



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES
PLÁSTICOS EN LA EMPRESA SELQUI”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial

Autores:

Calero Riera Marjori Yadira

Salazar Tixilema Cristian Javier

Tutor:

Ing. MSc. Quinchimbla Pisuña Freddy Eduardo

Latacunga – Ecuador

Agosto 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jiménez Tonato Dayana Micaela, Zambrano Bonilla Jennifer Nataly, declaro ser autor (a) del presente proyecto de investigación titulado “ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CONTABLE FRENTE AL FACTOR DE PROPORCIONALIDAD EN EL CÁLCULO DEL USO DEL CRÉDITO TRIBUTARIO DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA), EN LAS EMPRESAS COMERCIALES DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL AÑO 2021”, siendo la Ing Mayra Alexandra Chicaiza Herrera tutor (a) del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Dayana Micaela Jiménez Tonato

CC:055014742-5

e-mail: dayana.jimenez7425@utc.edu.ec

Celular: 0983251575

Jennifer Nataly Zambrano Bonilla

CC: 050384459-9

e-mail: jennifer.zambrano4599@utc.edu.ec

Celular: 0999037391

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CONTABLE FRENTE AL FACTOR DE PROPORCIONALIDAD EN EL CÁLCULO DEL USO DEL CRÉDITO TRIBUTARIO DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA), EN LAS EMPRESAS COMERCIALES DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL AÑO 2021”, de Jiménez Tonato Dayana Micaela, Zambrano Bonilla Jennifer Nataly, de la carrera Contabilidad y Auditoría, considero que y aportes científico técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Agosto, 2023



Ing Mayra Alexandra Chicaiza Herrera

CC.0503265159


APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Administrativas; por cuanto, el o los postulantes: Jiménez Tonato Dayana Micaela, Zambrano Bonilla Jennifer Nataly, con el título de Proyecto de Investigación: **“ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL MÉTODO CONTABLE FRENTE AL FACTOR DE PROPORCIONALIDAD EN EL CÁLCULO DEL USO DEL CRÉDITO TRIBUTARIO DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO (IVA), EN LAS EMPRESAS COMERCIALES DEL CANTÓN LATACUNGA EN EL AÑO 2021”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación Final del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto, 2023

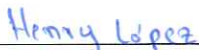
Para constancia firman:



Lector 1 (Presidente)
ING. ISABEL ARMAS
CC. 0502298482



Lector 2
ING. LORENA ESPÍN
CC. 0502922958



Lector 3
ING. HENRY LÓPEZ
CC. 2100568837



Ing. MsC. Julio César Quinatoa Lema
Gerente general de SELQUI

Presente.

En calidad de gerente de SELQUI certifico que la Srta. **Calero Riera Marjori Yadira** con cédula de ciudadanía No. **0550328439** y el Sr. **Salazar Tixilema Cristian Javier** con cédula de ciudadanía No. **0504101270** han realizado su trabajo de titulación “**OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA SELQUI**” en el periodo abril – agosto 2023.

Declaro conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del proyecto, estando conformes con todas aquellas actividades que realizaron en la empresa.

Es cuanto puedo certificar en honor a la verdad, se expide el presente para que los interesados puedan hacer uso para los fines que crean convenientes.

Atentamente,

Ing. MsC. Julio César Quinatoa Lema

C.I. 0503242968

Gerente general de SELQUI

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero dar gracias a Dios por darme la dicha de cumplir una de mis tantas metas en la vida. Doy gracias a mis abuelos Luis y Gladys que todos estos años hicieron el papel de padres apoyándome y dándome todo lo que estuvo a su alcance para culminar mis estudios, doy gracias a ellos por enseñarme los valores de la vida y los consejos bien intencionados. También agradezco a mis hermanas Ximena y Heidi y a mis adorados primos Maykel, Erick, Isaac y Emily que a pesar de su corta edad siempre me dieron el apoyo que necesitaba y me alegraron la vida sacándome una sonrisa con sus tantas ocurrencias. Agradecer también a mi tío Edison que más que un tío es como un hermano mayor que me ha dado el ejemplo de cómo ser una persona justa, amable, respetuosa, honesta, responsable y a nunca rendirme. Agradezco a mi incondicional amiga Jemileth que siempre estuvo dándome ánimos para seguir adelante, gracias a ella por escucharme tantas veces y por mejorar mis días con solo una salida a caminar y platicar. Por último, dar gracias a la Universidad por impartir su conocimiento y regalarme la dicha de conocer grandes amigos.

Marjori Calero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la vida por permitirme estar aquí darme la familia que tengo, pero en especial a mi madre su apoyo incondicional ha hecho de mi la persona que soy, este logro es gracias a ella por su paciencia, su amor y dedicación. Agradecer a quienes fueron mis maestros durante toda mi etapa de estudiante desde mis inicios en primaria, secundaria y universitaria que me transmitieron sus aprendizajes, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme sus puertas y permitirme cumplir un sueño que parecía ser tan lejano.

Por último, a mis amigos con quienes compartí momentos de felicidad, llanto, alegrías, decepción y siempre estuvieron ahí en los mejores y peores momentos de la vida, gracias a todos.

Cristian Salazar

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a las dos personas más importantes de mi vida que son mis abuelos, por enseñarme a seguir adelante a pesar de las circunstancias, a estudiar mucho, a ser una persona de bien y a nunca rendirme con lo que quiero. También dedico esto a mi madre Maribel Riera que hizo todo lo que estuvo a su alcance para sacarnos adelante, sin ella nada de esto hubiera sido posible.

Marjori Calero

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mis abuelitos María y Segundo que fueron mis padres y me inculcaron valores, me brindaron su amor, apoyo y nunca me dejaron caer antes las adversidades, quienes aún me siguen apoyando y son mi mayor motivación de vida.

A mi madre Carmen Tixilema la mujer más importante en mi vida, que siempre ha estado conmigo, pese a las adversidades nunca me dejó solo, este logro también es de ella.

A mi hermano Alayn Salguero que siempre está conmigo, quien me apoya a pesar de todo, quien me demuestra su cariño a su manera, pero sé que nunca me va abandonar.

Cristian Salazar

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xix
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
AVAL DE TRADUCCIÓN	4
1.2. EL PROBLEMA	5
1.2.1. Planteamiento del problema	5
1.2.2. Formulación del problema	5
1.3. BENEFICIARIOS	5
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5. HIPÓTESIS	6
1.6. OBJETIVOS.....	6
1.6.1. Objetivo general	6
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.7. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	7
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
2.1. ANTECEDENTES.....	8

2.2.	Marco Referencial	9
2.2.1.	Historia de la automatización	9
2.2.2.	Principios de la automatización.....	9
2.2.3.	Automatización	9
2.2.3.1	Objetivos de la Automatización.....	10
2.2.3.2	Niveles de automatización	10
2.2.4.	Fugas	11
2.2.4.1	Tipos de Fugas	11
2.2.5.	Estanqueidad	11
2.2.6.	Proceso de estanqueidad en envases plásticos	11
2.2.6.1	Detección por diferencial de presión	12
2.2.6.2	Prueba por inmersión	12
2.2.6.3	Prueba por electrodos.....	13
2.2.7.	Envases plásticos.....	13
2.2.7.1	Termoplásticos.....	13
2.2.7.2	Termoestables.....	13
2.2.8.	Tipos de envases plásticos.....	13
2.2.9.	Sistemas de Automatización	14
2.2.9.1	Sistema eléctrico	15
2.2.9.2	Sistema de Control.....	16
2.2.9.3	Sistema Neumático	18
2.2.9.4	Sistema Mecánico	21
2.2.10.	Acero inoxidable.....	21
2.2.11.	Soldadura	21
2.2.11.1	Soldadura TIG o GTAW para acero inoxidable	21
2.2.11.2	Soldadura MIG o GMAW para acero inoxidable	22
2.2.12.	Controlador Lógico Programable (PLC).....	22

2.2.12.1	Estructura básica del PLC.....	23
2.2.12.2	Ventajas del PLC	23
2.2.12.3	Lenguajes de Programación.....	24
2.2.12.4	Tipos de lenguajes de programación para un PLC.	24
2.2.13.	Comprobador de fugas en envases plásticos	24
2.2.14.	Presión	25
2.2.15.	Mejora de la producción	25
2.2.16.	Productividad.....	25
2.2.17.	KPI.....	25
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.	26
3.1.	METODOLOGÍA	26
3.1.1.	Tipo de investigación	26
3.1.2.	Método de investigación	26
3.1.3.	Técnica de investigación	26
3.1.3.1	Estructura secuencial	26
3.1.3.2	Documentación	26
3.1.3.3	Progreso lineal	26
3.1.3.4	Enfoque en la planificación	26
3.1.3.5	Diseño y aplicación de la propuesta	27
3.1.4.	Estado de la máquina comprobadora de fugas	28
3.1.4.1	Pruebas de funcionamiento	28
3.1.4.2	Clasificación de elementos según sus sistemas y porcentajes de daños.	28
3.1.5.	Selección de elementos según su sistema	29
3.1.6.	Cambios y acoplamientos de la máquina	29
3.1.6.1	Cambio de posición de bases de las bandas transportadoras.	29
3.1.6.2	Acoplamientos	29
3.1.6.3	Montaje de los elementos	30

3.1.6.4	Conexión eléctrica y neumática	30
3.1.7.	Diseño de la estructura del sistema de conteo	30
3.1.8.	Automatización del proceso de comprobación de fugas y conteo automático.	30
3.1.8.1	Diseño de programación	30
3.1.9.	Pruebas de funcionamientos	30
3.1.9.1	Prueba de comprobación de fugas en envases plásticos.	30
3.1.9.2	Prueba de conteo de envases aprobados.	31
3.1.9.3	Capacidad de producción	32
3.1.9.4	Comparación entre la inspección visual vs la máquina comprobadora de fugas	32
3.1.9.5	Sistema de conteo automático.....	32
3.2.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	32
3.2.1.	Estado de la máquina comprobadora de fugas	32
3.2.1.1	Pruebas de funcionamiento de los elementos.	33
3.2.2.	Selección de materiales por sistemas.	36
3.2.2.1	Sistema neumático.	36
3.2.2.2	Sistema eléctrico	37
3.2.2.3	Sistema de control.....	40
3.2.2.4	Sistema mecánico	42
3.2.3.	Cambios y acoplamientos de la máquina.	43
3.2.3.1	Cambio de posición de bases de las bandas transportadora.....	43
3.2.3.2	Acoplamientos	43
3.2.3.3	Montaje de los elementos en la caja de control	44
3.2.3.4	Conexión eléctrica	45
3.2.3.5	Conexión neumática	45
3.2.4.	Diseño de la estructura del sistema de conteo	45
3.2.5.1	Diseño de programación.	45

3.2.6. Pruebas de funcionamiento de la máquina.....	47
3.2.6.1 Pruebas para la comprobación de fugas y sistema de conteo	47
3.2.6.2 Capacidad de producción.....	57
3.2.6.3 Comparación de tiempos y control de calidad en la inspección visual vs la máquina comprobadora de fugas	58
3.2.6.4 Sistema de conteo automático.....	61
3.3. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICO.	62
3.3.1. Evaluación técnica.....	62
3.3.2. Evaluación social.....	63
3.3.3. Evaluación económica.....	63
3.3.4. Evaluación ambiental	63
3.3.5. Presupuesto para la implementación del proyecto.	63
3.3.5.1 Etapa de investigación	63
3.3.5.2 Etapa de implementación.....	64
3.3.5.3 Costo total del proyecto de investigación	65
4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO	65
4.1. CONCLUSIONES	65
4.2. RECOMENDACIONES	66
5. BIBLIOGRAFÍA	68
ANEXOS.....	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Beneficiarios del proyecto	5
Tabla 1.2: Sistema de tareas	7
Tabla 2.3: Identificación de plásticos según la norma RTE INEN – 100	14
Tabla 3.7: Tiempos establecidos en el PLC para envases de 200 ml.	48
Tabla 3.7: Tiempo en que tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados.....	51
Tabla 3.8: Tiempos establecidos en el PLC para envases de 250 ml.	52
Tabla 3.9: Tiempo en que tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados.....	54
Tabla 3.10 Tiempos establecidos en el PLC para envases de 300 ml.	55
Tabla 3.11: Tiempo en tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados	57
Tabla 3.12: Capacidad productiva de la máquina comprobadora de fugas	57
Tabla 3.13: Producción por horas de envases en una empresa.....	57
Tabla 3.14: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 200 ml	58
Tabla 3.15: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 250 ml	58
Tabla 3.16: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 300 ml	59
Tabla 3.17: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 200 ml	59
Tabla 3.18: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 250 ml	59
Tabla 3.19: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 300 ml	60
Tabla 3.20: Porcentaje de tiempo reducido	60
Tabla 3.21: Porcentaje de control de calidad.....	61
Tabla 3.22: Pruebas de conteo de unidades por paca	62
Tabla 3.23: Presupuesto de la etapa de investigación	63

Tabla 3.24: Presupuesto de la etapa de implementación	64
Tabla 3.25: Presupuesto total del proyecto tecnológico	65
Tabla 26: Prueba del pistón del cilindro de prueba.	79
Tabla 27: Prueba del pistón del cilindro de paro.	80
Tabla 28: Pruebas de manómetros.	81
Tabla 29: Pruebas de las electroválvulas serie: 344111 y válvulas senoidales serie: 0892.	82
Tabla 30: Prueba de la electroválvula serie 34411 y la válvula senoidal serie 11546	84
Tabla 31: Prueba del regulador principal.	85
Tabla 32: Pruebas de reguladores secundarios	86
Tabla 33: Prueba de racor enroscado con selector.	87
Tabla 34: Prueba de funcionamiento del motor BONFIGLIOLI.	88
Tabla 35: Prueba de funcionamiento del motor ORIENTAL.....	89
Tabla 36: Prueba de funcionamiento del PLC.....	90
Tabla 37: Elementos del sistema neumático inicial.....	91
Tabla 38: Elementos del sistema eléctrico inicial.	93
Tabla 39: Elementos del sistema de control inicial.	95
Tabla 40: Elementos del sistema mecánico inicial.	96
Tabla 41: Porcentaje de daño en el sistema neumático	97
Tabla 42: Porcentaje de daño en el sistema eléctrico	97
Tabla 43: Porcentaje de daño en el sistema de control.....	97
Tabla 44: Porcentaje de daño en el sistema mecánico.....	98
Tabla 45: Porcentaje total de daño en la máquina	98
Tabla 46: Especificaciones de los cables de conexión	99
Tabla 47: Especificaciones del PLC (recomendación de la empresa).....	101
Tabla 48: Dimensiones de las planchas de tol galvanizado.	102
Tabla 49: Elementos adquiridos para el sistema neumático.....	103
Tabla 50: Elementos adquiridos para el sistema eléctrico.....	104

Tabla 51: Elementos adquiridos para el sistema de control.	105
Tabla 52: Elementos adquiridos para el sistema mecánico.	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Pirámide de la automatización	10
Figura 2.2: Tipos de fugas	11
Figura 2. 3: Prueba por diferencial de presión [11]	12
Figura 2.4: Prueba por inmersión [12]	12
Figura 2.5: Funcionamiento de un variador de frecuencia [15]	15
Figura 2.6: Esquema general de transmisor [18]	16
Figura 2.7: Estructura del sensor capacitivo [20]	16
Figura 2.8: Estructura de un relé electromagnético [21]	17
Figura 2.9: Estructura de un contactor [22]	18
Figura 2.10: Estructura del cilindro de efecto simple [23]	19
Figura 2.11: Estructura del cilindro de efecto doble [23]	19
Figura 2.12: Estructura de un regulador de presión [25]	20
Figura 2.13: Proceso de soldadura [28]	21
Figura 2.14: Gamas de PLC	22
Figura 2.15: Arquitectura de un PLC	23
Tabla 3.4: Datos generales de la máquina	32
Tabla 3.5: Datos generales del motor ORIENTAL	37
Tabla 3.6: Datos generales del motor BONFIGLIOLI	38
Figura 3.16: Envases de 200 ml tipo 2 HDPE	48
Figura 3.17: Envase de 250 ml tipo 2 HDPE	52
Figura 3.18: Envase de 300 ml de tipo 2HDPE	54

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación (3.1).....	31
Ecuación (3.2).....	34
Ecuación (3.3).....	34
Ecuación (3.4).....	38
Ecuación (3.5).....	38
Ecuación (3.6).....	39
Ecuación (3.7).....	40
Ecuación (3.8).....	48
Ecuación (3.9).....	49
Ecuación (3.10).....	49
Ecuación (3.11).....	49
Ecuación (3.12).....	50
Ecuación (3.13).....	51
Ecuación (3.14).....	97
Ecuación (3.15).....	97

INFORMACIÓN GENERAL

Título:

“OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA SELQUI”

Fecha de inicio: abril del 2023

Fecha de finalización: agosto del 2023

Lugar de ejecución: Cotopaxi – Latacunga – Tanicuchi, Calle 10 de agosto

Facultad que auspicia: Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Industrial

Proyecto de investigación vinculado:

Optimización de procesos productivos utilizando métodos y técnicas para el mejoramiento continuo en el sector productivo.

Equipo de trabajo:

Tutor: Ing. MSc. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña

- Cédula de Identidad: 171931050-8
- Celular: 0998976099
- E-mail: freddy.quinchimbla@utc.edu.ec

Estudiante Investigador: Calero Riera Marjori Yadira

- Cédula de Identidad: 055032843-9
- Celular: 0998328091
- E-mail: marjori.calero8439@utc.edu.ec

Estudiante Investigador: Salazar Tixilema Cristian Javier

- Cédula de Identidad: 050410127-0
- Celular: 0958897685
- E-mail: cristian.salazar1270@utc.edu.ec

Área de conocimiento:

07- Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sub - línea de investigación de la carrera:

Calidad, diseño de procesos productivos e Ingeniería de métodos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. RESUMEN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: “OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA SELQUI”

Autores:

Calero Riera Marjori Yadira

Salazar Tixilema Cristian Javier

La finalidad del proyecto se enfocó en la optimización de una máquina comprobadora de fugas que no se encontraba operativa, aplicando el primer y segundo nivel de la pirámide de automatización, se consiguió así una mejora en el control de calidad de envases plásticos aplicando el método diferencial de presión y la implementación de un sistema de conteo automático de los envases aprobados. Para ello se determinó el estado inicial de los sistemas existentes en la máquina y se documentó cada elemento por medio de pruebas eléctricas y neumáticas. De esta manera se tomó la decisión de reutilizar o adquirir nuevos elementos que ayuden con el cumplimiento de la operatividad de la máquina. Se obtuvo que el 68,75 % de los elementos se podían reutilizar y se tuvo que adquirir el 31,25 % de elementos. Sin embargo, para el sistema de conteo fue necesario adquirir el 100 % de los elementos. Se realizó la automatización del proceso de comprobación de fugas y se implementó un sistema de conteo automático con la ayuda de un controlador lógico programable (PLC) de la marca SPECTRA que incluye un panel HMI que ayuda al operario a modificar los tiempos con respecto al tamaño de envase que se vaya a comprobar. Todo el proceso implicó el montaje de los elementos reutilizados y adquiridos en base a los diagramas de conexión, para desarrollar la programación. Al finalizar la automatización se realizaron pruebas con envases de 200 ml donde la máquina tiene una capacidad productiva de diseño de 383 envases por hora y el tiempo de comprobación con relación a una inspección visual se redujo en 9,57 %. En los envases de 250 ml su capacidad productiva por diseño es de 353 envases por hora y el tiempo de comprobación con relación a una inspección visual se redujo en 12,96 %. Finalmente, para envases de 300 ml la máquina posee una capacidad productiva de diseño de 327 envases por hora y el tiempo de comprobación con relación a una inspección visual se redujo en 12,34 %. Así mismo, para garantizar el control de calidad se realizaron pruebas de inspección visual de un lote de envases, en las que hubo 20 envases no conforme. Y el mismo lote de envases comprobados por la máquina presentaron 46 envases no conformes, más de la mitad en relación a la inspección visual, garantizando así una máquina confiable y segura. El sistema de conteo automático eliminó en un 100 % los errores de conteo realizados de forma manual, enviando la cantidad exacta de envases aprobados por paca.

Palabras claves: automatización, PLC, control de calidad, tiempo, producción

ABSTRACT

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES
CARRER OF INDUSTRIAL ENGINEERING

TOPIC: "PLASTIC CONTAINER OPTIMIZATION CONTROL AT SELQUI COMPANY"

Authors:

Calero Riera Marjori Yadira

Salazar Tixilema Cristian Javier

The purpose of the project was focused to optimize an inoperative leak detection machine, applying first and second levels of automation pyramid. This resulted in an improvement quality control of plastic containers by differential pressure method and implementing an automatic counting system for approved containers. To achieve this, initial state of existing systems in the machine was determined, and each element was documented through electrical and pneumatic tests. In this way, the decision to reuse was made or acquire new elements to help achieve machine operability. It was found that 68.75% of the elements could be reused, and 31.25% of elements needed to be acquired. However, for the counting system, it was necessary to acquire 100% of the elements. Automation leak detection process was carried out, and an automatic counting system was implemented with the help of a programmable logic controller (PLC) SPECTRA brand, which includes an HMI panel that assists to the operator modifying times according to container size. The entire process involved assembly of reused and acquired elements based on connection diagrams to develop programming. After completing automation, tests were conducted with 200 ml containers, where machine had a design production capacity of 383 containers per hour, and inspection time compared to visual inspection was reduced by 9.57%. For 250 ml containers, the design production capacity was 353 containers per hour, and the inspection time compared to visual inspection was reduced by 12.96%. Finally, for 300 ml containers, the machine had a design production capacity of 327 containers per hour, and inspection time compared to visual inspection was reduced by 12.34%. Similarly, to ensure quality control, visual inspection tests were conducted on a batch of containers, in which there were 20 non-conforming containers. The same batch of containers tested by the machine showed 46 non-conforming containers, more than half compared to visual inspection, thus ensuring a reliable and safe machine. The automatic counting system eliminated 100% of manual counting errors, sending the exact quantity of approved containers per batch.

Keywords: automation, PLC, quality control, time, production

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“OPTIMIZACIÓN DEL CONTROL DE ENVASES PLÁSTICOS EN LA EMPRESA SELQUI”** presentado por: **Calero Riera Marjori Yadira y Salazar Tixilema Cristian Javier** egresados de la Carrera de **Ingeniería Industrial**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,



**CENTRO
DE IDIOMAS**

Mg. Edison Marcelo Pacheco Pruna

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI. 0502617350

1.2. EL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

En la actualidad las PYMES necesitan estar actualizadas con respecto a la implementación de tecnología en sus procesos, la carencia de la misma genera un incremento en los costos de producción.

La presente investigación hace referencia a las problemáticas que existen al no contar con un control de calidad de fugas en envases, provocando que los envases salgan al mercado de manera defectuosa y estas sean desechadas al medio ambiente y sobre todo la pérdida de credibilidad de los grandes clientes.

La empresa SELQUI cuenta con una máquina comprobadora de fugas que no se encuentra operativa y que cuenta con muchos años de uso, por consecuente la mayoría de los elementos que componen sus sistemas se encuentran obsoletos.

Esta máquina está diseñada para una sola actividad que es comprobar las fugas en los envases plásticos mediante inyección de aire a presión y desechar los defectuosos; los envases aprobados son depositados en un recipiente para que posteriormente el operario realice la actividad de conteo y empaque los envases de forma manual.

El conteo y empaque manual provoca errores al contar las unidades de envases, es decir, que el operario puede empaque más o menos envases de lo establecido.

1.2.2. Formulación del problema

¿La automatización de una máquina comprobadora de fugas permitirá un mejor control en los envases plásticos con respecto a su calidad y el tiempo empleado en la actividad y mejorará el conteo de envases aprobados para su empaque?

1.3. BENEFICIARIOS

Tabla 1.1: Beneficiarios del proyecto

TABLA DE BENEFICIARIOS		
DIRECTOS	Empresa que va a adquirir la máquina	1
INDIRECTOS	SELQUI	4
	Proveedores	15
TOTAL		20

1.4. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto tecnológico se enfoca en optimizar el control de fugas en envases plásticos con respecto a la calidad y el tiempo empleado en la actividad y la mejora del conteo de envases aprobados para su posterior empacado, de una máquina comprobadora de fugas en la empresa SELQUI mediante la automatización de su funcionamiento y la adaptación de un sistema de conteo automático.

SELQUI es una empresa que ofrece servicios de mantenimiento, reparación, diseño, construcción e instalación y automatización de todo tipo de maquinaria, por ende, se propone la automatización de una máquina comprobadora de fugas y el estudio de los beneficios del mismo que permite garantizar una mejora en la funcionalidad del equipo.

El proyecto tecnológico tiene como beneficiarios no solo a la empresa SELQUI por la prestación de sus servicios sino también a la empresa que adquiera la máquina garantizando a ambas partes que la misma va a cumplir con los requerimientos y demandas que solita el cliente.

La automatización de una máquina no solo beneficia al proceso en el que se lo aplica si no también permitirá medir dicho proceso y con ello generar un indicador de producción de la máquina logrando controlar de esta manera el proceso y su posible mejora en el futuro.

1.5. HIPÓTESIS

La optimización de una máquina comprobadora de fugas en envases plásticos y el diseño de un sistema de conteo automático mediante la automatización con un controlador lógico programable en la empresa SELQUI mejorará el control de calidad de los envases y reducirá el tiempo empleado en el proceso de comprobación de fugas y mejorará el conteo de envases aprobados.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. Objetivo general

Optimizar una máquina comprobadora de fugas en la empresa SELQUI para un mejor control de calidad de envases plásticos la reducción del tiempo empleado en la actividad y mejora en el conteo de envases aprobados.

1.6.2. Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual de una máquina comprobadora de fugas para su posibles cambios, reemplazos e implementación de sistemas y/o elementos.

- Automatizar el proceso de comprobación de fugas e implementar un sistema de conteo automático mediante el uso de un controlador lógico programable.
- Realizar un análisis del funcionamiento de una máquina comprobadora de fugas para la determinación de la mejora del control de calidad la reducción del tiempo empleado en la actividad y la mejora del conteo de envases aprobados mediante un sistema de conteo automático.

1.7. Sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Tabla 1.2: Sistema de tareas

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
Diagnosticar el estado actual de una máquina comprobadora de fugas para su posibles cambios, reemplazos e implementación de sistemas y/o elementos.	<ul style="list-style-type: none"> • Chequeo de los sistemas y elementos que componen la máquina. • Desmontaje de los elementos de la máquina. • Pruebas de funcionamiento de los elementos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tablas de pruebas de funcionamiento con sus diagramas de conexión. • Resumen del estado actual de la máquina. • Tabla los elementos funcionales y defectuosos • Tabla de los nuevos elementos a utilizar 	<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del estado de cada uno de los elementos mediante: multímetro, fuente de alimentación, compresor y herramientas de desmontaje. • CADe_SIMU • FluidSIM
Automatizar el proceso de comprobación de fugas e implementar un sistema de conteo automático mediante el uso de un controlador lógico programable.	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de los sistemas: de control, eléctrico, neumático y mecánico. • Montaje físico de los sistemas. • Programación del PLC 	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de acoplamiento y conexión de sistemas. • PLC programado y configurado. • Estructura de la mesa para el sistema de conteo. 	<ul style="list-style-type: none"> • CADe_SIMU • FluidSIM • Software XC Series Program Tool V3.3Q • AutoCAD • Inventor • Herramientas de montaje
Realizar un análisis del funcionamiento de una máquina comprobadora de fugas para la determinación de la mejora del control de calidad la reducción del tiempo empleado en la actividad y la mejora del conteo de envases aprobados mediante un sistema de conteo automático.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de un diagrama de flujo. • Pruebas de funcionamiento de control de calidad • Pruebas de funcionamiento del sistema de conteo. • Arquitectura general de la máquina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de flujo de la máquina. • Tablas de pruebas • Arquitectura de la máquina • Determinación de producción por hora. 	<ul style="list-style-type: none"> • Visio • Excel • Medición tiempos

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

Aquí se muestran algunos trabajos de titulación con el tema similar de investigación los que justificarán el presente proyecto.

Ivonne Pambay y Josselyn Pumalema en su trabajo de titulación **“Repotenciación de una máquina para elaborar objetos de plástico mediante un control automatizado”** de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. En el trabajo de titulación se plantea como objetivo principal Repotenciar una máquina para elaborar objetos de plástico mediante un control automatizado, en donde se manifiesta que mejorará la producción, demostrada a través del estado técnico de la máquina. Se deduce que la repotenciación de la máquina ha aumentado su estado técnico en un 41.2%, debido al mejoramiento de cada uno de los sistemas de la máquina y de sus respectivos componentes, rechazando de esta forma la hipótesis nula y quedando comprobada la hipótesis planteada. Obteniendo un resultado en el que se aplicaron métodos inductivo y analítico, con técnicas graficet para el diseño del proceso y el análisis comparativo de la ficha técnica anterior y actual de la máquina, observándose que el rendimiento anterior era de 57.9% mientras que el actual, con la repotenciación efectuada, alcanzó un rendimiento de 99.1%, logrando mejorar su eficiencia pudiéndose verificar al haber obtenido el producto final (botella plástica) con características de calidad deseadas.[1]

David Ojeda y Marcelo Ochoa en su trabajo de titulación **“Repotenciación y Automatización de una Envasadora de líquidos vertical para la corporación Bimarch Cía. Ltda.”** de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba – Ecuador. En su trabajo de titulación plantean como objetivo principal Repotenciar y automatizar una envasadora de líquidos vertical para la Corporación Bimarch Cía. Ltda., en la que se manifiesta que dentro del sector industrial, la implementación de este proyecto resulta en la alternativa más viable para el inicio de las actividades económicas de la Corporación Bimarch Cía. Ltda., ya que, permitirá a la envasadora tener una productividad mayor a la maquinaria de su época y acercarse a la productividad que mucha maquinaria moderna presenta, además, permitirá obtener una mayor cantidad de 5 producto terminado en el mismo tiempo de lo que se realizaría manualmente, manteniendo un estándar de calidad con poca variabilidad. [2]

Israel Pachacama en su trabajo de titulación **“Automatización de una extrusora de plástico para incrementar la capacidad de producción de manguera de uso eléctrico”** de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga – Ecuador. En su trabajo de titulación plantea

como objetivo principal Automatizar una máquina extrusora de plástico para incrementar la producción de manguera utilizada en instalaciones eléctricas mediante equipos eléctricos y electrónicos en la empresa Ingytep ubicada en la parroquia de Uyumbicho – Cantón Mejía, en donde la máquina extrusora de plástico no cuenta con un sistema que permita controlar de manera eficiente el proceso de fabricación de manguera de uso eléctrico, por tal razón la máquina presenta productividad de manguera baja, y en el cual se plantea dar solución a este problema incorporando un control adecuado en la máquina extrusora de plástico utilizando equipos eléctricos y/o electrónicos, para que la máquina incremente su capacidad de producción. La máquina extrusora realizaba un rollo de manguera de 1 pulgada en aproximadamente 25 minutos, con la adquisición de la instrumentación industrial y el autómeta programable, actualmente se puede fabricar la manguera de 1 pulgada en 20 min, obteniendo así el 20 % de incremento en producción de manguera para instalaciones eléctricas. [3]

2.2. Marco Referencial

2.2.1. Historia de la automatización

La automatización se ha empleado desde la Prehistoria aprovechando el uso de la fuerza animal que ayudaba al ser humano a ejecutar trabajos complejos en los que se necesitaba una fuerza adicional como la elaboración de herramientas para la caza, confección, construcción o agricultura, con el tiempo esta fuerza fue reemplazada con energías renovables como la energía eólica e hidráulica que dio paso a la invención de las denominadas máquinas simples. [4]

El termino autómeta hace referencia a las máquinas que son accionadas por mecanismos combinados y minuciosamente elaborados impulsados por una fuente de energía generando la posibilidad de que estos imiten movimientos animados, cada vez más parecidos a los humanos. [5]

2.2.2. Principios de la automatización

El principio de la automatización como tal comienza con la aparición de la máquina a vapor de simple efecto en 1765 inventada por James Watt. La automatización en la industria comienza con la introducción de máquinas para producir grandes cantidades o en masa y para esto fue necesaria la división de trabajo en tareas más pequeñas y sencillas. [5]

2.2.3. Automatización

Se define como un conjunto de métodos y procedimientos en los que intervienen diferentes elementos eléctricos y electromecánicos como: motores, relés, temporizadores, sensores,

contadores, etc., que son controlados mediante un software para crear instrucciones y procesos que reemplacen o reduzcan la interacción humana. [6]

Dentro de la automatización interviene la tecnología la cual ayuda a controlar las variables de un proceso en las que actúan entradas y salidas de un proceso, mejorando la producción y reduciendo el coste.

2.2.3.1 Objetivos de la Automatización

Durante las últimas décadas la automatización ha tenido una tendencia de crecimiento progresiva en procesos industriales productivos de todo tipo, esta tendencia ha sido posible gracias al desarrollo de la tecnología. [7]

Objetivos que persigue la automatización de procesos de producción

- Mejorar la calidad y mantener un nivel de calidad uniforme
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso
- Mejorar la productividad y reducir costes
- Hacer más flexible el sistema productivo (facilitar los cambios de la producción)

2.2.3.2 Niveles de automatización

Los niveles de automatización constituyen una visión teórico-visual para conocer lo que implica un proceso de automatización y la integración con la tecnología.



Figura 2.1: Pirámide de la automatización

2.2.4. Fugas

Una fuga puede considerarse como todo tipo de salida accidental de un gas, líquido o vapor por un orificio visualmente perceptible o no al ojo humano de un recipiente, contenedor, canal, tubería o sistema de impulsión. [8]

2.2.4.1 Tipos de Fugas

Las fugas generalmente pueden ser de gases, líquidos o de las dos al mismo tiempo (gases y líquidos) que están denominadas como bifásicas, como se muestra en la siguiente figura:

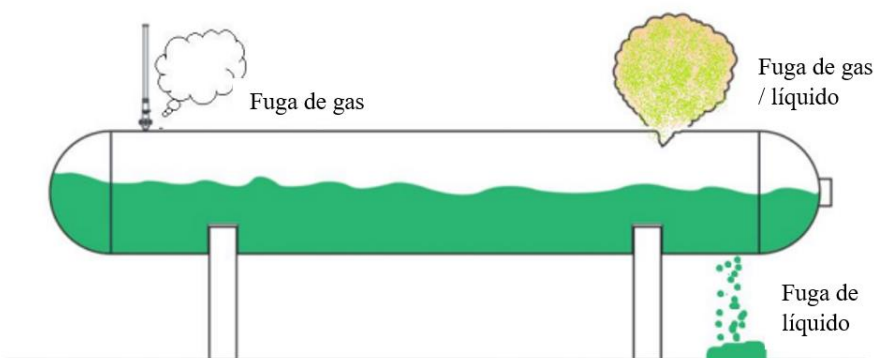


Figura 2.2: Tipos de fugas

- **Fugas de líquido:** es cuando una sustancia se escapa de un contenedor mientras esta aun es líquida
- **Fugas de gas/vapor:** son sustancias que se escapan de un contenedor mientras este aún está en estado gaseoso.
- **Fugas bifásicas:** son mezclas de gas y líquido obtenidos usualmente del resultado de una ebullición de una sustancia líquida. [9]

2.2.5. Estanqueidad

Las estanqueidades o también conocida como ensayo de fugas, tiene como objetivo principal detectar las fugas no deseadas, asegurando de esta manera la ausencia de las mismas en cualquier tipo de sistema en los que comúnmente intervienen fluidos que se encuentra a una presión igual o diferente a la atmosférica, lo cual permite ofrecer un servicio óptimo de un proceso o sistema y en ciertas ocasiones generan un compromiso con el medioambiente. [10]

2.2.6. Proceso de estanqueidad en envases plásticos

El proceso de estanqueidad en envases plásticos es minuciosamente más delicado ya que usualmente estos son diseñados o fabricados para contener todo tipo de fluidos usualmente de

consumo humano, por este motivo existen diferentes tipos de pruebas a los que se ven sometidos dando garantía a un producto final de calidad y en las mejores condiciones.

