en la anterior prueba, se analiza mediante el sistema de control de calidad y se contabiliza las piezas que detecta con fisura. Los resultados se muestran en la tabla 5.3.

$$Error\ Relativo = \sum_{k=10}^{i=1} \frac{dosif.\ con\ fisura(i) - dosif.\ detec.\ y\ rechaz.\ (i)}{dosif.\ con\ fisura(i)} \times 100$$

Ec.(5.2)

$$Error\ Relativo = (0 + 0,1111 + 0,1667 + 0,125 + 0 + 0,1667 + 0 + 0,0909 + 0,1538 + 0) \times 100$$

$$Error\ Relativo = 8,14\%$$

El sistema de control de calidad con visión artificial presenta un relativo de 8,14 [%] en la detección error tal y como se muestra en la Ec. 5.2, lo cual se encuentra dentro del rango de tolerancia de fallas del sistema e implica 1 pieza.

Las fallas en el control de calidad mediante visión artificial, se pueden dar por las limitaciones en el tiempo de procesamiento de tarjeta de desarrollo en uso, así como falla en el umbral del tamaño de la fisura que se puede presentar en magnitud de pequeño tamaño, donde el sistema desarrollado puede manifestar que el dosificador analizado se encuentra en perfectas condiciones.

Tabla 5.3 Resultados de pruebas para control de calidad

N. de muestras	Total Dosif. Mal estado		Dosificadores Detectados y rechazados	Error Porcentual Dosif. Detectados en mal estado
	Dosif. Mal ensamblados	Dosif. Con fisuras		
1	1	7	7	0
2	2	9	8	11,11
3	0	12	10	16,67
4	1	8	7	12,5
5	1	10	10	0
6	3	6	5	16,67
7	1	5	5	0
8	2	11	10	9,09
9	0	13	11	15,38
10	0	11	11	0
<b>Promedios</b>		9	8	8,14

Dosificadores rechazados aplicando control de calidad con sus errores, Elaborado por Geovanny Cumbal y Jorge Villa

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

#### 6.1.CONCLUSIONES

La caracterización realizada en la empresa TAPENSA mediante pruebas de ensamblaje en el mecanismo manual permite obtener las variables que gobiernan el proceso, así como la relación entre variables de entrada con las de salidas a ser controladas para poder establecer los requerimientos de automatización, sensores y actuadores, realizar el diseño tanto en software como en hardware y finalmente desarrollar una máquina automática para ensamblar dosificadores

Un sistema de indexación rotativo central es una estructura circular accionada por un motor que permite realizar el desplazamiento de las piezas a través de varias estaciones de trabajo ubicadas alrededor de su perímetro facilitando el desarrollo de sistemas de ensamblaje totalmente automatizados, rápidos y compactos, ya que considerando su forma geométrica ocupa menor espacio al permitir ubicar las estaciones a lo largo del perímetro con separaciones cortas haciendo que el desplazamiento circular sea rápido reduciendo el tiempo de trabajo.

Para detectar fisuras en elementos transparentes utilizando visión artificial es necesario tener un ambiente con iluminación controlada de manera que se logra reducir al máximo todas las interferencias producidas por la variación de intensidad de luz sobre la pieza, para esto conviene tener una estructura cerrada con iluminación blanca y directa hacia la pieza para que la imagen adquirida sea clara, facilitando su procesamiento.

En el proceso de ensamblado manual, dependiendo de la fuerza aplicada por el operador no es constante y se puede llegar a provocar un porcentaje alto de piezas con fisuras, por esta razón en la automatización se determina la fuerza exacta del cilindro y permite realizarla de forma constante a lo largo del tiempo reduciendo el número de piezas con fisuras, sin embargo, puede darse que ciertas piezas presenten fisuras aunque la fuerza aplicada sea la correcta ya que el material no tiene la rigidez necesaria debido a problemas con el molde de inyección.

