



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

TEMA: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LACTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN SALCEDO”

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

Autores:

Córdova Guaraca Marco Vinicio

Mora Bonilla David Israel

Tutor:

Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina

Latacunga – Ecuador

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Córdova Guaraca Marco Vinicio** portador del número de cedula **172750252-6**, **Mora Bonilla David Israel** portador del número de cedula **0503235160-0** declaramos ser los autores del presente proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LÁCTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO”** siendo Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina, Tutor del presente trabajo; y 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 nuestra exclusiva responsabilidad.


.....
Córdova Guaraca Marco Vinicio
C.I. 172750252-6


.....
Mora Bonilla David Israel
C.I. 0503235160-0

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

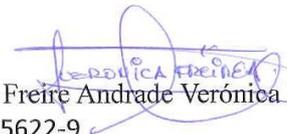
En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LÁCTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO”, de CÓRDOVA GUARACA MARCO VINICIO y MORA BONILLA DAVID ISRAEL, de la carrera INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos 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 DE LA INGENIERIA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, febrero, 2020

Tutor

Firma


Ing. Msc. Freire Andrade Verónica Paulina
CC: 050205622-9

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 DE LA INGENIERIA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes: CÓRDOVA GUARACA MARCO VINICIO y MORA BONILLA DAVID ISRAEL con el título de Proyecto de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LÁCTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO” han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, 06 de Febrero del 2020

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing. Msc. Corrales Bastidas Byron Paúl
CC: 050234776-8

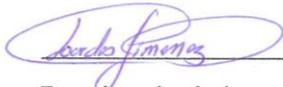
Lector 2
Ing. Msc. Barbosa Galarza José Efrén
CC: 050142072-3

Lector 3
Ing. Msc. Gallo Castillo Tannya Lucia
CC: 180415423-3

AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente pongo a consideración que, los señores: **Córdova Guaraca Marco Vinicio** portador del número de cedula 172750252-6 y **Mora Bonilla David Israel** con el número de cedula 0503235160, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, realizaron su trabajo de PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, aportando a la empresa láctea INLADEC con su tema : **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LACTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO** “el mismo que se implementó y se aprobó de manera satisfactoria.

Latacunga, 12 de febrero 2020



Propietario de la empresa láctea INLADEC

Lourdes Fabiola Jiménez Porras

C.I: 1708137888

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres y hermanos por ser el principal motor que me empuja a seguir adelante inspirado y con ganas de romper cadenas, a mi familia que siempre están presentes para apoyarme y guiarme por el buen camino.

A mi querida Universidad, Alma Mater que me permitió formarme profesionalmente con unas gratas experiencias, por permitirme conocer nuevas personas y amigos. Gracias a cada docente que contribuyó en este proceso de formación.

Gracias a Dios, ya que sin la fuerza espiritual que me dio esto no hubiera sido posible.

Marco Córdova

AGRADECIMIENTO

Este proyecto investigativo se logró gracias a mis padres por su cariño siendo un apoyo incondicional en las decisiones que nos planteamos, nos enseñó la gran importancia de luchar por lo que queremos en nuestra vida soñando en grande y cumplir todo nuestro objetivo. A Dios que es mi motor, bendiciéndome en cada paso y decisión que doy, siendo una parte muy importante en mi vida ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona

Una expresión de gratitud a la Ing. Ms.C. Paulina Freire por ser quien encaminó el desarrollo de este proyecto de acuerdo a su excelente metodología.

David Mora

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres quienes fueron un gran apoyo emocional durante el tiempo en que escribía esta tesis, A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mi novia Kathy quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

Marco Córdova

DEDICATORIA

A Dios que ha sido mi guía y fuerza que me ha permitido llegar hasta este momento tan importante en mi vida profesional. A mis padres Javier y Jeannette que han velado por mi bienestar siendo mi apoyo que ha permitido cumplir hoy un sueño más en mi vida, por inculcarnos a mí y a mis hermanos dándonos valentía y fuerza para no decaernos a pesar de cada adversidad.

A mis hermanos Alejandro y Daniela, por darme apoyo para seguir adelante, por su compañía, paciencia y compartir hermosos momentos entre Familia por preocuparse por mí en cada paso que estoy dando gracias por ser lo más importante de mi vida.

David Mora

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LACTEA INLADEC, PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN SALCEDO

Autores:

Córdova Guaraca Marco Vinicio

Mora Bonilla David Israel

RESUMEN

La empresa láctea INLADEC está ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo. Esta empresa se dedica a la elaboración de productos lácteos (leche, yogurt y queso), la mayoría de los procesos empleados en la producción no son automatizados, de tal manera que el personal realiza las tareas de clasificación y cuantificación de manera manual, por esta razón existen errores al contar y clasificar las fundas de leche, y esto produce pérdidas económicas a la empresa.

Bajo este sentido, el sistema de automatización que se implementará para clasificar el producto en la banda transportadora se basa en la implementación de un perfil sujetado por dos soportes que dividirá a la banda en dos secciones; por la sección A se encuentran las fundas de $\frac{1}{2}$ L y por la sección B se encuentra las fundas de 1L, después de realizar el clasificado las fundas serán transportados hacia un sensor, el mismo que contará el número de fundas de leche que existe en cada lote, enviando la señal a un contador de un controlador lógico programable para activar las electroválvulas que accionarán a los actuadores neumáticos, los cuales cumplen la función de una puerta automática para dejar pasar la cantidad de fundas necesarias para cada lote de leche, este proceso se repite después de cada lote completado. Dicha automatización aporta a esta empresa económicamente, y a optimizar el tiempo en los procesos de producción, debido a esto se eliminarán los errores producidos por el conteo y clasificado manual.

Palabras clave: Automatización, controlador lógico programable, contador, actuador, sensor Fotoeléctrico

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATION SYSTEM FOR THE CLASSIFICATION AND QUANTIFICATION OF MILK FOUND IN THE COMPANY LACTEA INLADEC PROVINCE OF COTOPAXI CANTÓN SALCEDO”

Authors:

Córdova Guaraca Marco Vinicio,
Mora Bonilla David Israel

ABSTRACT

The dairy company INLADEC is located in the province of Cotopaxi, Canton of Salcedo. This company dedicated to the elaboration of dairy products (milk, yogurt, and cheese), most of the processes used in the production are not automated, so the staff performs the tasks of manually classification and quantification, by this reason there are errors when counting and classifying milk covers, and this causes economic losses to the company.

In this sense, the automation system that will be implemented to classify the product in the conveyor belt, it bases on the implementation of a profile held by two supports. These will divide the belt into two sections; for section A the $\frac{1}{2}$ L covers are found, and for section, B is the 1L covers after making the classification. The covers will be transported to a sensor where it will count the number of milk covers that exist in each batch. It sends the signal to a programmable logic controller counter to activate the solenoid valves that will actuate the pneumatic actuators, which fulfill the function of an automatic gate to allow the number of covers needed for each batch of milk to pass, this process repeated after each batch completed. This automation contributes to this company economically, optimizing the time in the production processes, due to these the errors produced by counting and manual sorting will be eliminated.

Keywords: Automation, Programmable Logic Controller, Counter, Actuator, photoelectric Sensor

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 de la tesis al Idioma Inglés presentado por los estudiantes **Córdova Guaraca Marco Vinicio** y **Mora Bonilla David Israel** egresados de la **CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LACTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO”**, 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 certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, 12 de febrero del 2020

Atentamente,



Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0910821669



ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xii
ÍNDICE.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
1. INFORMACIÓN BÁSICA:	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA	2
2.1. Título de la propuesta tecnológica	2
2.2. Tipo de alcance	2
2.3. Área del conocimiento	2
2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica	2
2.5. Objeto de estudio y campo de acción	2
2.5.1. Objeto de estudio	2
2.5.2. Campo de acción	2
2.6. Situación problémica y problema	3
2.6.1. Situación problémica	3
2.7. Problema	3
2.8. Matriz Causa – Efecto.....	4
2.9. Hipótesis o formulación de pregunta científica	4
2.10. Objetivos	4
2.10.1. Objetivo general.....	4
2.10.2. Objetivos específicos	5
2.11. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos..	5
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. Análisis de los trabajos precedentes	7
3.2. Normativas.....	10

3.3.	La automatización.....	10
3.4.	Sistema automatizado	10
3.4.1.	Parte operativa	10
3.4.2.	Parte de control.....	10
3.5.	Control Automático	11
3.5.1.	Los sistemas de control abierto	11
3.5.2.	Los sistemas de circuito cerrado.....	11
3.6.	Elementos que intervienen en la automatización.....	12
3.6.1.	Banda Transportadora.....	12
3.6.2.	Características de la banda transportadora existente en la empresa INLADEC.	12
3.7.	Estructura	13
3.7.1.	Acero Inoxidable	13
3.7.2.	AISI 304	14
3.8.	Actuadores	14
3.9.	Actuadores neumáticos	14
3.10.	Cilindros neumáticos.....	14
3.10.1.	Cilindro de simple efecto	15
3.10.2.	Cilindro doble efecto	15
3.11.	Electroválvula.....	15
3.12.	Vías.....	16
3.13.	Posiciones.....	16
3.14.	Clasificación de las electroválvulas	17
3.15.	Sensores.....	18
3.16.	Sensores discretos	18
3.16.1.	Sensores capacitivos	18
3.16.2.	Sensores inductivos.....	18
3.16.3.	Sensores Fotoeléctricos.....	19
3.16.4.	Retro reflectivo	19
3.17.	Control Lógico Programable.....	20
3.17.1.	Características del Controlador Lógico Programable	20
3.17.2.	Ventajas y desventajas de un PLC	21
3.17.3.	Clasificación de los controladores lógicos.....	22
3.17.4.	El modelo de PLC Compacto	22
3.17.5.	El modelo de PLC Compacto Micro.....	23

3.17.6.	PLC Modulares	23
4.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	24
4.1.	Métodos para el dimensionamiento de un sistema de automatización	24
4.2.	Métodos de Investigación	24
4.3.	Tipo de investigación.....	24
4.4.	Operalización de las variables	25
4.5.	Diseño y selección de componentes	26
4.6.	Componentes que intervienen en la automatización.....	26
4.7.	Sistema estructural	27
4.7.1.	Soporte de los cilindros	27
4.7.2.	Estructura base para los cilindros	27
4.7.3.	Soportes para la clasificación de las fundas de leche	30
4.8.	Selección de Cilindros Neumáticos	32
4.8.1.	Características del compresor.....	33
4.9.	Componentes eléctricos	37
4.9.1.	Sensores de presencia	37
4.9.2.	Módulo 1: Selección de alternativas para la selección sensores de presencia....	38
4.10.	Controlador lógico programable	39
4.10.1.	Módulo 2: Selección de alternativas para la selección del Controlador lógico programable.....	40
4.11.	Componentes eléctricos.....	41
4.11.1.	Calibre del conductor	41
4.11.2.	Relé	42
4.11.3.	Final de Carrera	42
4.11.4.	Selector de dos posiciones	42
4.11.5.	Lámpara piloto	43
4.11.6.	Paro de emergencia	44
4.11.7.	Tablero de control	44
4.12.	Elementos Adicionales del sistema neumático	45
4.12.1.	Unidad de mantenimiento	45
4.12.2.	Racor Neumático	46
4.12.3.	Manguera neumática.....	46
4.12.4.	Válvula de control de caudal.....	47
4.12.5.	Silenciador de escape	47
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48