2.2.6.1 Detección por diferencial de presión

Esta prueba nos permite inyectar aire comprimido en el interior del envase con el objetivo de que el aire se mantenga con su mismo valor de entrada durante un tiempo determinado, procurando que durante el trabajo no exista una deformación o rompimiento del envase. Esto permite recibir una señal del valor medido para registrarlo y compararlo con el valor de salida del mismo. [10]

Este método se enfoca principalmente en el control de calidad de la fabricación de envases por este motivo es usado en la mayor parte de las industrias para detectar microporosidades de 0.05 mm de diámetro en adelante es decir imperceptibles al ojo humano. [10]

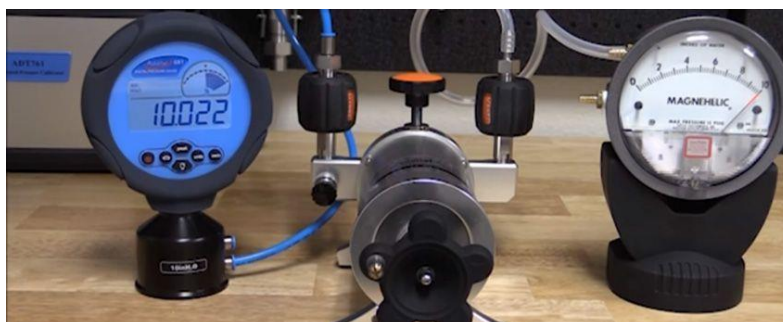


Figura 2.3: Prueba por diferencial de presión [11]

2.2.6.2 Prueba por inmersión

Esta prueba está diseñada para verificar envases completamente herméticos o sellados, para esta prueba el envase debe ser sumergido en una película de agua y estos no deben liberar el aire contenido dentro de los mismos. Aunque esta prueba pueda resultar económica no es recomendable por el riesgo de contaminación del envase sobre todo cuando se trata de envases para el ámbito alimenticio. Un punto importante es que la prueba no detecta porosidades interiores del envase. [10]

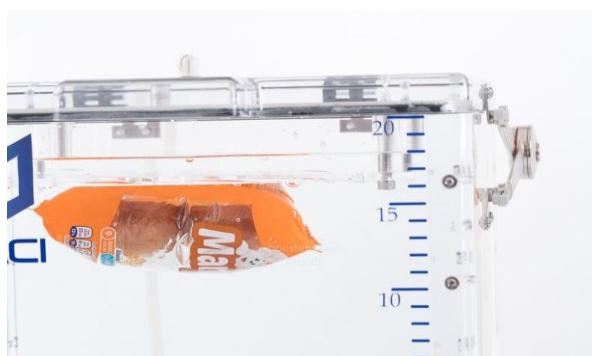


Figura 2.4: Prueba por inmersión [12]

2.2.6.3 Prueba por electrodos

Esta técnica es la más precisa, pero al mismo tiempo la más costosa, consiste en aplicar un diferencial de voltaje del orden Kilo voltios (KV) entre dos electrodos separados por el material, se determina si el material presenta porosidad si se genera arco entre dos electrodos al momento de la prueba, son implementados en industrias que requieren que no haya ningún tipo de contaminación en la prueba de estanqueidad. Esta técnica es usada para microporosidades de 0.001 mm de diámetro en adelante. [10]

2.2.7. Envases plásticos

Los envases plásticos son productos fabricados con polímeros plásticos, su función principal es contener líquidos, semisólidos y sólidos, estos se fabrican teniendo en cuenta el tipo de producto que va a contener en su interior para que estos no se degraden después en el proceso de envasado.

Además de ser excelentes aislantes térmicos y eléctricos con buena resistencia a ácidos, álcalis y solventes, los plásticos se distinguen por su alta relación resistencia-densidad. Los plásticos se dividen en estos dos grupos según la plasticidad como resultado de un aumento de temperatura.

2.2.7.1 Termoplásticos

Los termoplásticos son polímeros lineales que no están reticulados; son solubles en algunos solventes orgánicos; pueden derretirse; y como resultado, son reciclables. Estos plásticos particulares se vuelven sólidos a bajas temperaturas y fluyen como líquidos viscosos a altas temperaturas.








2.2.7.2 Termoestables

Los termoestables son sustancias que desarrollan un estado final entrecruzado que los vuelve insolubles e infusibles. Cuando se aplica calor, estos plásticos se derriten; a medida que aumenta el calor, los plásticos se solidifican. Aunque más frágiles que los termoplásticos, estos polímeros suelen ser más resistentes.

2.2.8. Tipos de envases plásticos

Los envases plásticos establecidos de conformidad con el código internacional de Identificación para los materiales termoplásticos tomadas de la norma RTE INEN – 100 son las siguientes:

Tabla 2.3: Identificación de plásticos según la norma RTE INEN – 100

Características	Identificación
Tereftalato de polietileno (PET o PETE). Envases muy transparentes, delgados, verdes o cristal, punto al centro del fondo del envase: para bebidas, aceite comestible, agua purificada, alimentos y aderezos, medicinas, agroquímicos, etc.; bolsas de hervir ahí mismo el alimento congelado y bandejas para comidas calentadas en microondas.	
Polietileno de alta densidad (HDPE). Envases opacos, gruesos, de diversos colores, rígidos, con una línea a lo largo y fondo del cuerpo: de cloro, suavizantes, leche, cubetas, envases alimentos, bolsas para basura, botellas para detergente o blanqueadores, y botellas para aspirinas, etc.	
Vinilo (Cloruro de polivinilo o PVC). Envases transparentes, semidelgados, con asa y una línea a lo largo y fondo del envase: de shampoo, agua purificada, etc. También usado para mangueras, juguetes, tapetes, empaques para carnes, etc.	
Polietileno de baja densidad (LDPE) PEBD. Principalmente usado para película y bolsas, de tipo transparente, aunque se puede pigmentar, de diversos calibres y también se usa para tubería, bolsas para vegetales en supermercados, bolsas para pan, envolturas de alimentos y otros.	
Polipropileno (PP). Plástico opaco, translúcido o pigmentado, empleado para hacer película o bolsas, envases, jeringas, cordeles, rafia para costales y sacos, incluye envases para yogurt, botellas para champú, potes, botellas para almíbar, recipientes para margarina, etc.	
Poliestireno (PS). Hay dos versiones, el expansible o espumado (unicel o nieve seca) y el Cristal, empleado para fabricar cajas, envases y vasos transparentes pero rígidos. Incluye tazas para bebidas calientes, envase para comidas rápidas, cartones para huevos y bandejas para carnes	
Otros. Todas las demás resinas de plástico o mezclas de las indicadas arriba en un mismo producto. Estos plásticos representan aproximadamente el 4% de todos los plásticos. Recipientes de plástico (agua, leche, jabón, jugo, etc.).	

2.2.9. Sistemas de Automatización

Consisten en una serie de dispositivos diseñados para gestionar operaciones en equipos y/o procesos industriales minimizando la participación del operador. Entre los sistemas que intervienen están: sistema eléctrico, neumático, mecánico y de control.

2.2.9.1 Sistema eléctrico

Se define un sistema o circuito eléctrico como aquellos componentes conectados entre sí donde fluye la corriente eléctrica, estos componentes pueden permitir o no el paso de la corriente eléctrica transportando energía desde un punto de alimentación hasta el punto de dispendio. [13]

- **Circuito de potencia:** en ese tipo de circuito la energía es transportada directamente a los actuadores que generan movimiento de trabajo en la máquina.
- **Circuito de mando:** es un circuito cerrado capaz de controlar, ordenar y medir variables, también permite la protección del circuito y la seguridad del personal.
- **Circuito de iluminación:** es la iluminación del lugar e iluminación temporal de algunos elementos cuando están en funcionamiento, ayuda al operario a identificar alertas en el sistema.

Motor eléctrico

Los motores eléctricos suelen convertir la energía eléctrica en energía mecánica que se utilizan para alimentar diversos equipos y se conectan a las instalaciones eléctricas con los componentes adecuados y necesarios. [14]

Variador de frecuencia

La función de este elemento es cambiar la frecuencia de la fuente de alimentación, el variador de frecuencia arranca con una velocidad de inicio hasta una llegar a una velocidad final programada por en un tiempo determinado desacelerando la frecuencia hasta llegar a (0Hz), este elemento también permite decidir sobre el sentido de giro del motor. [15]

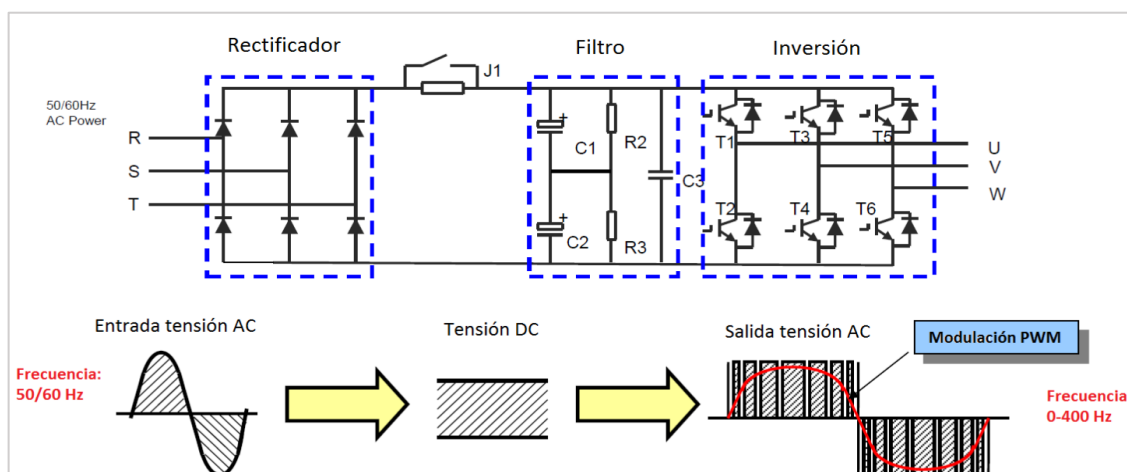


Figura 2.5: Funcionamiento de un variador de frecuencia [15]

2.2.9.2 Sistema de Control

Es un conjunto de dispositivos que cumplen con una extensa variedad de ordenes ya que estos están encargados de administrar, dirigir, ordenar o regular el comportamiento de otro sistema ofreciendo una funcionalidad exitosa. [16]

Estos dispositivos pueden ser mecánicos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos y están determinados por el objetivo a lograr, el sistema debe tener en cuenta la variable a controlar, el actuador que lo va a ejecutar y el set- point o punto de referencia del que se va a partir. [17]

Sensor

Es un dispositivo que detecta un cambio en el entorno a algunas propiedades de tipo eléctrico, mecánico, magnético, químico etc., dando una señal de tipo voltaje medible o en digital lo que ayuda a gestionar las variables mediante lecturas y toma de decisiones en procesos automatizados industriales. Cuando a un sensor le añade un dispositivo que recibe la señal, entonces se denomina transductor. [18]

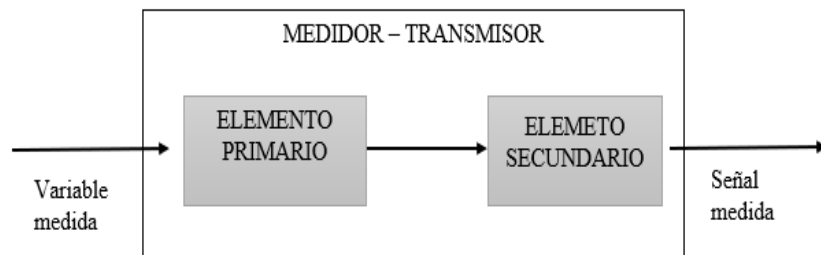


Figura 2.6: Esquema general de transmisor [18]

Sensor capacitivo

El sensor genera una variación en la tensión en las dos armaduras (sensor + objeto), es más preciso ubicarlo en paralelo. Estos sensores ayudan a detectar objetos metálicos y no metálicos a distancias de 1 mm y 50 mm en base a las características del objeto. [19]

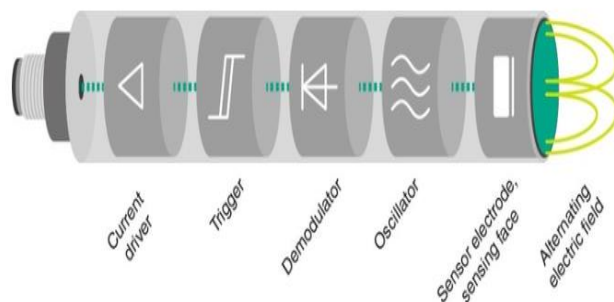


Figura 2.7: Estructura del sensor capacitivo [20]

Selector

Es un conmutador de varias posiciones ayudan a abrir o cerrar un contacto o el paso de la corriente eléctrica de forma manual. Diseñado para realizar infinidad de condiciones dentro del campo de control.

Paro de emergencia

Es dispositivo eléctrico que corta la corriente eléctrica de forma manual en caso de producir un caso de emergencia, tiene la capacidad de parar toda la máquina, esta debe estar a la vista y alcance de cualquier persona.

Luz piloto

Dispositivos eléctricos que permiten determinar si una máquina, motor o circuito se encuentra en funcionamiento o apagado. Generalmente se usan dos tipos de luces, el color verde es para indicar que se encuentra en funcionamiento y el color rojo indica que está apagado.

Relé electromagnético

Dispositivo electromecánico que se acciona por electroimán para activar uno o varios contactos para abrir o cortar el paso de la corriente eléctrica. Ayuda a controlar salidas de mayo potencia que el mismo se puede considerarlo como un amplificador eléctrico. El relé posee contactos NA/NC su función es abrir o cerrar los circuitos.

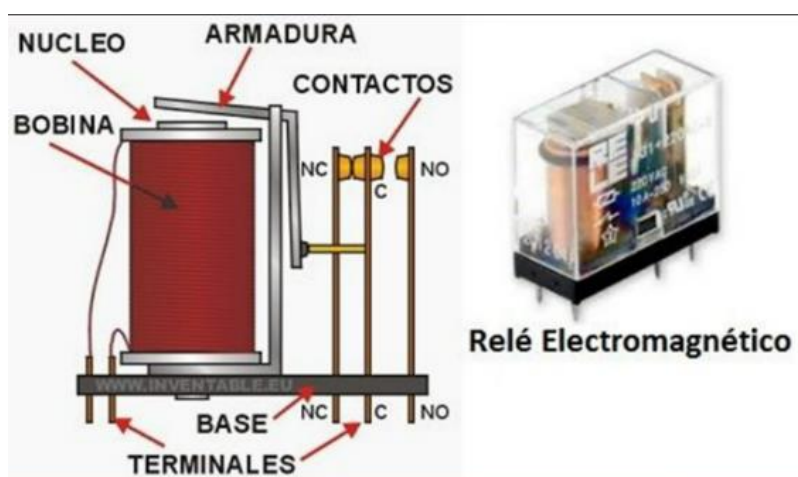


Figura 2.8: Estructura de un relé electromagnético [21]

Contactador

Dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor al paso de la corriente eléctrica. Ayudan a controlar un motor y también como una especie de protección, pueden ser manipulados a larga distancia mediante un controlador lógico programable.

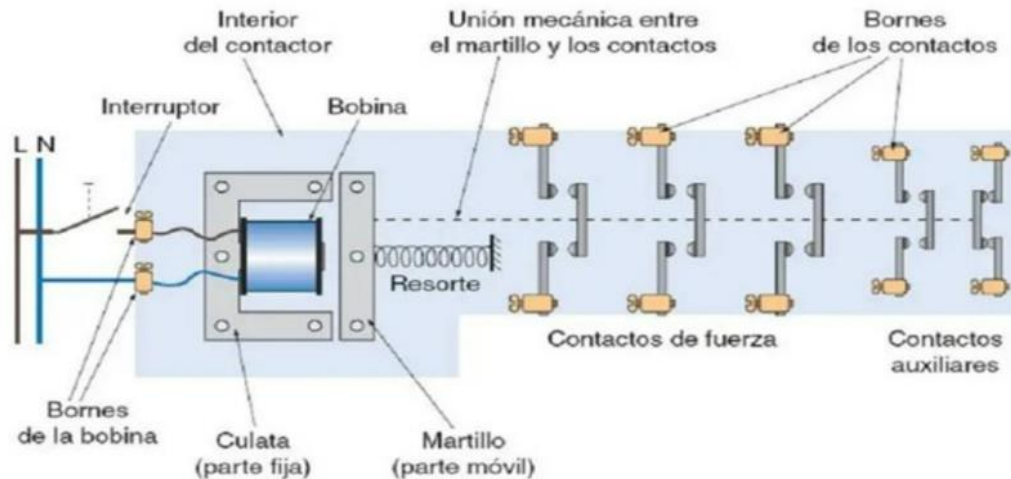


Figura 2.9: Estructura de un contactor [22]

Breaker trifásico

Dispositivo eléctrico diseñado para evitar daños en un circuito a causa de una sobrecarga de energía o cortocircuito. Su objetivo es cortar la corriente eléctrica de manera inmediata al percibir una falla dentro de todo el circuito por alguna causa.

2.2.9.3 Sistema Neumático

Un sistema o circuito neumático se puede definir como un conjunto de actuadores, válvulas y conductos que juntos son capaces de realizar una función específica.

El sistema neumático es una tecnología que puede poner en marcha y operar accionamientos y mecanismos, normalmente utilizados en la automatización de procesos, mediante la transmisión de energía mediante aire comprimido. [23]

Sensor de presión

Es un instrumento que dispone de un sensor que mide la presión en tiempo real (utilizando distintos principios de fundamentos) para convertir la información en una señal que pueda ser procesada. [24]

Tipos de medida de presión

- **Presión absoluta:** mide la presión relativa a una cámara de referencia.
- **Manometría:** se utiliza para medir la presión relativa a la presión barométrica actual.
- **Presión Relativa Normalizada:** Mide la presión relativa a una presión fija, no relativa a la presión atmosférica existente.

- **Presión diferencial:** determina la diferencia entre dos presiones y se puede utilizar para medir la caída de presión, el nivel y el caudal. [24]

Pistón neumático

También conocido como cilindro neumático es un dispositivo mecánico que genera energía y movimiento a través del aire comprimido, convirtiendo la energía potencial del aire comprimido en energía cinética.

Cilindro de simple efecto

Los cilindros de simple efecto reciben su nombre de la configuración que adoptan donde solo reciben aire comprimido, por un lado, por lo que solo pueden transferir potencia del otro lado en el que recibe el aire, funcionan en una dirección. Se empujan para desplazar grandes masas o para realizar movimientos a alta velocidad. [23]

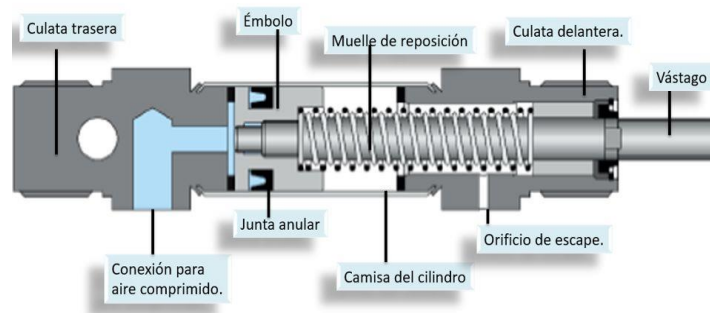


Figura 2.10: Estructura del cilindro de efecto simple [23]

Cilindro de doble efecto

Los cilindros de doble efecto tienen dos conexiones de aire comprimido. El primero se usa para suministrar aire al cilindro y el segundo se usa para descargar el cilindro, así que pueden trabajar en ambos sentidos. [23]

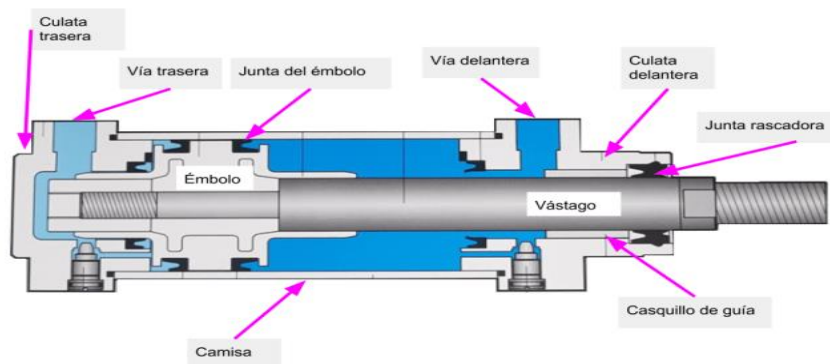


Figura 2.11: Estructura del cilindro de efecto doble [23]

Electroválvulas

Está diseñada para controlar el paso de fluido a través de una línea o tubería. La válvula es movida por una válvula solenoide. En general, tiene solo dos tipos de posiciones: abiertas y cerradas, o ninguna, se utilizan en muchas aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

Válvula senoidal

Es un dispositivo que opera o se detiene para abrir o cerrar un pasaje, permitiendo o bloqueando el flujo de aire, agua, gas, combustible o vapor consta de un control unidireccional es decir de una sola vía, es muy fácil de instalar y mantener en comparación a otras válvulas, es eficiente para controlar líquidos limpios.

Regulador de presión

Los reguladores de presión son dispositivos de control de flujo diseñados para mantener una presión constante. Debe ser capaz de mantener la presión sin verse afectado por cambios en las condiciones de operación de su proceso de trabajo, garantizando un buen rendimiento operativo de los equipos de suministro de gas. (28)

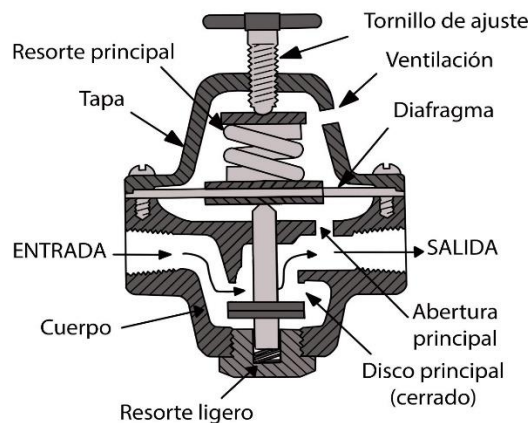


Figura 2.12: Estructura de un regulador de presión [25]

Manómetro de Bourdon

Es el instrumento más utilizado para la medir la presión, este consiste en un tubo hueco cuervo con un extremo conectado a la presión a medir y el otro extremo sellado, a medida que aumenta la presión el tubo tiende a estirarse y doblarse, lo que provoca el movimiento de la articulación a la que está unido. [26]

2.2.9.4 Sistema Mecánico

Un sistema mecánico es un conjunto de componentes, elementos y dispositivos físicos móviles que trabajan en conjunto y que convierten una fuerza de entrada en una de salida con el objetivo de transmitir energía a través de las fuentes utilizadas para producirla, en otras palabras, un sistema mecánico aumenta o disminuye una fuerza o movimiento. [27]

2.2.10. Acero inoxidable

Es una combinación de excelente resistencia a la corrosión y alta resistencia mecánica a bajas y altas temperaturas, es bueno para forjar, fundir, soldar, etc. Por su capacidad y buen aspecto estético, el acero inoxidable tiene una amplia gama de aplicaciones: química, petroquímica, energética. Industria, por ejemplo, desulfuración de gases de combustión, industria alimentaria, transporte, construcción, ingeniería civil, desalinización. [28]

2.2.11. Soldadura

La soldadura es la unión o fusión de piezas usando calor o compresión para que las piezas formen un solo elemento. La fuente de calor en la soldadura suele ser la llama del arco generada por la fuente de corriente de soldadura. [28]

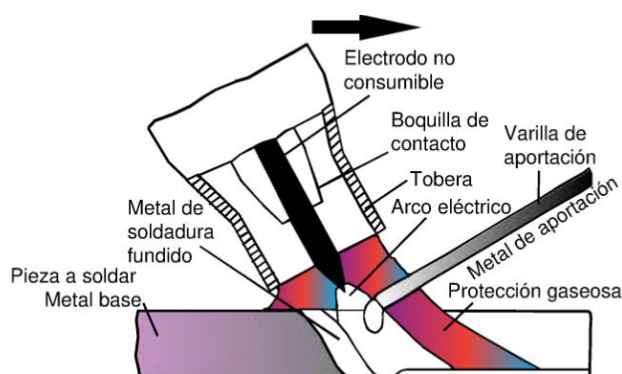


Figura 2.13: Proceso de soldadura [28]

2.2.11.1 Soldadura TIG o GTAW para acero inoxidable

La TIG (Tungsten Inter Gas) es un proceso adecuado para soldar acero inoxidable. En este caso, se forma un arco entre un electrodo de tungsteno (Volframio) no utilizable y el metal base en una atmósfera protectora creada por un gas inerte (generalmente argón) para proteger el metal de soldadura fundido del aire circundante. Si es necesario, se puede agregar metal de aporte, alimentado manual o automáticamente en el arco en forma de alambre o varilla para fundirlo, cuyas gotas caen en el baño fundido. [29]

2.2.11.2 Soldadura MIG o GMAW para acero inoxidable

En el procedimiento MIG (Metal Inert Gas), utilizando mezclas de gases inertes como gases de protección, y MAG (Metal Active Gas), utilizando mezclas con gases reactivos, se formará un arco entre el electrodo consumible en contacto con los alambres y la pieza de trabajo o el metal base a soldar. A menudo se utilizan pequeñas cantidades de gases reactivos, como dióxido de carbono, oxígeno e hidrógeno, para lograr un mejor efecto y estabilidad del arco, así como una mejor humectación de la soldadura. [29]

2.2.12. Controlador Lógico Programable (PLC)

El PLC es un controlador programable industrial basado en un microprocesador que puede programarse en un lenguaje diferente al código informático y su objetivo es controlar procesos secuenciales en tiempo real y en un entorno industrial, actuando sobre la información recibida de los sensores y enviando decisiones a los actuadores. [30]

La unidad central de procesamiento (CPU), la memoria y el sistema de entrada y salida (E/S) son sus componentes principales. Con la ayuda de las instrucciones del programa, la CPU gestiona todo el control interno y externo del controlador lógico programable. [30]

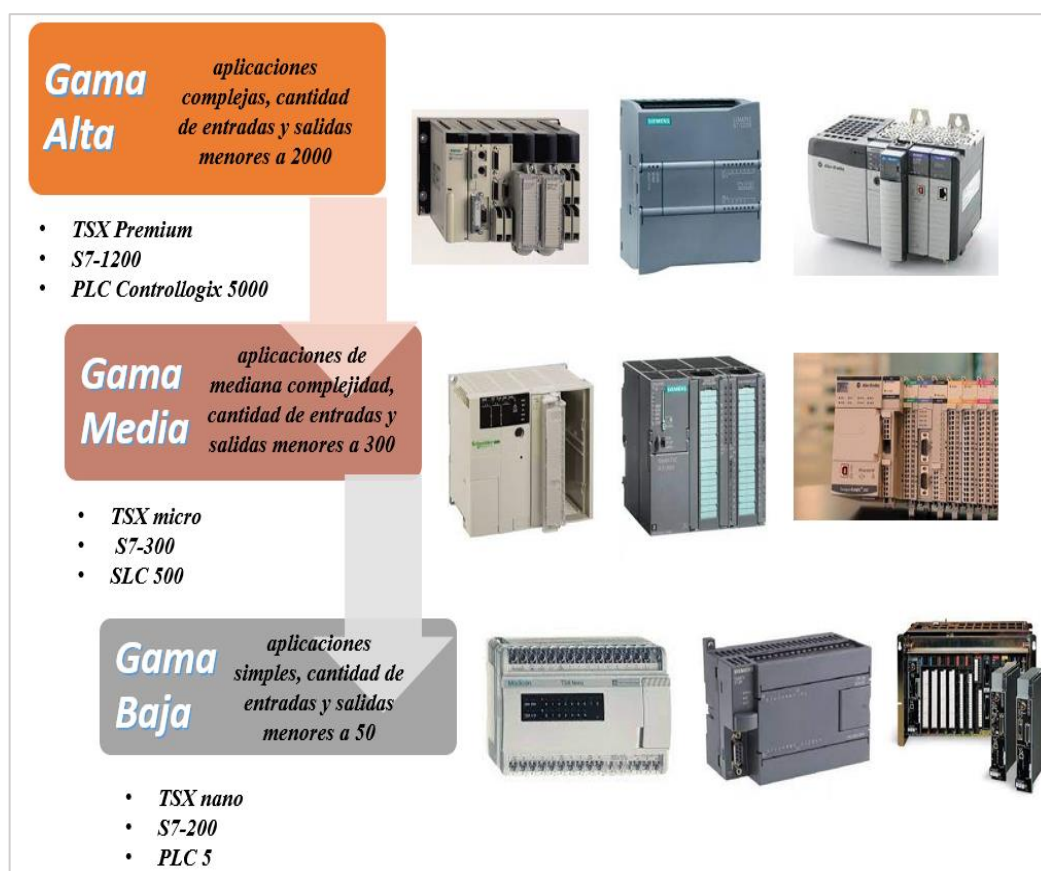


Figura 2.14: Gammas de PLC

2.2.12.1 Estructura básica del PLC

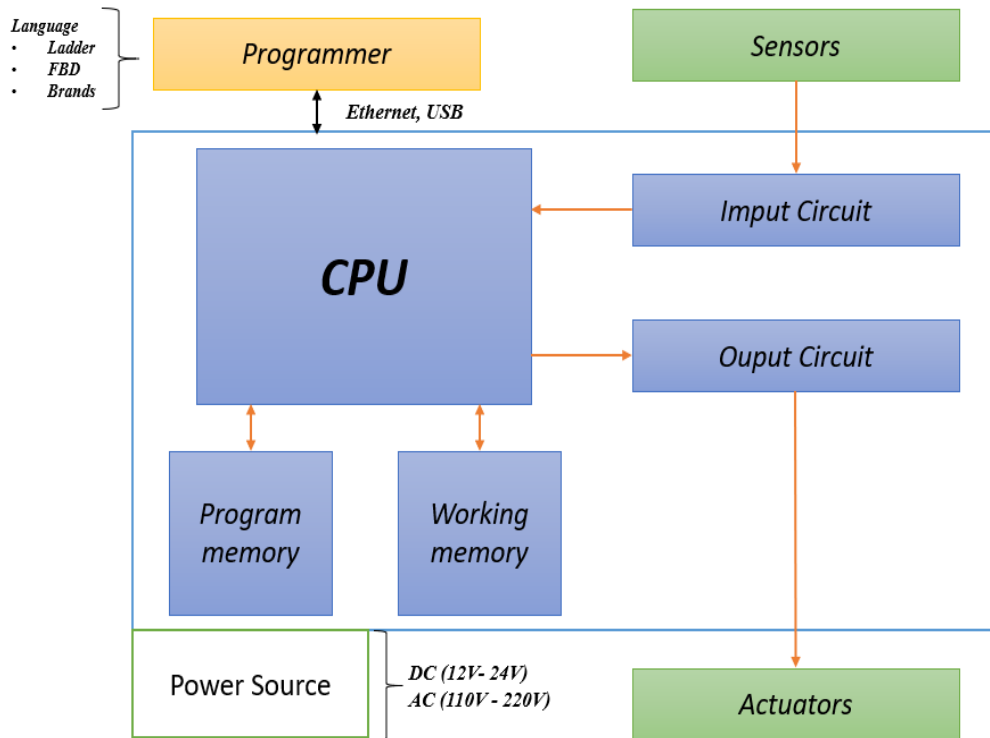


Figura 2.15: Arquitectura de un PLC

- **Fuente de alimentación:** el propósito es proporcionar electricidad a la CPU y otras tarjetas de acuerdo con la configuración del PLC.
- **La unidad central de procesamiento (CPU):** también conocida como el "cerebro" del controlador, es el componente más importante y crucial de los controladores programables.
- **Módulos de entradas digitales o analógicas:** se pueden utilizar para conectar pulsadores, fines de carrera, fotocélulas, detectores y transmisores, etc.
- **Módulos de salidas digitales o analógicas:** son a los que se conectan bobinas de contactores, electroválvulas y elementos finales de control como válvulas.

2.2.12.2 Ventajas del PLC

Los beneficios prácticos de un PLC incluyen:

- Gastos de mantenimiento reducidos y confiabilidad mejorada del equipo.
- Menor costo.
- Reducción de los tiempos de respuesta gracias a un mantenimiento económico.
- Se dedica menos tiempo a la elaboración de procesos.

- Cambia el orden de los eventos sin cambiar la infraestructura que ya ha implementado un proceso.
- Facilidad comunicación con diferentes softwares.

2.2.12.3 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación son importantes para tener una óptima comunicación entre el operario o programador y el PLC. Esta comunicación se realiza por medio de un software y protocolos de comunicación los más comunes son ethernet y una interfaz hombre-máquina que permite al operario comunicarse con el PLC.

Los lenguajes de programación según la Comisión Electrotécnica Internacional IEC 61131 clasifican en dos tipos o ramas, el primero de tipo gráfico y el segundo de tipo textual. El lenguaje gráfico se puede encontrar lenguajes como LD, SFC Y FBD, mientras que en el lenguaje textual están los lenguajes ST e IL.

2.2.12.4 Tipos de lenguajes de programación para un PLC.

a) Lenguaje Ladder (LD)

Uno de los lenguajes más populares entre la comunidad de PLC y fáciles de utilizar por su algoritmo se basa en esquemas de control eléctrico; tiene un parecido a estructural a una escalera con líneas horizontales que representan contactos y líneas verticales a sus lados corre dos relés verticales.

b) Lenguaje Diagrama de Bloques Funcionales (FBD)

Es un lenguaje que describe una gráfica en bloque de función de proceso entre las variables de entradas y las variables salidas, esta conectadas por líneas de conexión. En este tipo de lenguaje las variables no se conectan entre sí.

c) Instrucciones Estructuradas (ST)

Este lenguaje se basa en una sintaxis similar a la de los lenguajes de programación convencionales, como C o Pascal. Permite una mayor flexibilidad en la programación y es ideal para realizar cálculos complejos y manipulación de datos.[31]

2.2.13. Comprobador de fugas en envases plásticos

Esta máquina está diseñada como su nombre lo indica para comprobar fugas en envases plásticos por medio de una prueba de estanquidad que utiliza el método de diferencial de presión

que consta en que la presión de aire de entrada se compara con la presión de aire de salida determinando si existe una diferencia o no entre las mismas.

Se refiere a que inyecta una cantidad específica de aire dentro del envase dependiendo de su tamaño por un tiempo determinado y si el valor de la presión de aire inyectado en el envase se mantiene constante durante ese tiempo el envase no tiene ningún tipo de fugas, caso contrario al existir una fuga la presión del aire que se inyecta en el envase disminuye, en ambos casos se envía una señal al PLC donde la programación está realizada para desechar un envase que no haya cumplido con la presión especificada o dejar seguir el envase a la siguiente etapa.

2.2.14. Presión

La presión se define como la fuerza que un líquido o gas ejerce sobre una superficie. Su medida se basa en el exterior por unidad de área. Las unidades utilizadas son: pascal (Pa), bar (bar), N/mm² o psi (libras por pulgada cuadrada). [24]

2.2.15. Mejora de la producción

Para poder competir en el mundo actual es necesario mejorar de forma continua la productividad, saber gestionar el conocimiento, estar aptos para los cambios constantes, mejorando la calidad del producto satisfaciendo las necesidades y expectativas del cliente. [32]

De modo que para mejorar la productividad se logra organizando y gestionando de manera clara y contundente todos los procesos de la empresa, correspondiente a la línea de control total de calidad TMQ e implantando de forma correcta y adecuada. [32]

2.2.16. Productividad

Es un indicador de eficiencia que mide la capacidad de producción de bienes o servicios, con el objetivo de optimizar recursos para obtener resultados positivos. [33]

Implica la mejora del proceso productivo que relaciona lo producido (salidas o producto) y los recursos utilizados (entradas o insumos). [34]

2.2.17. KPI

Los indicadores de proceso de producción o *Key Performance Indicator* por sus siglas en inglés, miden el nivel de desempeño de una empresa o unidad dentro de las áreas de recursos (eficiencia), producción (efectividad), productos o sistemas defectuosos (calidad), los indicadores de proceso de producción son utilizadas para cuantificar objetivos del rendimiento planteado por una empresa. [35]

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

3.1. METODOLOGÍA

3.1.1. Tipo de investigación

Para desarrollar el siguiente proyecto se utiliza la investigación descriptiva la cual proporciona respuestas a las preguntas quién, dónde, cuándo y cómo, al mismo tiempo que recopila datos cuantitativos para usar en el análisis de datos.

3.1.2. Método de investigación

Para esto se emplea la metodología *waterfall*, también conocida como modelo en cascada, es un enfoque secuencial y lineal que proporciona una orientación estructurada y predecible para la gestión y desarrollo de proyectos. Se basa en una serie de fases ordenadas en las que cada fase debe completarse antes de que pueda comenzar la siguiente, de esta manera ayuda al seguimiento y control del proyecto.

3.1.3. Técnica de investigación

Basada en la metodología *waterfall* se emplea las siguientes técnicas:

3.1.3.1 Estructura secuencial

Cada fase del proyecto se inicia solo después de que se haya completado la fase anterior. No se permite retroceder a fases anteriores una vez que se ha progresado hacia adelante.

3.1.3.2 Documentación

Cada etapa debe ser completamente documentada antes de pasar a la siguiente fase. La documentación es una parte fundamental de esta metodología y ayuda a mantener el control del proyecto.

3.1.3.3 Progreso lineal

El proyecto avanza de manera progresiva y lineal, lo que significa que cada fase se debe completar antes de pasar a la siguiente. Esto proporciona un enfoque estructurado y predecible.

3.1.3.4 Enfoque en la planificación

Antes de comenzar el trabajo en el proyecto, se realiza una planificación detallada, identificando todos los requisitos y entregables claves.

3.1.3.5 Diseño y aplicación de la propuesta

La propuesta se basa en optimizar el control de calidad de envases plásticos de una máquina comprobadora de fugas, la misma que será automatizada y acoplada a un sistema de conteo para minimizar los tiempos de la actividad de empaquetado.

Este tipo máquinas generalmente son empleadas en empresas que se dedican a la fabricación de envases plásticos utilizando el método de inyección y soplado que consiste en derretir la materia prima para después colocarla en los moldes y proceder ampliar el material por medio de soplado de aire a presión y el envase tenga la forma y el tamaño deseado, para luego retirar el exceso de material en el envase véase el ANEXO II.