Actualmente para cualquier proceso de automatización que involucre el uso de un controlador electrónico en un ambiente industrial se debe considerar la presencia de fuentes de distorsión como interferencias electromagnéticas, vibraciones, variaciones de voltaje entre otras, por lo tanto, la selección del controlador se debe realizar tomando en cuenta protecciones, tolerancia y robustez para estas interferencias.

La implementación del sistema de control de calidad basado en visión artificial en la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3 en conjunto con las librerías de OPENCV hace que la ejecución de los algoritmos de procesamiento de imágenes requieran un tiempo de respuesta alto en comparación con la implementación del mismo sistema de control de calidad con las librerías de OPENCV en una computadora Lenovo con procesador Core i3, Windows 10 y 4GB de RAM por lo cual para sistemas de producción en línea con altas velocidades de traslado es recomendable implementar un sistema basado en visión artificial en computadores con procesador superior al de la Raspberry pi 3 para tener un tiempo de respuesta muy rápido. .

En base al resultado obtenido al contrastar un sistema automático con uno manual se puede mencionar que la automatización de procesos manuales siempre genera un aumento en la eficiencia de producción, ya que se incrementa la producción con personal reducido y se disminuye el número de fallas en el proceso, para este proyecto se determinó que la automatización permite una reducción del 201.70% en el tiempo de producción respecto al sistema manual utilizado anteriormente.

## **6.2.RECOMENDACIONES**

Para evitar errores en el funcionamiento de la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3 en ambientes industriales se recomienda el uso de elementos de protección frente a variaciones de voltaje e interferencias magnéticas.

Es necesario definir tarjetas desarrolladas para aplicaciones industriales en el diseño de sistemas de control de calidad aplicables en fábricas. Debido a los posibles fallos que pueden generarse en la tarjeta de desarrollo Raspberry pi 3 o cualquier otra tarjeta de desarrollo la cual no está diseñada específicamente para aplicaciones industriales

Es recomendable el uso de tarjetas de desarrollo que dispongan de mayor capacidad para procesamiento gráfico en la implementación de sistemas de visión artificial, como

las tarjetas Letta Panda las cuales disponen de modelos cuyas características incluyen dispositivos con tarjetas de video de 2GB integradas que permite tiempos de detección más cortos.

## BIBLIOGRAFÍA

- acomee. (12 de Diciembre de 2018). *ACOMEЕ* . Obtenido de Tienda de Refacciones Industriales: <https://www.acomee.com.mx/articulo.php?search=C2DM-11N&id=OPTEX&pro=C2DM-11N>
- Alectro. (2018). *Motor a pasos Nema 34*. Obtenido de <https://alectro.in.ua>
- Asea Brown Boveri, S.A. (s.f.). *library.e.abb*. Recuperado el 25 de Octubre de 2018, de Guía para la construcción de un cuadro: <https://library.e.abb.com>
- Direct INDUSTRY. (15 de septiembre de 2018). *airtec*. Obtenido de <http://www.directindustry.es>
- Envases del Perú WILDOR E. I. R.L. (12 de JULIO de 2018). *Dosificador C/Bola Blanco*. Obtenido de Dosificador C/Bola Blanco: <http://envasesdelperu.com/producto/dosificador-cbola-blanco/>
- Groover, M. P. (2015). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. United States of America: Pearson Higher Education.
- Gutiérrez, S. C. (Agosto de 2014). Control de calidad de producción industrial. Valladolid, Valladolid, España.
- Industria Licorera Caldas. (2012). *INDUSTRIA LICORERA CALDAS*. Recuperado el 15 de Agosto de 2018, de [http://www.ilc.com.co/docs\\_contratacion/DOSIFICADORES\\_CDC-DE-042.pdf](http://www.ilc.com.co/docs_contratacion/DOSIFICADORES_CDC-DE-042.pdf)
- INFAIMON S.L. (10 de 07 de 2018). *Infaimon*. Obtenido de Revolución Artificial: <https://blog.infaimon.com/como-se-realiza-el-control-de-calidad-de-alimentos/>
- Maquiempanadas.SAS. (2017). *Maquiempanadas*. Obtenido de Máquina para empanadas CM07B: [http://maquiempanadas.com/es/maquina-de-empanadas/maquina-cm07b=\)](http://maquiempanadas.com/es/maquina-de-empanadas/maquina-cm07b=)