5.1.	Resultados de los componentes del sistema de automatización	48
5.1.1.	Estructura del cilindro neumático.....	48
5.1.2.	Soporte.....	48
5.2.	Selección de Actuadores	49
5.3.	Selección de la Válvula.....	50
5.4.	Selección de sensores.....	50
5.5.	Selección del Plc	51
5.6.	Información de campo	51
5.7.	Funcionamiento de la envasadora:.....	52
5.8.	Banda transportadora	53
5.9.	Elaboración del sistema de automatización	53
5.9.1.	Soportes de los cilindros neumáticos.....	53
5.9.2.	Colocación de la Paleta.....	53
5.9.3.	Soportes para la clasificación de fundas de leche.....	53
5.10.	Clasificación de fundas de 1litro de leche.....	53
5.10.1.	Clasificación de fundas de ½ litro de leche	54
5.10.2.	Soportes para la cuantificación de fundas de leche	54
5.10.3.	Indicadores al culminar el proceso de cuantificación	54
5.11.	Análisis del funcionamiento.....	54
5.12.	Análisis de resultados de eficiencia del proceso automatizado.....	57
6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	61
6.1.	Presupuesto	61
6.2.	Análisis de Impactos	62
6.3.	Impacto Práctico	62
7.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	63
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.	5
Tabla 3.1. Acero Inoxidable Ventajas	13
Tabla 3.2. Nomenclatura para identificar las vías de una válvula según la normativa.....	16
Tabla 3.3. Electroválvulas dos posiciones	17
Tabla 4.1: Variable Independiente: Automatización.....	25
Tabla 4.2: Variable dependiente: Optimizar el tiempo de despacho.....	25
Tabla 4.3: Partes del sistema de automatización	26
Tabla 4.4: Propiedades mecánicas del acero inoxidable	27
Tabla 4.5: Dimensiones generales de la estructura	27
Tabla 4.6 Comparación de cilindros neumáticos.....	32
Tabla 4.7. Datos técnicos del compresor	33
Tabla 4.8. Serie del Cilindro Chelic a seleccionar	34
Tabla 4.9: Niveles de voltaje	37
Tabla 4.10 Comparación de sensores	37
Tabla 4.11 Matriz de decisión por el método de criterios ponderados para el Módulo 2	39
Tabla 4.12: Controladores lógicos programables.....	39
Tabla 4.13 Matriz de decisión por el método de criterios ponderados para el Módulo 1	40
Tabla 4.14. Componentes eléctricos.....	41
Tabla 4.15. Calibre del conductor AWG	41
Tabla 4.16 : Datos técnicos del final de carrera	42
Tabla 4.17 : Características del selector de dos posiciones.....	43
Tabla 4.18: Características de la lámpara piloto	43
Tabla 4.19: Características del paro de emergencia	44
Tabla 5.1. Resultados de cálculos de la estructura	48
Tabla 5.2. Resultado de los cálculos de los soportes.....	49
Tabla 5.3: cálculos del cilindro	49
Tabla 5.4: Evaluación de resultados del Módulo 2	51
Tabla 5.5: Evaluación de resultados del Módulo 1	51
Tabla 5.6: Recuento de fundas de leche de 1litro.....	58
Tabla 5.7: Recuento de fundas de leche de 1/2 litro	59
Tabla 5.8: Recuento de fundas de leche de 1litro.....	60

Tabla 5.9: Recuento de las fundas de 1/2 litro de leche	60
Tabla 6.1. Presupuesto.....	61
Tabla 6.2 Presupuesto de la implementación	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Sistema de control.....	11
Figura 3.2. Sistema de control.....	11
Figura 3.3. Banda Transportadora	12
Figura 3.4. Cilindro simple efecto.....	15
Figura 3.5. Cilindro doble efecto.....	15
Figura 3.6. Electroválvulas.....	15
Figura 3.7. Vías.	16
Figura 3.8. Posiciones..	16
Figura 3.9. Sensores capacitivos..	18
Figura 3.10. Sensores inductivos.....	19
Figura 3.11. Sensor de barrera.....	19
Figura 3.12. Sensor reflectivo..	20
Figura 3.13. Interfaz de operación de un PLC.....	21
Figura 3.14. Clasificación de PLC`s por precio y funcionalidad	22
Figura 3.15. PLC Compacto.....	22
Figura 3.16. PLC Compacto nano..	23
Figura 3.17. PLC Compacto Micro.....	23
Figura 3.18. PLC Modulares.	23
Figura 4.1. Necesidades de la máquina	26
Figura 4.2. Soporte del cilindro.....	28
Figura 4.3. Propiedades de la estructura base	28
Figura 4.4. Propiedades de la estructura base	29
Figura 4.5. Propiedades de la estructura base	29
Figura 4.6. Soportes.....	30
Figura 4.7. Propiedades de la estructura base	30
Figura 4.8. Propiedades de la estructura base	31
Figura 4.9. Propiedades de la estructura base	31
Figura 4.10. Relé.	42
Figura 4.11. Final de carrera.....	42
Figura 4.12. Selector dos posiciones..	43

Figura 4.13. Lámpara piloto.	43
Figura 4.14. Paro de emergencia..	44
Figura 4.15. Tablero de control	45
Figura 4.16. Unidad de mantenimiento..	45
Figura 4.17. Racor Neumático.....	46
Figura 4.18. Manguera neumática..	46
Figura 4.19. Válvula de control de caudal.....	47
Figura 4.20. Silenciador de escape..	47
Figura 5.1. Estructura cilindro neumático	48
Figura 5.2. Soporte	49
Figura 5.3. Cilindro neumático.....	49
Figura 5.4. Electroválvula.	50
Figura 5.5. Sensor Fotoeléctrico.....	50
Figura 5.6. Logo 230.	51
Figura 5.7. Ubicación.	52
Figura 5.8. Envasadora	52
Figura 5.9. Perfil divisor.....	54
Figura 5.10. Contadores	57
Figura 5.11. Temporizador.....	57

1. INFORMACIÓN BÁSICA:

Propuesto por:

Córdova Guaraca Marco Vinicio

Mora Bonilla David Israel

Tema aprobado:

Implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada en la empresa láctea INLADEC provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo.

Carrera:

Ingeniería Electromecánica

Director de la propuesta tecnológica:

Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina

Equipo de trabajo:

Córdova Guaraca Marco Vinicio

Mora Bonilla David Israel

Ing. Ms.C Freire Andrade Verónica Paulina

Lugar de ejecución:

Empresa láctea (INLADEC) ubicada en la provincia de Cotopaxi cantón Salcedo.

Tiempo de duración de la propuesta:

Periodo académico 2019 - 2020

Fecha de entrega:

Febrero 2020

Línea(s) y sub líneas de investigación:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

Tipo de propuesta tecnológica:

Procesos Industriales

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. Título de la propuesta tecnológica

“Implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada en la empresa láctea INLADEC, provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo”

2.2. Tipo de alcance

Productivo: Se propone optimizar el tiempo de clasificación y cuantificación en el enfundado del producto lácteo terminado en la empresa láctea INLADEC.

Desarrollo: Se plantea controlar y mejorar el proceso manual de clasificación y cuantificación del producto lácteo terminado.

2.3. Área del conocimiento

Ingeniería, Industria y Construcción: Carrera de Ingeniería Electromecánica, Eléctrica, Diseño y Construcción, Electrónica y Automatización.

2.4. Sinopsis de la propuesta tecnológica

La industria INLADEC es una empresa que se dedica a la comercialización de productos lácteos (leche, queso y yogurt) en la Provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo, en esta empresa se realizan trabajos de manera manual en la clasificación y cuantificación de la leche enfundada de 1L y ½ L. La envasadora aséptica adias G7 Uht para bolsa flexible (polietileno) que posee la empresa, produce 30000L diarios de fundas de leche, posteriormente los trabajadores agrupan de forma manual las fundas de 1L y ½ L de cada presentación, proceso que implica mayor costo por mano de obra y tiempo de producción elevado, por este motivo se plantea la implementación de un sistema de control automatizado para facilitar la clasificación y cuantificación de las fundas de leche, además mediante este mecanismo se pretende reducir costos de producción e inversión de la empresa.

2.5. Objeto de estudio y campo de acción

2.5.1. Objeto de estudio

Automatización del proceso de clasificación y cuantificación del enfundado de leche.

2.5.2. Campo de acción

Selección de sensores y actuadores de acuerdo a las normas que se requieran para el mejoramiento de la clasificación y cuantificación de leche enfundada.

2.6. Situación problemática y problema

2.6.1. Situación problemática

Actualmente en el Ecuador hay un sin número de microempresas que se dedican a la producción de lácteos, puesto que, existe una gran demanda de consumo de dichos productos, pues la mayoría de estos son de consumo diario en las familias ecuatorianas.

Las microempresas no cuentan con suficientes recursos económicos para la adquisición de maquinaria debido al costo de las mismas, pues en nuestro país no existen empresas que se dediquen a la fabricación de este tipo de maquinaria.

La empresa Láctea INLADEC es una empresa en constante desarrollo y crecimiento, uno de sus objetivos es mejorar su producción y en un futuro incrementarla, sin embargo, en la empresa la mayoría de sus procesos son manuales lo que limita su crecimiento. Tras el desarrollo del proyecto se podrá determinar que al controlar automáticamente los procesos de producción la empresa obtendrá un incremento sustancial en fabricación del producto, proceso que contribuiría a Lácteos INLADEC a ser una empresa mucho más competitiva a nivel local y nacional.

El desarrollo tecnológico y el crecimiento empresarial obliga al mejoramiento significativo de las diversas áreas de producción de la empresa, bajo este sentido la "Implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada" será el aporte científico y técnico que se otorgará a INLADEC para contribuir en su desarrollo.

2.7. Problema

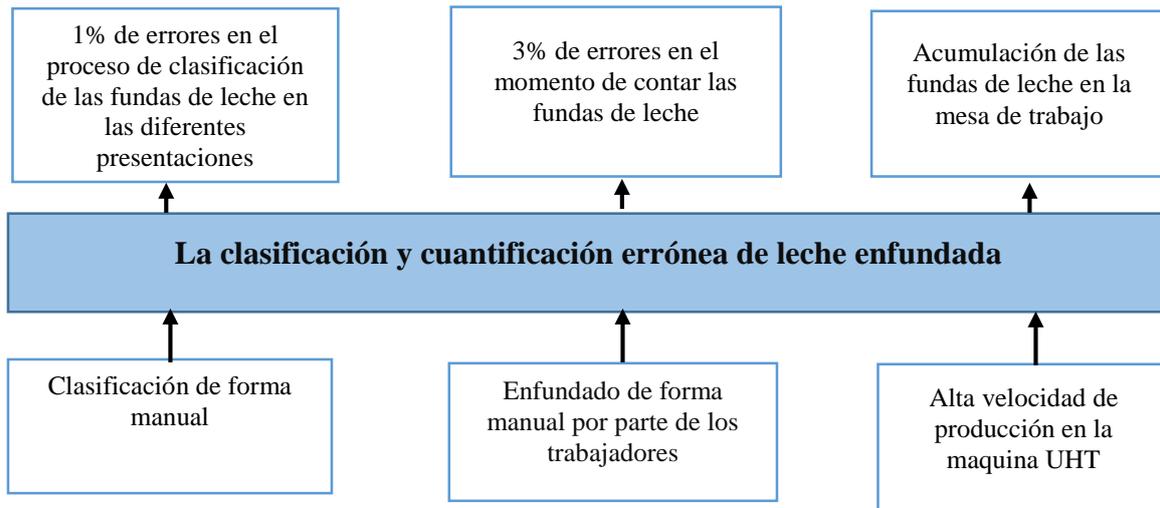
El proceso de clasificación y cuantificación de fundas de leche realizado manualmente por los trabajadores produce reclamos por parte de los distribuidores por cantidades inexactas del 3 % en el proceso de enfundado y errores del 1% por organización del producto de 1 y ½ litro, debido a esto la empresa debe realizar reposiciones que tratan de la compensación del 4% del total del producto solicitado, mecanismo que obliga a invertir mayor tiempo en la producción de lotes de leche, además de pérdidas económicas en la empresa INLADEC, ubicada en la provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo.