Antes de empezar a cumplir con los objetivos planteados se estableció un diagrama de flujo por cada uno de ellos, que nos ayudará a cumplir con todas las actividades y a registrar cada una de ellas, véase el ANEXO III.

El funcionamiento que se plantea para esta máquina comprobadora de fugas se divide en cuatro fases fundamentales:

- a) **Fase 1 retención:** en esta fase el objetivo es retener el envase en un punto exacto (debajo del cilindro de prueba) para ello cuando el envase es colocado en la primera banda transportada y cuando el sensor reflectivo haya detectado el envase se activará un pistón de paro y el motor de la banda transportadora se detendrá, esto permite detener el envase en el punto exacto de comprobación y el HMI del PLC debe ser configurable para modificar los tiempos dependiendo del tamaño del envase.
- b) **Fase 2 comprobación:** una vez que el envase se haya detenido se activa el cilindro de prueba de tal modo que el vástago del mismo se introduce por la boca del envase realizando una hermeticidad temporal y por el mismo se envía presión dentro del envase, esta presión es controlada por un sensor el cual comprueba la cantidad de presión en un determinado tiempo y envía una señal al PLC que procesa la información para su siguiente fase.
- c) **Fase 3 rechazo:** una vez comprobado el envase los cilindros vuelven a su posición normal y el envase pasa por un sensor autorefectivo, a este sensor le llega una señal si la presión enviada llegó al establecido en el envase o si tuvo una baja presión se activa una electroválvula que envía una corriente de aire a presión haciendo que el envase con fugas caiga fuera de la cinta transportadora y los envases aprobados sigan a la siguiente fase.

d) Fase 4 conteo: los envases aprobados continúan a la segunda banda transportadora, donde un sensor autorefectivo va contando envases de modo que se forme una columna de un determinado número de envases, entonces se activa un cilindro que va a empujar la columna de envases para formar una nueva fila, mientras el cilindro de empuje sea activado, formando un conjunto de envases entre filas y columnas listos para ser empacados por el operario de esta manera culmina todas las fases del proceso de comprobación de fugas y conteo de envases.

3.1.4. Estado de la máquina comprobadora de fugas

Tras haber acordado con el Gerente de la empresa SELQUI la automatización de una máquina comprobadora de fugas que no se encuentra operativa se determina a realizar una limpieza previa de la máquina como se observa en la Figura IV.21

El gerente manifiesta que esta máquina estaba diseñada para comprobar fugas en envases de botellas plásticas menores a 1 litro y que sus elementos están en deterioro, para ello es necesario realizar el desmontaje de cada uno de los elementos que compone la máquina como se observa en la Figura IV.22 y Figura IV.23 con el objetivo de realizar pruebas de funcionamiento y determinar si deben ser reemplazadas o si se mantienen para el proceso que se va a realizar.

3.1.4.1 Pruebas de funcionamiento

Para cumplir con esta actividad se debe tener todos los elementos libres (sin conexión eléctrica o neumática) y desmontados de la máquina, para consecuente verificar su funcionamiento y estado, en base a diagramas que se detallan desde la Tabla 26 hasta la Tabla 36, para ello se debe usar cálculos de potencias, intensidad eléctrica, y el uso de otros elementos de ayuda como multímetro y compresor.

3.1.4.2 Clasificación de elementos según sus sistemas y porcentajes de daños.

Al haber realizado las pruebas de funcionamientos de los distintos elementos presentes en la máquina, se procede a clasificarlos por sistemas: neumático, eléctrico, de control y mecánico, se los clasifica de esta manera para determinar el porcentaje de daño por sistema que tiene esta máquina, para esto se utiliza la siguiente fórmula. En la Tabla 45: Porcentaje total de daño en la máquina se observa el número total de elementos dañados y en buen estado. Utilizando las siguientes fórmulas:

3.1.5. Selección de elementos según su sistema

Para la selección de cable eléctrico y su protección (breaker) se basan en cálculos previos a algunas fórmulas como intensidad nominal, intensidad por diseño e intensidad de arranque.

No obstante, el gerente recomienda usar algunas especificaciones técnicas para los elementos como: variador de frecuencia, PLC y fuente de poder. esto debido a que su confiabilidad con dichos elementos ha ayudado a automatizar otros equipos y máquinas. Otros elementos como electroválvulas deben ser de las mismas que poseen la máquina.

De esta manera se genera tablas por cada sistema, donde se especifica el elemento, su descripción y la cantidad requerida.

3.1.6. Cambios y acoplamientos de la máquina

3.1.6.1 Cambio de posición de bases de las bandas transportadoras.

Para este punto el gerente propone diseñar e implementar un contador automático de envases aprobados en la misma máquina, pero no es necesario aumentar ninguna banda transportadora, de esta manera se opta realizar cambios de posiciones en las bandas transportadora, véase el ANEXO XIV.

No obstante, esto implica también el cambio de algunos elementos como es el cilindro de prueba y cilindro de paro, además se requiere emplear un cilindro más, que cumplirá con la función de empuje de envases aprobados de cierta cantidad por columna, finalmente una correcta ubicación de los sensores que se vaya a utilizar.

3.1.6.2 Acoplamientos

Tras haber determinado los elementos a adquirir estos deben ubicarse y distribuirse en las cajas de control según correspondan para posteriormente colocarlas en la máquina, pero antes de eso las cajas de control y algunos elementos necesitan acoplamientos físicos que son enviados a elaborar con un operario de la empresa, estos acoplamientos son elaborados en base a los planos realizados como se observa en el ANEXO XV y ANEXO XVI.

Los acoplamientos se realizan para los siguientes elementos y conjunto:

- Cajas de control
- Sensores
- Cilindro

3.1.6.3 Montaje de los elementos

Una vez ubicados y montados los acoplamientos en las cajas de control, se empieza por el diseño de la distribución de componentes eléctricos, de control y neumáticos que deben ser ubicados en las mismas como se observa en el ANEXO XVII y posteriormente se ubican los sensores y cilindros en sus respectivos acoplamientos.

3.1.6.4 Conexión eléctrica y neumática

Para empezar con las conexiones es necesario elaborar diagramas eléctricos y neumáticos, los mismos que se realizan previo a las fases establecidas de programación, la conexión eléctrica está fundamentada en la guía española IEC (Comité Internacional Electrotécnico) para un funcionamiento adecuado de todos los elementos, véase el ANEXO XVIII y ANEXO XIX.

3.1.7. Diseño de la estructura del sistema de conteo

Como se estableció en la fase 4, la mesa de conteo ayudará a mejorar los tiempos de conteo y empacado de envases aprobados, por el ello el gerente da a conocer las medidas que debe tener la mesa y el diseño requerido, para ello se diseña planos de fabricación que son enviados a un operario de la empresa para que sea elaborada con las especificaciones necesarias y sobre todo cumpla con su correcto funcionamiento, véase el ANEXO XX.

3.1.8. Automatización del proceso de comprobación de fugas y conteo automático.

Para iniciar esta actividad todos los elementos de la máquina deben estar ubicados o acoplados y listos para ser probados.

3.1.8.1 Diseño de programación

En base a las fases establecidas donde se especifican los requerimientos y en base a los diagramas de mando y control, se inicia la programación del PLC, en el lenguaje Ladder, un lenguaje muy usado en la automatización de máquinas de procesos o tareas no complejas.

3.1.9. Pruebas de funcionamientos

Se determina realizar pruebas en tres tipos de envases proporcionados por la empresa estos envases de capacidad: 200 ml, 250 ml y 300 ml, donde se van a determinar los tiempos de control de calidad de fugas en envases plásticos por el método diferencial de presión y el tiempo de conteo de envases aprobados.

3.1.9.1 Prueba de comprobación de fugas en envases plásticos.

Los tiempos que se emplean para la comprobación de fugas en envases y que pueden ser calibrados dentro del PLC son los siguientes:

Tiempos para la comprobación de fugas.

- Tiempo de cilindro de paro (TP)
- Tiempo de parada de banda transportadora (TPB)
- Tiempo de cilindro de prueba (TCP)
- Tiempo de presión de prueba (TPR)
- Tiempo de comprobación (TC)
- Tiempo de prueba total (TPT)

Tiempos para el conteo

- Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas
- Tiempo en el que se acciona el cilindro cuando haya llegado el último envase

Para poder determinar las cantidades de envases que se envía de forma continua se aplica la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 & \textit{tiempo de envases} \\
 & = (3,5 + TCF1 - 2,5 + t + TCF2 + t + TCF3 + \dots + t \\
 & \quad + TCFn) \tag{3.1}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \textit{tiempo de envases} \\
 & = (1 + TCF1 + 1 + TCF2 + 1 + TCF3 + \dots + 1 + TCFn) \\
 & \textit{tiempo de envases} = (1 + TCF) * n
 \end{aligned}$$

Donde:

t = tiempo en que se demora un envase ubicarse en el cilindro de paro cuando es continuo = 1s

3,5 = tiempo en segundos que tarda el envase en llegar al cilindro de prueba

2,5 = tiempo en segundos que tarda el envase (aprobado) en pasar la banda transportadora

TCF = tiempo de comprobación de fugas

n = número de envases enviados de forma continua

3.1.9.2 Prueba de conteo de envases aprobados.

Esta prueba focaliza el tiempo en que se demora en formar una columna de envases aprobados y la cantidad de envases contados para empacar.

3.1.9.3 Capacidad de producción

Se determina cual es la capacidad que la máquina comprobadora de fugas tiene, en base a múltiples pruebas con envases de 200 ml, 250 ml y 300 ml y éstas son expresadas en tablas que resumen su capacidad de comprobación por hora.

3.1.9.4 Comparación entre la inspección visual vs la máquina comprobadora de fugas

Se realizó una visita a una de las empresas potenciales para la venta de la máquina donde se observó que no disponen de una máquina especializada al conteo de envases plásticos, ahí se notó una inspección de tipo visual que realiza el operario enviando una luz en los envases, de esta manera se realiza una comparación de la inspección visual y la máquina.

3.1.9.5 Sistema de conteo automático

Para concluir con las pruebas de funcionamiento, en la visita a la empresa manifestaban que existían reclamos por pacas de envases que no contenían los envases indicados, esto genera preocupación ya que no pueden controlar el sistema de conteo por un operario. Así, se puede determinar la fiabilidad que presenta este sistema de conteo implementado en la máquina.

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.2.1. Estado de la máquina comprobadora de fugas

Máquina comprobadora de fugas.

Tabla 3.4: Datos generales de la máquina

Fecha de inspección	24 de abril de 2023
Máquina N.º	120695
Tipo	S – F5B / 3
Voltaje	220 V
Potencia	0,15 kW

Esta máquina comprobadora de fugas está diseñada para verificar fugas en los envases por medio de un proceso de estanqueidad que utiliza el método diferencial de presión, es decir la máquina envía aire a presión dentro del envase mediante el vástago de un pistón que sella el envase herméticamente por un tiempo determinado; si durante ese tiempo la presión de aire dentro del envase se llega a un valor establecido quiere decir que el envase no tiene fugas, de lo contrario si la presión de aire es menor al valor establecido quiere decir que el envase tiene una fuga desechándolo inmediatamente y los envases aprobados son depositados en contenedores para su posterior empaquetado.

Esta máquina no se encuentra operativa y un dato a tomar en cuenta es que fue fabricada por los años 2000 esto implica que muchos de los elementos de la máquina están obsoletos o no están disponibles en el mercado por ello es necesario detallar cada elemento que se encuentra en la máquina y determinar su estado funcional. Esto ayudará a tomar decisiones de reemplazar, mantener o adquirir los elementos que requiera la máquina dependiendo si estos ya no se encuentran en el mercado o están actualizados.

Así también dispone de un PLC de la marca SIEMENS de tipo C y una placa FSP 1D, en las mismas se encuentran configuradas la programación del funcionamiento, en su gran mayoría los elementos que la componen se encuentran en pésimo estado. En el ANEXO VI se detallan cada uno de los sistemas, elementos, su estado y si es factible cambiarlos o reutilizarlos en la máquina.

Para clasificar los elementos de esta máquina se dividen en cuatros sistemas primordiales: sistema eléctrico, sistema de control, sistema neumático y sistema mecánico. Se detallan cada uno de los elementos en cada sistema lo cual permitirá definir fases de funcionamiento.

3.2.1.1 Pruebas de funcionamiento de los elementos.

Se empezó por realizar la limpieza de la máquina como se observa en la Figura IV.21, para después desmontar cada uno de los elementos de la caja de control donde están ubicados la mayoría de elementos eléctricos y neumáticos, véase la Figura IV.22.

Una vez limpiado y desmontado todos los elementos de la máquina se realizan pruebas de funcionamiento a los elementos que componen el sistema eléctrico y neumático que se pueden observar el ANEXO V, determinando así los que se encuentran en buen estado para ser reutilizados o en mal estado para ser reemplazados.

Para determinar el funcionamiento del cilindro de prueba y cilindro de paro sea realizaron pruebas con aire comprimido como se observa en la Tabla 26 y Tabla 27, respectivamente, y se determinó que los dos están aptos para seguir trabajando en la máquina comprobadora de fugas. Así mismo en la Tabla 28 se observa la prueba realizada en los manómetros.

- **Cálculo de potencia eléctrica en electroválvulas.**

En la Tabla 29 y Tabla 30 se puede observar que todas las electroválvulas tienen las mismas especificaciones de voltaje y potencia de fábrica y que durante las pruebas es necesario calcular las intensidades.

De esta manera se obtiene lo siguiente:

Intensidad eléctrica

$$I = \frac{P}{V} \quad (3.2)$$

Donde:

I = intensidad eléctrica

V = voltaje

P = potencia

$$I = \frac{4,5W}{24V}$$

$$I = 0,1875A$$

Al realizar la prueba de funcionamiento de las 5 electroválvulas se determinan valores de voltaje e intensidad y por ello es necesario calcular los valores de potencia.

Potencia eléctrica.

$$P = V * I \quad (3.3)$$

Donde:

P = potencia

V = voltaje

I = intensidad

Electroválvula 1:

$$P = 23,14 V \cdot 0,175 A$$

$$P = 4,05 W$$

Electroválvula 2:

$$P = 23,5 V \cdot 0,185 A$$

$$P = 4,34 W$$

Electroválvula 3:

$$P = 23,7 V \cdot 0,175 A$$

$$P = 4,15 W$$

Electroválvula 4:

$$P = 23,8 V \cdot 0,175 A$$

$$P = 4,16 W$$

Electroválvula 5:

$$P = 23,5 V \cdot 0,18 A$$

$$P = 4,23 W$$

Todas las electroválvulas y válvulas cumplen con su función, por ello se determina reutilizarlas en esta máquina, no obstante, se podrían necesitar más electroválvulas según requiera las condiciones para la automatización.

- **Funcionamiento de reguladores de presión.**

Se realizaron pruebas de los reguladores: principal y secundarios en la Tabla 31 y Tabla 32 respectivamente, para finalizar con los elementos neumáticos se comprueba el racor enroscado con selector como se observa en la Tabla 33 el cual envía un flujo de aire si la presión dentro del envase es baja, todos los estos elementos mencionados cumplen correctamente con su función y se decide reutilizarlos en el sistema neumático.

- **Funcionamiento de los motores y bandas transportadoras.**

Acorde a la Tabla 34 motor BONFIGLIOLI (que está conecta a la banda trasportadora negra) esta funciona correctamente pese a su uso, tiene una inversión de giro idóneo y en la Tabla 35 motor ORIENTAL (que está conectada a la banda transportadora azul) también funciona correctamente en su giro normal y la inversión de giro, se realizaron pruebas durante un par de días, donde no hubo olor, humo, paro repentino; y de esta manera se opta por mantener los dos motores en la máquina.

- **Comprobación del Controlador Lógico Programable (PLC)**

Como se había mencionado en un inicio la máquina cuenta con un PLC de la marca Siemens Tipo C al que se realizaron las pruebas de funcionamiento correspondiente como se muestra en la Tabla 36, no obstante, el PLC Siemens necesita un cable de conexión que ya no se encuentra

dentro del mercado y sus salidas no abastecen para el nuevo funcionamiento por eso se opta en adquirir un nuevo PLC.

- **Elementos quemados que presenta la máquina.**

Estos elementos no se encuentran en buen estado por ello se decide desecharlos por completo:

- Fuente de alimentación
- Sensor de presión
- Sensor capacitivo
- Variador de frecuencia
- Placa electrónica FSP 1D
- Módulo de contador digital

3.2.1.2 Clasificación de elementos según su sistema y porcentaje de daños.

En el ANEXO VI se muestran las tablas que clasifican los elementos por sistemas, describen la función de cada elemento y en base a las pruebas realizadas se determina si hay que reemplazarlas o cambiarlas.

En base al número de elementos según su estado se puede determinar el porcentaje de daños por cada sistema. Según se muestra el ANEXO VII, en la Tabla 41 del sistema neumático se evidencia que todos los elementos se encuentran funcionando al 100%, no obstante, para cumplir con el nuevo funcionamiento de la máquina es necesario adquirir nuevos elementos, en la Tabla 42 del sistema eléctrico muestra que los elementos malos corresponden a 57,15%, por lo tanto, es necesario adquirir los elementos que fueron determinados como malos o dañados, aunque los motores se conservan en buen estado, de igual manera, en la Tabla 43 del sistema de control se evidencia un daño del 100 % de los elementos, esto implica que se debe adquirir nuevos elementos que ayuden a tener un control idóneo para el funcionamiento de la máquina y finalmente en la Tabla 44 del sistema mecánico en donde se evidencia un daño del 40% y adicional se pretende diseñar un sistema de conteo automático.

3.2.2. Selección de materiales por sistemas.

3.2.2.1 Sistema neumático.

- **Manguera #4 mm y #6 mm**

Las mangueras neumáticas son elegidas debido a las entradas de los elementos como cilindros y electroválvulas que poseen entradas y/o salidas de 4 mm y 6 mm, sin embargo, no se requiere de gran cantidad ya que la propia máquina posee en gran parte.

- **Racores**

Están diseñados para conectar mangueras de diferentes diámetros o materiales, al utilizar los racores se logra conexiones flexibles lo que facilita la instalación y el montaje del sistema neumático, se necesita racores de unión y tipo T de 4 mm y 6 mm.

- **Pistón (cilindro de empuje)**

El ancho que posee la banda transportadora es de 12 cm, por tanto, el pistón de empuje debe ser superior a los 12 cm de la banda transportadora y en el mercado se puede encontrar cilindros con pistones de hasta 15 cm de salida, de esta manera se opta por un cilindro con pistón de activación de 15 cm de doble efecto la cual se acciona por la aplicación alternativa de aire comprimido en la parte anterior y posterior del cilindro, aunque la empresa sugiere la marca.

- **Electroválvula 5/2**

El cilindro de empuje necesita ser alimentado por dos fuentes de aire una en la parte anterior y el otro en la parte posterior, este tipo de válvulas distribuida con cinco conexiones que debe ser adaptada según su cuerpo de válvula y sus tipos de accionamientos, aunque la empresa sugiere la marca de compra de la electroválvula.

3.2.2.2 Sistema eléctrico

- **Cable eléctrico**

Para este caso se usa los datos de la placa de características del motor ORIENTAL para iniciar la cinta transportadora azul, es un motor pequeño de inducción con una revolución de 1200 r/min, obteniendo lo siguiente:

Tabla 3.5: Datos generales del motor ORIENTAL

Motor ORIENTAL INDUCTION	
Voltaje = 230 V	Cos φ = 0,98
Intensidad = 0,16 A	IP = 20
Potencia = 15 W	Revolución = 1200 r/min

Intensidad nominal

$$I_{nominal} = \frac{P}{V * \cos(\theta)} \quad (3.4)$$

Donde:

P = potencia activa del motor

V = voltaje de alimentación

cos (θ) = Factor de potencia

$$I_{nominal} = \frac{15 \text{ W}}{230 \text{ V} * 0,98}$$

$$I_{nominal} = 0,0665 \text{ A}$$

Intensidad por diseño

$$I_{diseño} = I_{nominal} * 1,25 \quad (3.5)$$

Donde:

$I_{nominal}$ = corriente calculada a través de los datos de placa del motor.

1,25 = Valor de factor de corrección.

A esa corriente nominal se debe multiplicarlo por un factor de potencia de 1,25.

$$I_{diseño} = 0,0665 \text{ A} * 1,25$$

$$I_{diseño} = 0,0831 \text{ A}$$

Para la banda transportadora negra se toma los valores de placa del motor BONFIGLIOLI que tiene una revolución de 1310 r/min y para determinar el calibre adecuado del conductor se aplica la siguiente fórmula:

Tabla 3.6: Datos generales del motor BONFIGLIOLI

Motor BONFIGLIOLI - RIDOTTORI	
Voltaje = 230 V	Cos φ = 0,75
Intensidad = 0,6 A	IP = 65
Potencia = 160 kW	Revolución = 1310 r/min

$$I_{nominal} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos(\varphi)} \quad (3.6)$$

Donde:

$I_{nominal}$ = corriente calculada a través de los datos de placa del motor.

P = potencia activa del motor

V = voltaje de alimentación

$\cos(\theta)$ = Factor de potencia

$$I_{nominal} = \frac{160 W}{\sqrt{3} * 230 V * 0,75}$$

$$I_{nominal} = 0,5355 A$$

A esa corriente nominal se debe multiplicarlo por un factor de potencia de 1,25 aplicando la fórmula de la ecuación (3.5)

$$I_{diseño} = 0,5355 A * 1,25$$

$$I_{diseño} = 0,6693 A$$

Tras haber obtenido la corriente de diseño en los dos motores se selecciona el cable número 18 AWG para el arranque de los motores, el calibre del conductor es capaz de soportar más de 2 Amperios, el cual es ideal para el cálculo obtenido, véase el ANEXO VIII.

- **Borneras y terminales**

Las borneras ayudan o facilitan las conexiones eléctricas especialmente en la conexión de la fuente de poder y el elemento eléctrico y la recomendación que sugiere algunas normas eléctricas es el uso de terminales que garanticen contra el aflojamiento accidental, dado que el calibre del conductor seleccionado es AWG 18, se opta por usar borneras y terminales para conductor AWG 18.

- **Breaker**

Para dimensionar la protección de los motores se debe tomar en cuenta la corriente nominal de cada uno y debido a que la puesta en marcha varia de 3 a 5 veces su corriente nominal, se obtiene:

Intensidad de arranque

$$I_{arranque} = I_{nominal} * 3/5 \quad (3.7)$$

Donde:

$I_{arranque}$ = corriente máxima que consume el motor a los 3 segundos de su accionamiento.

Motor bifásico ORIENTAL

$$I_{arranque} = 0,0665 A * 3$$

$$I_{arranque} = 0,1995 A$$

Donde:

$I_{arranque}$ = corriente máxima que consume el motor a los 5 segundos de su accionamiento.

Motor trifásico BONFIGLIOLI

$$I_{arranque} = 0,5355 A * 5$$

$$I_{arranque} = 2,6775 A$$

Con estos resultados se concluye utilizar un breaker trifásico de 16 amperios para cada uno de los motores de manera que garanticen la protección de los motores.

- **Fuente de poder**

Al tener elementos que funcionan a 24 VAC se requiere de una fuente de alimentación que ayude a abastecer dicho valor, y que se adopte a alimentaciones de 110 V y 220 V, esta fuente de poder proporciona energía eléctrica necesaria para los elementos de 24 V.

- **Variador de frecuencia**

Se debe usar un variador de frecuencia para controlar la banda transportadora donde se ubicará la mesa de conteo de esta manera tener un control de las revoluciones por minuto de la banda esto permitirá ayudar a formar el número de columnas requeridas, variador sugerida por la empresa.

3.2.2.3 Sistema de control

- **Sensor de presión.**

Se requiere un sensor en el que se pueda ver de forma analógica el valor de la presión y que la señal sea enviada de forma digital a una entrada del PLC de manera que se pueda procesar la

información y se pueda generar una memoria interna en base al valor de la presión y que posea las siguientes características.

- Salida sensor NPN
- Operatividad mayor a 100 psi
- Configuración interna de forma manual (determinar la presión)

En base a esto se selecciona el siguiente sensor PSAN-1CA-NPT1/8 un sensor con capacidad de hasta 1MPa (145 psi).

- **Sensor capacitivo.**

Existen gran variedad de sensores capacitivos, pero, para el primer sensor se requiere un sensor de tipo fotoeléctrico, puesto que, la luz infrarroja del sensor debe mantener una posición fija, existen tres tipos de sensores fotoeléctricos como se muestra en el ANEXO IX.

De esta manera se elige un sensor reflectivo de la serie BRQM3M-PDTA 40411 y un espejo de la serie C3 – 0530260 con un alcance de 3 metros y una IP 67, así mismo, se eligen un sensor de tipo auto reflectivo de la serie BH4M-PDT 40313 con un alcance de 4 metros y una IP 67 y también un sensor BMS300-DDT con un alcance de 2 metros.

- **Selector, paro de emergencia y luz piloto.**

Esta máquina posee dos motores, por tanto, la idea es arrancarlos con selectores de dos posiciones para cada uno de ellos, para una mejor estabilidad en su accionamiento, así mismo, el sistema debe contener un paro de emergencia que ayude a detener todo el proceso en la máquina, protegiendo a la misma máquina y al ser humano de posibles incidentes o accidentes, por último la luz piloto ayuda a identificar si los motores están trabajando de forma correcta o si existe alguna anomalía y pueda ser chequeada.

- **Relés**

Dentro del circuito eléctrico se opta por utilizar varios relés por los siguientes motivos:

- Protección del equipo
- Eficiencia energética
- Seguridad
- Compatibilidad
- Funcionalidad

Al incluir un relé dentro del sistema eléctrico y de control, se garantiza mayor protección entre los elementos de entrada y salida, esto debido que el relé posee contactos por el cual son accionados el flujo de la corriente, permitiendo controlar y proteger los demás dispositivos eléctricos. Así mismo, se dispone de elegir relés de 24 VDC de 8 pines y bases de relés para ser montadas en riel din.

- **Contactador**

Este dispositivo ayudará a controlar los arranques de los motores, como se había determinado la $I_{arranque}$ en ambos motores no pasa de más de dos amperios, se recomienda utilizar un contactor de 12 A y un voltaje de 220 V, dado las características de los motores.

- **Controlador lógico programable (PLC)**

Para un correcto funcionamiento de la automatización es necesario contar con un excelente controlador lógico programable que facilite controlar tiempos de manera manual mediante un panel HMI, pueda leer entradas analógicas y digitales, por esta razón se decide adquirir un PLC SPECTRA de la familia XINJE que contiene PLC y HMI por recomendación de SELQUI, como se observa en el ANEXO X.

- **Software para el PLC y puerto de comunicación.**

Este tipo de PLC es compatible con el software XC Series Program Tool, como se muestran en la Figura XI.24 y posee una comunicación tipo Serial/RS232/COM/DB9, aunque se puede conectar al computador usando un convertidor de USB a serial, como se muestra en la Figura XI.25.

3.2.2.4 Sistema mecánico

- **Bandas transportadoras**

Las dos bandas transportadoras que posee esta máquina son de poliéster un material flexible y altamente moldeable, resistente a la abrasión y gran elasticidad, por ello se debe adquirir bandas con las mismas características, con el objetivo de no perjudicar los envases y el proceso.

- **Riel DIN y canaleta**

La caja de control que posee la máquina tiene un área de 1404 cm², se requiere un riel DIN de tipo 607150 de acero galvanizado por su durabilidad y resistencia, la cual son ideales para las

ranuras de los elementos eléctricos, de la misma manera se requiere una canaleta ranurada PVC de manera que permita ocultar el cable eléctrico acorde a la necesidad que se presente.

- **Tubos de acero inoxidable**

Para la fabricación de la estructura de la mesa de coteo y acoplamientos, es necesario elegir tubos de acero inoxidable por su higiene y facilidad de limpieza al tener una superficie lisa y no porosa, contiene cromo y otros elementos que ayudan a proteger de corrosión y oxidación, por su durabilidad el acero inoxidable tiene una vida útil larga y excelente resistencia a la fatiga y desgaste y sobre todo por la resistencia a productos químicos.

- **Plancha galvanizada para la mesa de conteo**

Según las especificaciones de la norma NTE INEN 115, las planchas galvanizadas con recubrimiento de zinc poseen mayor dureza y resistencia, soporta acción corrosiva del medio ambiente, en base a la Tabla 48: Dimensiones de las planchas de tol galvanizado., se elige una plancha de un espesor de 1/40".

Todos estos elementos a adquirir se detallan en el ANEXO XIII, al igual que los elementos iniciales se han dividido en sistemas y a su vez están en tablas, detallando cada elemento, sus características, función y cantidad.

3.2.3. Cambios y acoplamientos de la máquina.

3.2.3.1 Cambio de posición de bases de las bandas transportadora.

La banda transportadora negra en donde el envase iniciaba el proceso de comprobación tiene mayor dimensión con respecto a la banda transportadora azul en donde los envases aprobados eran depositados en contenedores, por lo tanto, se determina hacer un cambio de posición de las bandas lo que ayudará en la implementación de la mesa de conteo automático, por esta razón a esta la vamos a dominar de la siguiente manera banda transportadora 1 (azul) y banda transportadora 2 (negra), al haber realizado este cambio se modifica también la base del cilindro del pistón, trasladando este al lado de la banda transportadora 1, formando un ángulo recto con respecto a la base principal de la máquina, como se muestra en la Figura XIX.27.

3.2.3.2 Acoplamientos

- **Caja de control.**

Esta máquina dispone de una caja de control en la que se encontraban los elementos eléctricos y neumáticos de fabricación.

Dado a que se utilizará el PLC SPECTRA el cual cuenta con una pantalla HMI incorporada en el mismo se ha optado por realizar dos cajas de control, la primera caja de control en donde se montaran todos los elementos eléctricos y neumáticos la cual se denomina como caja 1, de la misma manera en la segunda caja de control se montará el PLC y los elementos de mando la cual se denomina caja 2, que será ubicada en un espacio accesible para que el operador pueda visualizar y modificar variables del proceso. dependiendo del envase a comprobar, para que la caja 2 cumpla con las condiciones mencionadas anteriormente se ha tomado la decisión de realizar un acoplamiento como se muestra en el ANEXO XV.

- **Sensores**

El primer sensor reflectivo (SR1) debe ubicarse antes de que el envase llegue al cilindro de prueba permitiendo activar el cilindro de prueba, por ello se ha decidido realizar un acoplamiento en el cilindro de prueba de manera que pueda regularse a la altura del envase. El segundo sensor autorefectivo (SAR1) debe ubicarse después del cilindro de prueba, ya que esta recibe la información para desechar o aprobar el envase. El tercer sensor autorefectivo (SAR2) debe ubicarse al inicio de la banda transportadora dos ya que esta permite el conteo de envases aprobados, véase el ANEXO XV.

- **Cilindros**

El *cilindro de paro* se ubica en lado derecho de la banda transportadora 1, al contar ahí con el sensor reflectivo se ubica paralelo a la base del cilindro de prueba, de modo que pueda detener o parar el envase en el punto exacto que se requiere. El *cilindro de prueba* se ubica en el lado izquierdo de la base vertical que sobrepasa la banda transportadora 1, este cilindro se puede regular tanto en su eje y como su eje x, esto facilita calibrar la posición dependiendo del tamaño del envase. Por último, el *cilindro de empuje* se coloca a lado derecho de la banda transportadora 2, de tal modo que la barra que empuja los envases se ubique al final de la banda transportadora 2, véase el ANEXO XVI.

3.2.3.3 Montaje de los elementos en la caja de control

- **Caja 1**

Antes de empezar con el montaje de los elementos es necesario ubicar el riel DIN, la canaleta y una placa como se muestra la Figura XVII.41 Los elementos se ubican como se muestra en la Figura XVII.42 en donde se puede observar la distribución grafica de los elementos eléctricos y neumáticos en la caja de control 1.

- **Caja 2**

Con respecto esta caja se tomó en cuenta la caja metálica con la que ya contaba la máquina donde se encontraba la placa eléctrica que cumplía la función de un variador de frecuencia la misma que fue desechada por su obsolescencia; como se muestra en la Figura XVII.43 en esta caja se ubican los siguientes elementos: PLC, selectores y luz piloto, se realizó un plano de la caja 2 y también un diagrama gráfico de los elementos de mando a colocarse como se muestra la Figura XVII.44, para posterior realizar las conexiones eléctricas correspondientes.

3.2.3.4 Conexión eléctrica

Primero se inicia en la caja 1 con la conexión de entradas y salidas del PLC como se muestra en la Figura XVIII.45, para consiguiente realizar las conexiones de mando y control como se muestra en la Figura XVIII.46 tanto en la caja 1 como en la caja 2.

3.2.3.5 Conexión neumática

En base al diagrama de la Figura XVIII.47, se conectan todos los elementos neumáticos que se encuentran en la caja 1 y en la máquina.

3.2.4. Diseño de la estructura del sistema de conteo

Se planteó realizar un sistema de conteo automático el mismo que se acoplará en la máquina para controlar el tiempo de conteo y su posterior empaçado.

Para empezar con el diseño de la mesa, se toma las siguientes consideraciones:

- La mesa debe ser movible para la limpieza.
- La mesa debe contener barras laterales regulables.
- Se debe contar con un espacio libre para el empaçado.

Para ello se diseña un modelo de mesa, como se muestra en el ANEXO XX.

Esta mesa se acopla a la izquierda de la banda transportadora 2, paralelo al cilindro de empuje de esta manera los envases son acumulados de cierta cantidad para su empaçado.

3.2.5. Automatización del proceso de comprobación de fugas y conteo automático.

3.2.5.1 Diseño de programación.

De acuerdo a las fases establecidas se van estableciendo las siguientes condiciones:

Fase 1 Retención

- El selector (S1) se ubica en X0, cuando su estado sea ON se activa la banda transportadora 1(Y0).
- El sensor reflectivo (SR) debe ubicarse en X1, al detectar el envase activa un temporizador para que se detenga el envase por medio del cilindro de paro (Y3).
- Al activarse el cilindro de paro (Y3) está activa un temporizador que hace que la banda transportadora (Y0) se detenga.

Fase 2 Comprobación

- El sensor reflectivo (SR) debe activar un temporizador para que el cilindro de prueba (Y1) baje al envase, solo cuando la banda transportadora 1 (Y0) se haya detenido.
- Cuando el cilindro de prueba (Y1) se activa, también activa un temporizador mismo que permite la activación de la entrada de presión de prueba (Y2) al envase, así mismo, activa un temporizador del tiempo total en que se demora el proceso de comprobación para reiniciar el ciclo.
- Cuando la entrada de presión de prueba (Y2) haya sido activado se activa un temporizador del tiempo en el que se envía la presión dentro del envase.

NOTA: Por ningún motivo debe activarse la banda transportadora (Y0) sin antes haberse desactivado el cilindro de prueba (Y1) y el cilindro de paro (Y3).

Fase 3 Rechazo

- El sensor de presión (SP) se ubica en X4, si la presión es igual o mayor a lo establecido envía una señal para que no se active el desecho de envase (Y4) y si la presión es menor a lo establecido no se envía una señal y esto que se active el desecho de envase.
- El sensor autorefectivo (SAR1) se ubica en X3, al detectar el envase activa el desecho de envase (Y4), si y solo si, haya recibido la señal del sensor de presión (SP). También activa un temporizador para un reseteo general de la fase.
- Si el desecho de envase (Y4) es activado, está activa un temporizador para su reseteo.

Fase 4 Conteo.

- El sensor reflectivo (SAR2) se ubica en X6 y al detectar el envase empieza a contar la misma, cuando el contador haya llegado a un número **n** de envases esta envía una señal a un temporizador que activa el cilindro de empuje durante un determinado tiempo.

- Cuando el último envase haya pasado por el sensor reflectivo (SAR2), el contador activa un temporizador de espera para que el último envase se ubique en la banda transportadora 2 y todas sean empujadas por iguales.

De esta manera se cumplen todas las fases de la programación y se explica en el siguiente diagrama de flujo el funcionamiento de toda la automatización.

3.2.6. Pruebas de funcionamiento de la máquina.

Después de haber especificado las condiciones de cada fase del proceso de comprobación de fugas y haber realizado la programación en el programa XC Program Tools se transfiere los datos al PLC. Luego de esto se procede a realizar algunas pruebas de funcionamiento de la máquina, visualizando si todos los elementos que intervienen en la misma cumplen su función en base a la programación, para estas pruebas se procedió a enviar envases con agujeros milimétricos hechos intencionalmente para determinar si la máquina cumple con la función de desechar el envase que contenga una fuga, luego se envió 100 envases de proporcionadas por la empresa de tamaños: 200 ml, 250 ml y 300 ml, se concluye realizar dos pruebas por cada tamaños de envases, ambas van a tener diferentes tiempos.

3.2.6.1 Pruebas para la comprobación de fugas y sistema de conteo

Se realiza un estudio del tiempo en el que se demora un envase en llegar al cilindro de prueba desde el inicio de la banda transportadora y el tiempo en el que el envase pasa la banda transportadora desde que el envase es comprobado. Obteniendo el siguiente resultado.