METAL WORK PNEUMATIC. (2018). *Direct INDUSTRY*. Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/metal-work/product-594-465480.html>

Ministerio de Educación España. (Febrero de 2012). Aplicación práctica de la visión artificial. España. Obtenido de <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>

NAYLAMP MECHATRONICS. (2018). *Sensor de proximidad fotoeléctrico Infrarrojo*. Obtenido de <https://naylampmechatronics.com>

Nelson, Cárdenas Covalada, N., & Muñoz, M. (20 de Agosto de 2015). Optimización del proceso de producción en la producción de Ensamble Liner para la empresa NARDIPLAST S.A.S. Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia.

POWER SUPPLIES. (2018). *DIN Rail Power Supply*. Obtenido de [www.simplypowersupply.com](http://www.simplypowersupply.com)

Raspberry Pi.ORG. (Diciembre de 2018). *Raspberry Pi*. Obtenido de [www.raspberrypi.org](http://www.raspberrypi.org)

Rome. (2018). *Rome Co Industrial*. Obtenido de <http://www.romecoindustrial.com/producto/electrovalvula-neumatica-4v110-06/>

Rosario Neumatica. (2018). *Accesorios de cilindros*. Obtenido de <http://www.rosarioneumatica.com.ar/>

RS Components. (18 de Diciembre de 2018). *Sensor Fotoeléctrico Retrorreflexivo, LED, Alcance 0,1 → 0,8 m*. Obtenido de <https://es.rs-online.com/web/p/sensores-fotoelectricos/3030543/>

VANTEC. (2018). *Vantec Thermal Technologies*. Obtenido de [www.vantecusa.com](http://www.vantecusa.com)

XINJE. (2018). *DP\_504\_508\_Manual*. Obtenido de <http://kms-trade.com>

XINJE. (2018). *XINJE XC3 PLC DE LA SERIE XC3-32R-E*. Obtenido de [www.viaindustrial.com](http://www.viaindustrial.com)

# **ANEXOS**

## Anexo 1 Subrutinas diagrama de flujo sistema automatizado general



Diagrama de flujo respectivo al algoritmo empleado en el sistema de ensamble., Elaborado por: Geovanny Cumbal & Jorge Villa

Anexo 2 Pantalla principal HMI



Anexo 3 Ventana de configuración de producción



Anexo 4 .Especificaciones de acuerdo a Norma IEC-60439-1 “Manejo de tableros eléctricos”

FACTOR	EVALUACIÓN		
Montaje respecto a: Tablero, equipos.			
El tablero de control cumple con los parámetros establecidos acorde a protección para el ambiente de trabajo o ubicación respecto a una protección mínima de IP65.	Aceptado	x	Rechazado
Lo equipos localizados en instalaciones internas disponen de ventilación requerida para su adecuado funcionamiento.	Aceptado	x	Rechazado
Los equipos localizados en la parte exterior del tablero disponen de un grado de protección acorde al ambiente de trabajo, es decir posea una protección mínima a IP65.	Aceptado	x	Rechazado

La fabricación del tablero debe ser acorde al lugar a instalar, debe ser de un material adecuado.	Aceptado	x	Rechazado
Sujeción del tablero hacia la pared, sujeción de equipos e instrumentos hacia el tablero.	Aceptado	x	Rechazado
Instalación de equipo de maniobra localizados a una altura acorde y segura la cual permita la fácil manipulación.	Aceptado	x	Rechazado
Sensores conectados adecuadamente brindando seguridad y separación de cables de instrumentación como de potencia.	Aceptado	x	Rechazado
Los instrumentos externos disponen de etiquetas para su correcta identificación.	Aceptado	x	Rechazado
Los cables y equipos instalados en el interior y exterior se encuentran identificados acorde al diseño presentado.	Aceptado	x	Rechazado
Borneras se encuentran correctamente identificadas y dimensionadas acorde a la tarea y trabajo a realizar.	Aceptado	x	Rechazado

Anexo 5 Verificación conexiones en tablero de control.