Por lo expuesto anteriormente, se define como problema de la propuesta tecnológica el siguiente:

La automatización en el proceso de clasificación y cuantificación de leche en presentaciones de 1 y ½ litro permitirá optimizar el tiempo de despacho del producto en la Empresa INLADEC ubicada en la Provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo a partir del año 2020.

2.8. Matriz Causa – Efecto

Efecto



Causa

Figura 2.1. Árbol de problemas

Causa principal: Enfundado de forma manual por parte de los trabajadores

Efecto: 3% de Errores en el momento de contar las fundas de leche

2.9. Hipótesis o formulación de pregunta científica

¿La implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada eliminará los errores al momento de contar y clasificar las fundas de leche y ayudará a reducir el tiempo de enfundado y de despacho del producto en la empresa láctea INLADEC del cantón de Salcedo, provincia de Cotopaxi, Ecuador?

2.10. Objetivos

2.10.1. Objetivo general

Implementar un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada en la empresa láctea INLADEC provincia de Cotopaxi, cantón Salcedo.

2.10.2. Objetivos específicos

- Recopilar la información acerca de los procesos que intervienen en la automatización.
- Seleccionar los elementos que se utilizará para la implementación del sistema de automatización.
- Implementar los componentes que intervienen en el proceso de automatización para que se ajuste correctamente a la clasificación y cuantificación de la leche enfundada.

2.11. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

La presente propuesta busca la implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada que favorece directamente a la producción de la empresa y al consumidor final, puesto que a través de este proceso se puede satisfacer la demanda de este producto, por esta razón invertir en dicha implementación optimizará la producción y generará mayor ingreso económico para la empresa. Dicho proceso de automatización de la propuesta tecnológica consiste en las siguientes tareas analizadas por cada objetivo planteado:

Tabla 2.1. Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

	Tareas	Resultado de la actividad	Medios de Verificación
Recopilar información acerca de los procesos de automatización y control existentes en el mercado que se relacionen con el proyecto de investigación	Recolección de trabajo precedentes	Conocimiento del proceso de automatización	Desarrollo del marco Teórico
	Análisis de normativas	Conocimiento de normas que intervengan en el proceso de automatización	Esquema gráfico en anexos
	Recolección de información	Conocimiento de los diferentes tipos de automatización.	Desarrollo del marco teórico
Seleccionar los elementos que se utilizará para la automatización.	Ingeniería de detalle.	Tipo de material para realizar la automatización	Normas
	Selección de actuador	Aplicación de fórmulas para el dimensionamiento	Metodología y análisis de resultados

	Selección de sensores	Comparación entre los diferentes tipos de sensores	Metodología y análisis de resultados
	Selección del controlador programable lógico	Búsqueda y comparación entre los PLC's	Metodología y características técnicas en anexos
Implementar los componentes del proceso de automatización para que se ajusten correctamente a la clasificación y cuantificación de la leche enfundada.	Análisis de los componentes seleccionados	Comparación y selección de los componentes	Catálogo, ecuaciones
	Análisis del proceso	Procedimiento de trabajo para poner en marcha la automatización	Desarrollo de análisis y resultados
	Evaluación y pruebas de funcionamiento	Conocimiento de las condiciones de trabajo	Análisis y resultados
	Análisis de los costos de implementación	Compra de materiales y realización de tabla de presupuesto	Anexos

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Análisis de los trabajos precedentes

Según Jerez Cesar [1] en su trabajo de investigación Titulado “Máquina para clasificar y contabilizar la producción de tomates de árbol” realizado en el año 2017, manifiesta que el inadecuado e ineficiente procedimiento de la clasificación de los tomates de árbol, en la capacidad de mejoramiento de la velocidad de producción y competitividad provoca un problema para los productores de tomates de árbol. Esto implica un cambio en el proceso de la clasificación del fruto, para mejorar la velocidad de la producción de los pequeños productores dedicadas a esta actividad, siendo necesaria la determinación de los factores que inciden en el proceso del clasificado de los tomates de árbol, para solucionar este problema se planteó el siguiente objetivo general diseñar y construir una máquina automática para clasificar los tomates de árbol por su tamaño.

Para el diseño y construcción de la máquina clasificadora de tomates de árbol el autor eligió las siguientes alternativas considerando costos ventajas y desventajas:

- Clasificadora de tomates con redes neuronales
- Clasificadora de tomates de acuerdo a su masa
- Clasificadora de tomates con tambor giratorio
- Clasificadora de tomates mecánica con rodillos.

Sin embargo, la alternativa que se adapta a las necesidades del autor es la Clasificadora de tomates mecánica con rodillos, los cuales consta de una estructura, un sistema de transmisión, rodillos, motor, tolva y la utilización de un procesador para el control y el contabilizador automático del flujo de salida del producto. Las conclusiones más importantes del mencionado trabajo son:

- Partiendo de los requerimientos de los productores de tomates de árbol, se logró un diseño óptimo que cumple todas las necesidades para efectuar la clasificación de los tomates de árbol en tres diferentes tamaños correctamente.
- Se identificó todas las secciones y mecanismos de la máquina clasificadora correctamente y se realizó el diseño cinemático.
- Se realizó el sistema de conteo automático de la producción acorde a las necesidades de los productores. Se construyó un dispositivo externo acoplable a la máquina, este dispositivo efectúa el proceso de la contabilización satisfactoriamente.

El trabajo de investigación realizado por Casignia Byron, Gavilánez Henry [2] titulado “Implementación de un módulo didáctico para la simulación de procesos industriales en una banda transportadora, por medio de PLC”, realizado en el año 2011, trata acerca de la realización de un sistema de control por medio de un PLC y la utilización de Labview que es una herramienta grafica para la realización de pruebas, el control y diseño mediante la programación tiene como objetivo controlar procesos industriales por medio de una banda transportadora.

Para la selección de los equipos y elementos se tiene en cuenta su definición clase y funcionamiento los cuales son:

- Actuadores cilindros, motores, electroimanes, elementos de ajuste, válvulas de vías, interruptores automáticos, transistores y tiristores
- Elementos de procesamiento válvula de vías válvula de cierre válvula de presión
- Elementos de conmutación contactores relés
- Elementos de entrada pulsadores, interruptores, sensores, final de carrera.

Estos dispositivos mecánicos electrónicos electromecánicos forman la parte de la elaboración del módulo didáctico entre las conclusiones más importantes son:

- La implementación de un módulo didáctico para la simulación de procesos industriales en una banda transportadora por medio de PLC fortalecerá los conocimientos de los estudiantes de la Escuela de Electrónica Control y Redes Industriales en las áreas de neumática, automatización, sensores y mecatrónica.
- Es necesaria la creación de un servidor OPC para lograr la comunicación entre Labview y el PLC.
- La banda soporta directamente el material a transportar y lo desplaza hacia cualquier etapa de clasificación.
- La banda puede transportar y clasificar hasta 4320 latas diarias trabajando 24 horas continuas

El trabajo de investigación de los autores Paredes David, Andrea Pilco [3] titulado “Sistema automático de clasificación y cuantificación de peces para la acuicultura con enfoque al cambio de la matriz productiva en la Hacienda ‘El Prado’, Universidad de las fuerzas armadas –ESPE”, realizado en el año 2015.

El presente trabajo manifiesta la siguiente problemática en la Hacienda “El Prado” se encuentra el área de acuicultura que está dedicada a la crianza de peces de agua dulce (truchas) como aporte para el desarrollo cognoscitivo de los jóvenes profesionales. Por cuanto las unidades vivas en cualquier estanque no se desarrollan uniformemente, se ve la necesidad de realizar continuamente la separación de los peces por tamaños, tanto en talla como por masa corporal. La actividad de separación por tallas (clasificación) y cuantificación por lo general se lo realiza de forma manual. Por este motivo existe un error en esta actividad que puede verse reflejado en la productividad inmediata.

Para mejora de esta actividad, el proyecto de Pailones ha implantado un dispositivo de clasificación, que consta de una bandeja con rodillos en su parte inferior y que toman distancia uno de otro según la medida que se regule manualmente por medio de una perilla que posee en uno de sus lados. Para su funcionamiento, primero se regula la perilla hasta que la distancia entre rodillos sea la apropiada para permitir el paso de peces pequeños, se coloca una cantidad de truchas y se agita el dispositivo para que los peces pequeños caigan mientras que los medianos y grandes permanecen en la bandeja. En una segunda etapa, se regula la perilla conforme a la apertura requerida para los peces de tamaño medio y se repite el procedimiento; separando de esta forma las truchas medianas de las grandes. Este método de clasificación presenta desventajas y limitaciones, además tampoco se lleva un conteo de los peces clasificados, los autores concluyeron de la siguiente manera

- Se construyó el sistema automático de clasificación y cuantificación de peces para las etapas de engorde y juvenil. La máquina puede trabajar con hasta 4 peces a la vez, los mide, cuenta y clasifica en tres grupos: pequeño, mediano y grande, con un promedio de 9 peces por minuto.
- Se diseñó el sistema mecánico de la máquina para que se ajuste al espacio disponible, y sea desmontable; con materiales resistentes a la corrosión como acero inoxidable 304 y acero ASTM 36 pintado al horno.
- Se diseñó un sistema electrónico con protecciones y elementos de fácil acceso que aseguran el rendimiento electrónico y rapidez en la reparación, en caso de avería.

3.2. Normativas

En la implementación de un sistema de automatización para clasificar y cuantificar leche procesada de la empresa láctea INLADEC se utilizará las siguientes normativas:

AISI 304.- Esta normativa corresponde al uso del acero inoxidable en diversos procesos industriales.

NEC 15.-Esta normativa corresponde a las instalaciones electromecánicas, las condiciones mínimas de seguridad que deben cumplir las instalaciones con el fin de salvaguardar a las personas que operan y hacen el uso de ellas.

En el anexo I, se presenta varias normas que se han investigado y que intervienen para el diseño de la automatización.

3.3. La automatización

La automatización industrial es conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de diferentes sistemas para operar y controlar procesos de forma automática sin intervención humana, disminuyendo los tiempos de producción y garantizando la calidad en el producto final. [4]

3.4. Sistema automatizado

La automatización es un sistema donde se realizan tareas de producción repetitivas, realizadas habitualmente por operadores a un conjunto de elementos tecnológicos.

Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte de Mando
- Parte Operativa

3.4.1. Parte operativa

La parte operativa es la parte que actúa directamente sobre la máquina son los elementos que hacen que la máquina realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

3.4.2. Parte de control

Suelen ser un PLC o también relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos. En un sistema de fabricación automatizado el PLC está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los elementos de un sistema automatizado. [5]

3.5. Control Automático

El control automático es el mantenimiento de un valor deseado dentro de una cantidad o condición, midiendo el valor existente, comparándolo con el valor deseado, y utilizando la diferencia para proceder a reducirla. En consecuencia, el control automático exige un lazo cerrado de acción y reacción que funcione sin intervención humana. [6]

3.5.1. Los sistemas de control abierto

En la figura 3.1 se muestra un control abierto las acciones de los controladores no se relacionan con el resultado final, los sistemas de lazo abierto la señal de salida no tiene influencia sobre la entrada. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. [7]



Figura 3.1.Sistema de control. **Fuente:** [7]

3.5.2. Los sistemas de circuito cerrado

En la figura 3.2.se muestra un circuito cerrado que usa la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia, la señal de salida tiene influencia sobre la entrada, es decir que, si existe una desviación entre la salida real y la deseada, el autómata realiza los ajustes necesarios para aproximarlas lo más posible, ya que, aquí si existe realimentación de información. Este tipo de estrategia de control puede aplicarse sea cual sea la variable controlada. [7]



Figura 3.2.Sistema de control. **Fuente:** [7].