Tiempo que tarda el envase en llegar al cilindro de prueba desde el inicio de la banda transportadora es igual a 3,5 segundos y el tiempo que tarda el envase en traspasar la banda transportadora desde que termina la comprobación es igual a 2,5 segundos, dando un tiempo total de reanudación de TR de 6 segundos. Este tiempo tiende a ser estándar sin importar que sean envases de 200 ml, 250 ml o 300 ml.

Se realiza un estudio del tiempo en el que tarda en pasar un envase a comprobar con respecto a un envase comprobado, dando un resultado de una constante $k = 1,5$ segundos, este tiempo aplica para los tamaños de los envases 200 ml, 250 ml y 300 ml.

- **Envases de 200 ml**

En este tipo de envases vienen en dos presentaciones, si bien la diferencia están en su altura, tienen la misma capacidad, no obstante, estos trabajan con la misma presión de comprobación.



Figura 3.16: Envases de 200 ml tipo 2 HDPE

Para esta comprobación se trabaja a una presión constante de 50 psi para los envases y 75 psi para el cilindro de prueba, cumpliendo la siguiente condición:

- Si el envase soporta una presión mayor a 30 psi, se considera un envase en buen estado.
- Si el envase soporta una presión menor a 30 psi, se considera un envase defectuoso.

Los tiempos empleados para la comprobación de fugas

Tabla 3.7: Tiempos establecidos en el PLC para envases de 200 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda transportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	110	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	330	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

Con los tiempos configurados en el PLC se obtiene el tiempo de comprobación de fugas TCF cuando se envía un solo envase en la banda transportadora.

$$TCF = TCP + TPR + TC + TPT \quad (3.8)$$

Donde:

TCF = tiempo de comprobación de fugas en un envase en milisegundos

TCP = tiempo de cilindro de cilindro de prueba

TPR = tiempo de presión de prueba

TC = tiempo de comprobación

TPT = tiempo total de prueba

$$TCF = 3000 \text{ ms} + 1000 \text{ ms} + 1100 \text{ ms} + 3300 \text{ ms}$$

$$TCF = 8400 \text{ ms}$$

Transformación de milisegundos a segundos:

$$TCF \text{ ms} * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} \right) = TCF \text{ s} \quad (3.9)$$

$$8400 \text{ ms} * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} \right) = 8,4 \text{ s}$$

De esta manera se aplica la siguiente fórmula para obtener el tiempo total que tarda un envase en ser comprobado desde el inicio de la banda transportadora pasando por la comprobación y finaliza en el traspaso de la banda transportadora:

$$TT = TR + TCF \quad (3.10)$$

Donde:

TT = tiempo total que tarda un envase en traspasar la banda transportadora desde el inicio, su comprobación y final en segundos

TR = tiempo de reanudación desde que el envase llega al cilindro y hasta el paso final de la banda transportadora.

TCF = tiempo de comprobación de fugas

$$TT = 6 \text{ s} + 8,4 \text{ s}$$

$$TT = 14,4 \text{ s}$$

Este tiempo total corresponde al envío de un solo envase, sin embargo, el envío de envases debe ser continuos, es decir uno tras otros, y en este caso se puede obtener un tiempo total de envases enviados de forma lineal y continúa aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{tiempo de } n \text{ envases} = (1 + TCF) * n \quad (3.11)$$

Donde:

Tiempo de n envases = tiempo total que tarda en comprobar una cierta cantidad de envases en segundos

TCF = tiempo de comprobación de fugas

n = número de envases que se envía para la comprobación de fugas

$$\text{tiempo de } n \text{ envases} = (1 + 8,4 \text{ s}) * n$$

$$\text{tiempo de } 10 \text{ envases} = (1 + 8,4 \text{ s}) * 10$$

$$\text{tiempo de } 10 \text{ envases} = 94 \text{ s}$$

Para el tiempo de conteo de envases en 200 ml, se debe considerar el tiempo en que se demora en formar una columna de n envases, tal es el caso que este tiempo es igual al tiempo en que traspasa los n envases de la banda transportadora, así tenemos:

Tiempo total de comprobación de fugas de n envases (tiempo de n envases) = tiempo en el que se demora formar una columna de n envases TFC: “tiempo de n envases = TFC”.

Para obtener el tiempo total en el que una columna de n envases es empujada TTCn en la mesa se aplica la siguiente fórmula:

$$TTCn = \text{tiempo de } n \text{ envases} + TE + TEC \quad (3.12)$$

Donde:

TTCn = tiempo total que tarda en ser empujado una columna de envases aprobados en segundos

Como se ha enviado 10 envases, obtiene el siguiente resultado:

TE = tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas

TEC = tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna

$$TTCn = 94 \text{ s} + 3 \text{ s} + 4 \text{ s}$$

$$TTCn = 101 \text{ s}$$

Sin embargo, esta ecuación no contempla el hecho de que si existe una cierta cantidad de envases dañados (d) el tiempo puede variar en función del tiempo de comprobación de fugas (TCF) más el tiempo estándar que se demora en ubicarse un envase tras haber comprobado el primero, multiplicado por el número de envases de dañados, de esta manera se obtiene:

$$TTCnd = (\text{tiempo de } n \text{ envases} + TE + TEC) + (TCF + k) * d \quad (3.13)$$

Donde:

TTCnd = tiempo total que tarda en ser empujado una columna de envases aprobados existiendo cierta cantidad de envases no aprobados en segundos

TE = tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas

TEC = tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna

TCF = tiempo de comprobación de fugas

k = del tiempo en el que tarda en pasar un envase a comprobar con respecto a un envase comprobado

d = número de envases dañados

$$TTCnd = (101 \text{ s}) + (8,4 \text{ s} + 1,5 \text{ s}) * d$$

$$TTCnd = (101 \text{ s}) + (9,9 \text{ s}) * 0$$

$$TTCnd = 101 \text{ s}$$

d representa al número de envases dañados en una comprobación, aplicando la ecuación (3.13) se puede determinar los tiempos que se tardarían en formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados en una misma comprobación de envases, de esta manera se presenta la siguiente tabla.

Tabla 3.7: Tiempo en que tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados

Formado de una columna de 10 envases de 200 ml		
Envases dañados (d)	TTCnd segundos	TTCnd minutos
d	TT (s)	TT (min)
1	110,90	1,85
2	120,80	2,01
3	130,70	2,18
4	140,60	2,34
5	150,50	2,51
6	160,40	2,67
7	170,30	2,84
8	180,20	3,00
9	190,10	3,17
10	200,00	3,33

- **Envases de 250 ml**



Figura 3.17: Envase de 250 ml tipo 2 HDPE

Para esta comprobación se trabaja a una presión constante de 50 psi para los envases y 75 psi para el cilindro de prueba, cumpliendo la siguiente condición:

- Si el envase soporta una presión mayor a 35 psi, se considera un envase en buen estado.
- Si el envase soporta una presión menor a 35 psi, se considera un envase defectuoso.

Tabla 3.8: Tiempos establecidos en el PLC para envases de 250 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda transportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	170	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	350	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

Con los tiempos configurados en el PLC se obtiene el tiempo de comprobación de fugas TCF cuando se envía un solo envase en la banda transportadora, aplicando la fórmula de la ecuación (3.8)

$$TCF = 3000 \text{ ms} + 1000 \text{ ms} + 1700 \text{ ms} + 3500 \text{ ms}$$

$$TCF = 9200 \text{ ms}$$

Transformación de milisegundos a segundos aplicando la fórmula de la ecuación (3.9)

$$9200 \text{ ms} * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} \right) = 9,2 \text{ s}$$

Se obtiene el tiempo total que tarda un envase en traspasar la banda transportadora desde el inicio, su comprobación y final aplicando la fórmula (3.10)

$$TT = 6 \text{ s} + 9,2 \text{ s}$$

$$TT = 14,2 \text{ s}$$

Este tiempo total corresponde el envío de un solo envase, sin embargo, el envío de envases debe ser continuos, es decir uno tras otros, y en este caso se puede obtener un tiempo total de envases enviados de forma lineal y continúa aplicando la fórmula de la ecuación (3.11)

$$\text{tiempo de } n \text{ envases} = (1 + 9,2 \text{ s}) * n$$

$$\text{tiempo de } 10 \text{ envases} = (1 + 9,2 \text{ s}) * 10$$

$$\text{tiempo de } 10 \text{ envases} = 102 \text{ s}$$

Para el tiempo de conteo de envases en 250 ml, se debo considerar el tiempo en que se demora en formar una columna de n envases, tal es el caso que este tiempo es igual al tiempo en que traspasa los n envases de la banda transportadora, así tenemos:

Tiempo total de comprobación de fugas de n envases (tiempo de n envases) = tiempo en el que se demora formar una columna de n envases TFC: “tiempo de n envases = TFC”,

Para obtener el tiempo total en el que una columna de n envases es empujada TTCn en la mesa se aplica la fórmula de la ecuación (3.12)

$$TTCn = 102 \text{ s} + 3 \text{ s} + 4 \text{ s}$$

$$TTCn = 109 \text{ s}$$

Sin embargo, esta ecuación no contempla el hecho de que si existe una cierta cantidad de envases dañados (d) el tiempo puede variar en función del tiempo de comprobación de fugas (TCF) más el tiempo estándar que se demorar en ubicarse un envase tras haber comprobado el primero, multiplicado por el número de envases de dañados, de esta manera se aplica la fórmula de la ecuación (3.13)

$$TTCnd = (102 s) + (9,2 s + 1,5 s) * d$$

$$TTCnd = (102 s) + (9,2s) * 0$$

$$TTCnd = 109 s$$

d representa al número de envases dañados en una comprobación, aplicando la ecuación (3.13) se puede determinar los tiempos que se tardarían en formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados en una misma comprobación de envases, de esta manera se presenta la siguiente tabla.

Tabla 3.9: Tiempo en que tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados

Formado de una columna de 10 envases de 250 ml		
Envases dañados (d)	TTCnd segundos	TTCnd minutos
d	TT (s)	TT (min)
1	119,70	2,00
2	130,40	2,17
3	141,10	2,35
4	151,80	2,53
5	162,50	2,71
6	173,20	2,89
7	183,90	3,07
8	194,60	3,24
9	205,30	3,42
10	216,00	3,60

- **Envases de 300 ml**



Figura 3.18: Envase de 300 ml de tipo 2HDPE

Para esta comprobación se trabaja a una presión constante de 60 psi para los envases y 75 psi para el cilindro de prueba, cumpliendo la siguiente condición:

- Si el envase soporta una presión mayor a 39 psi, se considera un envase en buen estado.
- Si el envase soporta una presión menor a 39 psi, se considera un envase defectuoso.

Tabla 3.10 Tiempos establecidos en el PLC para envases de 300 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda transportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	190	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	410	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

Con los tiempos configurados en el PLC se obtiene el tiempo de comprobación de fugas TCF cuando se envía un solo envase en la banda transportadora, aplicando la fórmula de la ecuación (3.8)

$$TCF = 3000 \text{ ms} + 1000 \text{ ms} + 1900 \text{ ms} + 4100 \text{ ms}$$

$$TCF = 10000 \text{ ms}$$

Transformación de milisegundos a segundos aplicando la fórmula de la ecuación (3.9)

$$TCF \text{ ms} * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} \right) = TCF \text{ s}$$

$$10000 \text{ ms} * \left(\frac{1 \text{ s}}{1000 \text{ ms}} \right) = 10 \text{ s}$$

Se obtiene el tiempo total que tarda un envase en traspasar la banda transportadora desde el inicio, su comprobación y final aplicando la fórmula (3.10)

$$TT = 6 s + 10 s$$

$$TT = 16 s$$

Este tiempo total corresponde el envío de un solo envase, sin embargo, el envío de envases debe ser continuos, es decir uno tras otros, y en este caso se puede obtener un tiempo total de envases enviados de forma lineal y continúa aplicando la fórmula de la ecuación (3.11)

$$\text{tiempo de envases} = (1 + 10 s) * n$$

$$\text{tiempo de 10 envases} = (1 + 10 s) * 10$$

$$\text{tiempo de 10 envases} = 111 s$$

Para el tiempo de conteo de envases en 300 ml, se debo considerar el tiempo en que se demora en formar una columna de n envases, tal es el caso que este tiempo es igual al tiempo en que traspasa los n envases de la banda transportadora, así tenemos:

Tiempo total de comprobación de fugas de n envases (tiempo de n envases) = tiempo en el que se demora formar una columna de n envases TFC: “tiempo de n envases = TFC”,

Para obtener el tiempo total en el que una columna de n envases es empujada TTCn en la mesa se aplica la fórmula de la ecuación (3.12)

$$TTCn = 111 s + 3 s + 4 s$$

$$TTCn = 118 s$$

Sin embargo, esta ecuación no contempla el hecho de que si existe una cierta cantidad de envases dañados (d) el tiempo puede variar en función del tiempo de comprobación de fugas (TCF) más el tiempo estándar que se demorar en ubicarse un envase tras haber comprobado el primero, multiplicado por el número de envases de dañados, de esta manera se aplica la fórmula de la ecuación (3.13)

$$TTCnd = (111 s) + (9,2 s + 1,5 s) * d$$

$$TTCnd = (111 s) + (9,2 s) * 0$$

$$TTCn = 118 s$$

“d” representa al número de envases dañados en una comprobación, aplicando la ecuación (3.13) se puede determinar los tiempos que se tardarían en formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados en una misma comprobación de envases, de esta manera se presenta la siguiente tabla.

Tabla 3.11: Tiempo en tarda formar una columna de 10 envases con hasta 10 envases dañados

Formado de una columna de 10 envases de 300 ml		
Envases dañados (d)	TTCnd segundos	TTCnd minutos
1	128,50	2,14
2	140,00	2,33
3	151,50	2,53
4	163,00	2,72
5	174,50	2,91
6	186,00	3,10
7	197,50	3,29
8	209,00	3,48
9	220,50	3,68
10	232,00	3,87

3.2.6.2 Capacidad de producción

Se presenta una tabla de resumen de la capacidad productiva por hora a la cual puede trabajar la máquina, esta tabla se obtiene luego de haber realizado cierta cantidad de pruebas de los tres tamaños de envases proporcionados por el gerente:

Tabla 3.12: Capacidad productiva de la máquina comprobadora de fugas

Capacidad productiva de comprobación de fugas				
Tamaño de envases	Presión de envío constante al envase	Presión de envío constante al cilindro de pruebas	Presión admitida para considerar buen envase	Cantidad de envases por hora
200 ml	50 psi	75 psi	≥ 30 psi	383
250 ml	50 psi	75 psi	≥ 35 psi	353
300 ml	50 psi	75 psi	≥ 39 psi	327

La siguiente Tabla 3.13 representa a la capacidad productiva por hora de una empresa dedicada a la elaboración de envases de tipo 2HDPE, datos proporcionados por el gerente de SELQUI, la cual nos ayuda a comparar con la capacidad productiva de la máquina.

Tabla 3.13: Producción por horas de envases en una empresa

Producción de envases plásticos 200 ml, 250 ml y 300 ml.	
Numero de envases producidos	Producción hora
4	120
5	150
6	180
7	210
8	240
9	270
10	300
11	330
12	360

Como se puede observar la máquina tiene capacidad para empresas que fabrican hasta 330 envases por hora.

3.2.6.3 Comparación de tiempos y control de calidad en la inspección visual vs la máquina comprobadora de fugas

La máquina fue diseñada para empresas que no dispongan de un control de calidad de fugas específico o se hagan solo de forma visual, dado a que se realizó una visita a una de las empresas se pudo visualizar cómo eran sus métodos de inspección visual, a la cual se pudo replicarla con envases proporcionadas por el gerente de la empresa.

Para este método se replicó la manera en cómo se realiza una inspección tradicional de una empresa que no dispone de una máquina comprobadora de fugas, este método consiste en colocar 25 envases sobre una mesa de plástico la cual permitía enviar luz debajo de ella, la primera inspección visual se trata de observar las bocas del envase estas no deben ser irregulares, es decir, que le falten pedazos, la segunda inspección es verificar si no existe luz en la parte interior del envase que es un indicador de que el envase tiene grietas que producirá fugas en un futuro, aquellos envases que presentaban estas no conformidades eran retirados de la mesa y puestos en otro recipiente para su reproceso en la máquina. De esta manera se pudo obtener un promedio de tiempos que ocupan los operarios para esta inspección visual.

Tabla 3.14: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 200 ml

Inspección visual de envases de 200 ml			
Lotes	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
1	25	8	1
2	25	9	2
3	25	8	1
4	25	10	0
5	25	10	2
Total	125	45	6

Tabla 3.15: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 250 ml

Inspección visual de envases de 250 ml			
Lotes	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
1	25	9	0
2	25	9	2
3	25	9	1
4	25	10	0
5	25	10	2
Total	125	47	5

Tabla 3.16: Toma de tiempos y cantidad de envases defectuosos de 300 ml

Inspección visual de envases de 300 ml			
Lotes	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
1	25	11	0
2	25	10	2
3	25	9	2
4	25	10	0
5	25	10	0
Total	125	50	4

Tras haber realizado una muestra replicando el método utilizado por la empresa visitada, se elabora la siguiente tabla de resumen por cada tamaño de envase.

Tabla 3.17: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 200 ml

Inspección visual de envases de 200 ml			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	45,00	6
Inspección con la máquina comprobadora de fugas			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	19,85	8
	250	39,17	15

La Tabla 3.17 resume la cantidad de minutos y envases defectuosos en envases de 200 ml hecha por un operario, no obstante, la inspección visual suele hacerse con dos operarios y en comparación a la máquina comprobadora de fugas se puede observar que la reducción en minutos es de 5,83, los envases defectuosos tienen una relación de 9 envases más comprobados por la máquina comprobadora de fugas y el/los operarios.

Tabla 3.18: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 250 ml

Inspección visual de envases de 250 ml			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	47,00	5
Inspección con la máquina comprobadora de fugas			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	21,25	10
	250	42,5	14

La Tabla 3.18 resume la cantidad de minutos y envases defectuosos en envases de 250 ml hecha por un operario, no obstante, la inspección visual suele hacerse con dos operarios y en comparación a la máquina comprobadora de fugas se puede observar que la reducción en minutos es de 4,5, los envases defectuosos tienen una relación de 9 envases más comprobados por la máquina comprobadora de fugas y el/los operarios.

Tabla 3.19: Comparación método inspección visual vs máquina comprobadora de fugas (método diferencial de presión) en envases de 300 ml

Inspección visual de envases de 300 ml			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	50,00	4
Inspección con la máquina comprobadora de fugas			
	Cantidad de envases inspeccionados	Tiempo de inspección en minutos	Defectuosos
Total	125	22,92	8
	250	43,83	17

La Tabla 3.19 resume la cantidad de minutos y envases defectuosos en envases de 300 ml hecha por un operario, no obstante, la inspección visual suele hacerse con dos operarios y en comparación a la máquina comprobadora de fugas se puede observar que la reducción en minutos es de 6,17, los envases defectuosos tienen una relación de 11 envases más comprobados por la máquina comprobadora de fugas y el/los operarios.

Tabla 3.20: Porcentaje de tiempo reducido

Comprobación	Tiempo en minutos	Porcentaje de reducción
<i>Envases de 200 ml</i>		
inspección visual	45,00	100 %
inspección con la máquina	19,85	55,89 %
	39,17	12,96 %
<i>Envases de 250 ml</i>		
inspección visual	47,00	100 %
inspección con la máquina	21,25	54,79 %
	42,5	9,57 %
<i>Envases de 300 ml</i>		
inspección visual	50,00	100 %
inspección con la máquina	22,92	54,16 %
	43,83	12,34 %

Tabla 3.21: Porcentaje de control de calidad

	Cantidad de envases	Porcentaje de mejora
<i>Envases de 200 ml</i>		
Cantidad de envases no conformes por inspección visual	6	100 %
Cantidad de envases no conformes por la máquina	15	50 %
<i>Envases de 250 ml</i>		
Cantidad de envases no conformes por inspección visual	5	100 %
Cantidad de envases no conformes por la máquina	14	80 %
<i>Envases de 300 ml</i>		
Cantidad de envases no conformes por inspección visual	4	100 %
Cantidad de envases no conformes por la máquina	17	25 %

En la Tabla 3.20 y Tabla 3.21 se observa la mejor en el control de calidad y la reducción del tiempo. Para los envases de 200 ml se tiene una reducción de tiempos del 12,96 % y una mejora del control de calidad de 50 % más en relación a la inspección visual. En los envases de 250 ml se tiene una reducción de tiempos de 9,57 % y una mejora del control de calidad de 80 % más en relación a la inspección visual. Finalmente, se tiene los envases de 300 ml con una reducción en tiempos de 12,34 % y una mejora del control de calidad de 25 % más en relación a la inspección visual.

3.2.6.4 Sistema de conteo automático

En la actualidad algunas empresas realizan el conteo de envases de forma manual, es decir que un operario cuenta los envases uno por uno hasta llegar a lo requerido y procede a sellar o amarrar la funda de envases, este trabajo es repetitivo para el operario lo cual puede generar un error en el conteo de envases.

Para analizar este sistema de conteo se realizó diferentes pruebas en las cuales se tomó 5 pacas de botellas de cada tipo de envase (200 ml, 250 ml, 300 ml), respecto a lo establecido por la empresa cada paca de botellas debe tener 100 unidades, la siguiente tabla muestra las unidades establecidas de cada paca y las unidades existentes después de realizar un conteo manual de cada una de ellas, teniendo como resultado que algunas pacas tenían más o menos unidades de

lo establecido lo cual ha generado reclamos por parte de los clientes según manifiesta el gerente de la empresa en donde se va a adquirir la máquina.

Tabla 3.22: Pruebas de conteo de unidades por paca

<i>Envases 200 ml</i>					
N.º Paca	Unidades establecidas	Unidades contadas	Unidades erróneas	error	% error
1	100	100	0,0		0%
2	100	99	-1,0	x	1%
3	100	100	0,0		0%
4	100	100	0,0		0%
5	100	100	0,0		0%
<i>Envases 250 ml</i>					
6	100	101	1,0	x	-1%
7	100	100	0,0		0%
8	100	100	0,0		0%
9	100	98	-2,0	x	2%
10	100	100	0,0		0%
<i>Envases 300 ml</i>					
11	100	100	0,0		0%
12	100	100	0,0		0%
13	100	100	0,0		0%
14	100	102	2,0	x	-2%
15	100	100	0,0		0%

Con el sistema de conteo automático implementado en la máquina comprobadora de fugas se pretende eliminar este tipo de errores ya que se cuenta con un contador automático que dará una señal al operario cuando haya contado los envases establecidos.

3.3. EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICO.

3.3.1. Evaluación técnica

El presente proyecto tiene un alto grado de importancia para la industria de plásticos en especial a los que se dedican a la fabricación de envases plásticos para productos lácteos por medio del proceso de soplado, ya que ayuda a controlar la calidad de los envases (fugas en envases) por medio la automatización de la misma, utilizando el método de diferencial de presión, que permite medir la presión dentro de un envase plástico. Enfocado a las empresas que no tienen un proceso definido para controlar las fugas en los envases. Evitando así enviar al mercado envases plásticos no conformes.

3.3.2. Evaluación social

SELQUI es una empresa en crecimiento y el desarrollo de la automatización de una máquina comprobadora de fugas ayudará a afianzarse en las industrias plásticas como una empresa confiable que mejora sus procesos mediante la implementación de máquinas seguras, confiables y garantizadas en su funcionamiento.

3.3.3. Evaluación económica

El presente proyecto beneficia a dos partes, en primer lugar SELQUI ya que es la encargada de automatizar y mejorar una máquina comprobadora de fugas y la oferta en el mercado de industrias dedicadas a la fabricación de envases plásticos para lácteos y en segundo lugar el beneficio también la tendrá la empresa que vaya a adquirir la máquina, ya que esta tiene menor costo en comparación a una máquina nueva en el mercado que cumplen las mismas funciones y la reducción de costos al evitar que envases no conformes salgan al mercado y estos sean devueltos por los clientes.

3.3.4. Evaluación ambiental

El plástico es un producto de uso común y al ser desechable genera gran cantidad de residuos por esta razón muchas empresas buscan medidas para minimizar el impacto ambiental que producen estos residuos. Y una de ellas es el control de calidad de fugas en los envases plásticos antes de enviarlos al mercado de esta manera no pasarían a ser desechados por los clientes y los envases plásticos no conformes serían reciclados o reprocesados.

3.3.5. Presupuesto para la implementación del proyecto.

3.3.5.1 Etapa de investigación

Tabla 3.23: Presupuesto de la etapa de investigación

ETAPA DE INVESTIGACIÓN			
RECURSOS	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
GASTOS INDIRECTOS			
Salario de investigadores			
Limpieza e inspección	2	\$ 70,00	\$ 140,00
Funcionalidad de la máquina	2	\$ 70,00	\$ 140,00
Desmontaje de elementos	2	\$ 70,00	\$ 140,00
Pruebas de funcionamiento	2	\$ 140,00	\$ 280,00
Automatización	2	\$ 140,00	\$ 280,00
Sub Total			\$ 980,00
Recursos materiales			
Materiales de oficina	6	-	\$ 6,80
Sub Total			\$ 6,80

GASTOS DIRECTOS			
Transporte	7	\$ 6,00	\$ 42,00
Alimentación	7	\$ 4,00	\$ 28,00
Sub Total			\$ 70,00
TOTAL			\$ 1.056,80

3.3.5.2 Etapa de implementación

Tabla 3.24: Presupuesto de la etapa de implementación

ETAPA DE AUTOMATIZACION E IMPLEMENTACIÓN			
CONCEPTO	CANTIDAD	V. UNITARIO (\$)	VALOR TOTAL (\$)
GASTOS DIRECTOS			
Programación	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Sub Total			\$ 300,00
Sensor de presión 145 PSI (EMP-6500)	1	\$ 160,00	\$ 60,00
Sensor reflectivo NPN con espejo (SW-2)	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Relé 24 VDC 8 pines planos (CO.6)	8	\$ 4,50	\$ 36,00
Sensor capacitivo N 24 VDC NPN	1	\$ 38,25	\$ 38,25
Fuente 24 VDC 10 A	1	\$ 49,50	\$ 49,50
Riel Din	2	\$ 2,00	\$ 4,00
Manguera #4	3	\$ 1,50	\$ 4,50
Manguera #6	3	\$ 1,75	\$ 5,25
Racores #4	2	\$ 2,50	\$ 5,00
Racores #6	4	\$ 2,80	\$ 11,20
Electroválvula 5/2	2	\$ 52,00	\$ 104,00
Selector 2 posiciones	4	\$ 2,80	\$ 11,20
Luces piloto	2	\$ 2,20	\$ 4,40
Borneras cable#18	11	\$ 1,50	\$ 16,50
Rollo de cable #18	1	\$ 23,38	\$ 23,38
Terminales #18	1	\$ 2,81	\$ 2,81
Breaker 32 A	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Contactores 12 A	2	\$ 28,00	\$ 56,00
PLC HMI Xinje (XP318RT)	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Variador de frecuencia 1 hp 220 VAC	1	\$ 150,00	\$ 150,00
Mesa para la actividad de conteo	1	\$ 90,00	\$ 90,00
Sensor autorefectivo NPN 24VDC	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Pistón recorrido de 15 cm	2	\$ 75,00	\$ 150,00
Sub Total			\$ 1.581,99
GASTOS INDIRECTOS			
Transporte	20	\$ 6,00	\$ 120,00
Alimentación	20	\$ 4,00	\$ 80,00
Sub Total			\$ 200,00
TOTAL			\$ 2.081,99

3.3.5.3 Costo total del proyecto de investigación

Tabla 3.25: Presupuesto total del proyecto tecnológico

TABLA DE COSTOS	
Descripción	Valor Total
Etapa de investigación	\$ 1.056,80
Etapa de automatización e implementación	\$ 2.081,99
Adquisición de la máquina comprobadora de fugas	\$ 1.500,00
TOTAL	\$ 4.638,79

4. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1. CONCLUSIONES

- En el primer envase de 200 ml se tiene un set point de 30 psi, cuando la presión dentro del envase llega o supera a este valor se lo considera un envase bueno o aprobado, caso contrario se considera un envase no conforme y este es desechado. La máquina tiene una capacidad productiva de diseño de 383 envases por hora. El tiempo empleado para comprobar fugas por inspección visual en 250 envases es de 45 minutos y se necesitan dos operarios, mientras que la máquina en los mismos 250 envases tarda 39,17 minutos, teniendo una reducción del 12,96 % en el tiempo de comprobación y ocupando un solo operario.
- Para el segundo envase de 250 ml se tiene un set point de 35 psi, cuando la presión dentro del envase llega o supera a este valor se lo considera un envase bueno o aprobado, caso contrario se considera un envase no conforme y este es desechado. La máquina tiene una capacidad productiva de diseño de 353 envases por hora. El tiempo empleado para comprobar fugas por inspección visual en 250 envases es de 47 minutos y se necesitan dos operarios, mientras que la máquina en los mismos 250 envases tarda 41,50 minutos, teniendo una reducción de 9,57 % en el tiempo de comprobación y ocupando un solo operario.
- Por último, en el tercer envase de 300 ml se tiene un set point de 38 psi, cuando la presión dentro del envase llega o supera a este valor se lo considera un envase bueno o aprobado, caso contrario se considera un envase no conforme y este es desechado. La máquina tiene una capacidad productiva de diseño de 327 envases por hora. El tiempo empleado para comprobar fugas por inspección visual en 250 envases es de 50 minutos y se necesitan dos operarios, mientras que la máquina en los mismos 250 envases tarda 43,83 minutos, teniendo una reducción de 12,34 % en el tiempo de comprobación y ocupando un solo operario.

- Al realizar una inspección visual de un lote de envases de 200 ml, 250 ml y 300 ml se puede observar que existe un total de 20 envases no conformes (grietas o bocas incompletas), no obstante, estos mismo envases fueron enviados a la máquina y se determinó 46 envases no conformes, más de la mitad que se obtuvo visualmente estos envases fueron revisados y en efecto contenían grietas que en la inspección visual no se pudo visualizar, de esta manera se garantiza una máquina 100 % confiable respecto al control de calidad en envases plásticos.
- En la Tabla 3.22 de pruebas realizada sobre el número de unidades que posee cada paca de envases, teniendo en cuenta que cada una de estas debe tener 100 unidades exactas según lo establecido, se pudo determinar que en cada 5 pacas existe al menos 1 o 2 pacas que no contenían el número de envases exactos, con la implementación del sistema de conteo automático se eliminó al 100% los errores generados por los operarios al momento de contar los envases manualmente ya que el mismo posee un contador automático que realizara el trabajo mejorando esa parte de la actividad, tratando de no tener ninguna reclamos por parte del cliente en el caso de recibir menos unidades de lo establecido o de no generar pérdida para la empresa en el caso de enviar más unidades de lo establecido.
- Se analizó el estado inicial de una máquina comprobadora de fugas y en base a las pruebas realizadas a los elementos de cada sistema: neumático, eléctrico, de control y mecánico que componen la máquina se concluye que el 68,75% son elementos reutilizables y el 31,25% son elementos que deben ser cambiados o reemplazados, no obstante, se adquirió nuevos elementos para complementar el proceso de automatización y un funcionamiento adecuado.
- Para la automatización del proceso se utilizó un controlador lógico programable de la marca SPECTRA que posee un panel HMI el cual facilita la visualización y manipulación de los tiempos en el proceso del control de fugas en envases plásticos, en el que se puede programar para comprobar diferentes tamaños de envases menores a un litro y se implementó un sistema de conteo automático de envases plásticos aprobados que ayuda al operario a minimizar el tiempo de empaclado.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el manual de usuario antes iniciar el encendido de la máquina y el proceso de comprobación de fugas, así como también, brindar el mantenimiento preventivo y correctivo para alargar la vida útil de la máquina.

- Tomar en cuenta que no todos los envases trabajan a la misma presión, las presiones establecidas en el documento son exclusivas para envases de tipo 2 HDPE, si realizan un cambio de envases están deben realizar pruebas para establecer una presión adecuada las pruebas deben ser realizadas como se muestra en el manual de usuario.
- La máquina posee elementos nuevos, pero eso no implica realizar un mantenimiento preventivo, especialmente de los motores y de todo el sistema como es una inspección visual, la limpieza diaria, y el ajuste de los reguladores de presión.
- Si se requiere utilizar la máquina para otros tamaños de envases, esta no tendrá ningún problema siempre y cuando el tamaño no sea mayor al de las bandas transportadoras, se podrá realizar pruebas de hasta 500 ml, así mismo, deben seguir las instrucciones del manual de usuario de manera que puedan determinar tiempos para el PLC.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «108T0107.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3623/1/108T0107.pdf>
- [2] O. M. D. Efrén y O. J. M. Gabriel, «FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL», n.º 2016.
- [3] «PI-001413.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5505/1/PI-001413.pdf>
- [4] N. Agudelo, G. Tano, y C. A. Vargas, «HISTORIA DE LA AUTOMATIZACIÓN».
- [5] E. García Moreno, *Automatización de procesos industriales: robótica y automática*. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia, 2020. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/129686>
- [6] «¿Qué es la automatización?» <https://www.redhat.com/es/topics/automation/whats-it-automation> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [7] «s31.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/24182/s31.pdf?sequence=6>
- [8] «Fugas», *Power-MI*, 11 de enero de 2021. <https://power-mi.com/es/content/fugas> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [9] «Fugas en recipientes y conducciones». https://guiar.unizar.es/1/Accident/An_conse/Fugas.htm (accedido 8 de agosto de 2023).
- [10] «Romani - A mis Padres, hermanos, familia y amigos.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2464/CARANA%20%26%20FSANCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [11] «Snapshot». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://primametrology.com/calibracion-de-sensores-de-presion-diferencial/>
- [12] «Hermeticidad Envases, Botellas | Detector Fugas Empaques». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.boustens.com/hermeticidad-envases/>
- [13] «apuntes_elementos-mc3a1quinas-y-sistemas_circuitos.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2012/05/apuntes_elementos-mc3a1quinas-y-sistemas_circuitos.pdf

- [14] «Farina - 2018 - Motores eléctricos trifásicos usos, componentes y.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.editores-srl.com.ar/sites/default/files/ie330_farina_motores_electricos.pdf
- [15] «Florido - Variador de frecuencia.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://diof0bc2097ng.cloudfront.net/sites/www.voltimum.es/files/fields/attachment_file/presentacion_variador_de_frecuencia_voltimum_17-05-2022.pdf
- [16] «Sistema de control», *Wikipedia, la enciclopedia libre*. 10 de abril de 2023. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_control&oldid=150465118
- [17] M. Gandhi, «¿Qué es un sistema de control? - AUTYCOM», 27 de noviembre de 2019. <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/>, <https://www.autycom.com/que-es-un-sistema-de-control/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [18] «¿Qué es un sensor y qué hace? | Dewesoft». <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [19] <https://www.innovaciondigital360.com/periodista/equipo-editorial>, «Sensor capacitivo: qué es y cuántos tipos existen», *InnovaciónDigital360*, 24 de julio de 2023. <https://www.innovaciondigital360.com/i-a/robotica/sensor-capacitivo-que-es-y-cuantos-tipos-existen/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [20] «Sensores capacitivos | Método de detección y función». <https://www.pepperl-fuchs.com/global/es/44258.htm> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [21] «Rele o Relevador. Qué es, Tipos, Funcionamiento Aprende Facil». <https://www.areatecnologia.com/electricidad/rele.html> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [22] «El contactor.», *Formación para la Industria 4.0*, 13 de marzo de 2018. <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-2-control-de-potencia-aparamenta-electrica/contactores/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [23] P. B. Márquez, *Operatividad con sistemas mecánicos, hidráulicos, neumáticos y eléctricos de máquinas e instalaciones para la transformación de polímeros y su mantenimiento (UF0722)*. IC Editorial, 2015. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/43775?page=123>

- [24] «¿Qué es un sensor de presión?», *HBM*, 20 de junio de 2022. <https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [25] «file://D:\My Documents\ICONSA\ICONSA Website\Articulos Tecnicos».
- [26] J. C. Vázquez Cortés, *Automatización neumática*. Ediciones de la U, 2016. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/70261?page=29>
- [27] «Sistemas mecánicos: concepto, características, elementos, ejemplos». <https://www.lifeder.com/sistemas-mecanicos/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [28] J. Cueto Martos, *Manual de soldadura TIG*. Cano Pina, 2014. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/43084?page=6>
- [29] C. Merino Casals, *Aceros inoxidables*. Dextra Editorial, 2017. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/139749?page=28>
- [30] D. M. Ruiz Vadillo, *UF0458: Montaje y reparación de sistemas eléctricos y electrónicos de bienes de equipo y máquinas industriales (2a. ed.)*. IC Editorial, 2019. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/117766?page=1>
- [31] «5 Lenguajes de Programación para PLC | SEIKA Automation», *SEIKA Automation / Automatización Industrial*, 3 de agosto de 2019. <https://www.seika.com.mx/5-lenguajes-de-programacion-para-plc/> (accedido 8 de agosto de 2023).
- [32] R. Fernández García, *La mejora de la productividad en la pequeña y mediana empresa*. ECU, 2013. Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/utcotopaxi/62307?page=1>
- [33] «Mullo y Antonieta - Diseño de un plan de mejora del desempeño de los p.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21991/1/UPS-GT003652.pdf>
- [34] «Productividad y competitividad.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://nulan.mdp.edu.ar/id/eprint/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- [35] «kpis_0.pdf». Accedido: 8 de agosto de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.pefft.usach.cl/sites/pefft/files/kpis_0.pdf