FACTOR	EVALUACIÓN		
Conexionado Las conexiones deben estar acorde alas especificaciones presente en los planos de construcción correspondientes.	Aceptado	x	Rechazado
Protecciones Verificar el adecuado dimensionamiento de los elementos de protección.	Aceptado	x	Rechazado
Terminales de conexión Verificar si es posible adecuar borneras de entradas y salidas en los equipos de control para futuras conexiones e instalaciones.	Aceptado	x	Rechazado
Cables de conexión Las instalaciones y conexiones de los distintos cables implementados deben encontrarse atomillados o sujetos firmemente, existiendo continuidad entre los distintos puntos de conexión.	Aceptado	x	Rechazado
Estructuración y estado del cableado se encuentra condiciones adecuadas y favorables de trabajo.	Aceptado	x	Rechazado

### Anexo 6 Verificación aspecto dispositivos.

FACTOR	EVALUACIÓN		
	Acceptado	x	Rechazado
<p>Accionamiento</p> <p>Verificar los dispositivos como interruptores funcionen adecuadamente evitando dificultades al momento de operar.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Protecciones</p> <p>Verificar el adecuado accionamiento de los breakers.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Conectores</p> <p>Verificar las distintas conexiones y conectores presenten continuidad en los distintos terminales.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Ventilación</p> <p>Comprobar manualmente que los ventiladores funcionen adecuadamente sin presentar averías.</p>	Acceptado	x	Rechazado

### Anexo 7 Verificación de sistema de control.

FACTOR	EVALUACIÓN		
	Acceptado	x	Rechazado
<p>Encendido</p> <p>Verificar los dispositivos del sistema de control arranquen adecuadamente.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Funcionamiento</p> <p>Verificar el adecuado accionamiento de los distintos equipos de acuerdo al programa de usuario.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Comunicación</p> <p>Verificar la adecuada comunicación entre los distintos equipos del sistema de acuerdo al protocolo implementado.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Accionamiento</p> <p>Verificar las distintas entradas y salidas de los dispositivos de control se accionen de acuerdo al programa específico.</p>	Acceptado	x	Rechazado

### Anexo 8 Validación sistema de potencia.

FACTOR	EVALUACIÓN		
	Acceptado	x	Rechazado
<p>Encendido</p> <p>Verificar los dispositivos del sistema de potencia arranquen adecuadamente.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Funcionamiento</p> <p>Verificar el adecuado accionamiento de los distintos equipos de acuerdo al programa de usuario.</p>	Acceptado	x	Rechazado
<p>Comunicación</p> <p>Verificar la adecuada comunicación entre los distintos equipos del sistema de acuerdo al protocolo implementado.</p>	Acceptado	x	Rechazado