3.6. Elementos que intervienen en la automatización

3.6.1. Banda Transportadora

Las bandas transportadoras son elementos con la capacidad de mover grandes volúmenes de materiales de un punto a otro, de manera continua, a velocidades de desplazamiento lineales fijas o variables, en perfiles planos o inclinados, e incluso pueden fabricarse de forma curva, lo que hace a las bandas transportadoras uno de los mecanismos más versátiles para procesos de carga y descarga de mercancías tanto empacadas como de productos a granel. [8]



Figura 3.3.Banda Transportadora

3.6.2. Características de la banda transportadora existente en la empresa INLADEC

La banda transportadora existente está elaborada de acero inoxidable, los elementos que componen la banda transportadora son:

La cinta transportadora: Es de tipo modular fabricada con materiales (Polietileno, polipropileno y Poliacetal) tiene las ventajas de fácil manipulación limpieza y montaje su principal aplicación es transportar las fundas de leche hacia una mesa tipo tina donde las fundas de 1L y 1/2L se acumulan para ser clasificadas y contadas para su distribución.

Eje motriz: El eje motriz está ubicado a un extremo al final de la banda transportadora, en el eje se colocan tres piñones dentados que se utiliza como guías para el movimiento de la banda, el eje es sujetado por una chumacera.

El rodillo o cabezal de cola: Está ubicado en el extremo al inicio de la banda transportadora, es el encargado de generar la tensión a la banda, está sujetado por dos chumaceras que sostienen a un eje con tres piñones dentados.

Elementos de deslizamiento: Son los encargados del soporte de la cinta y los productos durante el recorrido de la banda transportadora. En la banda existente están compuesta por una

lámina plástica de baja fricción sujeta a los perfiles de acero inoxidable y en la parte inferior posee rodillos para su fácil movilidad.

Motor: Es un dispositivo eléctrico acoplado a un reductor de velocidad lleva la potencia y el movimiento al eje de la banda transportadora.

3.7. Estructura

3.7.1. Acero Inoxidable

El acero inoxidable es una aleación de hierro y carbono que contiene por definición un mínimo de 10.5% de cromo. Algunos tipos de aceros inoxidable contiene otros elementos aleantes; los principales son el níquel y el molibdeno.

Su principal característica es su alta resistencia a la corrosión. Esta resistencia es debido a la formación espontanea de una capa de óxido de cromo en la superficie del acero [9]

Tabla 3.1. Acero Inoxidable Ventajas

Ventajas	Descripción
Resistencia a la corrosión	Los aceros de baja aleación, resisten a la corrosión en las condiciones atmosféricas; los aceros inoxidables altamente aleados pueden resistir la corrosión en la mayoría de los medios ácidos, incluso a elevadas temperaturas
Resistencia a la alta y baja temperatura	Algunos aceros resisten grandes variaciones térmicas y mantendrán alta resistencia a temperatura muy altas, otros demuestran dureza excepcional a temperaturas criogénicas
Facilidad para la fabricación	La mayoría pueden ser cortados, soldados, forjados y mecanizados con resultados satisfactorios
Resistencia mecánica	La característica de endurecimiento por trabajo en frío de algunos aceros inoxidables se usa en el diseño para reducir espesores y así, los costos. Otros pueden ser tratados térmicamente para hacer componentes de alta resistencia
Propiedades higiénicas	La facilidad de limpieza lo hace la primera opción en hospitales, instalaciones alimenticias y farmacéuticas
Ciclo de trabajo	Es durable y es la opción más barata considerando el ciclo vital

Fuente: [9]

3.7.2. AISI 304

La forma más común de acero inoxidable 304 es el acero inoxidable 18-8 o 18/8, el cual contiene 18 por ciento de cromo y 8 por ciento de níquel. También posee propiedades de ductilidad y maleabilidad, En el anexo II podemos visualizar las características técnicas. El acero inoxidable 304 tiene una excelente resistencia a la corrosión es utilizado productos inoxidables, incluyendo bobinas, láminas, placas, tiras, tubos, tuberías, accesorios, barras, ángulos, alambres, sujetadores, piezas fundidas y algunos otros. [10]

3.8. Actuadores

Es un dispositivo con la capacidad de generar una fuerza para ejercer un cambio de posición, velocidad o estado en un elemento mecánico. La fuerza ejercida proviene de la energía hidráulica neumática, eléctrica, dependiendo del tipo de movimiento que genere actuador lineal o giratorio. [11]

3.9. Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos transforman la energía acumulada del aire comprimido en trabajo mecánico de movimiento rotatorio o movimiento rectilíneo. Por lo común estos se clasifican en cilindros o actuadores lineales y motores o actuador de giro.

El aire comprimido constituye una forma de energía mecánica que se puede almacenar para ser utilizada posteriormente. Esto es si ejerce Fuerza sobre el aire contenido en un recipiente cerrado dicho aire se comprime forzando a las paredes del recipiente y la presión que se produce puede aprovecharse para generar fuerza o desplazamiento sobre algún elemento mecánico [11]

3.10. Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos se utilizan en general para inducir un movimiento lineal de algunos elementos mecánicos, los cuales conforman un sistema integral en el que interactúan diversos dispositivos con la finalidad de automatizar algún tipo de proceso. Existen dos tipos fundamentales de cilindros neumáticos que son de simple o de doble efecto de los cuales se derivan otros modelos con sus construcciones especiales. Estos cilindros independientemente de su forma constructiva representan actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos [11]

3.10.1. Cilindro de simple efecto

Consiste en la entrada de alimentación de aire comprimido o una cámara hermética lo que provoca un movimiento rectilíneo en un solo sentido de un elemento móvil conocido como vástago, el cual es el responsable de desarrollar el trabajo requerido [11]

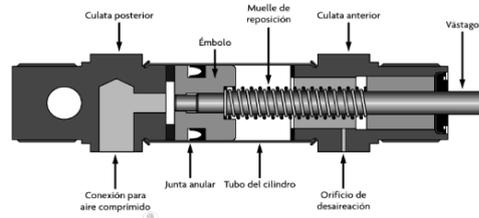


Figura 3.4.Cilindro simple efecto. **Fuente:** [11].

3.10.2. Cilindro doble efecto

Se compone de dos entradas de alimentación de aire comprimido cada una colocada en el extremo de una cámara hermética, fabricada de tal manera que esta provoca un movimiento rectilíneo en los dos sentidos al vástago del actuador que se encarga de realizar tanto un trabajo de salida como uno de retroceso [11]

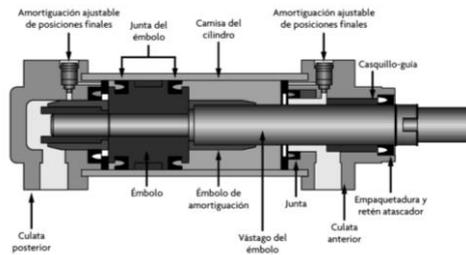


Figura 3.5.Cilindro doble efecto. **Fuente:** [11].

3.11. Electroválvula

Una válvula solenoide es una válvula activada eléctricamente tienen como función principal dirigir y distribuir el aire comprimido dentro de un circuito neumático. Regulan el paso o lo frenan. Arman el camino que debe recorrer el fluido. [12]



Figura 3.6. Electroválvulas. **Fuente:** [12].

3.12. Vías

Por vías se entiende las conexiones de entrada y salida de aire que tiene la válvula. Estas conexiones se simbolizan con este símbolo T cuando la vía está cerrada. Cuando la vía está abierta, es decir, está unida a otra vía, se unen con una flecha que indica el sentido en el que se mueve el aire comprimido. [13]

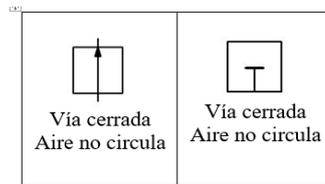


Figura 3.7. Vías. Fuente: [13].

Para evitar errores en el montaje las vías o puntos de conexión de las válvulas se identifican por medio de letras mayúsculas o números de acuerdo a las normas ISO1219

Tabla 3.2.Nomenclatura para identificar las vías de una válvula según la normativa

ISO 1219 Alfanumérica	CETOP Numérica	Función
A, B, C	2, 4, 6	Conexión del aire comprimido
P	1	Tuberías o vías de trabajo
R, S, T	3, 5, 7	Orificios de purga o escape
L		Tuberías de control, pilotaje o accionamiento
X, Y, Z	10,12,14	Fuga

Fuente: [14]

3.13. Posiciones

Se entiende por posiciones de una válvula distribuidora el número de posiciones que adopta interiormente el mecanismo de la válvula cuando es accionada por sus accionamientos. El símbolo de estas válvulas se representa por cuadros, poniendo tantos como posiciones tiene la válvula. La mayoría de las válvulas distribuidoras son de 2 o 3 posiciones. [13]

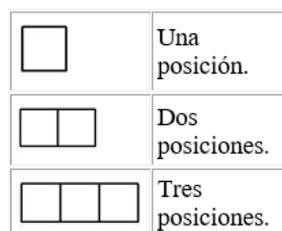
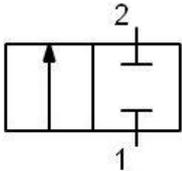
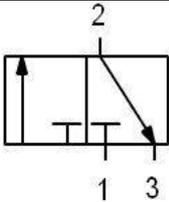
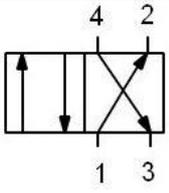
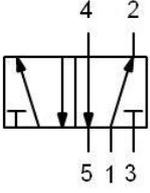


Figura 3.8. Posiciones. Fuente: [13].

3.14. Clasificación de las electroválvulas

Tabla 3.3.Electroválvulas dos posiciones

	Electroválvulas	Descripción
Válvulas 2/2 (2 vías y 2 posiciones):		Actúan solamente como llave de paso. Una vía es la entrada y otra vía es la salida. Cuando está en posición abierta, las dos vías se conectan sin nada en el medio y el aire comprimido fluye con libertad. Al cerrarse, lógicamente se corta el paso. Estas válvulas pueden ser normal cerradas o normal abiertas, según cierren o habiliten el paso respectivamente en su posición de reposo. Lo más común es que sean normal cerradas.
Válvulas 3/2 (3 vías y 2 posiciones):		Normalmente son utilizadas para manejar cilindros simple efecto. Gracias a sus 3 vías, el flujo del aire puede ir en dos direcciones distintas y realizar el escape en su posición cerrada.
Válvulas 4/2 (4 vías y 2 posiciones):		Cuenta con la misma cantidad de posiciones que la anterior, pero al tener una vía más se las suele usar para manejar cilindros doble efecto. Con una posición mete el aire en el pistón y con la otra lo saca, haciendo que el vástago suba y baje según la ubicación del aire.
Válvulas 5/2 (5 vías y 2 posiciones):		Es como la 4/2, aunque en este caso tiene dos escapes, uno para cada posición. El tener dos escapes ayuda a que se pueda manejar y regular mejor la velocidad

Fuente: [15]

3.15.Sensores

El sensor es un dispositivo que situado en un cierto medio genera una señal de una determinada forma física (presión nivel temperatura etc.) convertible en otra señal de una forma física diferente, el elemento que realiza esta conversión se llama transductor. Por otro lado, la existencia de sistemas que memorizan, amplifican y en general procesan señales eléctricas hacen que la mayoría de transductores convierten las variables no eléctricas en eléctricas [16].