ANEXOS

ANEXO I. INFORME ANTIPLAGIO DEL PROYECTO TECNOLÓGICO	72
ANEXO II: DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS	73
ANEXO III. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	74
ANEXO IV: ESTADO INICIAL DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS	77
ANEXO V: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS.....	79
ANEXO VI: CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS POR SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS	91
ANEXO VII: PORCENTAJES DE ELEMENTOS DAÑADOS POR SISTEMAS	97
ANEXO VIII. CABLES DE CONEXIÓN.....	99
ANEXO IX: SENSORES FOTOELÉCTRICOS	100
ANEXO X. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) DE LA MARCA XINJE	101
ANEXO XI. COMUNICACIÓN DE PLC Y SOFTWARE	101
ANEXO XII: SELECCIÓN DE LA PLANCHA DE TOL GALVANIZADO.....	102
ANEXO XIII: MATERIALES ADQUIRIDOS Y CLASIFICADOS POR SISTEMAS	103
ANEXO XIV. CAMBIO DE POSICIÓN DE LAS BANDAS	108
ANEXO XV: PLANOS PARA ACOPLAMIENTOS DE CAJA 2 Y SENSORES	109
ANEXO XVI. ACOPLAMIENTO PARA CILINDRO DE EMPUJE	115
ANEXO XVII. CAJAS DE CONTROL	119
ANEXO XVIII. SISTEMA ELÉCTRICO, SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA NEUMÁTICO	121
ANEXO XIX. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS	124
ANEXO XX. MESA DE CONTEO.....	126

ANEXO I. INFORME ANTIPLAGIO DEL PROYECTO TECNOLÓGICO



ANEXO I: Informe anti-plagio del proyecto tecnológico

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Industrial
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	Ing. MSc. Freddy Eduardo Quinchimbla Pisuña
Documento evaluado:	Proyecto tecnológico presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.
Autores del documento:	Calero Riera Marjori Yadira Salazar Tixilema Cristian Javier
Programa de similitud utilizado:	Programa COMPILATIO
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	6 %
Observaciones: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> • El documento cumple criterio de originalidad, sin observaciones. • El documento cumple con criterios de originalidad, con observaciones. • El documento no cumple criterios de originalidad. 	-X- ----- -----
Fecha de realización del informe:	17/08/2023
Captura de pantalla del documento analizado:	
<p>CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister</p> <p>tesis Salazar</p> <p>6% Similitudes</p> <p>1% Texto entre comillas < 1% similitudes entre comillas</p> <p>< 1% Idioma no reconocido</p> <p>Nombre del documento: tesis Salazar.pdf ID del documento: ae2714c3ba93816c9468fd7eff7b5a3fef15f4d Tamaño del documento original: 2,24 MB</p> <p>Depositante: FREDDY EDUARDO QUINCHIMBLA PISUÑA Fecha de depósito: 17/8/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 17/8/2023</p> <p>Número de palabras: 20.577 Número de caracteres: 128.460</p>	
<p>Ing. MSc. Quinchimbla Pisuña Freddy Eduardo Director del Proyecto de Investigación</p>	

ANEXO II: DIAGRAMA DE FLUJO GENERAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES PLÁSTICOS

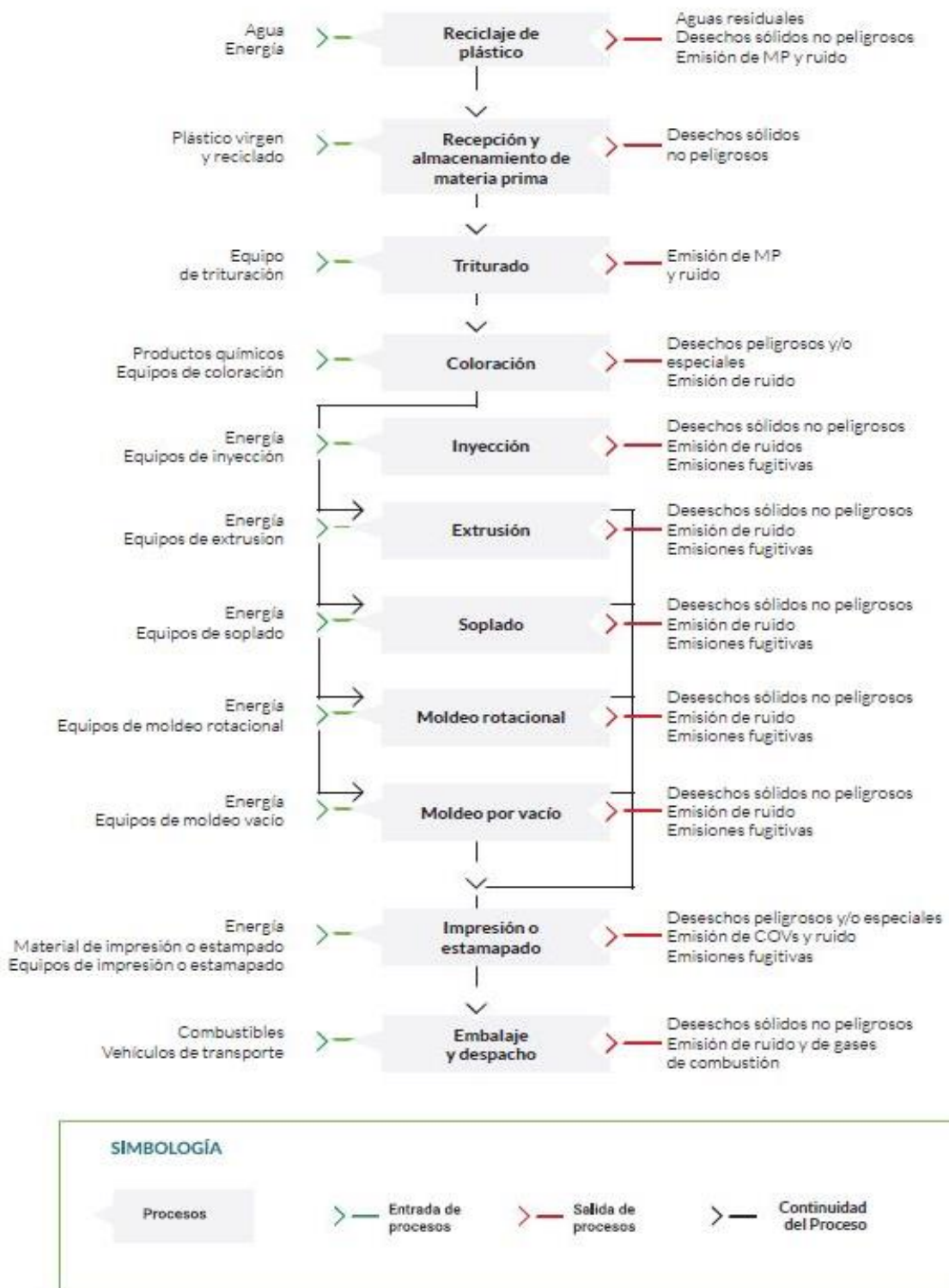


Figura II. 1. Fabricación de plásticos

ANEXO III. DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

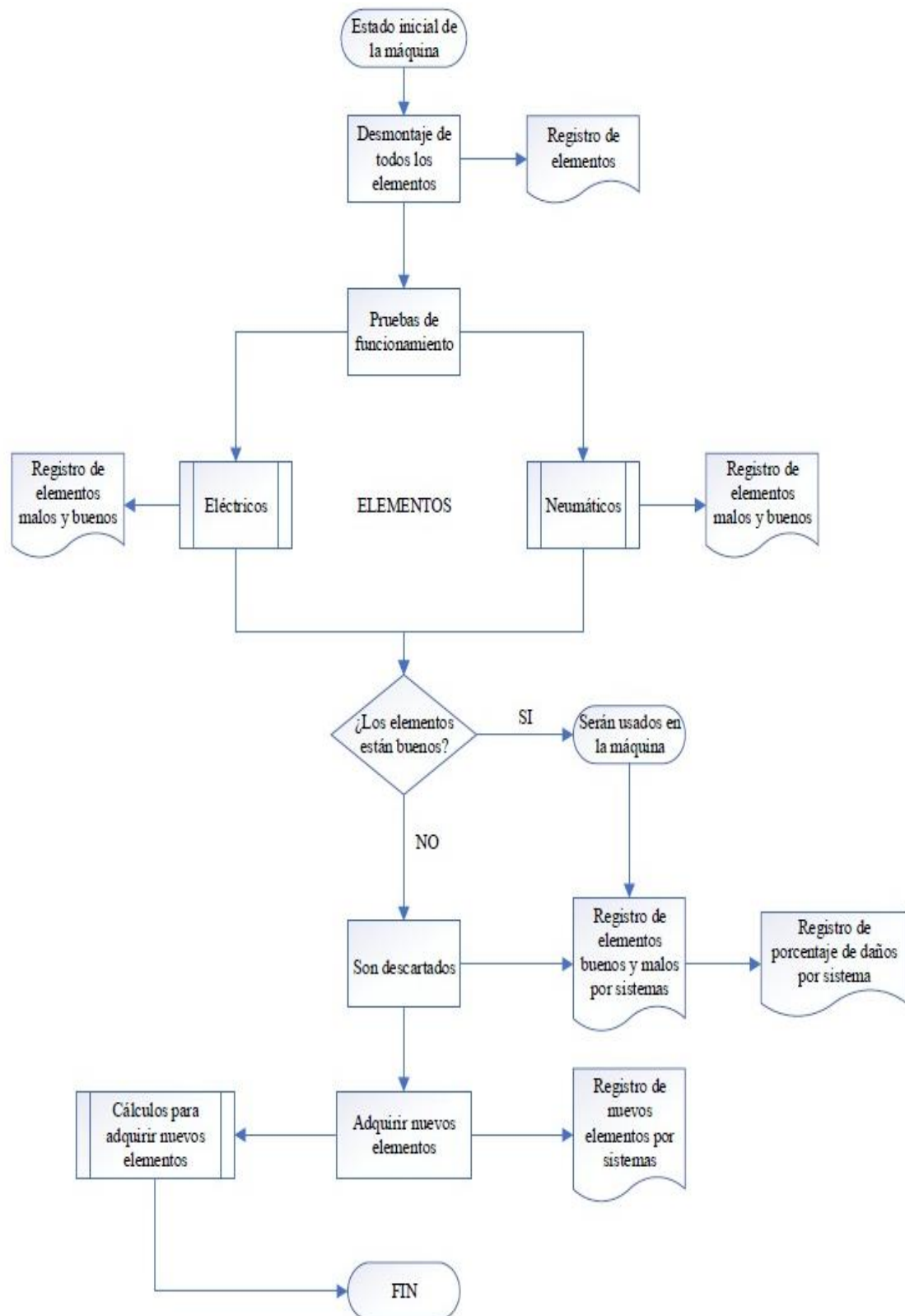
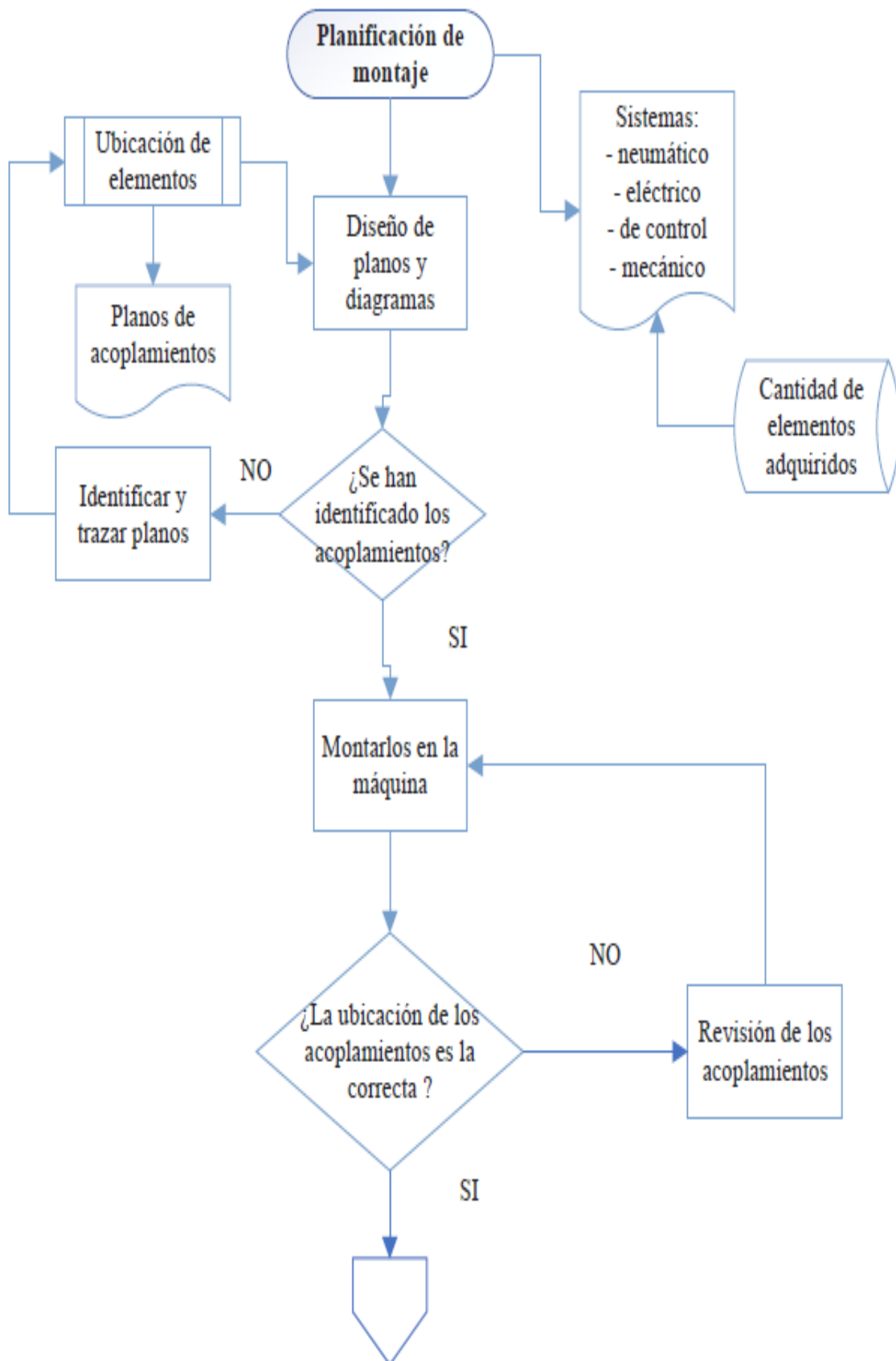


Figura III.18: Diagrama de flujo del objetivo 1



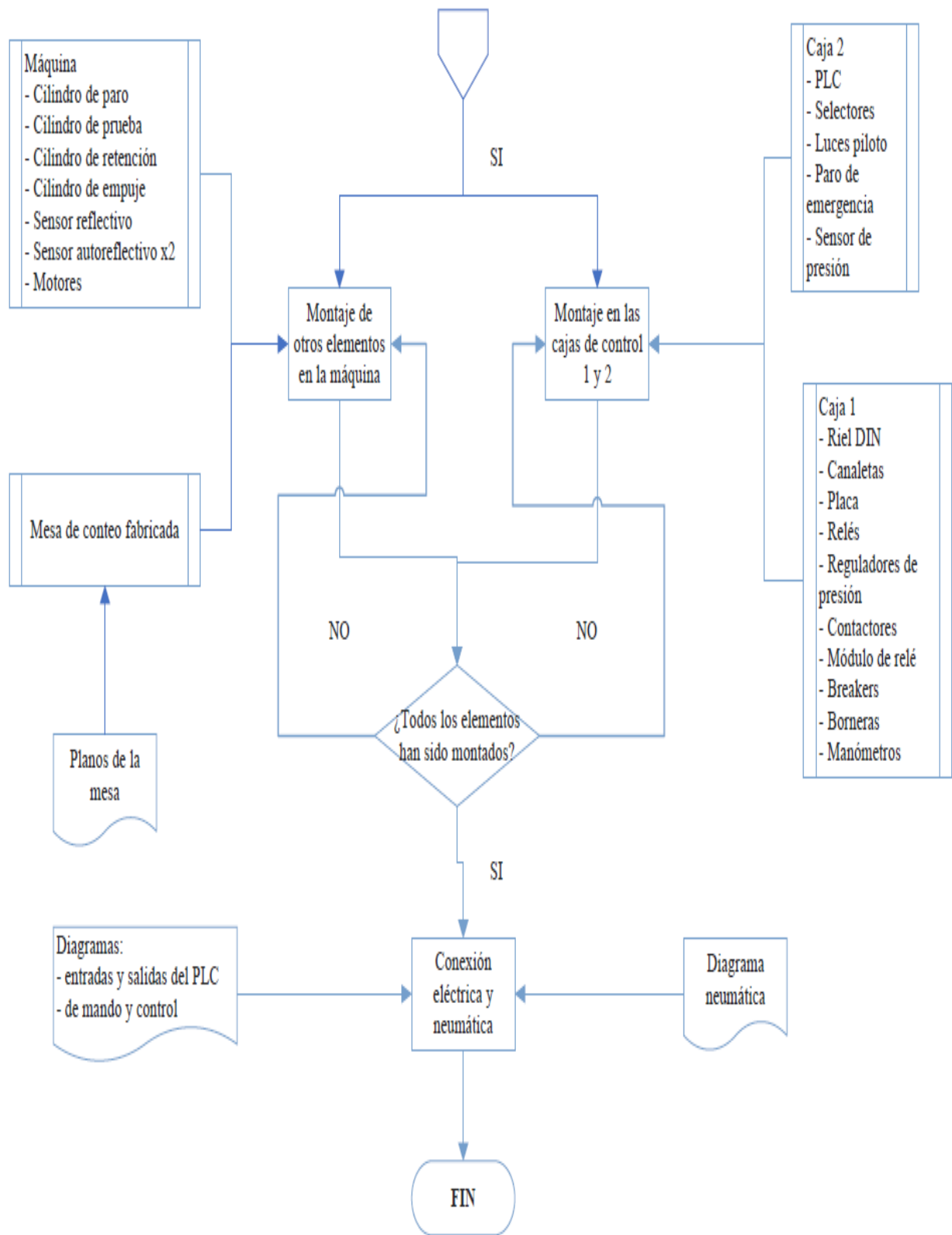


Figura III.19: Diagrama de flujo del objetivo 2

ANEXO IV: ESTADO INICIAL DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS



Figura IV.20: Máquina comprobadora de fugas



Figura IV.21: Limpieza de la máquina

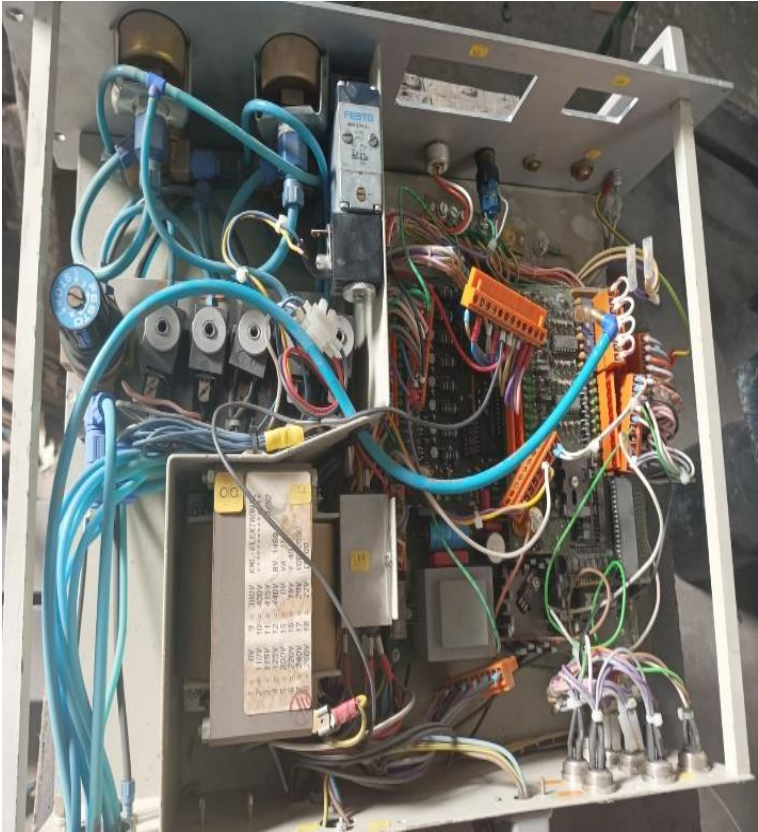


Figura IV.22: Estado inicial de la caja de elementos de control

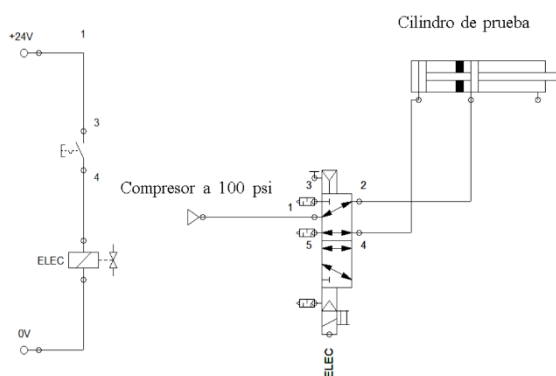


Figura IV.23. Desmontaje de los elementos

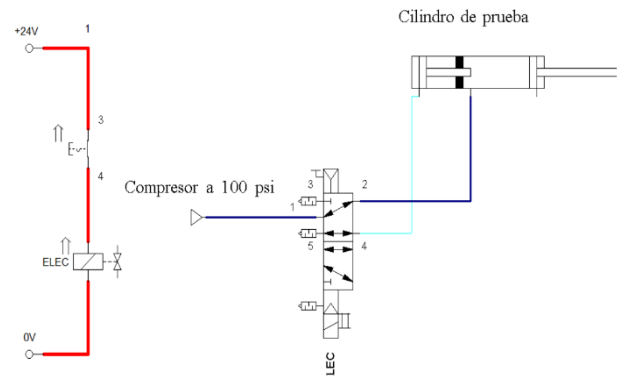
ANEXO V: PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS.

Tabla 26: Prueba del pistón del cilindro de prueba.

Sistema:	Neumático	
Elemento:	Cilindro de prueba	
Materiales:	Compresor	
	Interruptor	
	Fuente de alimentación 24 V	
	Válvula de 5 / 2 n vías	
Especificaciones		
Serie:	Valor General	¿Funcional?
S/N	Presión = 145 psi	SI
Pruebas de funcionamiento		
Descripción de la prueba:		
En base al diagrama de conexión se conectan los elementos y se procede a enviar aire comprimido con un valor de 100 psi.		
Resultado de la prueba:		
Se evidencia que cuando ingresa el aire en la entrada 1 el pistón regresa a su punto de partida y se mantiene estático, así mismo cuando se acciona la electroválvula mediante el interruptor ingresa el aire por la entrada 2 el pistón sale, cumpliendo de manera adecuada su función.		



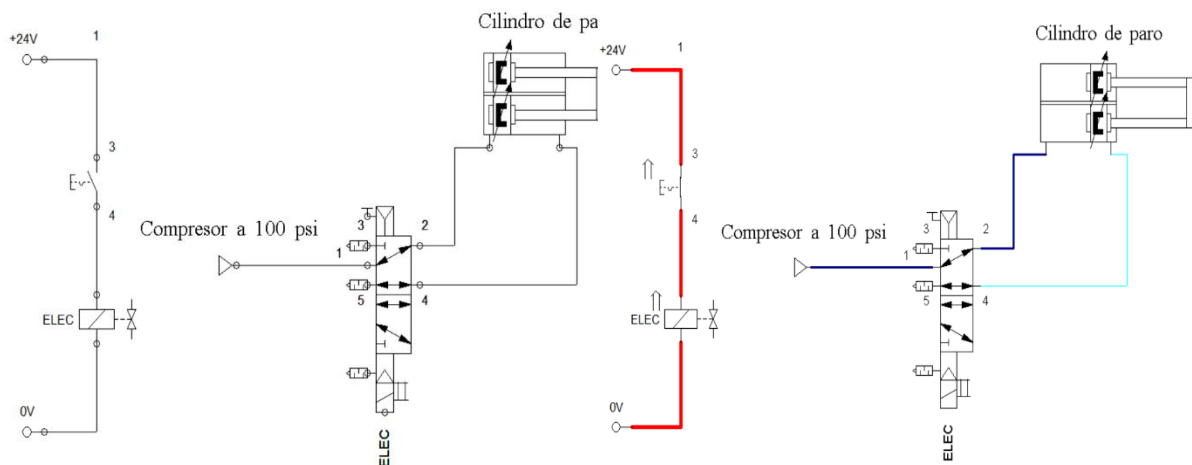
a) Diagrama de conexión



b) Diagrama de simulación

Tabla 27: Prueba del pistón del cilindro de paro.

Sistema:	Neumático	
Elemento:	Cilindro de paro	
Materiales:	Compresor	
	Interruptor	
	Fuente de alimentación 24 V	
	Válvula de 5 /n vías	
Toma y comparación de valores medidos		
Serie:	Valor General	¿Funcional?
S/N	Presión = 101,5 psi	SI
Pruebas de funcionamiento		
Descripción de la prueba:		
<p>En base al diagrama de conexión se conectan los elementos y se procede a enviar aire comprimido con un valor de 90 psi.</p>		
Resultado de la prueba:		
<p>Se evidencia que cuando ingresa el aire en la entrada 1 el pistón regresa a su punto de partida y se mantiene estático, así mismo cuando se acciona la electroválvula mediante el interruptor ingresa el aire por la entrada 2 el pistón sale, cumpliendo de manera adecuada su función.</p>		

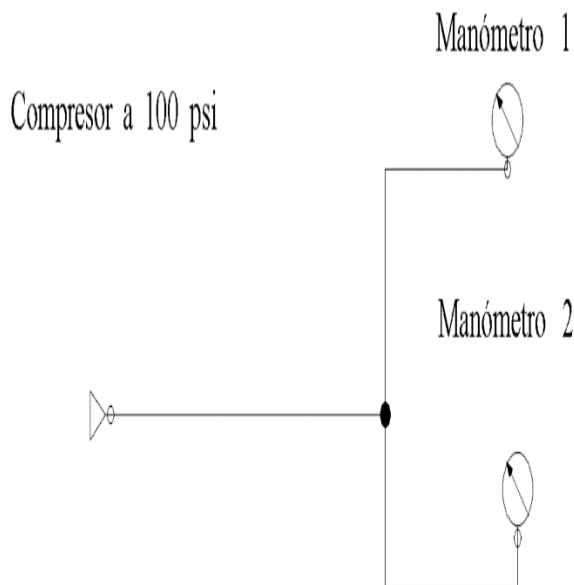


a) Diagrama de conexión

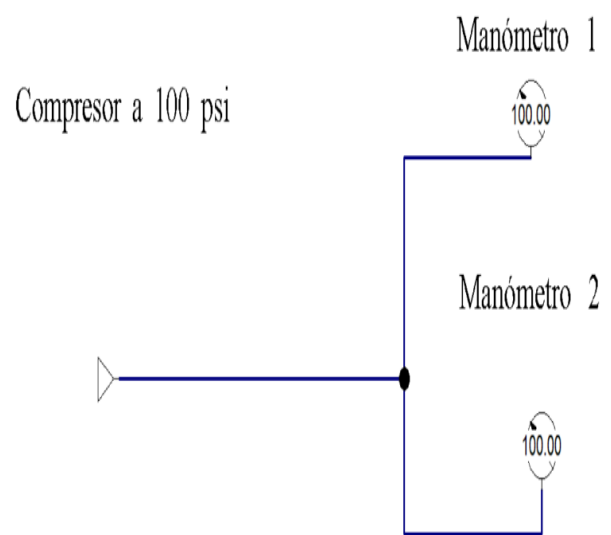
b) Diagrama de simulación

Tabla 28: Pruebas de manómetros.

Sistema:	Neumático				
Elemento:	Manómetro				
Materiales:	Compresor				
Pruebas de funcionamiento					
Descripción de la prueba:					
Se procede a enviar una cantidad de aire para determinar si el manómetro lee el valor de entrada de aire.					
Resultado de la prueba:					
Se puede determinar que están funcionando correctamente.					
Estado del elemento:					
Bueno	X	Malo		Cambio	



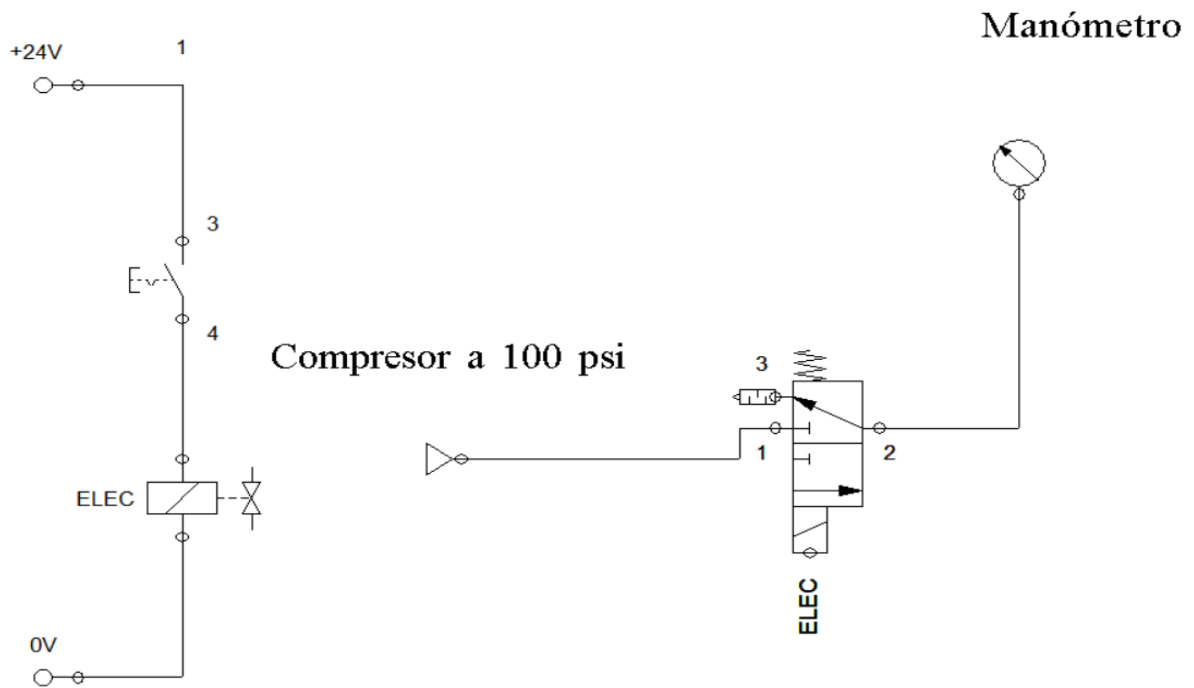
a) Diagrama de conexión



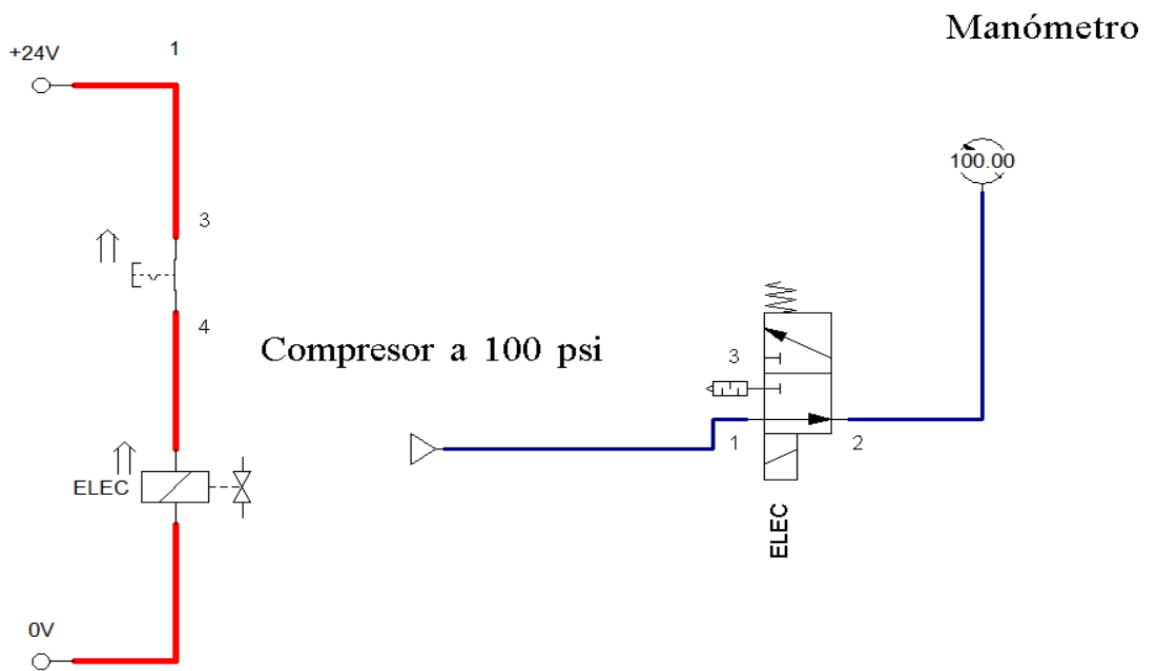
b) Diagrama de simulación

Tabla 29: Pruebas de las electroválvulas serie: 344111 y válvulas senoidales serie: 0892.

Sistema:	Neumático	
Elemento:	Electroválvulas MSGFG (5 unidades)	
Materiales:	Compresor	
	Multímetro	
	Fuente de alimentación 24 V	
	Interruptor	
	Manómetro	
Toma y comparación de valores medidas		
Elemento	Valor General	Valor Tomado
Electroválvula 1	V = 24 V	V = 23,14 V
	P = 4,5 W	P = 4,05 W
	I = 0.1875 A	I = 0,175 A
	Presión = 0 – 116 psi	Presión = 100 psi
Electroválvula 2	V = 24 V	V = 23,50 V
	P = 4,5 W	P = 4,34 W
	I = 0.1875 A	I = 0,185 A
	Presión = 0 – 116 psi	Presión = 100 psi
Electroválvula 3	V = 24 V	V = 23,70 V
	P = 4,5 W	P = 4,15 W
	I = 0.1875 A	I = 0,175 A
	Presión = 0 – 116 psi	Presión = 100 psi
Electroválvula 4	V = 24 V	V = 23,80 V
	P = 0 – 116 psi	P = 4,16 W
	I = 0,1875 A	I = 0,175 A
	Presión = 0 – 116 psi	Presión = 100 psi
Descripción de la prueba:		
En base al diagrama de conexión se conectan los elementos enviando una cantidad de 100 psi para realizar la prueba.		
Resultado de la prueba:		
Las electroválvulas cierran y abren el paso de flujo de aire correctamente, llegando a la conclusión que todas estas se encuentran en buen estado.		



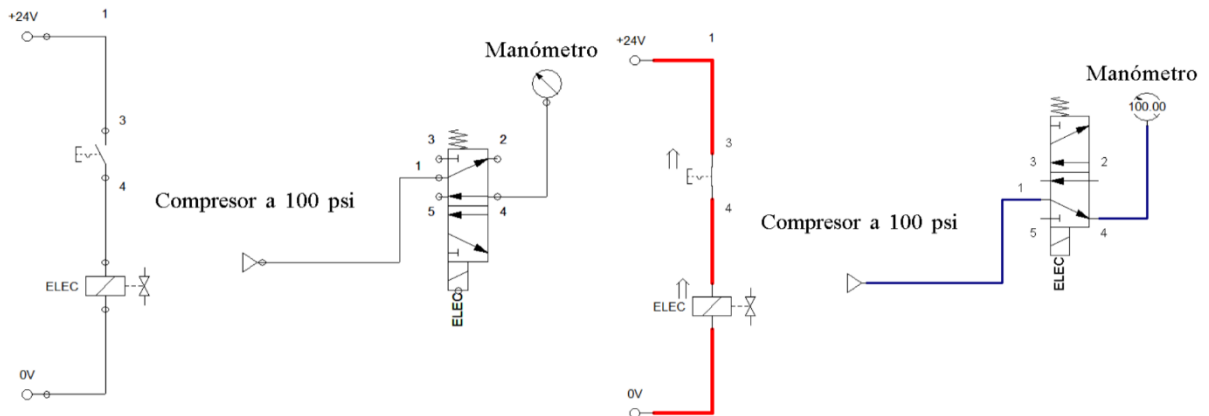
a) Diagrama de conexión



b) Diagrama de simulación

Tabla 30: Prueba de la electroválvula serie 34411 y la válvula senoidal serie 11546

Sistema:	Neumático	
Elemento:	Electroválvula MSFG – 0D	
Materiales:	Compresor	
	Multímetro	
	Fuente de alimentación 24 V	
	Interrupción	
	Manómetro	
Toma y comparación de valores medidos		
Elemento	Valor General	Valor Tomado
Electroválvula 5	V = 24 V	V = 23,50 V
	P = 4, 5 W	P = 4,23 W
	I = 0,1875 A	I = 0,18 A
	Presión = 21,6 - 116 psi	Presión = 100 psi
Pruebas de funcionamiento		
Descripción de la prueba:		
En base al diagrama de conexión se conectan los elementos a utilizar y se procede a realizar la prueba enviando una cantidad de 100 psi para realizar la prueba.		
Resultado de la prueba:		
Con respecto a los valores obtenidos en la válvula se puede determinar que está cumpliendo con su correcto funcionamiento.		



a) Diagrama de conexión

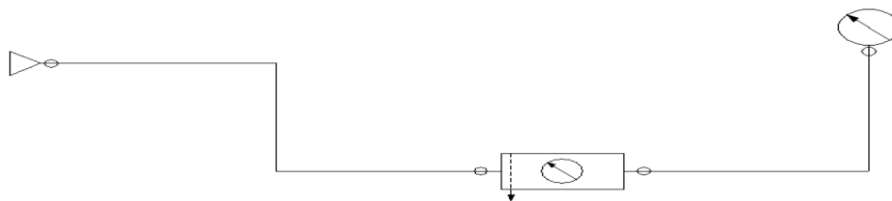
b) Diagrama de simulación

Tabla 31: Prueba del regulador principal.