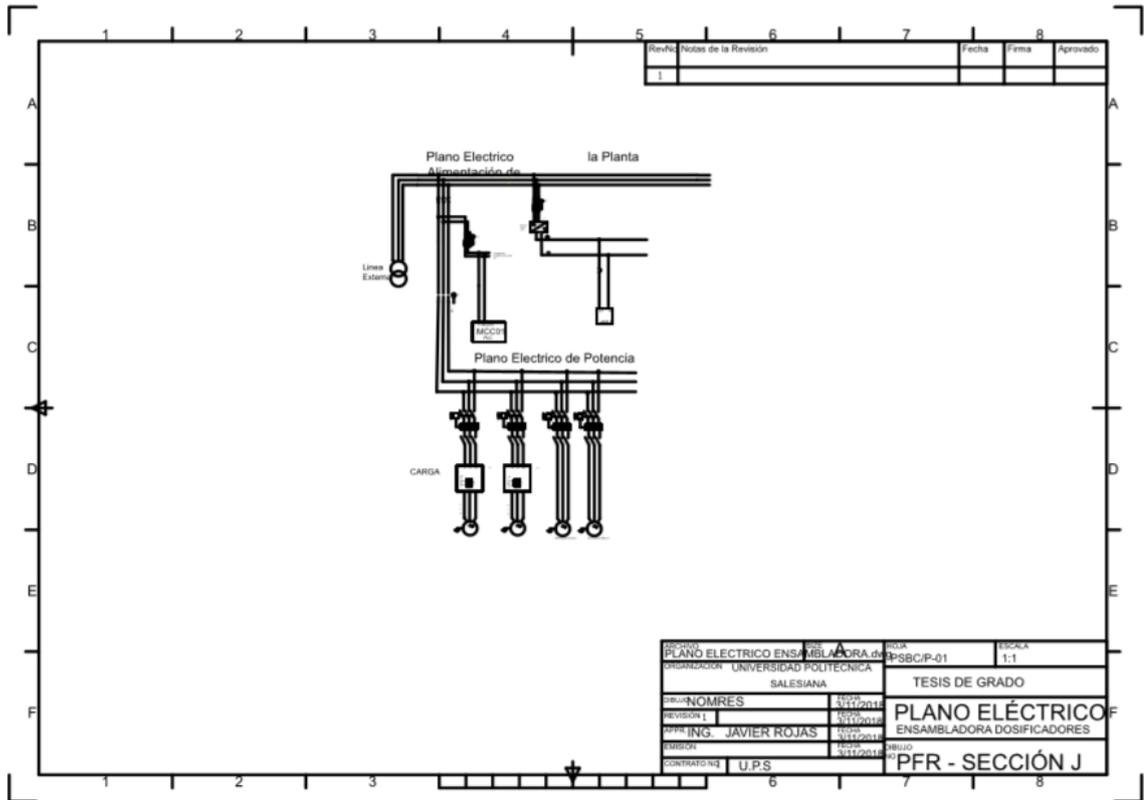
### Anexo 9 Verificación factores para el funcionamiento del sistema.

FACTOR	EVALUACIÓN		
	Acceptado	x	Rechazado
Tolvas vibratorias Verificar el correcto funcionamiento de la orientación de las tolvas vibratorias.	Acceptado	x	Rechazado
Abastecimiento Verificar que las carrileras se encuentren abastecidas del material necesario para iniciar y continuar con el ensamble por medio de los sensores.	Acceptado	x	Rechazado
Posicionamiento Verificar el correcto posicionamiento del plato indexado para iniciar el proceso.	Acceptado	x	Rechazado
Interfaz Verificar la adecuada configuración, y control de os distintos parámetros requeridos para el funcionamiento adecuado y eficaz.	Acceptado	x	Rechazado

### Anexo 10 Consideraciones Norma IEC 61439.

FACTOR	EVALUACIÓN		
	Acceptado	x	Rechazado
Comprobaciones eléctricas Verificar el correcto funcionamiento de los circuitos eléctricos, electrónicos y electromecánicos.	Acceptado	x	Rechazado
Aislamiento Los distintos dispositivos de control cuentan con una distancia de aislamiento en relación a las conexiones y adaptaciones aplicadas en la máquina.	Acceptado	x	Rechazado
Mecánicas Verificar el correcto montaje del equipo con respecto a conexiones, posicionamiento de pernos, bloqueos y controles de elementos insertables.	Acceptado	x	Rechazado
Visuales Identificación adecuada con diagramas, planos, identificación en cables y dispositivos (siglas, inscripciones).	Acceptado	x	Rechazado

### Anexo 11



### Anexo 12