3.16.Sensores discretos

Los sensores discretos proporcionan información de presencia o ausencia de un objeto, es decir, entregan una señal binaria, uno o cero (on - off) al detectar un cambio en el fenómeno físico o magnitud, siendo capaces de abrir o cerrar el circuito, entre los cuales podemos clasificar los siguientes:

3.16.1. Sensores capacitivos

Son capaces de detectar la mayoría de materiales funciona bien para plásticos, la capacitancia C en Faradios viene dada por $C=A*k/d$, donde k es la constante dieléctrica del espacio entre platos enfrentados, A es el área de los platos enfrentados y d la distancia entre los platos. En el sensor el área de los platos y la distancia entre ellos es fija, pero la constante dieléctrica del espacio alrededor puede variar en función del material que se acerque al sensor. Una ilustración es la Figura 3.9 donde se usa un campo oscilatorio para determinar la capacitancia de los platos, cuando este cambia dentro del margen de sensibilidad preestablecido, el sensor se activa como consecuencia de un cambio de amplitud de la señal oscilatoria. [17]

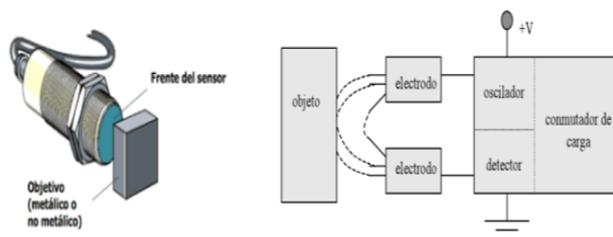


Figura 3.9.Sensores capacitivos. **Fuente:** [17].

3.16.2. Sensores inductivos

Los sensores inductivos se basan en corrientes inducidas por campos magnéticos para detectar objetos metálicos cercanos, siempre y cuando estén dentro del rango de sensado.

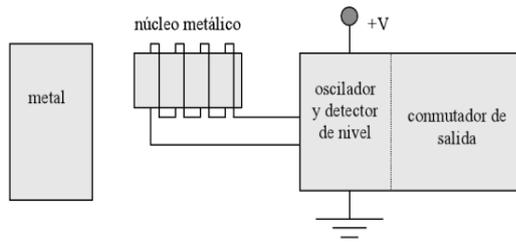


Figura 3.10.Sensores inductivos. **Fuente:** [17].

El sensor usa un núcleo (inductor) para generar un campo magnético, de alta frecuencia como se muestra en la figura 3.10 Si existe un objeto metálico cerca del campo magnético, circulara corriente por el objeto que a su vez creara un nuevo campo magnético que se opone al inductor. El efecto neto es un cambio en la inductancia del núcleo en el sensor inductivo. Por tanto, midiendo la inductancia del sensor se puede determinar que hay un objeto metálico cerca [17].

3.16.3. Sensores Fotoeléctricos

Son capaces de detectar una presencia o algún objeto a distancia, Los emisores producen rayos de luz en los espectros visibles e invisibles usando leds y diodos láser. Los detectores se construyen habitualmente usando fotodiodos y fototransistores Se colocan de tal forma que pueden detectar si un objeto corta o refleja el rayo los sensores fotoeléctricos pueden clasificarse dentro de tres categorías dependiendo de la forma en la que detecten los objetos [17]

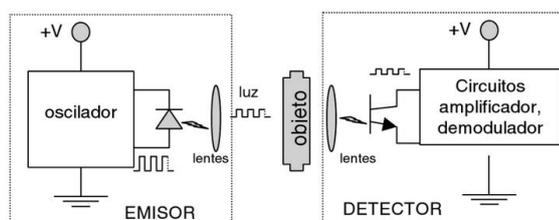


Figura 3.11.Sensor de barrera. **Fuente:** [17].

En la figura 3.11 se aprecia el rayo de luz a la izquierda y se concentra usando lentes. En la parte del detector también se usa una segunda lente para concentrar el rayo. Si un objeto corta el rayo de luz indicará que hay un objeto presente. El hecho de emitir una onda cuadrada de luz es para que el sensor pueda filtrar la luz normal presente. [17]

3.16.4. Retro reflectivo

En la figura 3.14 el emisor y el receptor están incluidos en un solo lugar, con la diferencia que se utiliza un espejo reflector que logra rebotar la señal producida hacia el mismo lugar de origen. Tiene el mismo funcionamiento que el sensor óptico de tipo barrera, cuando un objeto se

posiciona entre el dispositivo de sensado y el espejo reflector este obstaculiza la señal para no poder retornar.

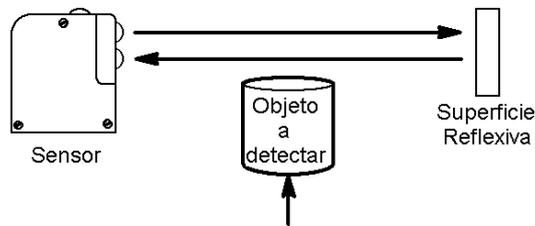


Figura 3.12.Sensor reflectivo. **Fuente:** [17].

3.17.Control Lógico Programable

Dispositivo electrónico digital con una memoria programable para guardar instrucciones que permiten llevar a cabo funciones lógicas, configuración de secuencias, de sincronizado, de conteo y aritméticas con el fin de controlar máquinas y procesos especialmente para las aplicaciones industriales. [18]

3.17.1. Características del Controlador Lógico Programable

PLC componentes básicos:

- **Una fuente de poder:** Esta parte lleva energía continua a cada uno de los circuitos electrónicos que conforman el controlador. Usualmente se le conoce como poder. Se encarga de suministrar la corriente y la tensión necesarias a las tarjetas y al CPU.
- **El controlador o CPU:** Se trata de la Unidad Central de Proceso, lo cual se encarga de mantener bien controlada la secuencia en la cual el programa se ejecuta, también se encarga de coordinar la comunicación entre los distintos elementos que componen el PLC, y a la vez ejecuta todas las operaciones lógicas y a la vez aritméticas.

Se presenta como un elemento inteligente que tiene una gran capacidad para interpretar y leer todas las instrucciones que son cargadas en la memoria, donde llega a tomar decisiones en base a estos estados de entrada sobre las salidas.

- **Módulos:** Es una de las partes que más caracteriza a los PLC, ya que es a través de sistema de entrada y salida que se llega a diferenciar un computador, los cuales se presentan como módulos especiales para hacer posible la conexión física entre la unidad de procesamiento y el mundo exterior.
- **Módulos de salida:** través de esta parte del PLC las señales eléctricas son enviadas a los equipos de la instalación que llegan a ser controlados.

- **Módulo de entrada:** Estos se encargan de acaparar toda señal eléctrica procedente de los equipos de instalación que llega a controlar el proceso.
- **Puerto de comunicaciones:** Se trata del medio de comunicación que usa el PLC con la interfaz, con los periféricos, las unidades de programación, con otros PLC, etc. [18]

Cuando estos componentes se encuentran empotrados en un solo elemento se dice que el PLC es fijo. En otros casos estos componentes se integran en un chasis que puede ser físico o virtual, estos últimos se dicen que son modulares.

El objetivo de un PLC es mantener un proceso en un estado deseado. Para ello debe conocer el estado actual del proceso, esto se hace con sensores conectados a las entradas del PLC. También debe conocer el estado deseado, frecuentemente lo suministra el operador al controlador por medio de una interfaz de operación. Si el estado actual es diferente al estado deseado, el PLC calcula una acción de control que lleva a cabo por medio de actuadores conectados a los módulos de salida.

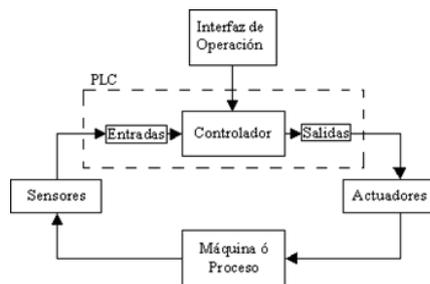


Figura 3.13. Interfaz de operación de un PLC. **Fuente:** [19].

Para programar los PLC's se usa un lenguaje. La norma IEC61131 especifica 4 lenguajes que son: escalera, diagrama de bloques, texto estructurado y lista de instrucciones [19]

3.17.2. Ventajas y desventajas de un PLC

Las ventajas al utilizar un PLC en proceso de automatización y control son:

- Ocupa menos espacio en su instalación
- Manejo de múltiples equipos de manera simultánea
- Mejoramiento en el monitoreo de los procesos, lo que hace que la detección de fallos se realice rápidamente.
- Menor costo de instalación operación y mantenimiento
- Flexibilidad control de proceso complejos

- Si por alguna razón la máquina queda fuera de servicio, el autómata sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

Las desventajas al utilizar un PLC en automatización y control son:

- Elevado coste inicial del controlador lógico programable
- Como inconvenientes podríamos hablar, en primer lugar, de que hace falta un programador, lo que obliga a adiestrar a uno de los técnicos en tal sentido, pero hoy en día ese inconveniente está solucionado porque las universidades ya se encargan de dicho adiestramiento.

3.17.3. Clasificación de los controladores lógicos

Una forma de clasificar los Controladores Lógicos Programables (PLC) es través de su estructura física, precio y funcionalidad



Figura 3.14. Clasificación de PLC's por precio y funcionalidad

3.17.4. El modelo de PLC Compacto

Es de pequeñas dimensiones, como el de la serie Logo de Siemens como se muestra en la figura 3.15, es un dispositivo conformado por un hardware integrado en un solo bloque, es decir, en una sola pieza se concentran los elementos de entradas, salidas, CPU, fuente y comunicación. Este tipo de PLC se utiliza en procesos poco complejos, con bajo número de entradas y salidas, donde no se requieren aplicaciones o uso de módulos especiales. [20]



Figura 3.15. PLC Compacto. Fuente: [20].

Los PLC Compactos también pueden ser subclasificados en PLC Compacto Nano como se muestra en la figura 3.16, que actúan como especie de relés inteligentes. El término Nano hace referencia a dispositivos muy pequeños de aplicaciones muy concretas. [20]



Figura 3.16. PLC Compacto nano. **Fuente:** [20].

3.17.5. El modelo de PLC Compacto Micro.

Es otra categoría de PLC Compactos como se muestra en la figura 3.17, donde la fuente, el CPU y los módulos de entradas y salidas están integrados en un módulo único principal. El número de entradas y salidas que manejan estos dispositivos varía de pocas a varios, que indica que su tamaño es superior a los Nano PLC. Soporta módulos especiales como entradas analógicas, módulos de comunicación, interfaces con operadores y expansiones de entradas y salidas. [20]



Figura 3.17 . PLC Compacto Micro. **Fuente:** [20].

3.17.6. PLC Modulares

Son dispositivos en los cuales los elementos básicos están conformados por módulos separados tales como: fuente de alimentación, CPU, módulos entrada-salida, comunicaciones y módulos especiales; todos ellos integrados en una estructura llamada rack o chasis. Dentro de los PLC Modulares también se habla de Micro PLC como se muestra en la figura 3.18, estos soportan gran cantidad de puntos de entradas y salidas. [20]



Figura 3.18. PLC Modulares. **Fuente:** [20].

4. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Métodos para el dimensionamiento de un sistema de automatización

En este capítulo se realiza un análisis de los principales componentes que se utilizará para la automatización como son: los controladores los sensores y actuadores, con el fin de cumplir con los requerimientos funcionales y de seguridad exigido para su óptimo funcionamiento.

El proceso de diseño se facilitó con la ayuda de programas de Diseño Asistido por Computador (CAD), con el fin de realizar de forma rápida y precisa el análisis de movimiento y de esfuerzos de las diferentes alternativas de diseño hasta determinar las dimensiones y geometría óptima de los diferentes componentes de la máquina, garantizando de esta manera el funcionamiento adecuado y seguro de la misma, bajo condiciones críticas de funcionamiento.