Sistema:	Neumático		
Elemento:	Regulador de presión principal		
Materiales:	Compresor		
	Manómetro		
Toma y comparación de valores medidos			
Elemento	Valor General	Valor Tomado	
Regulador de presión principal	Presión = 725 psi	Presión = 95 psi	
Pruebas de funcionamiento			
Descripción de la prueba:			
En base al diagrama de conexión se conectan los elementos a utilizar y se procede a realizar la prueba enviando una cantidad de 60 psi para realizar la prueba.			
Resultado de la prueba:			
Con respecto a los valores obtenidos en la válvula se puede determinar que está cumpliendo con su correcto funcionamiento.			
Estado del elemento:			
Bueno	X	Malo	Cambio

Compresor a 100 psi

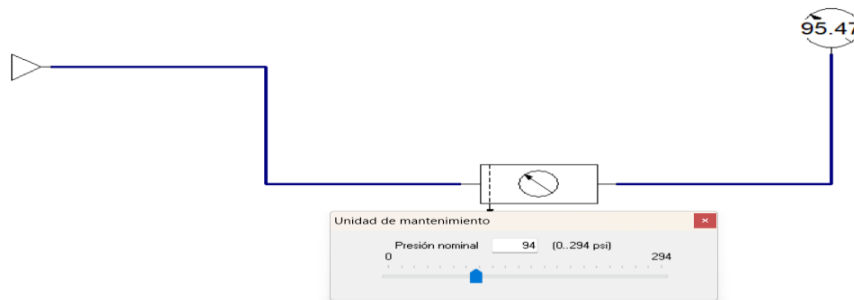
Manómetro



a) Diagrama de conexión

Compresor a 100 psi

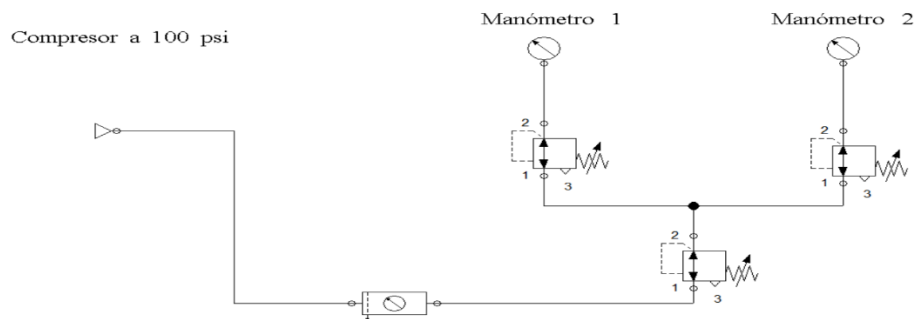
Manómetro



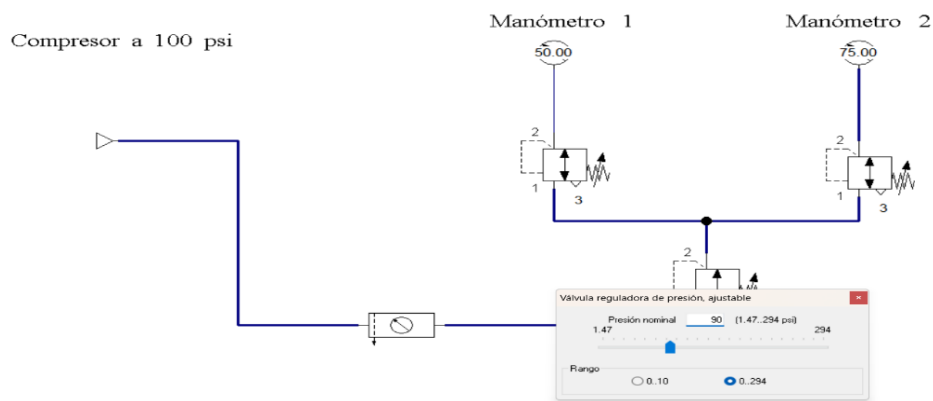
b) Diagrama de simulación

Tabla 32: Pruebas de reguladores secundarios

Sistema:	Neumático		
Elemento:	Regulador de presión secundarios (3 unidades)		
Materiales:	Compresor		
	Manómetro		
Toma y comparación de valores medidos			
Elemento	Valor General	Valor Tomado	
Regulador de presión 1	Presión = 290 psi	Presión = 90 psi	
Regulador de presión 2	Presión = 290 psi	Presión = 50 psi	
Regulador de presión 3	Presión = 290 psi	Presión = 75 psi	
Pruebas de funcionamiento			
Descripción de la prueba:			
En base al diagrama de conexión se conectan los elementos a utilizar y se procede a realizar la prueba enviando una cantidad de 100 psi para realizar la prueba.			
Resultado de la prueba:			
Con respecto a los valores obtenidos en la válvula se puede determinar que está cumpliendo con su correcto funcionamiento.			
Estado del elemento:			
Bueno	X	Malo	Cambio



a) Diagrama de conexión



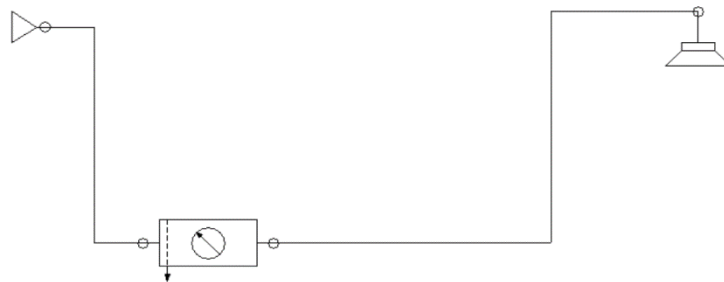
b) Diagrama de simulación

Tabla 33: Prueba de racor enroscado con selector.

Sistema:	Neumático
Elemento:	Racor enroscado con selector
Materiales:	Compresor
	Manómetro
Pruebas de funcionamiento	
Descripción de la prueba:	
En base al diagrama de conexión se procede a enviar cierta cantidad de aire para determinar si no existe alguna obstrucción en el mismo.	
Resultado de la prueba:	
Se determina que el racor enroscado con selector está funcionando correctamente.	

Compresor a 100 psi

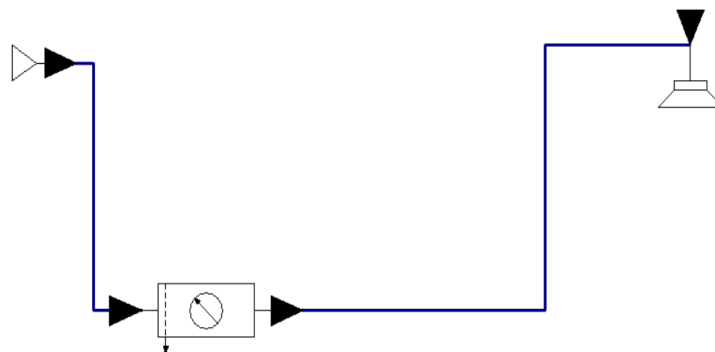
Racor enroscado con selector



a) Diagrama de conexión

Compresor a 100 psi

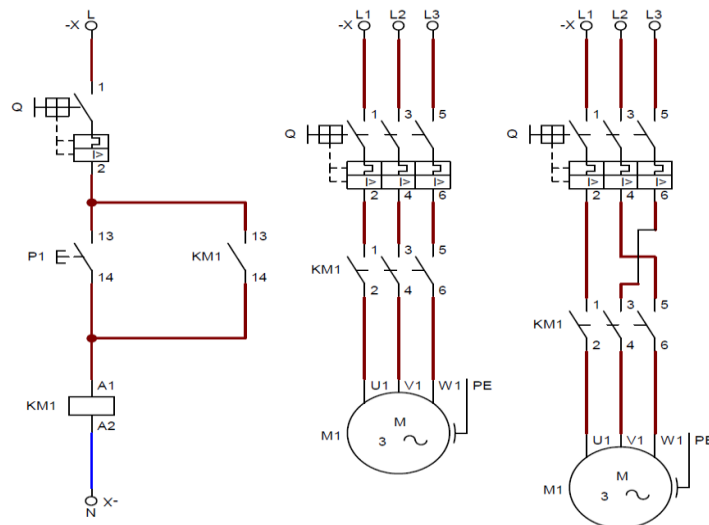
Racor enroscado con selector



b) Diagrama de simulación

Tabla 34: Prueba de funcionamiento del motor BONFIGLIOLI.

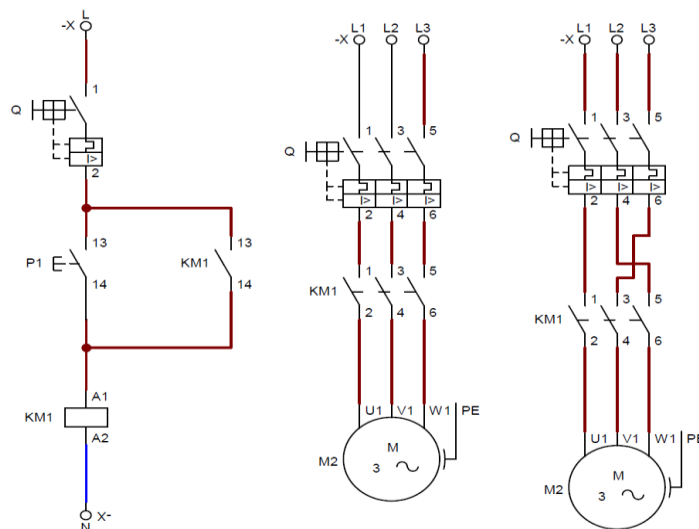
Sistema:	Eléctrico		
Elemento:	Motor BONFIGLIOLI		
Materiales:	Fuente de alimentación		
	Multímetro		
Toma y comparación de valores medidos			
Elemento		Valor General	
Motor 1	V= 230V		Cos φ = 0,75
	I = 0,6 A		IP: 65
	P = 0,16 KW		r/m 1310
Pruebas de funcionamiento			
Descripción de la prueba:			
En base al diagrama de conexión conectamos los elementos y arrancamos el motor mediante un pulsador y un contactor.			
Resultado de la prueba:			
El motor arranca sin ningún problema, se lo dejó trabajar por más de 30 minutos después de esto se le realizo una inversión de giro y el motor funciona correctamente.			
Estado del elemento:			
Bueno	X	Malo	Cambio



a) Diagrama de conexión y simulación

Tabla 35: Prueba de funcionamiento del motor ORIENTAL.

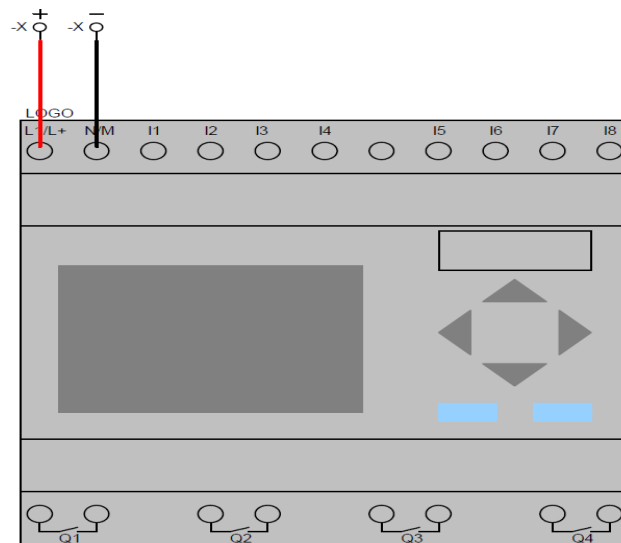
Sistema:	Eléctrico		
Elemento:	Motor ORIENTAL		
Materiales:	Fuente de alimentación		
	Multímetro		
Toma y comparación de valores medidos			
Elemento		Valor General	
Motor 2		V = 230V	Cos φ = 0,98
		I = 0,16 A	IP: 20
		P = 15 W	r/m 1200
Pruebas de funcionamiento			
Descripción de la prueba:			
En base al diagrama de conexión conectamos los elementos y arrancamos el motor mediante un pulsador y un contactor.			
Resultado de la prueba:			
El motor arranca sin ningún problema, se lo dejó trabajar por más de 30 minutos después de esto se le realizó una inversión de giro y el motor funciona correctamente.			
Estado del elemento:			
Bueno	X	Malo	Cambio



a) Diagrama de conexión y simulación

Tabla 36: Prueba de funcionamiento del PLC.




Sistema:	Control		
Elemento:	PLC		
Materiales:	Fuente de alimentación		
	Multímetro		
Toma y comparación de valores medidos			
Elemento		Valor General	
PLC	24 V - DC		Inputs: 6
	0,3 A		Outputs: 4
	7,2 W		IP: 65
Pruebas de funcionamiento			
Descripción de la prueba:			
En base al diagrama de conexión conectamos los elementos, se energiza al PLC mediante una fuente de alimentación de 24 V.			
Resultado de la prueba:			
El PLC se enciende, sin embargo, es un PLC de tipo C y necesita un cable especial para la conectividad con el programa, esos cables ya no se encuentran en el mercado, por tanto, se recomienda un nuevo PLC actualizado.			
Estado del elemento:			
Bueno	<input type="checkbox"/>	Malo	<input checked="" type="checkbox"/>
			Cambio
			X









a) Diagrama de conexión

ANEXO VI: CLASIFICACIÓN DE ELEMENTOS POR SISTEMAS DE LA MÁQUINA COMPROBADORA DE FUGAS

Tabla 37: Elementos del sistema neumático inicial.

Equipo	Sistema	Elemento	Descripción	Estado	Decisión
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA NEUMÁTICO	Cilindro de prueba	 <p>Pistón neumático que cumple con la función de realizar la actividad de comprobación de fugas por media de aire a presión</p>	Bueno	Se mantiene
		Pistón de paro			
		Max. Press. 7 bar (0,7 MPa)	<p>Cumplen con la función de abrir o cerrar el flujo de aire</p>	Bueno	Se mantiene
		Electroválvula MSFG - OD			
		 <p>Marca: FESTO MFH - 5 - PK - 3 - L Serie: 11546 1,5 - 8 bar</p>			
		Electroválvulas (4)	 <p>Cumplen con la función de abrir o cerrar el flujo de aire</p>	Bueno	Se mantiene
		<p>FESTO / MSGFG Best. Nr.: 34411 24 V / 4,5 W IP 00/IP 65</p>			

Equipo	Sistema	Elemento	Descripción	Estado	Decisión
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA NEUMÁTICO	Regulador de presión principal		Bueno	Se mantiene
		Cumplen con la función de abrir o cerrar el flujo de aire			
		Regulador de presión (3)		Bueno	Se mantiene
		Cumplen con la función de regular el flujo de aire en el proceso			
		20 bar - 1/4 in		Bueno, pero se requiera más material	Se mantiene
		Manguera # 4			
		Material: poliuretano - azul Dimensión: 4 mm			
		Manguera # 6		Bueno, pero se requiera más material	Se mantiene
		Material: poliuretano - azul Dimensión: 6 mm			
		Racor enroscado con selector		Bueno	Se mantiene
		Cumplen con la función de desechar o no las botellas mediante una expulsión de aire			
		Manómetro (2)		Bueno	Se mantiene
		Marca: FESTO Capacidad máx.: 10 bar o 125 psi MA-40-10-1/8-EN SERIE: J8			





Equipo	Sistema	Elemento	Descripción	Estado	Decisión
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA ELÉCTRICO	Variador de frecuencia	<p>Variador de frecuencia que cumple con la función de regular la velocidad de giro de los motores</p>	Placa totalmente quemada	Cambio
					
		Placa electrónica Tipo: VC 55 2214-2464 VERSION V C1	<p>Placa electrónica que cumple con la función de recibir y enviar información hacia los distintos elementos para la realización del proceso</p>	Placa totalmente quemada	Desecho
		Placa electrónica			
					
		FSP 1D	<p>Cumple con la función de transmitir la señal por los diferentes elementos eléctricos</p>	Se requiere nuevo material	Cambio
		Cables de conexión interna			
					
		Calibre: 30 AWG colores varios	<p>Cumple con la función de ayudar en el arranque del motor 2</p>	Bueno	Se mantiene
		Capacitor			
					
CH09BFAVD 430 V 0,6 A 0,9 uF					

Tabla 39: Elementos del sistema de control inicial.






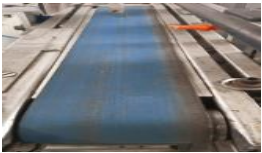

Equipo	Sistema	Elemento	Descripción	Estado	Decisión	
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA DE CONTROL	Sensor de presión	 <p>Sensor de presión que cumple con la función de verificar si existe o no una fuga en las botellas plásticas</p>	Obsoleto	Cambio	
		<p>220 V Tipo: FD4 N.º: 1092800 Bauj: 1992</p>				
		Sensor capacitivo				
			<p>Sensor de proximidad que cumple con la función de detectar el paso de las botellas plásticas</p>	Obsoleto	Cambio	
		Sensor tipo capacitivo	 <p>Contador digital que cumple con la función de detectar cuantas unidades de botellas plásticas han sido comprobadas correctamente</p>	Obsoleto	Cambio	
		Módulo de contador digital				
		<p>Date: 9226 Tipo: 6108.2R COMPT. 5 - 6 RAZ. 1 - 2 marca: yrelec _ FRANCE</p>				
		PLC SIEMENS		<p>PLC que cumple con la función de validar la programación establecida para el proceso</p>	<p>En funcionamiento, pero no cuenta con un cable de conexión específico para su tipo, (valor económico)</p>	Cambio
		<p>LOGO! DC24V Input 6 x DC Output 4xTrnas./0.3A E6ED1 052 - 1C A00 - QB A 0</p>				

Tabla 40: Elementos del sistema mecánico inicial.

Equipo	Sistema	Elemento	Descripción	Estado	Decisión
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA MECÁNICO	Banda transportadora negra	Banda transportadora que cumple con la función de transportar las botellas plásticas antes de la actividad de comprobación	Bueno, pero se requiere cambio de banda	Cambio
					
		2,50 x 07cm material: caucho sintético			
			Banda transportadora que cumple con la función de transportar las botellas plásticas después de la actividad de comprobación	Bueno, pero se requiere cambio de banda	Cambio
		2 x 07 cm material: caucho sintético			
	Cumple con la función de girar la banda N.2	Bueno	Se mantiene		
Piñones motor2 - piñón 7001 - 3/8-17 Piñón 1541- 3/8 - 1					

ANEXO VII: PORCENTAJES DE ELEMENTOS DAÑADOS POR SISTEMAS

Tabla 41: Porcentaje de daño en el sistema neumático

Sistema neumático		Porcentaje
Elementos	16	
Buenos	16	100%
Malos	0	0%

$$\% (Buenos) = \frac{Buenos}{Elementos} * 100\% \quad (3.14)$$

$$\% (Buenos) = \frac{16}{16} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = 100 \%$$

$$\% (Malos) = \frac{Malos}{Elementos} * 100\% \quad (3.15)$$

$$\% (Malos) = \frac{0}{17} * 100\%$$

$$\% (Malos) = 0 \%$$

Tabla 42: Porcentaje de daño en el sistema eléctrico

Sistema eléctrico		Porcentaje
Elementos	7	
Buenos	3	42,85 %
Malos	4	57,15 %

$$\% (Buenos) = \frac{3}{7} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = 42,85 \%$$

$$\% (Malos) = \frac{4}{7} * 100\%$$

$$\% (Malos) = 57,15 \%$$

Tabla 43: Porcentaje de daño en el sistema de control

Sistema de control		Porcentaje
Elementos	4	
Buenos	0	0,00%
Malos	4	100,00%

$$\% (Buenos) = \frac{0}{4} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = 0 \%$$

$$\% (Malos) = \frac{4}{4} * 100\%$$

$$\% (Malos) = 100 \%$$

Tabla 44: Porcentaje de daño en el sistema mecánico

Sistema mecánico		Porcentaje
Elementos	5	
Buenos	3	60,00%
Malos	2	40,00%

$$\% (Buenos) = \frac{3}{5} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = 60 \%$$

$$\% (Malos) = \frac{2}{5} * 100\%$$

$$\% (Malos) = 40 \%$$

Tabla 45: Porcentaje total de daño en la máquina

Máquina comprobador de fugas		Porcentaje
Elementos totales	32	
Buenos	22	68,75 %
Malos	10	31,25 %

$$\% (Buenos) = \frac{Buenos}{Elementos} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = \frac{22}{32} * 100\%$$

$$\% (Buenos) = 68,75\%$$

$$\% (Malos) = \frac{Malos}{Elementos} * 100\%$$

$$\% (Malos) = \frac{10}{32} * 100\%$$

$$\% (Malos) = 31,25 \%$$


ANEXO VIII. CABLES DE CONEXIÓN

Tabla 46: Especificaciones de los cables de conexión

AWG	Dia mm	SWG	Dia mm	Max Amps	Ohms / 100 m
11	2.30	13	2.34	12	0.47
12	2.05	14	2.03	9.3	0.67
13	1.83	15	1.83	7.4	0.85
14	1.63	16	1.63	5.9	1.07
15	1.45	17	1.42	4.7	1.35
16	1.29	18	1.219	3.7	1.48
18	1.024	19	1.016	2.3	2.04
19	0.912	20	0.914	1.8	2.6
20	0.812	21	0.813	1.5	3.5
21	0.723	22	0.711	1.2	4.3
22	0.644	23	0.610	0.92	5.6
23	0.573	24	0.559	0.729	7.0
24	0.511	25	0.508	0.577	8.7
25	0.455	26	0.457	0.457	10.5
26	0.405	27	0.417	0.361	13.0
27	0.361	28	0.376	0.288	15.5
28	0.321	30	0.315	0.226	22.1
29	0.286	32	0.274	0.182	29.2
30	0.255	33	0.254	0.142	34.7
31	0.226	34	0.234	0.113	40.2
32	0.203	36	0.193	0.091	58.9
33	0.180	37	0.173	0.072	76.7
34	0.160	38	0.152	0.056	94.5
35	0.142	39	0.132	0.044	121.2

ANEXO X. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) DE LA MARCA XINJE

Tabla 47: Especificaciones del PLC (recomendación de la empresa)

<p>PLC Xinje – SPECTRA - XP3-18RT</p>  A photograph of the Xinje SPECTRA - XP3-18RT PLC. It is a compact, rectangular device with a grey and black faceplate. The top section features a green LCD screen. Below the screen is a numeric keypad with buttons labeled 0-9, a CLR button, and a SET button. To the left of the keypad are several function buttons labeled F1 through F8. The brand name 'XINJE' is printed on the right side of the faceplate. The bottom edge of the device shows a green connector strip.	<ul style="list-style-type: none">▪ Integrado PLC y HMI▪ Comunicación Serial▪ Alimentación 24VDC▪ 10 NPN entradas digitales (inputs)▪ 8 salidas tipo relé y transistor (outputs)▪ Software de programación XC Series Progam Tool▪ Pantalla LCD 3,7 pulgadas▪ El precio en el mercado va desde \$300
---	--

ANEXO XI. COMUNICACIÓN DE PLC Y SOFTWARE



Figura XI.24: Cable de comunicación para el PLC

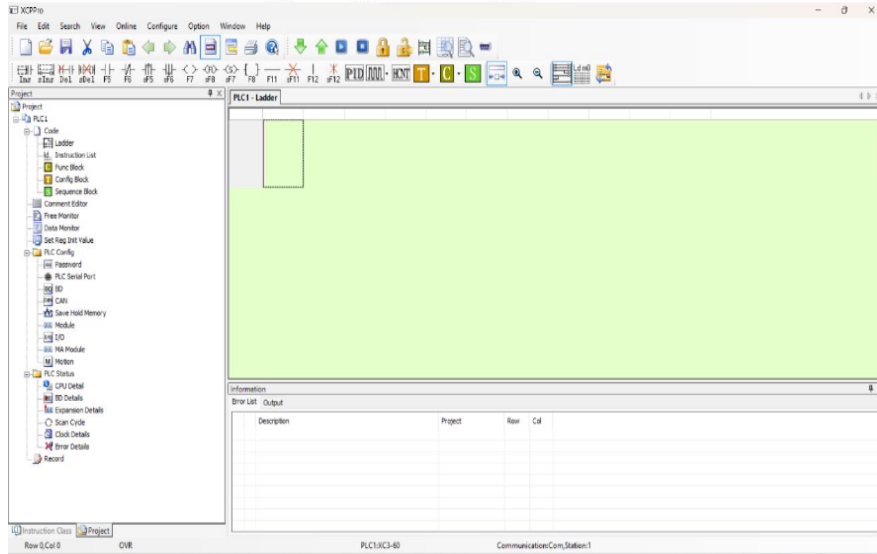


Figura XI.25: Software para la programación del PLC

ANEXO XII: SELECCIÓN DE LA PLANCHA DE TOL GALVANIZADO

Tabla 48: Dimensiones de las planchas de tol galvanizado.

DIMENSION, PESOS NOMINALES Y TOLERANCIA				
Espesor		Ancho	Largo	Peso Nominal
Pulg.	mm	mm	mm	(Kg / Plancha)
1/40"	0,45	1220	2440	10,52
1/40"	0,5	1220	2440	11,69
1/32"	0,6	1220	2440	14,02
1/32"	0,7	1220	2440	16,36
1/25"	0,9	1220	2440	21,03
1/25"	1	1220	2440	23,37
1/20"	1,1	1220	2440	25,71
1/16"	1,4	1220	2440	32,72
1/16"	1,5	1220	2440	35,06
1/32"	1,9	1220	2440	44,4
1/8"	3	1220	2440	70,11
3/16"	4	1220	2440	93,48

ANEXO XIII: MATERIALES ADQUIRIDOS Y CLASIFICADOS POR SISTEMAS

Tabla 49: Elementos adquiridos para el sistema neumático.





Equipo	Sistema	Elemento	Función	Cantidad
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA NEUMÁTICO	Manguera #4 y #6	Cumple con la función de transportar el flujo de aire	3 metros 3 metros
				
		Poliuretano - azul Dimensión: 4 mm y 6 mm		
		Racores	Cumplen con la función de empalmar las mangueras	Racores rectos de #4: 2 Racores en T #6: 4
				
		marca: Festo dimensión: 1/4 (4mm)		
		Cilindro de empuje	Cumple con la función de empujar la columna de envases acumulada en el anterior proceso	1
				
		XPCPC Model: DNC 50X100 Pressure: 0,05 – 1,0 MPa	Acciona los cilindros para el sistema de conteo	2
		Electroválvula 5/2		
				
FESTO MSFW-230-50/60 24 V				

Tabla 50: Elementos adquiridos para el sistema eléctrico.











Equipo	Sistema	Elemento	Función	Cantidad
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA ELÉCTRICO	Fuente de alimentación	Cumple con la función de alimentar todos los elementos que estén dentro del proceso.	1
		 MODEL: TSP - 2410 INUPUT: AC110V - AC220V 50/60Hz OUTPUT: 24V - 10A POWER OUTPUT: 250W		
		Variador de frecuencia	Variador de frecuencia que cumple con la función de regular la velocidad de giro de los motores	1
		 Kinco CV20-2S-0015G POWER: 1,5 KW INPUT: AC1PH 220V 14A 50Hz/60Hz OUTPUT: AC3PH 220 V 7,5A 0Hz-300Hz		
		Cables de conexión interna	Cumple con la función de transmitir la señal por los diferentes elementos eléctricos	100 metros
		 Calibre: 30 AWG #18 color azul		
		Terminales conexión interna	Cumple con la función de fijar el cable	300
		 300 terminales para cable AWG #18		
		Borneras	Cumple con la función de unir circuitos eléctricos	15
		 LEG001 18 AWG 2,5MM – 20 AMP		
		Breaker	Cumple con la función de permitir el paso de energía para alimentar a todos los demás elementos	2
		 Tipo de dispositivo: Disyuntor, Trifásico Corriente nominal: 16 A Número de polos: 3 Curva de disparo: Tipo C Voltaje nominal: 230 V AC / 50 Hz		

Tabla 51: Elementos adquiridos para el sistema de control.

Equipo	Sistema	Elemento	Función	Cantidad
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA DE CONTROL	Sensor de presión	Cumple con la función de leer los valores de presión con la que trabaja la máquina para realizar la prueba de fugas	1
				
		PSAN-1CA-NPT1/8 Equipment Name: PRESSURE SENSOR Power: 12-24VDC(FEMALE) Port: NPT1/8		
		Sensor reflectivo	Cumple con la función de detectar el paso de los envases plásticos	1
				
		IND. CON. E.Q. 1. BN - 10...30VDC 0.1A 3. BU - 0V 4. BK - OUT 0.1A 30VDC		
		Sensor autorefectivo	Cumple con la función de detectar si el pistón de prueba esta abajo o arriba y así enviar la señal para que se realice la respectiva comprobación	2
				
Voltaje de Operación: 6 - 36 V DC Consumo corriente: 300 mA Modelo: LJ18A3-5-Z/AX Conexión por cable de 3 hilos (VCC, GND, Salida)				
Selector	Cumplen con la función de encender la máquina	2		
				
Selector 22mm 2 posiciones Modelo: SKOS-ED21 220-240V máx.. BA9s 2,6W máx..				









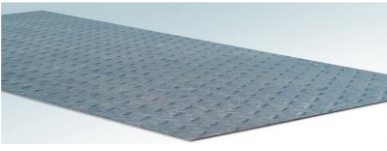
Equipo	Sistema	Elemento	Función	Cantidad
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA DE CONTROL	Paro de emergencia	Cumple con la función de cortar el paso de energía en casos de emergencia	1
				
		Tipo: Pulsador con enclavamiento Desbloqueo: Giro horario Corriente máxima: 3A (250V AC), 5A (30V DC) Material: plástico		
		Luz piloto	Cumple con la función de indicar si la máquina esta encendida o no	1
				
		AD212-R/24VDC L 24 AC/DC Verde		
		Relés y bases	Permite dejar pasar y también parar la corriente eléctrica dentro de un circuito eléctrico	8
				
		Relay encapsulados CAMSCO MY2 8 pines planos 24VDC 5 A 2NA - 2NC		
		Contactor	Cumplen con la función de enviar una señal a los respectivos motores para el giro de las bandas	2
				
Marca: LS ELECTRIC Serie: MC-9B Fases: 3. Amperes: 12 A Voltaje de bobina: 220 VAC				
PLC	Cumple con la función de detectar diversos tipos de señales del proceso, y elaborar y enviar acciones de acuerdo a lo que se ha programado	1		
				
PLC SPECTRA INTEGRATOR OF PLC & HMI MODEL: XP3-18RT SUPPLY: DC 24V 3W V8.0/3.3				

Tabla 52: Elementos adquiridos para el sistema mecánico.