4.2. Métodos de Investigación

Deductivo

Este método ha sido utilizado con la finalidad de recolectar información mediante de textos, trabajo de tesis y sitios web, con el propósito de obtener una base científica y analítica sobre la automatización, sus parámetros, estructuras y conexiones eléctricas para la propuesta tecnológica

Método científico

El principal problema es la cantidad inexacta del número de fundas de leche debido a que el conteo y clasificación es de manera manual, provocando pérdida de tiempo en volver a contar y verificar la cantidad exacta. Para mejorar este proceso se requiere la implementación de un sistema de control para la clasificación y cuantificación de fundas de leche y así mejorar el tiempo de despacho del producto.

4.3. Tipo de investigación

Investigación Bibliográfica

Es una de las investigaciones más importantes que aporta a la propuesta tecnológica porque nos facilita información acerca de ciertos elementos y componentes que se va a utilizar en la automatización. Las podemos encontrar en libros, revistas, artículos científicos y tesis.

Investigación de campo

Mediante la visita a la empresa INLADEC se realizó un análisis para realizar el diseño que

mejor se ajuste a las necesidades de la empresa y así poder seleccionar los implementos adecuados para realizar la automatización.

Investigación experimental

La investigación experimental es un proceso sistemático en la cual se manipula, controla y se mide todas las variables que intervienen en el proceso de automatización como es la fuerza del cilindro para accionarse cuando el sensor cuente el número de fundas de leche requeridas.

4.4. Operalización de las variables

Tabla 4.1: Variable Independiente: Automatización

Concepto	Categoría	Indicadores	Técnicas	Instrumentos
Es el proceso de clasificación y cuantificación de leche enfundada.	Actuadores	Fuerza del cilindro	Cálculos	Ecuaciones
	Electroválvulas	Control del paso de aire	Catálogo	Controlador
	Sensores de proximidad	Características del sensado	Programación	Controlador
		Tiempo de reacción	Programación	Controlador
		Distancia de sensado	Programación	Controlador
	Controlador lógico programable	Control de actuadores	Catálogo	Programación
		Contador de fundas de leche	Catálogo	Programación
		Control de sensores	Catálogo	Programación

Tabla 4.2: Variable dependiente: Optimizar el tiempo de despacho

Concepto	Categoría	Consecuencia
Reducir el tiempo en los procesos manuales de clasificar y cuantificar la leche procesada	Reducir la mano de obra	Evitar errores en la clasificación
	Visualizar de mejor manera el número de productos enfundados	Enviar la cantidad exacta del producto despachado
	Conteo óptimo de las fundas de leche	Menos pérdida de producción

4.5. Diseño y selección de componentes

En el sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada se va a desarrollar de acuerdo a las necesidades de la empresa láctea INLADEC como se puede observar en la figura 4.1

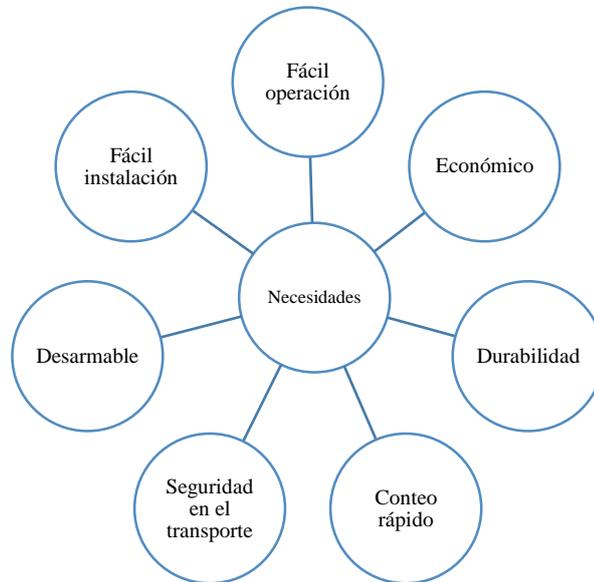


Figura 4.1. Necesidades de la máquina

4.6. Componentes que intervienen en la automatización

Para tener un mejor análisis y comprensión de las partes principales de la automatización, se agrupó por tipo de sistema con sus diferentes partes, como se muestra en la tabla.

Tabla 4.3: Partes del sistema de automatización

Sistema	Partes de la Máquina
Estructural	Estructura base
Separadores	Paleta separadora
Actuador	Cilindro neumático
Sensores	Sensores de proximidad
Controladores	Controladores lógicos programable

Una vez determinado las partes principales de la máquina se inicia con el diseño y la selección de los materiales correspondientes que se necesitarán para la construcción, los soportes de los cilindros neumáticos y los soportes de las paletas serán construidas en material de acero inoxidable AISI 304, que por su alta resistencia a la corrosión es ideal para la industria láctea.

Como objetivo principal de usar acero inoxidable 304 es optimizar la capacidad de limpieza en la estructura del sistema de automatización e impedir la contaminación de la materia prima, en la tabla 4.4 se detallan las propiedades mecánicas del acero inoxidable AISI 304.

Tabla 4.4: Propiedades mecánicas del acero inoxidable

Material	Acero Inoxidable AISI 304
Resistencia a corrosión	Muy buena
Capacidad de limpieza	Excelente
Resistencia al impacto	Excelente
Soldabilidad	Alta
Resistencia a la tracción [MPa]	460
Porcentaje de elegancia [%]	67
Resistencia a la fluencia [MPa]	245 - 570

Fuente: [9]

Para el diseño de los componentes mecánicos de la automatización se emplearán métodos matemáticos, teorías, ecuaciones y software de diseño Autodesk Solidworks 2016.

4.7. Sistema estructural

El sistema de clasificación se realiza en base a dos compuertas activadas por cilindros neumáticos, las señales de los sensores fotoeléctricos reflectivos ingresan a un contador de un PLC el mismo que activa las electroválvulas de los pistones que mueven las compuertas al finalizar cada lote de producción.

4.7.1. Soporte de los cilindros

La función principal de los soportes es resistir el conjunto de cargas a la que está sometida como: las cargas de funcionalidad, su propio peso y a la variación de temperatura sin que exista ruptura o deformación de la misma, para que una estructura este diseñada correctamente, esta debe cumplir con tres condiciones que son: estabilidad, resistencia y deformación limitada, A continuación se puede apreciar las dimensiones generales de la estructura.

Tabla 4.5: Dimensiones generales de la estructura

4.7.2. Estructura base para los cilindros

En la figura 4.2 se muestra la estructura base de los cilindros neumáticos que está construida por perfiles tipo C de acero inoxidable cortados y doblados de diferente forma y tamaños de

Descripción	Estructura	Soporte
Forma	Perfil tipo C	Tubo
Longitud [m]	0.30	1.20
Ancho [m]	0,50	0.05
Espesor [m]	0,002	0.002

acuerdo a la distancia que recorre el vástago del cilindro neumático, los mismos que se encuentran unidos mediante cordones de soldadura TIG.



Figura 4.2. Soporte del cilindro

El volumen, la masa y el centro de gravedad de la estructura se obtiene en el software Autodesk Solidworks como se muestra en la figura 4.3

```

Masa = 2115.66 gramos
Volumen = 2115.66 centímetros cúbicos
Área de superficie = 5712.25 centímetros cuadrados
Centro de masa: ( centímetros )
X = -28.77
Y = -32.20
Z = 56.35

```

Figura 4.3. Propiedades de la estructura base

Para obtener el peso de los elementos analizados se aplica la ecuación 4.1 que está en función de la gravedad con el fin de encontrar el peso de los elementos analizados.

(4.1)

$$W = m * g$$

Dónde:

W =Peso del soporte analizado [N]
 m =Masa del soporte analizado [Kg]
 g =gravedad [m/s^2]

En la figura 4.4 se muestra las cargas que actúan en la estructura, se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

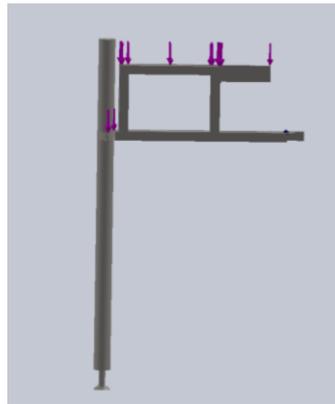


Figura 4.4.Propiedades de la estructura base

En la figura 4.5 se muestra el esquema de ubicación de cargas en la estructura muestra el valor máximo de Von Mises obtenido es 19.2 MPa, el valor es totalmente satisfactorio debido a que está sometido a una carga sumamente pequeña y además es inferior al valor de resistencia de fluencia del Acero inoxidable AISI 304 el cual es 245 MPa.

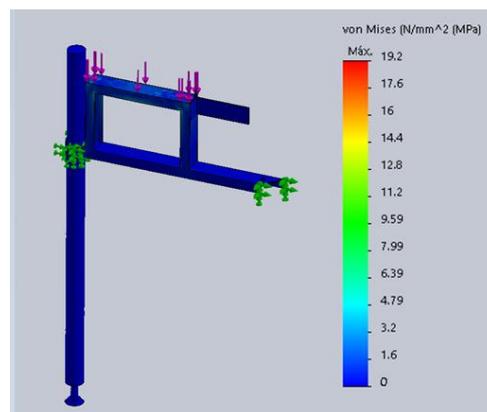


Figura 4.5. Propiedades de la estructura base

Factor seguridad para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad para la estructura se aplica la ecuación 4.2

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{Von mises}}} \quad (4.2)$$

Donde:

η =Coeficiente de seguridad

S_y = Limite de fluencia del material [MPa]

$\sigma_{\text{Von Mises}}$ = Esfuerzo máximo de Von Mises del elemento simulado

4.7.3. Soportes para la clasificación de las fundas de leche

En la figura 4.6 se muestra los soportes que están contruidos por perfiles de acero inoxidable doblados y soldados, los mismos que soportan la carga de un perfil de acero sujetos con pernos, el perfil de acero divide a la banda transportadora en dos secciones.



Figura 4.6. Soportes

El volumen, la masa y el centro de gravedad del soporte se obtiene en el software Autodesk Solidworks como se muestra en la figura 4.7

El centro de masa y los momentos de inercia son los resultados en el sistema de	
Masa = 243.28 gramos	
Volumen = 243.28 centímetros cúbicos	
Área de superficie = 2476.83 centímetros cuadrados	
Centro de masa: (centímetros)	
X = -0.63	
Y = -3.05	
Z = 46.88	
Ejes principales de inercia y momentos principales de inercia: (gramos * centí	
Medido desde el centro de masa.	
Ix = (1.00, 0.01, 0.00)	Px = 41005.23
Iy = (-0.01, 1.00, -0.02)	Py = 78999.76
Iz = (0.00, 0.02, 1.00)	Pz = 118584.02

Figura 4.7.Propiedades de la estructura base

Para obtener el peso de los elementos analizados se aplica la ecuación 4.3 que está en función de la gravedad con el fin de encontrar el peso de los elementos analizados.

(4.3)

$$W = m * g$$

Dónde:

W=Peso del soporte analizado [N]

m=Masa del soporte analizado [Kg]

g=gravedad [m/s²]

En la figura 4.8 se muestra las cargas que actúan en la estructura, se realiza la simulación para obtener el esfuerzo máximo de Von Mises, el desplazamiento y el coeficiente de seguridad en la estructura.