Equipo	Sistema	Elemento	Función	Material
COMPROBADOR DE FUGAS	SISTEMA MECÁNICO	Banda transportadora 1	Banda transportadora que cumple con la función de transportar las botellas plásticas antes de la actividad de comprobación	1
				
		2,50 x 07cm material: caucho sintético		
		Banda transportadora 2	Banda transportadora que cumple con la función de transportar las botellas plásticas después de la actividad de comprobación	1
				
		2 x 07 cm material: caucho sintético		
		Tubos cuadrados de acero inoxidable	Los tubos junto a la plancha de tol galvanizada se utilizarán para la mesa que se amentara en la máquina para el respectivo proceso de conteo y empaquetado	1 plancha de tol 12 metros de tubo
				
4 x 4 cm				
Plancha de tol galvanizado				
				
1,22 x 2,44 metros				

ANEXO XIV. CAMBIO DE POSICIÓN DE LAS BANDAS

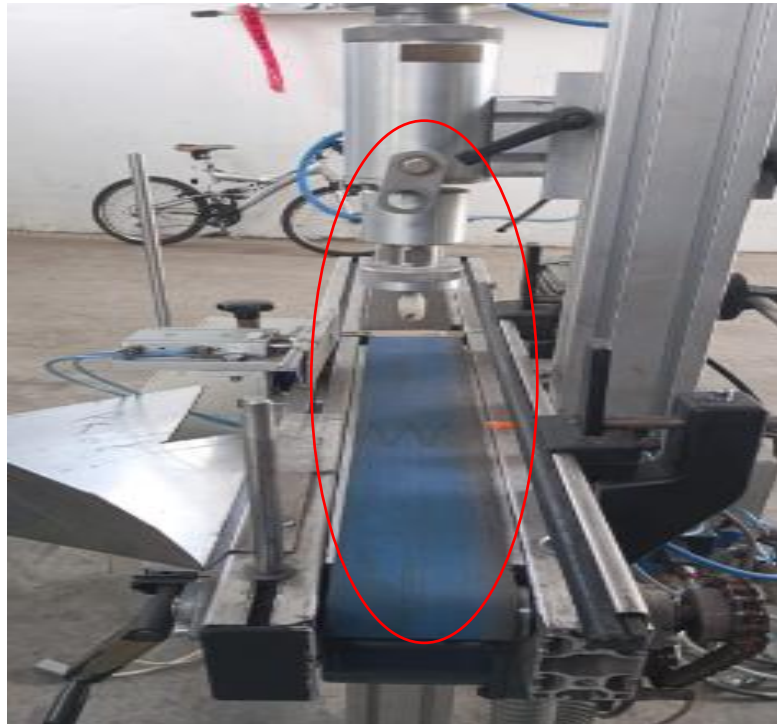


Figura XIV.26: Bandas en posición inicial



Figura XIX.27: Bandas en posición invertido

ANEXO XV: PLANOS PARA ACOPLAMIENTOS DE CAJA 2 Y SENSORES

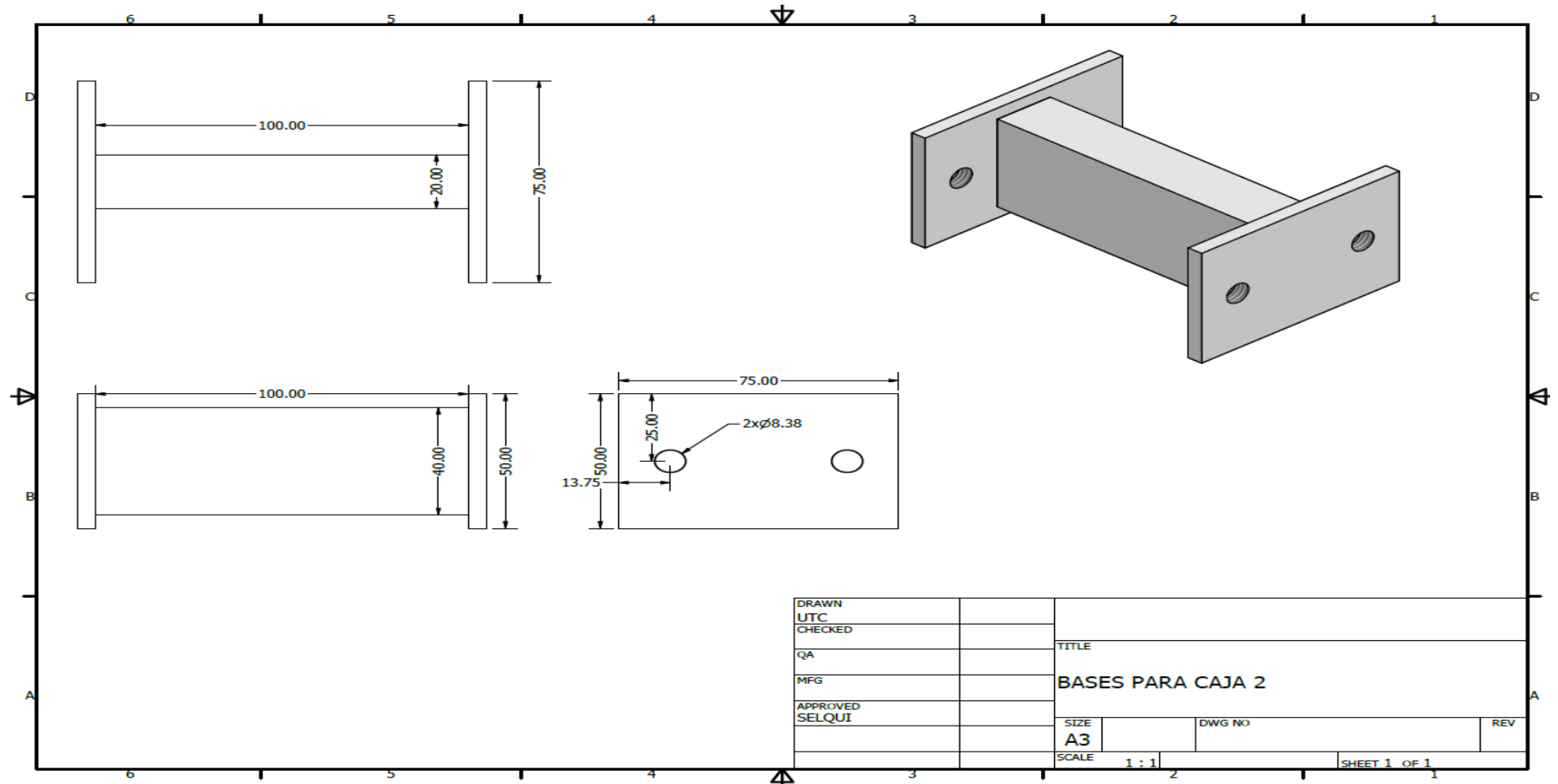


Figura XV.28: Planos de acoplamiento para el montaje de la caja 2 (PLC)

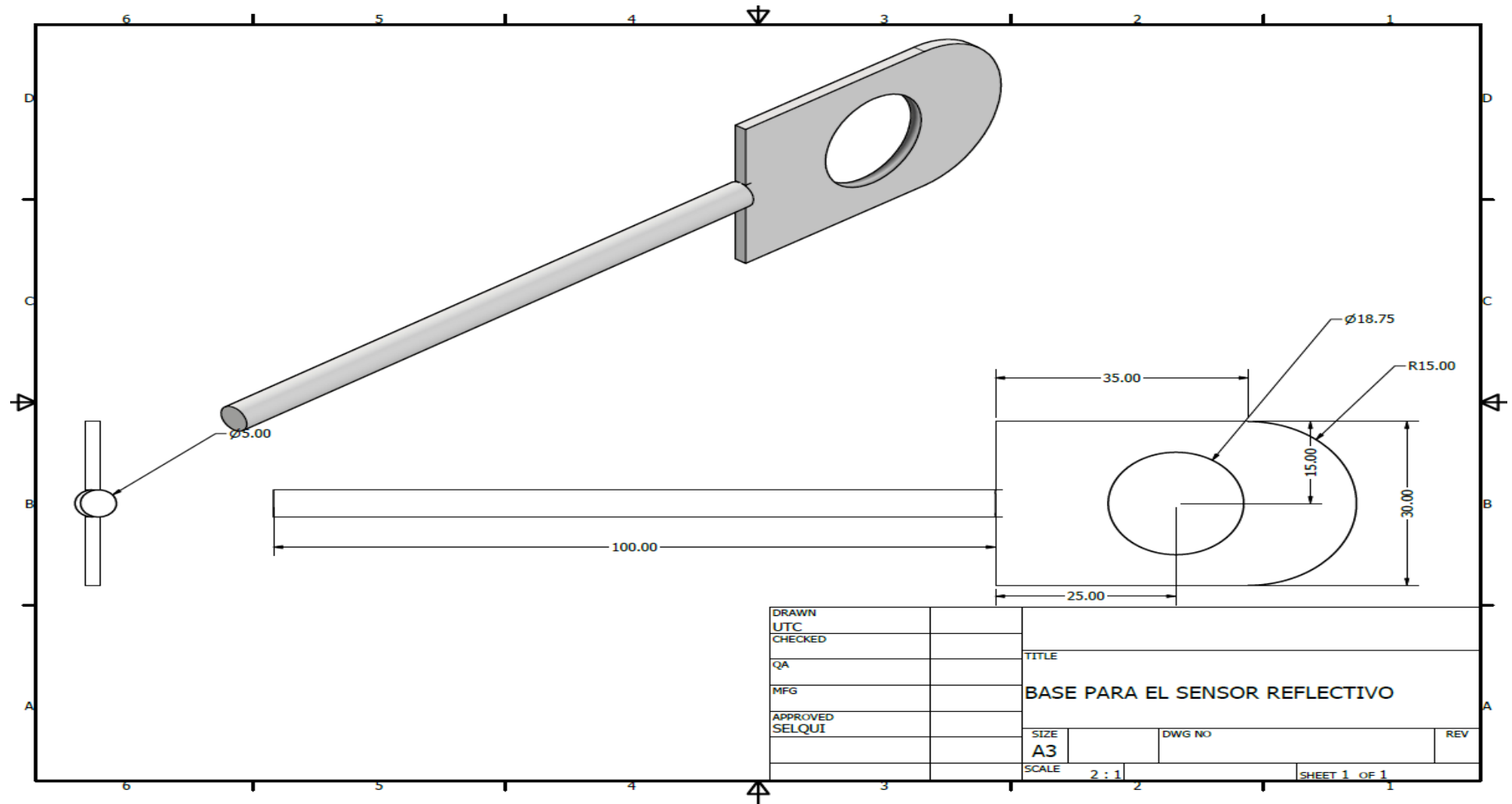


Figura XV.29: Planos de acoplamiento para el montaje del sensor reflectivo (SR)

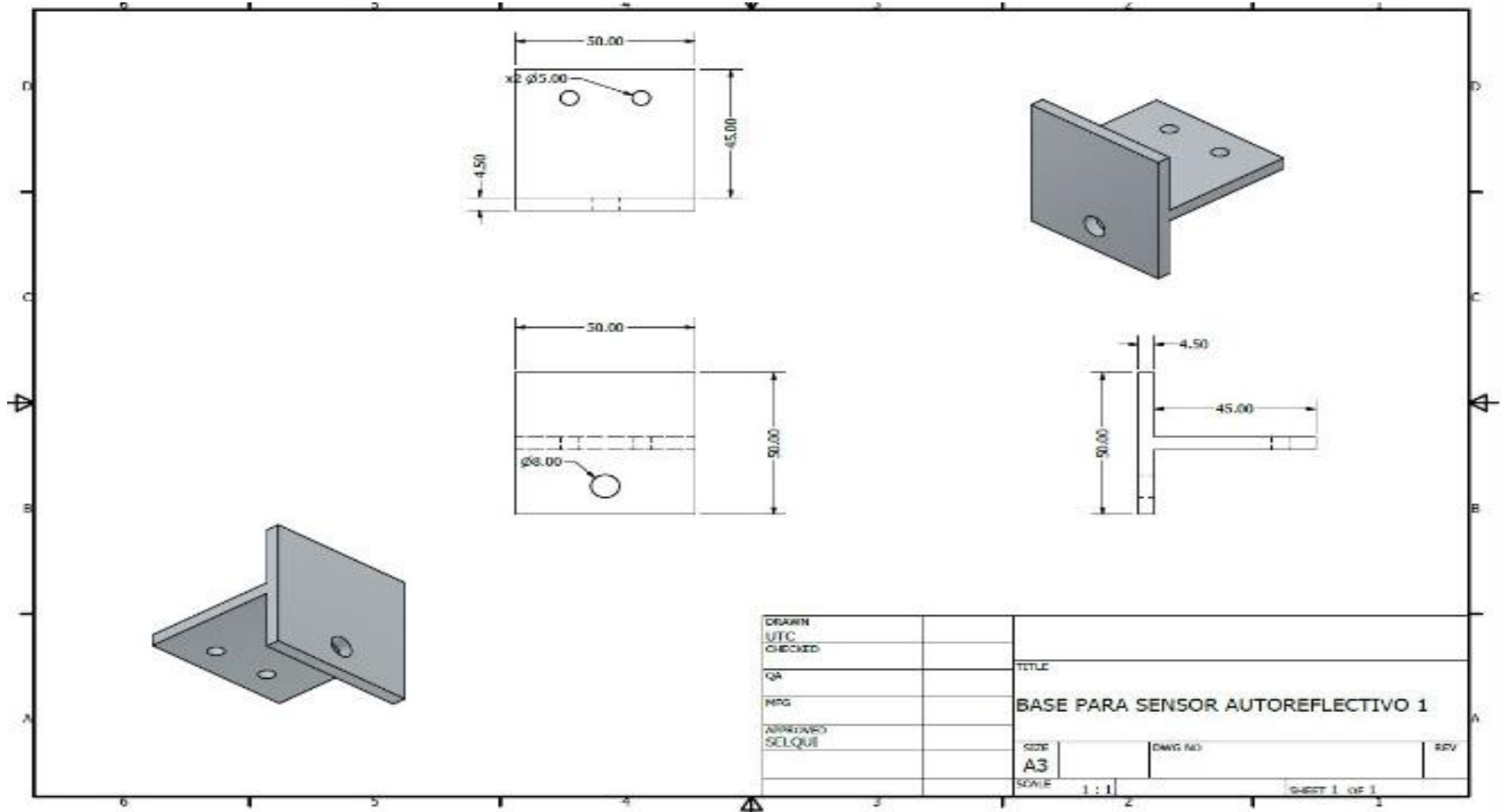


Figura XV.30: Planos de acoplamiento para el sensor autorefectivo 1 (SAR1)

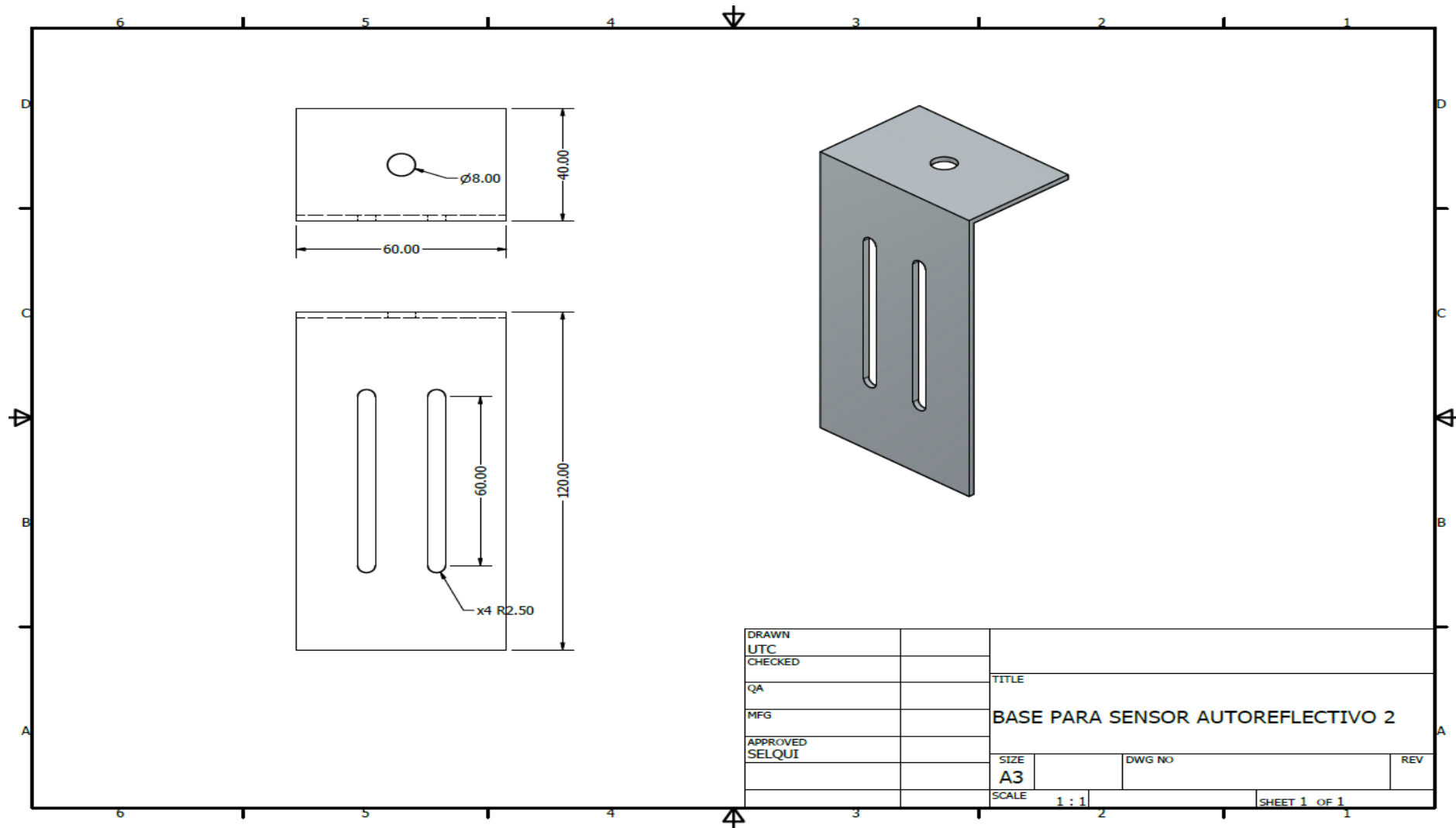


Figura XV.31: Planos de acoplamiento para el sensor autorefectivo 2 (SAR2)

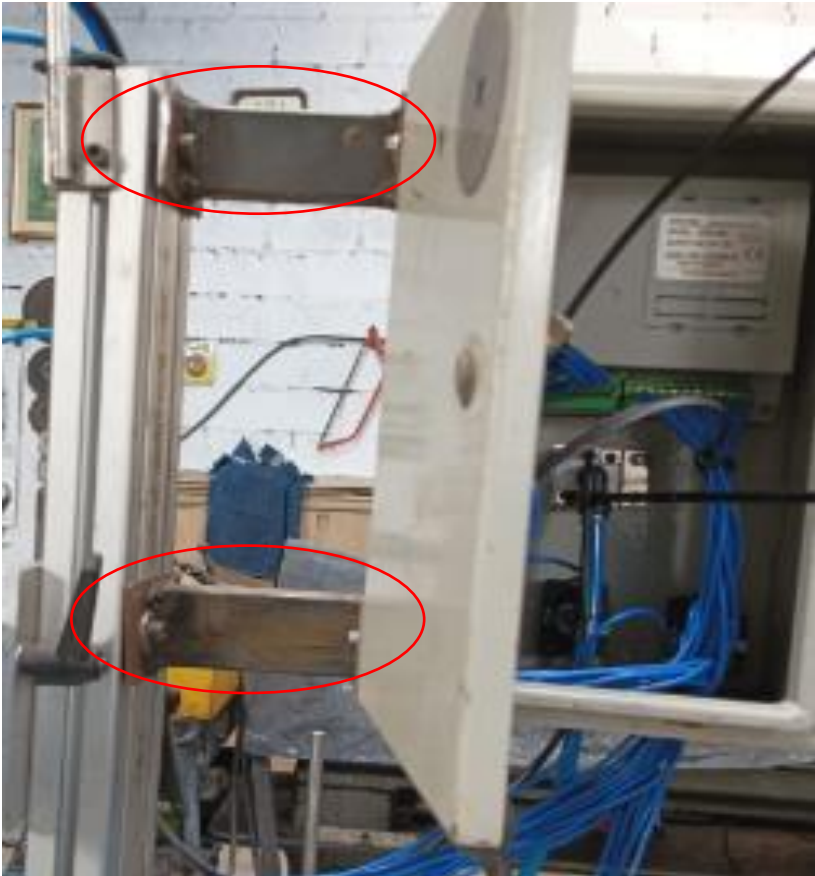


Figura XV.32: Montaje de la adaptación de la caja 2

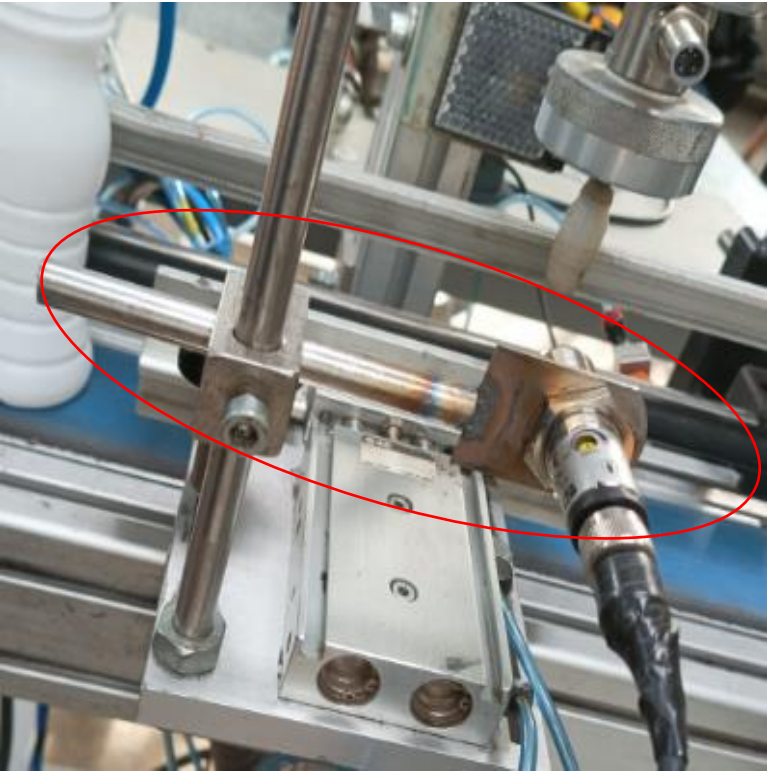


Figura XV.33: Montaje del acoplamiento para el sensor reflectivo

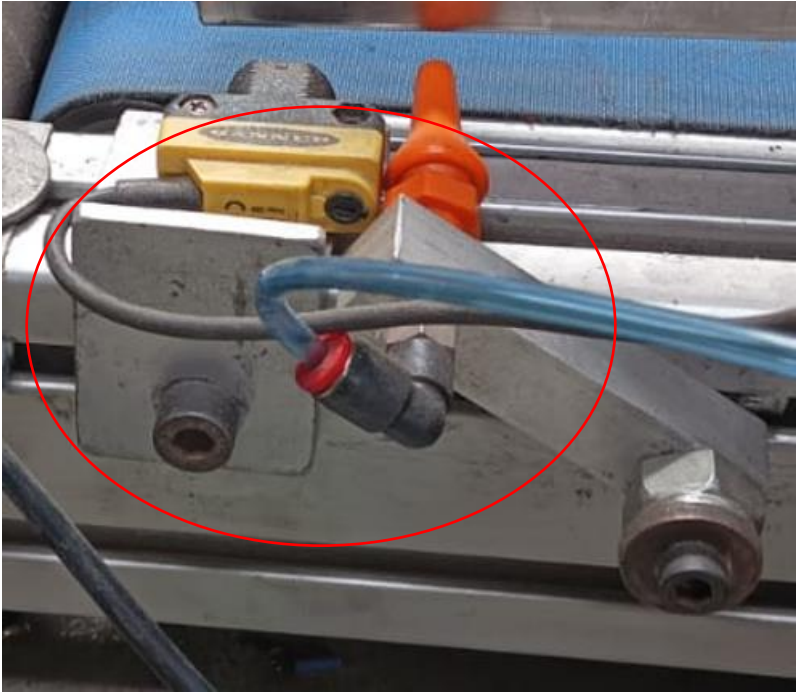


Figura XV.34: Montaje del acoplamiento para el sensor autorefectivo 1



Figura XV.35: Montaje del acoplamiento para el sensor autorefectivo 2.

ANEXO XVI. ACOPLAMIENTO PARA CILINDRO DE EMPUJE

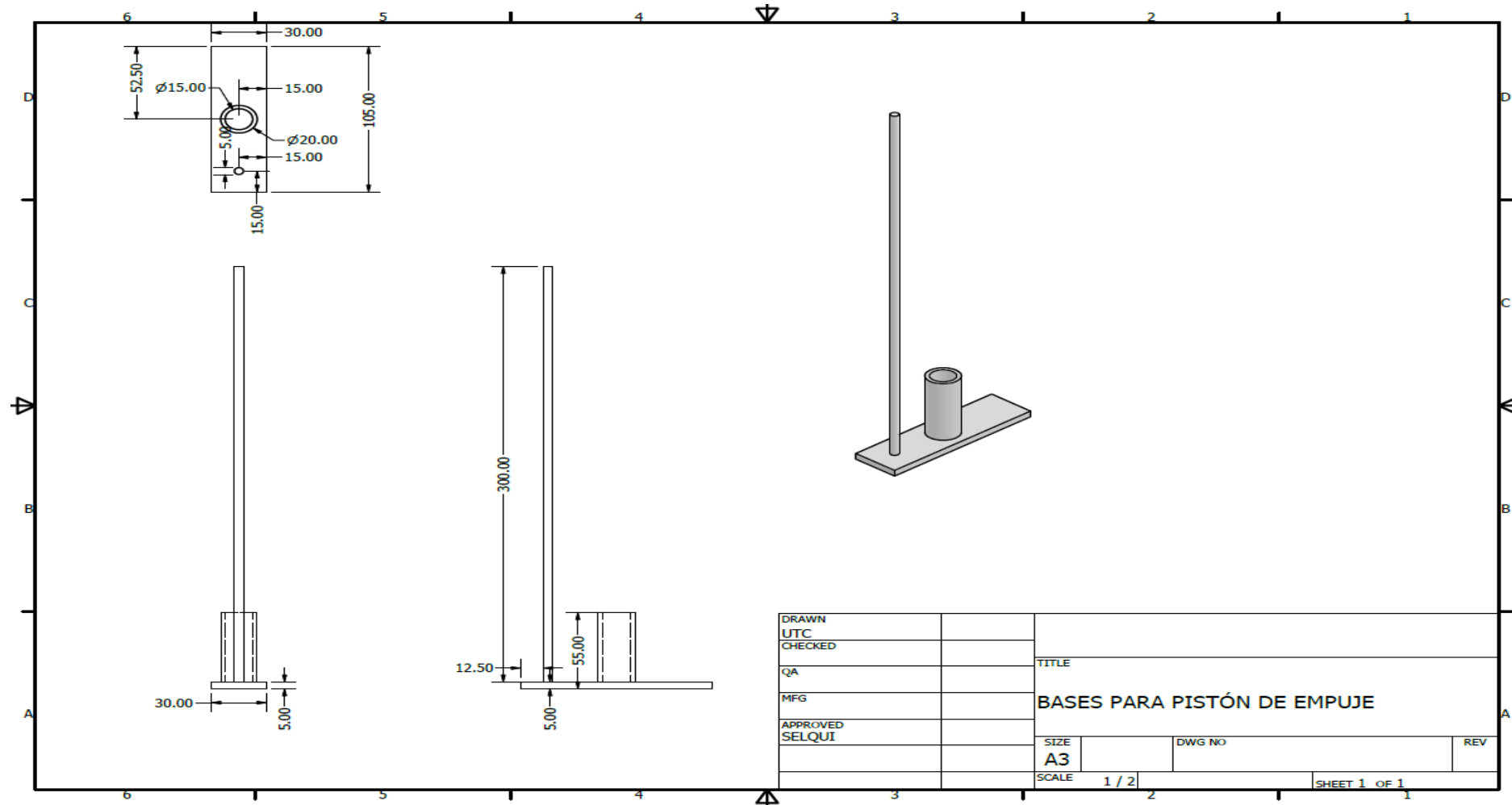


Figura XVI.36: Plano de acoplamiento para el cilindro de empuje

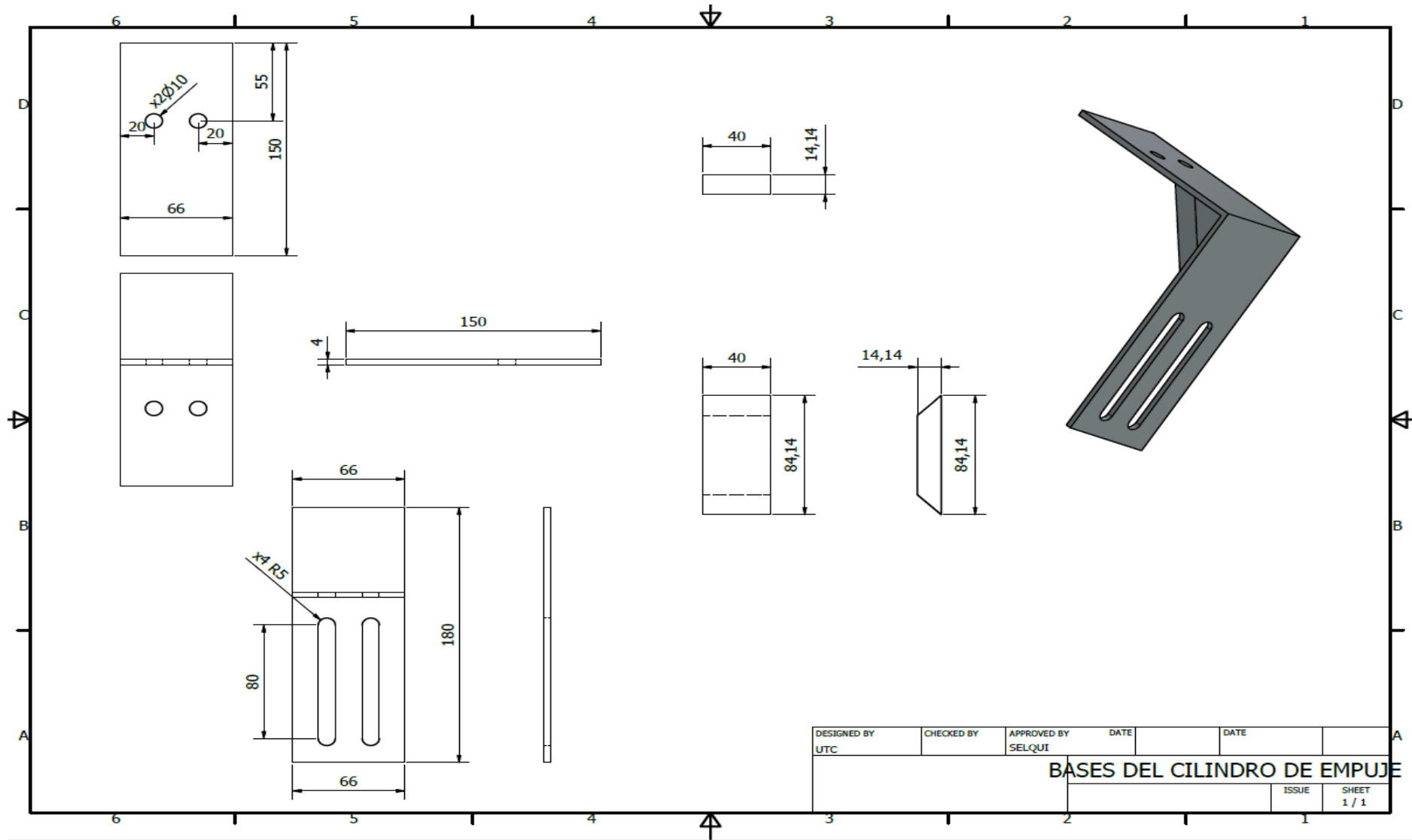


Figura XVI.37: Plano de acoplamiento para el cilindro de empuje

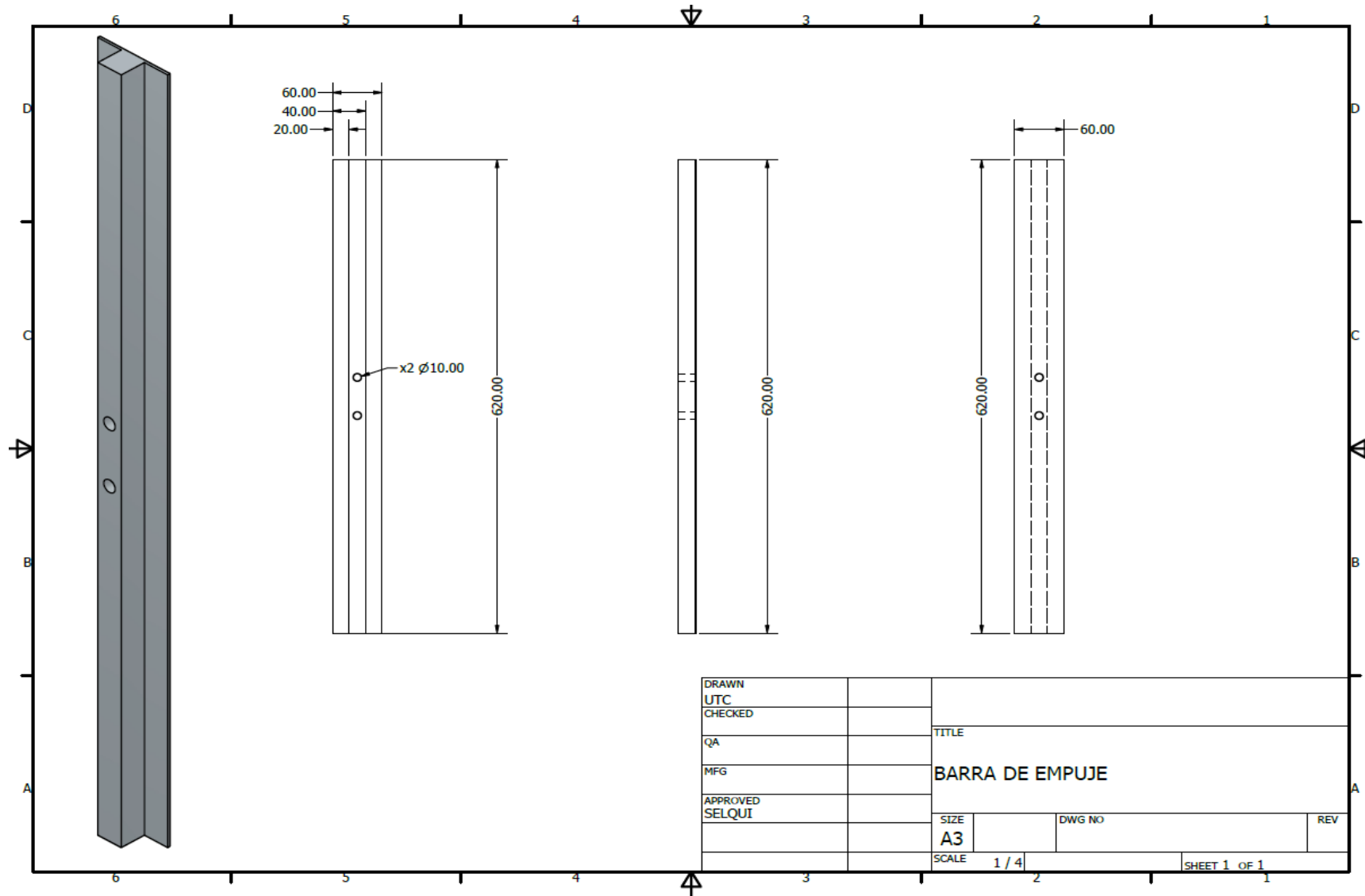


Figura XVI.38: Plano de acoplamiento para el cilindro de empuje

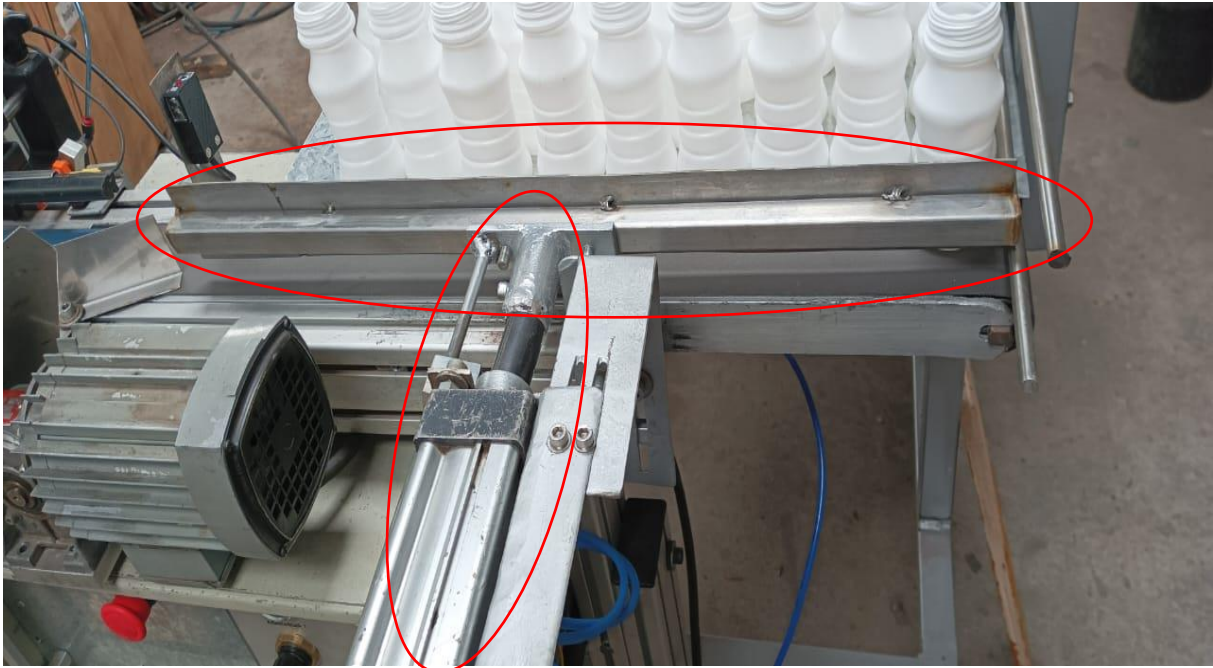


Figura XVI.39: Montaje del cilindro de empuje



Figura XVI.40: Cilindro de empuje

ANEXO XVII. CAJAS DE CONTROL

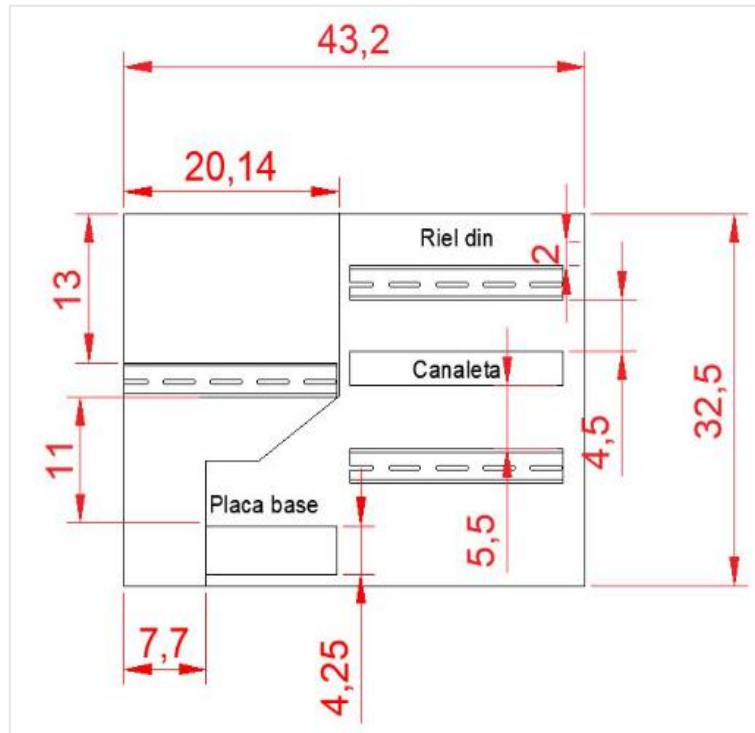


Figura XVII.41: Plano de medidas de la caja 1.



Figura XVII.42: Distribución de elementos en la caja 1.

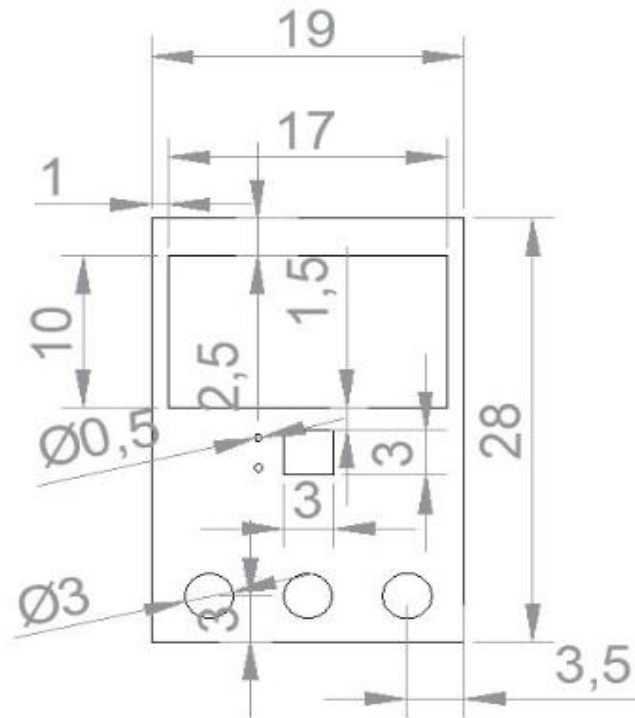


Figura XVII.43: Plano de medidas de la caja 2.