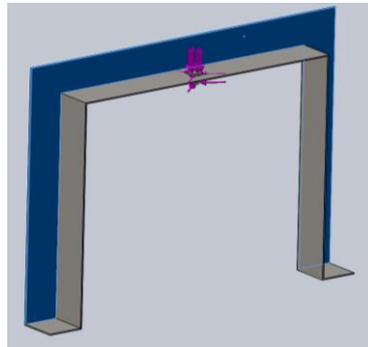


Figura 4.8.Propiedades de la estructura base

En la figura 4.9 se muestra el esquema de ubicación de cargas en la estructura muestra el valor máximo de Von Mises obtenido es 14,9 MPa, cuyo valor es totalmente satisfactorio, ya que es inferior al valor de resistencia de fluencia del Acero inoxidable AISI 304 que es 245 MPa

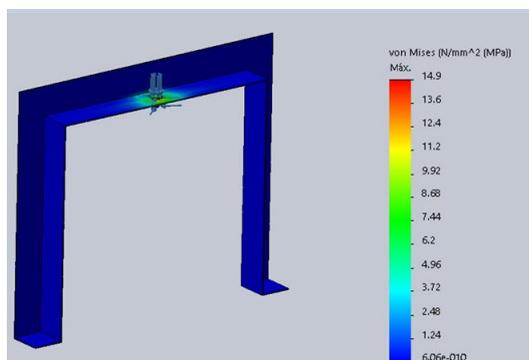


Figura 4.9.Propiedades de la estructura base

Factor seguridad para determinar analíticamente el coeficiente de seguridad para la estructura se aplica la ecuación 4.4.

(4.4)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\text{Von mises}}}$$

Donde:

η =Coeficiente de seguridad

S_y = Limite de fluencia del material [MPa]

$\sigma_{\text{Von Mises}}$ = Esfuerzo máximo de Von Mises del elemento simulado

4.8. Selección de Cilindros Neumáticos

En la selección de los actuadores neumáticos lineales se analizó cada uno de ellos para realizar el sistema de automatización

- Cilindro simple efecto
- Cilindro Doble efecto

A continuación, se puede observar las características más representativas obtenidas:

Tabla 4.6 Comparación de cilindros neumáticos

		
	Simple Efecto	Doble efecto
Entrada de aire	1 Entrada	2 Entradas
Escapes	1 Escape	2 Escapes
Distancia de salida	Recorrido hasta 100mm	Recorrido hasta 500mm
Dimensión	72x90x55 mm	90 x 100 x 75 mm
Peso	190 g	435 g
Precio	\$80	\$120

Anexo: III

4.8.1. Características del compresor

Tabla 4.7. Datos técnicos del compresor

Compresor	Datos técnicos
Potencia	10hp
Voltaje	220
Presión máxima	116psi
Intensidad	15 ^a
Caudal	0.25m ³ /min

Para la dimensión del cilindro neumático se considera el valor de la masa de la paleta que es de 0.5kg que se necesita para sujetar fuertemente a la paleta con la cual se va a trabajar, entonces calculamos la fuerza a partir de la siguiente ecuación.

(4.5)

$$W = m * g$$

Donde:

W= Peso de la paleta

m= Masa de la paleta

g=Gravedad

Ahora conocemos el valor de la fuerza y la presión se considera 6 bar (60N/cm²) aplicamos la siguiente fórmula para dimensionar al cilindro.

(4.6)

$$P = \frac{F}{A}$$

Donde:

P= Presión

F= Fuerza de la presión

A=Área del cilindro

El área se calcula con la siguiente formula

$$A = \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right) \quad (4.7)$$

Reemplazando tenemos

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi * P}} \quad (4.8)$$

De acuerdo a los datos obtenidos seleccionamos en el catálogo de Chelic una clase de cilindro doble efecto comercial y que se encuentre en el mercado para las solicitudes de diseño requeridas además normalizado y tienen las dimensiones establecidas.

Tabla 4.8. Serie del Cilindro Chelic a seleccionar

Cilindro Chelic	DN 32-175
Diámetro del émbolo	32mm
Diámetro del vástago	16mm
Longitud de carrera	175mm

Dimensionamiento del cilindro neumático

Para el dimensionamiento de los cilindros neumáticos se debe considerar parámetros como: la fuerza ejercida por un elemento de trabajo, que depende de la presión del aire y el diámetro del cilindro. La fuerza teórica del émbolo se calcula de la siguiente manera:

$$F_{teorica} = P * A \quad (4.9)$$

Donde:

F=Fuerza teórica

P= La presión

A=Área del cilindro

Reemplazando tenemos:

(4.10)

$$A = \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right)$$

Los sistemas neumáticos emplean presiones de aproximadamente 6 bar (60N/cm²) para efectos de cálculos se utilizará esta presión de trabajo

(4.11)

$$F_{teórica} = 60 * A$$

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/ 4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada. Para efectos de cálculo se tomará un valor medio de la fuerza de rozamiento que es del 10%.

(4.12)

$$F_{real} = F_{teórica} * 10\%$$

Fuerza efectiva de avance

(4.13)

$$F_a = \frac{\pi}{4} * D^2 * P * R$$

Donde:

F_a=Fuerza de avance

D=Diámetro del embolo en cm

P= La presión de trabajo

R=Rendimiento de los cilindros

La fuerza en retroceso

(4.14)

$$F_r = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) * P * R$$

Donde:

F_r=Fuerza de retroceso

D=Diámetro del embolo en cm

d=Diámetro del vástago

P= La presión de trabajo

R=Rendimiento de los cilindros

Consumo de aire

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía del cilindro del proceso, es importante conocer el consumo de la instalación, el consumo de aire es determinado por el volumen del cilindro y por la presión de aire.

(4.15)

$$V = \frac{\pi}{4} (2D^2 - d^2)C$$

Donde:

V=Consumo de aire en litros

D=Diámetro del émbolo en cm

d=Diámetro del vástago

C= Longitud de carrera del cilindro

Considerando que el cilindro realiza 44 ciclos en una hora la cantidad de aire o también llamado caudal será:

(4.16)

$$Q = \frac{\pi * C * P * n}{4000} (2D^2 - d^2)$$

Donde:

Q= Consumo de aire en litros/hora

C= Longitud de carrera del cilindro

P=Presión de trabajo

N=Número de ciclos por hora

D=Diámetro del émbolo en cm

d=Diámetro del vástago

4.9. Componentes eléctricos

Para el diseño eléctrico de la máquina se deben tomar en cuenta como principal parámetro los niveles de voltaje con los cuales va a funcionar en la tabla 4.9 se muestra el nivel de voltaje:

Tabla 4.9: Niveles de voltaje

Nivel de voltaje	Propósito
220V AC	Alimentación

4.9.1. Sensores de presencia

Para realizar la selección de los sensores de presencia se ha analizado cada uno para que ejecuten la acción de contar el número de leche correspondiente

- Sensor Fotoeléctrico reflectivo
- Sensor capacitivo
- Sensor inductivo

A continuación, se puede observar las características más representativas obtenidas:

Tabla 4.10 Comparación de sensores

			
	Sensor fotoeléctrico reflectivo	Sensor capacitivo	Sensor inductivo
Voltaje	110 - 230 V AC	110 - 230 V AC	110-230VCA
Distancia	100cm	1.5cm	4cm

Velocidad de respuesta	1ms	2 ms	2ms
Dimensión	5cm 10cm 1 m 10m	30 x 30 x150 mm	40x40x150
Peso	80 g	90 g	100g
Precio	\$25	\$25	20

Anexo: VI

4.9.2. Módulo 1: Selección de alternativas para la selección sensores de presencia

Para decidir entre diversas alternativas se va a utilizar el método original corregido de criterios ponderados que, sin necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y sin tener que estimar numéricamente el peso de cada criterio, permite obtener resultados globales suficientemente significativos. Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

- 1 Si el criterio de las filas es superior (o mejor, $>$) que el de las columnas.
- 0.5 Si el criterio de las filas es equivalente ($=$) al de las columnas.
- 0 Si el criterio de las filas es inferior (o peor, $<$) que el de las columnas.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad (para evitar una valoración nula); después en otra columna se calculan los valores ponderados para cada criterio.

Por último, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio.

Los criterios que se consideran más importantes en el módulo 2 son:

- **Rapidez de respuesta:** al realizar el sensado de las fundas de leche
- **Precisión:** Para el conteo de fundas de leche
- **Costo:** El costo del producto sea el menor, ya que, es un requerimiento en las especificaciones.
- **Tamaño:** Que pueda ser del menor tamaño posible, para reducir el espacio de trabajo en la banda transportadora.

Tabla 4.11 Matriz de decisión por el método de criterios ponderados para el Módulo 2

Criterio	Rapidez de R	Precisión	Costo	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Rapidez de R		1	1	1	4	0.305
Precisión	1		1	1	4	0.305
Costo	0.5	0.5		0.5	2.5	0.195
Tamaño	0.5	0.5	0.5		2.5	0.195
				SUMA	13	1

En el anexo V, se evalúa cada criterio con sus alternativas.

4.10. Controlador lógico programable

Con el fin de seleccionar correctamente el PLC se ha analizado dos controladores que cumplen con las características necesarias para la ejecución de la propuesta tecnológica

- Alternativa 1 PLC logo 230
- Alternativa 2 PLC S7 1200

A continuación, se puede observar las características más representativas obtenidas:

Tabla 4.12: Controladores lógicos programables

		
	Logo 230rc	S7 1200
Canales de E/S digitales	Digitales 8 entradas 4 salidas a relé	Digitales 8 entradas, 6 salidas a relé Analógicas 2 entradas 2 salidas
Voltaje	115 - 230 V AC	120 - 230 V AC
Compatibilidad con módulos y sensores	SI	Si
Memoria	1 Mb interna SDcard (opcional)	2MbSIMATIC Memory Card (opcional)
Programación	Software Logo 8 KOP (esquema de contactos) FUP (diagrama de funciones) UDF (diagrama UDF)	Software de programación STEP 7 KOP (esquema de contactos) FUP (diagrama de funciones) SCL(Estructura control Lenguaje)

Dimensión	72x90x55 mm	90 x 100 x 75 mm
Peso	190 g	435 g
Precio	\$175	\$500

Anexo: IV

4.10.1. Módulo 2: Selección de alternativas para la selección del Controlador lógico programable

- **Precisión:** Se refiere a las instrucciones que va a ejecutar en el sistema de automatización.
- **Funcionalidad:** Que el PLC funcione correctamente, y sea rápido.
- **Costo:** El costo del producto sea el menor, ya que es un requerimiento en las especificaciones.
- **Tamaño:** Que pueda ser del menor tamaño posible, para reducir el espacio en el tablero de control.

Tabla 4.13 Matriz de decisión por el método de criterios ponderados para el Módulo 1

Criterio	Precisión	Funcionalidad	Costo	Tamaño	$\Sigma+1$	Ponderación
Precisión		1	1	1	4	0.32
Funcionalidad	1		1	0	3	0.24
Costo	0.5	0.5		1	3	0.24
Tamaño	0.5	0.5	0.5		2.5	0.2
				SUMA	12.5	1

En el anexo VII, se evalúa cada criterio con sus alternativas:

4.11. Componentes eléctricos

4.11.1. Calibre del conductor

Para seleccionar el calibre del conductor se selecciona en base a la intensidad total de consumo como se muestra en la tabla 4.14, la carga que consume el sistema de automatización es la siguiente:

Tabla 4.14. Componentes eléctricos

N	Componentes	Watts c/u	Watts
6	Luz piloto	22 W	132W
2	Electroválvulas	17 W	34W
		Consumo total	166W

Voltaje: 220 AC

Factor de potencia: 0.85

El cálculo de la corriente nominal de los componentes eléctricos se aplica la siguiente ecuación.

(4.17)

$$I_N = \frac{166 W}{220 V * 0.85}$$

El valor nominal de la intensidad se debe multiplicar por 1.2 como medio de factor de seguridad.