Figura XVII.44: Distribución de elementos en la caja 2

ANEXO XVIII. SISTEMA ELÉCTRICO, SISTEMA DE CONTROL Y SISTEMA NEUMÁTICO

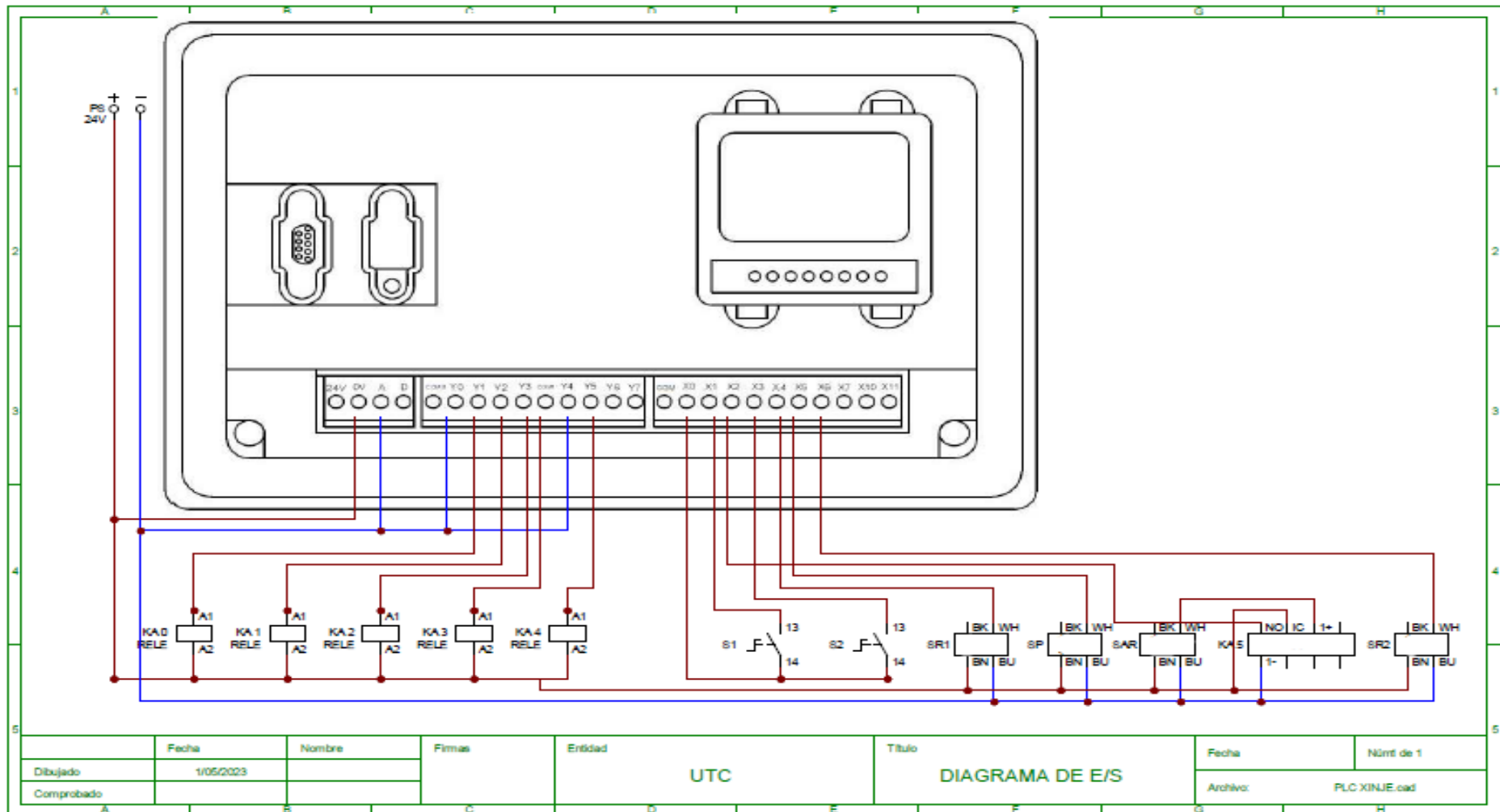


Figura XVIII.45: Diagrama de entradas y salidas del PLC

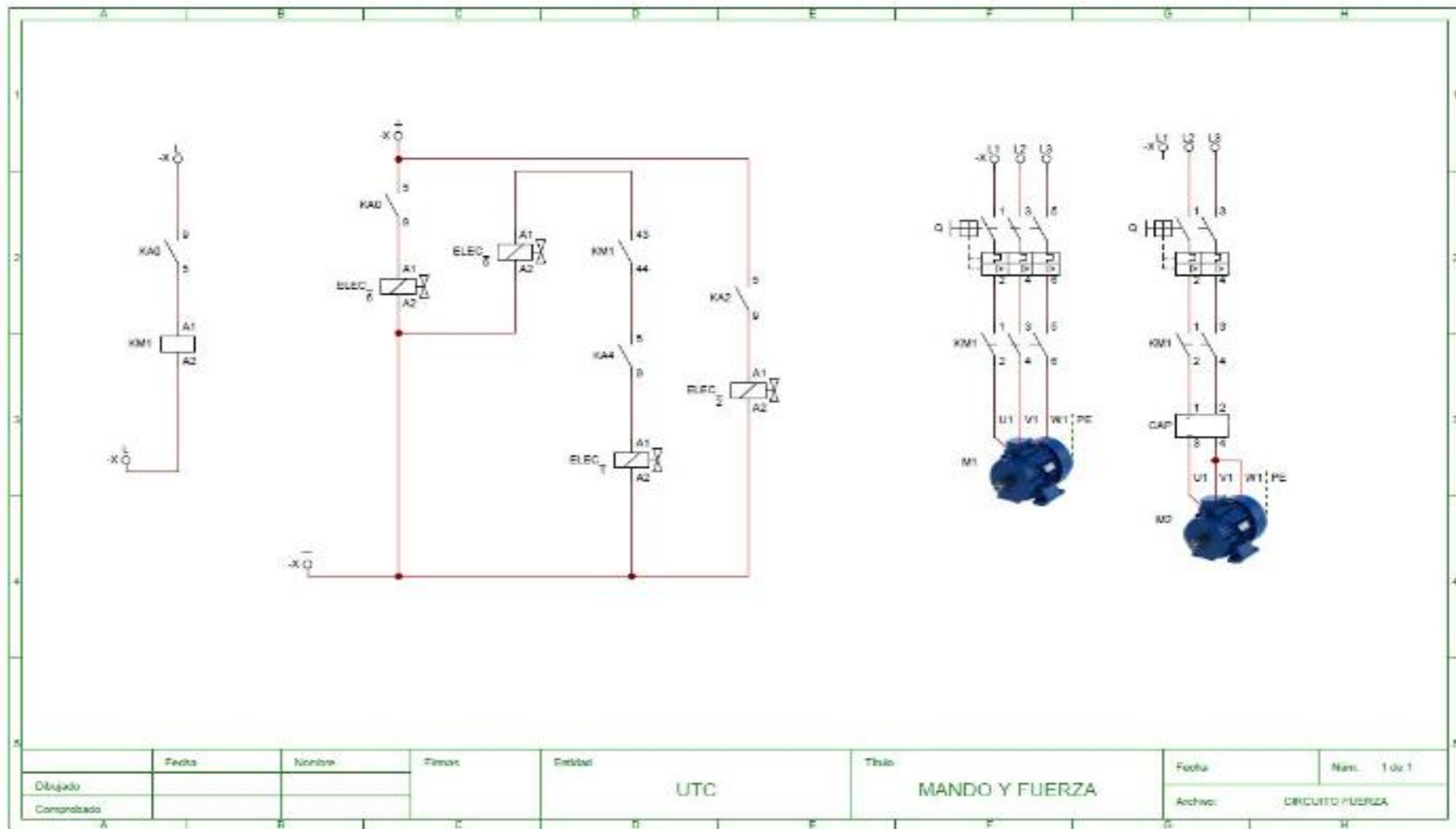


Figura XVIII.46: Diagrama de mando y control.

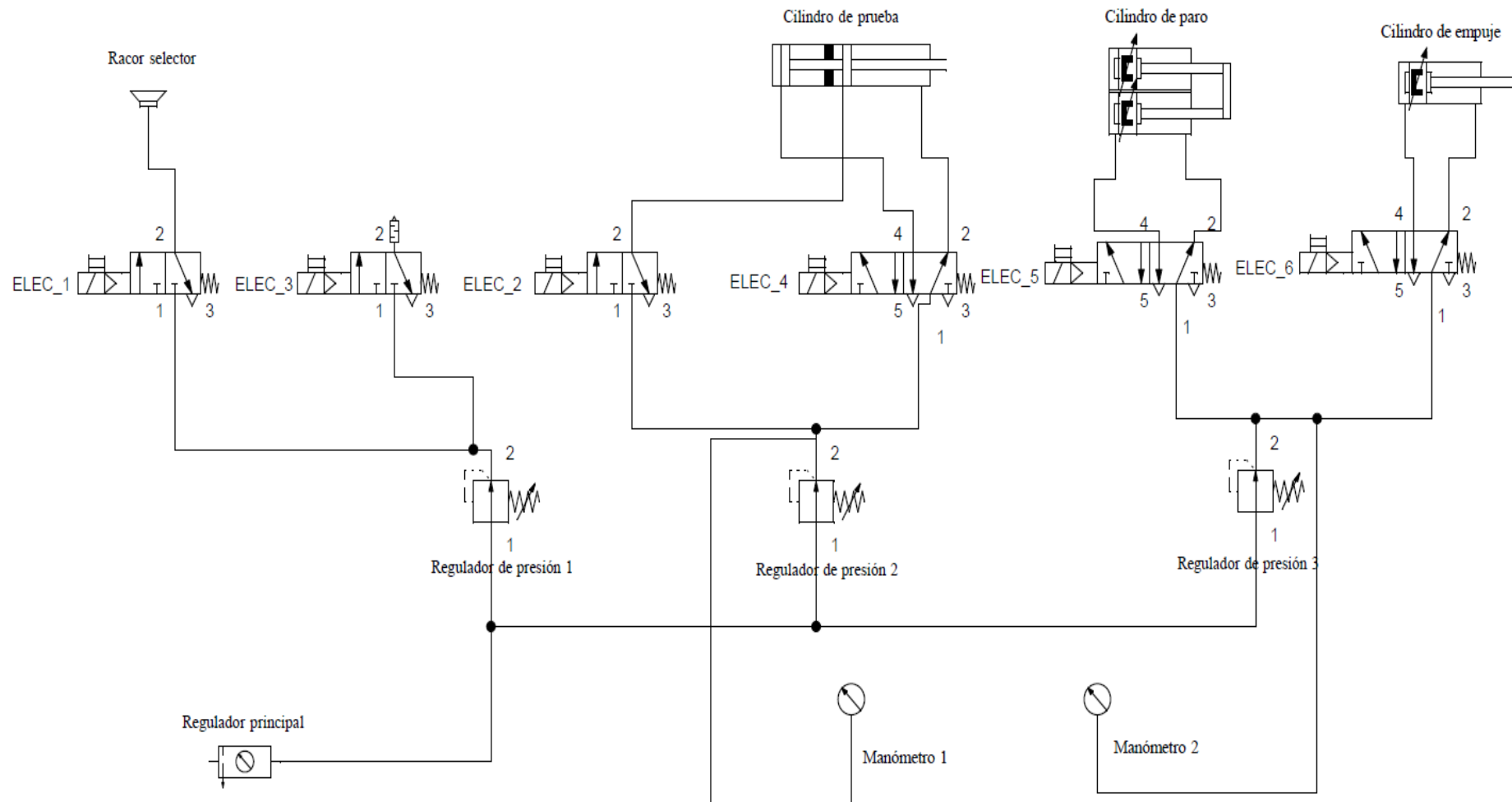


Figura XVIII.47: Diagrama neumático.

ANEXO XIX. MONTAJE DE LOS ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y NEUMÁTICOS



Figura XIX.48: Montaje de rieles din y canaletas en la caja 1



Figura XIX.49: Montaje elementos eléctricos



Figura XIX.50: Cableado eléctrico y neumático en la caja 1.



Figura XIX.51: PLC y elementos de mando en la caja 2

ANEXO XX. MESA DE CONTEO

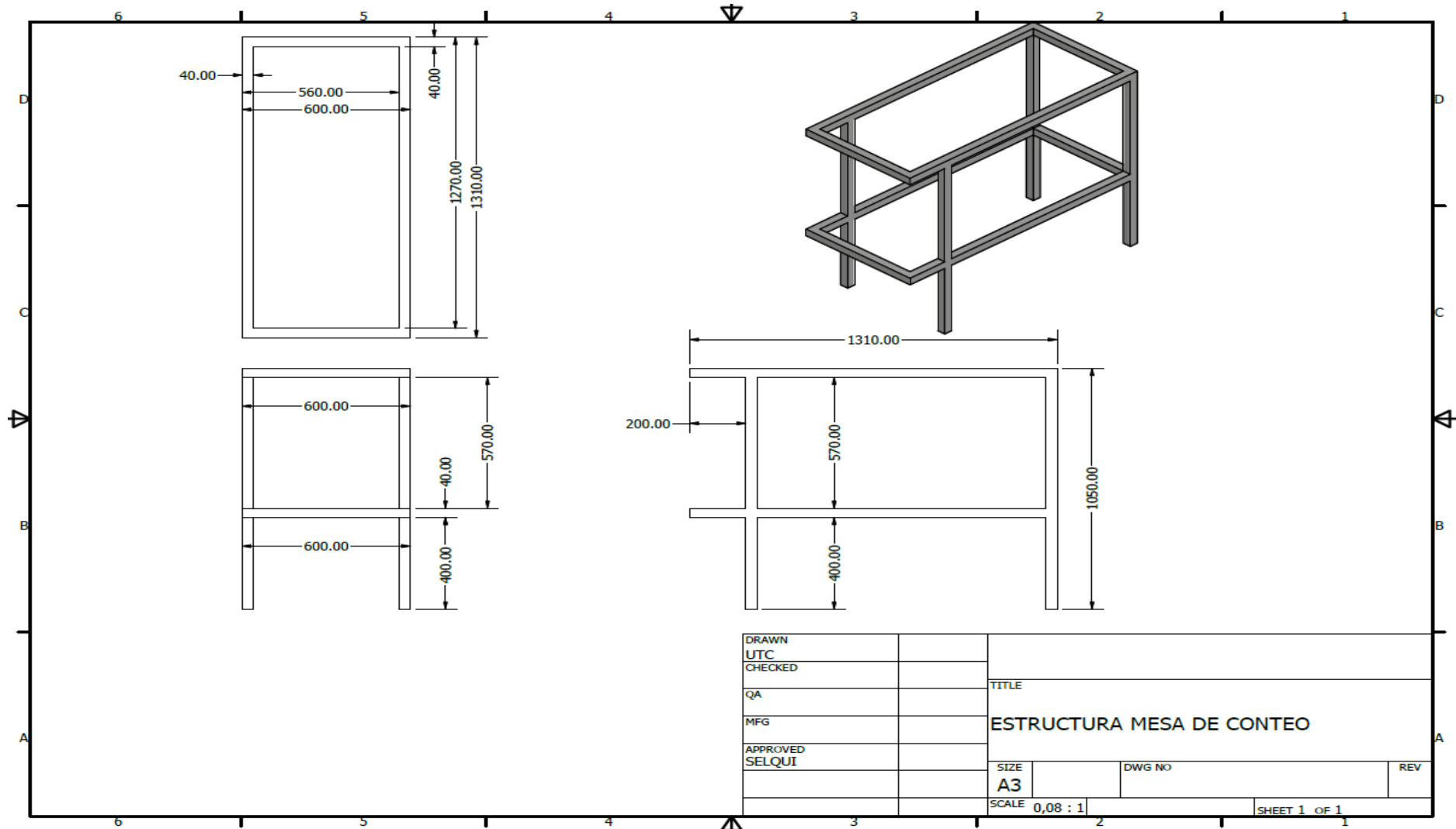


Figura XX.52: Plano de la estructura de la mesa de conteo.

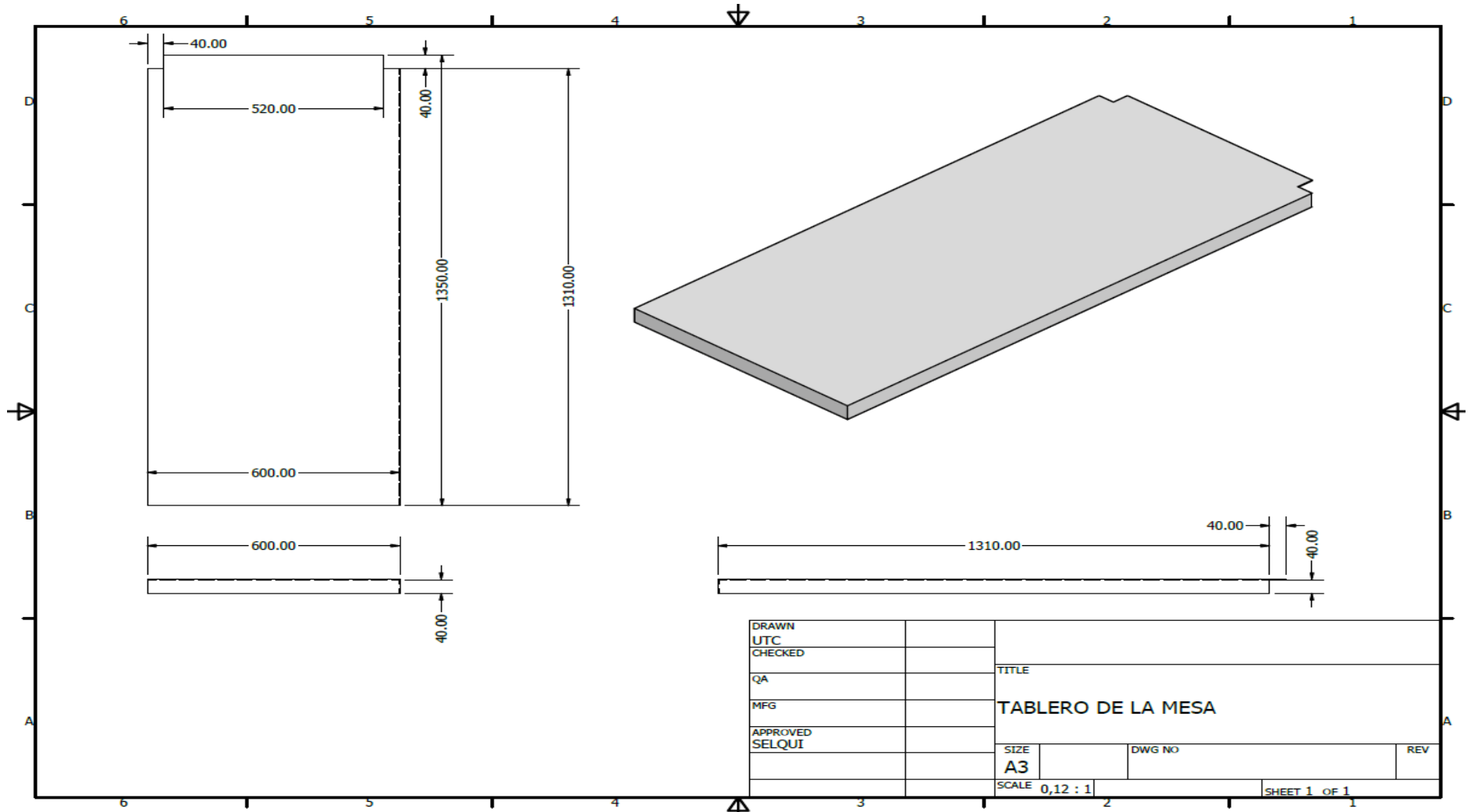


Figura XX.53: Plano de la base de lámina de la mesa de conteo.

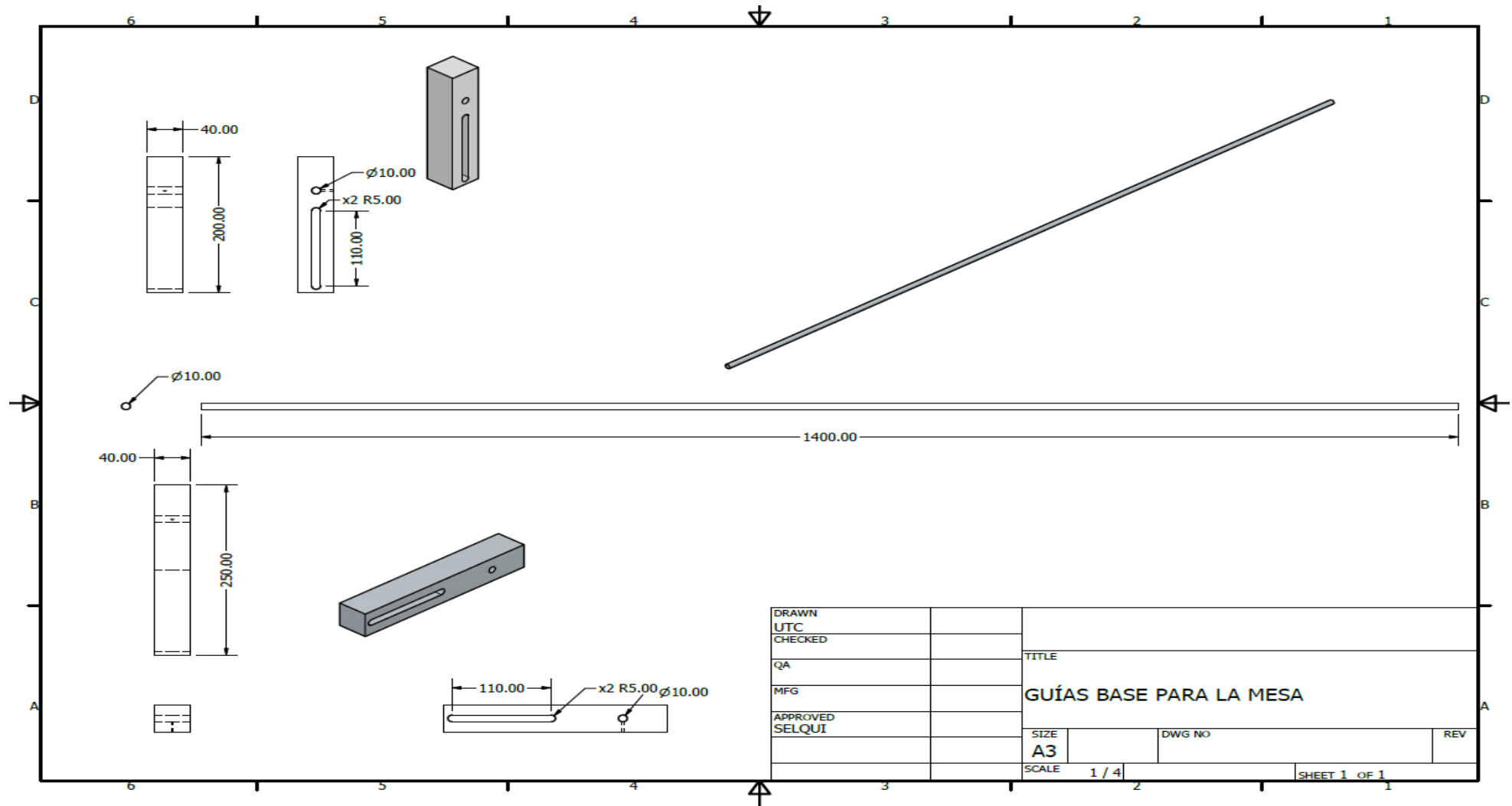


Figura XX.54: Plano de las bases guía para la mesa de conteo.

**MANUAL
DE
USUARIO**

FICHA TÉCNICA DE MAQUINARIA



REALIZADO POR	SELQUI	FECHA	2/8/2023
MÁQUINA	Comprobadora de fugas	CÓDIGO	COM FUG 01
FABRICANTE	Steffes	Descripción: máquina diseñada a comprobar fugas en envases menores a 500 ml aplicando el método diferencial de presión	
MODELO	S - F5B / 3		
MARCA			

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Dimensiones		Peso total	Potencia nominal		Capacidad de producción	
Altura	165 cm	75 kg	Potencia	0,15 KW	Tamaño	Envases/hora
Ancho	69,8 cm		Voltaje	220 V	200 ml	383
Largo	130 cm		Corriente	0,67 A	250 ml	360
Color	Gris		Frecuencia	60 Hz	300 ml	352

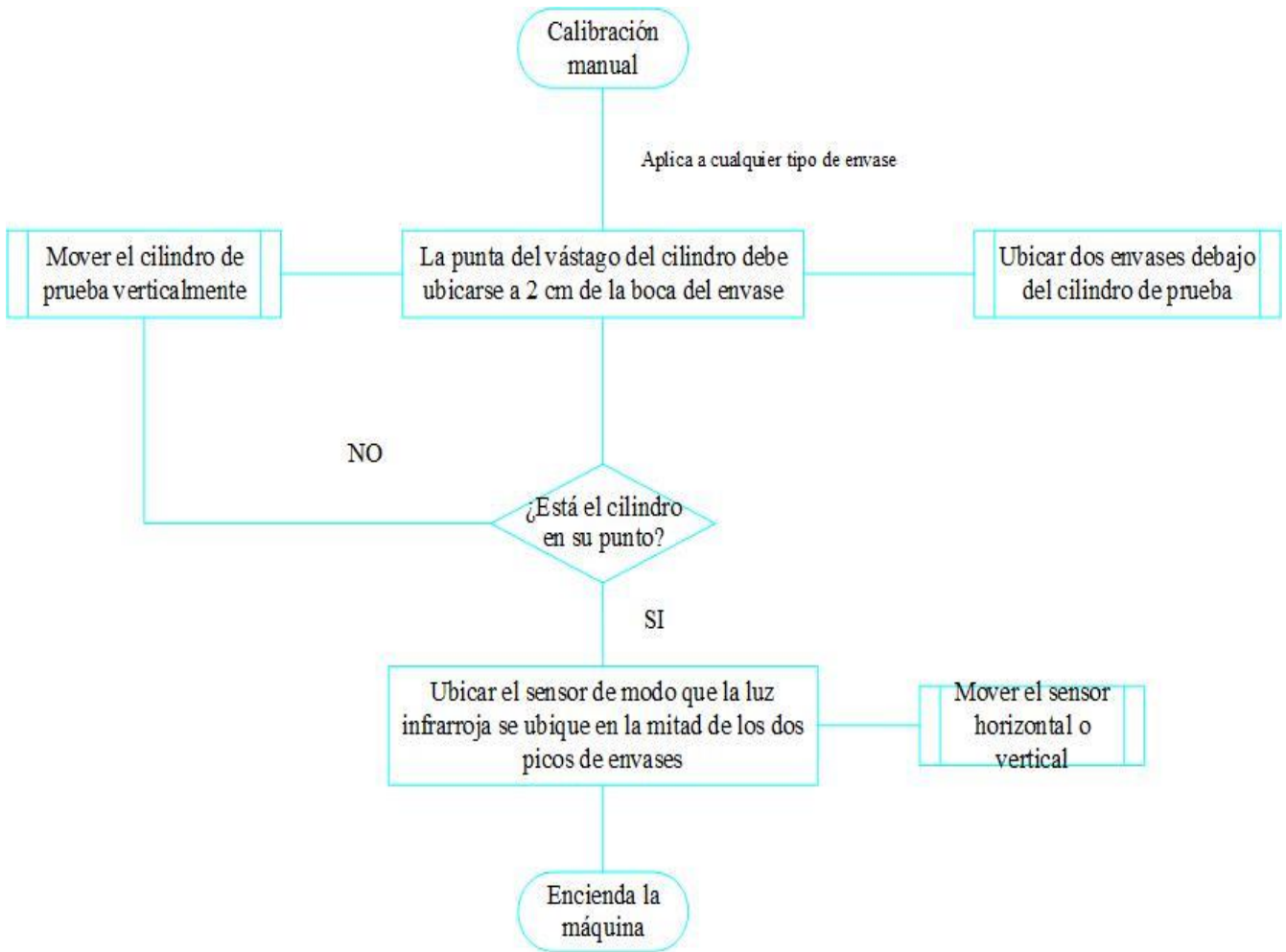
Funcionamiento:

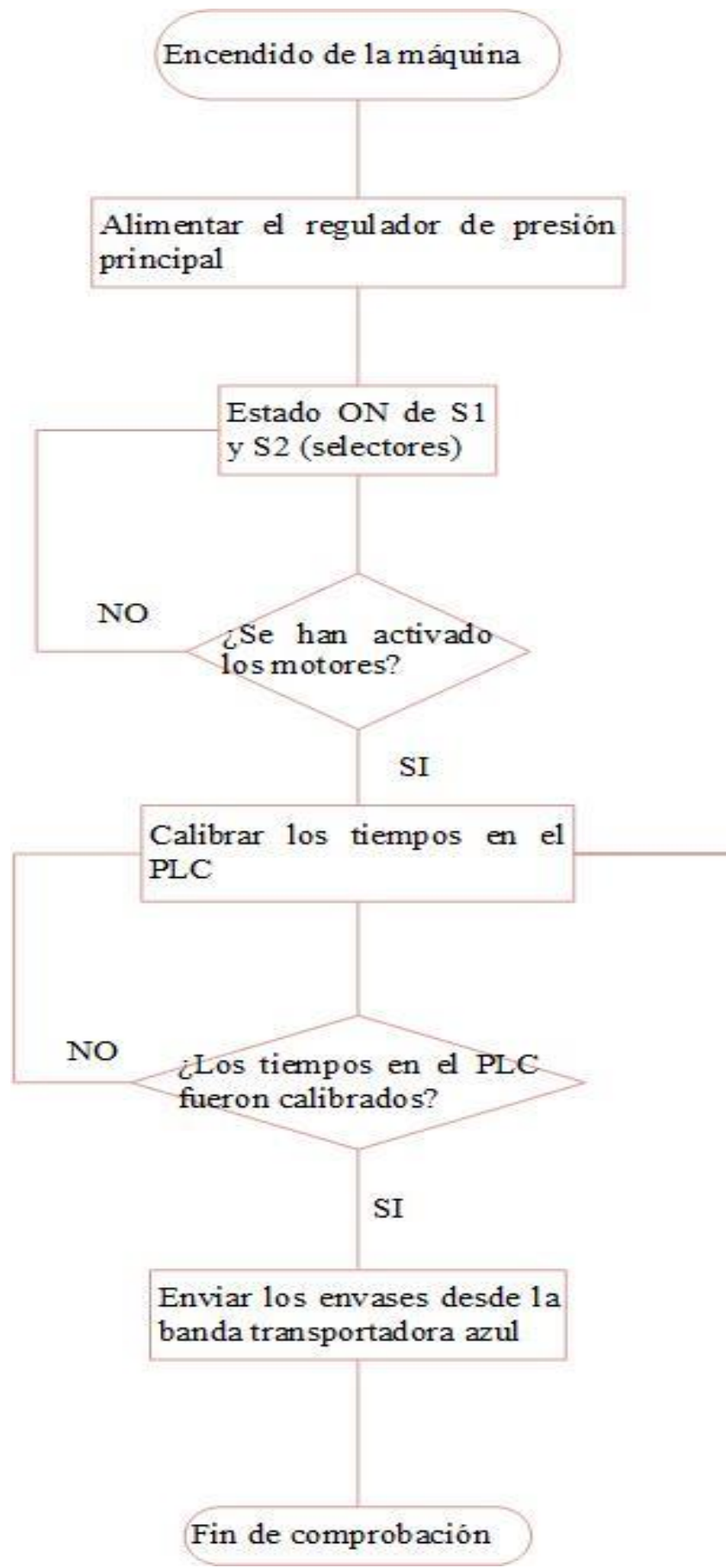
Máquina diseñada a comprobar fugas en envases plásticos de tipo 2 HDPE, en tamaños de 200 ml, 250 ml y 300 ml. Aplicando el método de diferencial de presión, permitiendo detectar fugas de presiones de podrían causar pérdidas a los clientes que adquieren estos envases.

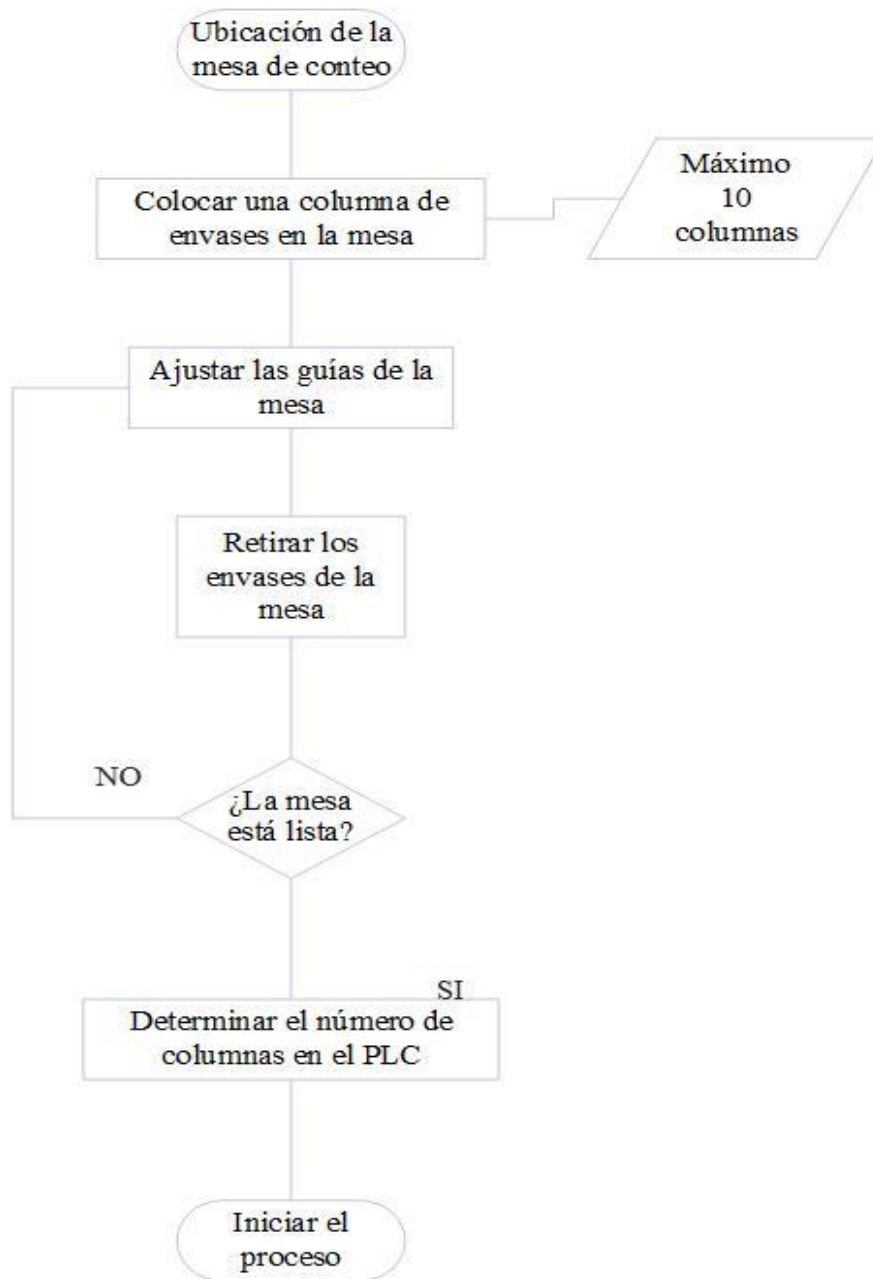
Seguridad:

No realizar ajustes de calibración cuando la máquina está en funcionamiento.
Calibre bien los sensores y cilindros.









Instrucciones para el funcionamiento de la maquina

- Realizar una inspección visual de la máquina y retirar todos los materiales que no correspondan a la misma.
- Revisar los reguladores de presión para enviar la presión adecuada, la maquina trabaja con una presión constante de 100 psi en la alimentación principal.



- Accionar el selector 1 que gira la banda transportadora 1
- Accionar el selector 2 que gira la banda transportadora 2
- Configurar los tiempos en el panel HMI del PLC, como se presentan en las siguientes tablas

Tabla 1. Tiempos establecidos en el PLC para envases de 200 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda trasportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	110	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	330	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

Tabla 2. Tiempos establecidos en el PLC para envases de 250 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda transportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	170	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	350	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

Tabla 3. Tiempos establecidos en el PLC para envases de 300 ml.

Tiempos	Siglas	Tiempo en milisegundos (ms)	
<i>Tiempo para la comprobación de fugas</i>			
Tiempo de cilindro de paro	TP	55	x 10 ms
Tiempo de parada de banda transportadora	TPB	155	x 10 ms
Tiempo de cilindro de prueba	TCP	300	x 10 ms
Tiempo de presión de prueba	TPR	100	x 10 ms
Tiempo de comprobación	TC	190	x 10 ms
Tiempo de prueba total	TPT	410	x 10 ms
<i>Tiempo para el conteo</i>			
Tiempo de empuje cuando se haya completado las columnas	TE	400	x 10 ms
Tiempo de espera cuando haya llegado el último envase a la columna	TEC	300	x 10 ms

- Configurar el numero filas y columnas de envases según se requiera.

Se pueden configurar hasta 10 columnas

- Configurar el set-point de presión en el sensor de presión con respecto al tamaño de envase:
 200 ml = 30 PSI
 250 ml = 35 PSI
 300 ml = 38 PSI
- Colocar un recipiente para recolectar los envases no conformes
- Colocarse de frente a la banda transportadora azul y enviar los envases manualmente al inicio de la banda para iniciar el proceso.

NOTA: Para realizar la comprobación de otro tipo de envase se realizan actividades adicionales.