(4.18)

$$I_N = 0.88A * 1.2 = 1.06 A$$

El conductor para esta corriente es el cable 21 AWG, debido a condiciones de robustez se selecciona el cable 18AWG como se muestra en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Calibre del conductor AWG

Calibre del cable	Amperaje soportado	Temperatura
<u>18 AWG</u>	<u>10 A</u>	<u>60 °C</u>
16 AWG	13 A	60 °C
14 AWG	18 A	60 °C

Fuente: [21]

4.11.2. Relé

Es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes como se muestra en la figura 4.10, un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, El relé permite unir la parte de control y la parte de fuerza para la activación de las electroválvulas [22]

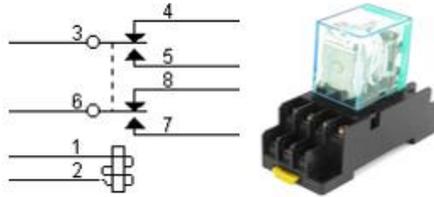


Figura 4.10. Relé. Fuente: [22].

4.11.3. Final de Carrera

Como se muestra en la figura 4.11 estos interruptores detectan la posición de un elemento móvil mediante accionamiento mecánico. Cuando el elemento móvil realice el contacto con el botón de accionamiento activa a uno de sus contactos los cuales son normalmente abiertos (NA) o cerrados (NC) generando señales eléctricas de salida. [23]



Figura 4.11. Final de carrera. Fuente: [23].

Tabla 4.16 : Datos técnicos del final de carrera

Descripción	Detalle
Marca	Camsco
Voltaje de operación [V]	24v. 250v
Contacto	NC/NA

4.11.4. Selector de dos posiciones

Los selectores de posición son elementos que sirven para controlar el paso de la corriente mediante un control ON-OFF de manera manual (figura 4.12), el selector uno permite accionar el sistema de control de las electroválvulas hacia los cilindros neumáticos para la cuantificación, el selector dos realiza la desconexión del sistema de control. [24]

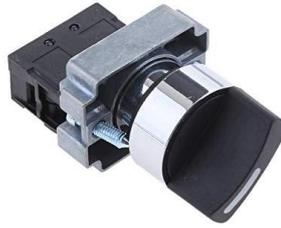


Figura 4.12.Selector dos posiciones. **Fuente:** [24].

Tabla 4.17 : Características del selector de dos posiciones

Descripción	Detalle
Marca	Camsco
Voltaje de operación [V]	220
Contacto	NC/NA

4.11.5. Lámpara piloto

La lámpara piloto son elemento de señalización que indican activación o desactivación de un sistema, la selección de la lámpara piloto se hace en base al código de colores de luces, la lámpara piloto seleccionada es de color rojo (figura 4.13). [25]



Figura 4.13.Lámpara piloto. **Fuente:** [25]

Tabla 4.18: Características de la lámpara piloto

Descripción	Detalle
Marca	Camsco
Color	Rojo

Voltaje de operación [V]	220
--------------------------	-----

4.11.6. Paro de emergencia

Los botones de parada de emergencia son componentes importantes de seguridad de todo circuito eléctrico, el paro de emergencia es de color rojo o amarillo y tiene que estar disponible en todo momento ubicado en algún lugar visible (figura 4.14). [26]

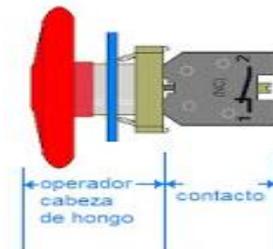


Figura 4.14.Paro de emergencia. **Fuente:** [26].

Tabla 4.19: Características del paro de emergencia

Descripción	Detalle
Marca	Camsco
Color	Rojo
Voltaje de operación [V]	220
Tamaño [mm]	40
Contacto	NC/NA

4.11.7. Tablero de control

Un tablero eléctrico es una caja que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarmas y señalización con sus cubiertas y soportes correspondientes, además de las conexiones de los elementos eléctricos debe cumplir criterio de diseño y normativas que permitan un funcionamiento correcto una vez que sean energizados, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones donde está ubicado.

Para esta aplicación en la parte interna del tablero se encuentran instalados dos relés térmicos protección, un PLC logo 230Rc que por medio de relés interfaces permite controlar las electroválvulas para su activación, cuatro relés, en la parte externa están constituidos de dos selectores de dos posiciones, un paro de emergencia y un PLC LOGO 230 que permite controlar los tiempos para el envasado de yogurt (ver figura 4.15).



Figura 4.15.Tablero de control

4.12.Elementos Adicionales del sistema neumático

4.12.1. Unidad de mantenimiento



Figura 4.16.Unidad de mantenimiento. **Fuente:** [27].

Los componentes de una unidad de mantenimiento son el filtro, el regulador y el lubricador, se conectan por medio de racores alas electroválvulas que activarán los cilindros neumáticos para el sistema de automatización.

Filtro de aire: Tiene la función de extraer del aire comprimido todas las impurezas (Partículas de metal, suciedad, etc.) y el agua condensada. Las maquinas actuales que funcionan con aire requieren de un aire de excelente calidad, de lo contrario las impurezas presentes podrían causar daños a las partes internas, consecuencia de esto, cada vez cobra más importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido.

Regulador de presión: Su principal función es la de mantener la presión de trabajo en un valor adecuado para el componente que lo requiere y además dicho valor debe ser

constante, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red y del consumo de aire. La presión de trabajo es ajustable por medio de un tornillo.

Lubricador de aire: Este componente tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en un grado adecuado, con el objetivo de prevenir el desgaste prematuro de las piezas móviles, reducir el rozamiento y proteger los elementos contra la corrosión. Regular y controlan la mezcla de aire-aceite en el fluido. [27]

4.12.2. Racor Neumático

Es un componente utilizado en los sistemas neumáticos para realizar la interconexión de sus elementos, tales como: cilindros, válvulas, unidades de mantenimiento, entre otros. Estos se pueden encontrar en diferentes formas para facilitar la conexión de los mismos. Así mismo, en diferentes tamaños y diámetros de manguera para suministrar el flujo o caudal necesario que requiera su sistema como se muestra en la figura 4.17. [28]



Figura 4.17.Racor Neumático. **Fuente:** [28].

4.12.3. Manguera neumática

Es el medio por el cual el aire comprimido fluirá en un sistema neumático para alimentar los diferentes elementos. Está en conjunto con algún tipo de conector rápido o conexión neumática tienen el objetivo de conectar los diferentes componentes neumáticos como se muestra en la figura 4.18, esta se puede encontrar en diferentes diámetros y en diferentes materiales. [29]



Figura 4.18.Manguera neumática. **Fuente:** [29].

4.12.4. Válvula de control de caudal

Se utiliza para regular la velocidad de los pistones de los cilindros neumáticos. Consisten en una restricción regulable y una válvula anti-retorno (retención), que solo deja pasar el flujo de aire en un solo sentido mientras que, en el sentido contrario, el aire fluye con una mínima pérdida de presión como se muestra en la figura 4.19, la obturación se obtiene mediante un cono, una bola, un disco o una membrana y el cierre puede ser contrapresión [30]

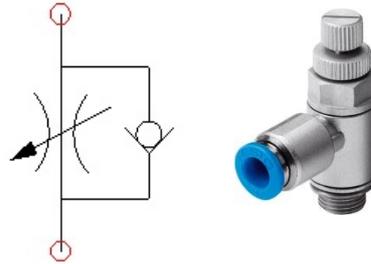


Figura 4.19.Válvula de control de caudal. **Fuente:** [30].

4.12.5. Silenciador de escape

En la figura 4.20 se muestra el escape que es utilizado básicamente en los orificios de escape de las válvulas distribuidoras para reducir el ruido de escape de aire y evitar la entrada de aire y evitar la entrada de aceite, polvo o suciedad. [31]



Figura 4.20.Silenciador de escape. **Fuente:** [31].

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Resultados de los componentes del sistema de automatización

El presente capítulo se reflejará los resultados de los métodos de comparación y selección de los componentes que satisfagan las necesidades del sistema de automatización, además se conocerá el funcionamiento del sistema de clasificación y cuantificación de fundas de leche.

5.1.1. Estructura del cilindro neumático

El soporte en el cual tiene como carga el cilindro neumático el valor máximo de Von Moises obtenido es de 9.8Mpa, cuyo valor es inferior al valor de fluencia del acero inoxidable 304 el cual es 245MPa.



Figura 5.1. Estructura cilindro neumático

Tabla 5.1. Resultados de cálculos de la estructura

Ecuación	Parámetros calculados	Resultados
Ec 4.1	Peso	20.73 N
Ec 4.2	Factor seguridad	12.7

5.1.2. Soporte

El soporte en el cual tiene como carga el cilindro neumático el valor máximo de Von Moises obtenido es 10,52 MPa, valor es totalmente satisfactorio ya que se es inferior al valor de resistencia de fluencia del Acero inoxidable AISI 304 el cual es 245 MPa

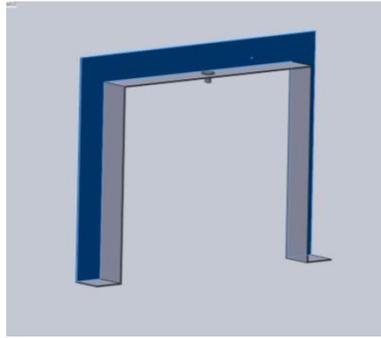


Figura 5.2. Soporte

Tabla 5.2. Resultado de los cálculos de los soportes

Ecuación	Parámetros calculados	Resultados
Ec 4.3	Peso	2.35 N
Ec 4.4	Factor seguridad	16.4

5.2. Selección de Actuadores

En la tabla 4.11 se realizó una comparación entre los actuadores de simple y doble efecto, el cilindro neumático que se selecciono es el de doble efecto porque su distancia de recorrido es superior a 10mm.



Figura 5.3. Cilindro neumático. **Fuente:** [32]

Tabla 5.3: cálculos del cilindro

Nº de ecuación	Parámetros calculados	Resultados	Unidades
Ec 4.8	Diámetro	0.32	mm.
Ec 4.11	$F_{Teórica}$	482.57	N.
Ec 4.12	F_{real}	530.8	N.
Ec 4.13	Fuerza efectiva de avance	45.84	Kpa.
Ec 4.14	La fuerza en retroceso	32.13	Kpa.
Ec 4.15	Consumo de aire	65.02	L/h.

De acuerdo a los datos obtenidos seleccionamos en el catálogo de Chelic como se muestra en el anexo VII se selecciona el cilindro doble efecto, comercial y se encuentre en el mercado para el requerimiento del diseño.

El cilindro de marca Chelic a seleccionar es el DN 32-175

Diámetro del embolo 32mm

Diámetro del vástago 16mm

Longitud de carrera 175mm

5.3. Selección de la Válvula

Las electroválvulas controlan el paso de aire comprimido por la tubería hacia el cilindro neumático para su accionamiento. Se optó por seleccionar la válvula 5vías y 2 posiciones (5/2) accionado por un controlador lógico programable que accionara la bobina solenoide para su cierre o apertura.



Figura 5.4. Electroválvula. **Fuente:** [32]

5.4. Selección de sensores

En el anexo VI se muestra las matrices de decisión de los criterios más importantes en el módulo 2 para la selección del sensor que mejor se ajuste a la automatización



Figura 5.5. Sensor Fotoeléctrico. **Fuente:** [33].

Tabla 5.4: Evaluación de resultados del Módulo 2

Criterio	Rapidez	Precisión	Costo	Tamaño	Suma
Alternativa 1	0.13	0.122	0.04	0.07	0.812
Alternativa 2	0.10	0.100	0.04	0.05	0.31
Alternativa 3	0.06	0.08	0.0	0.07	0.31

La alternativa 1 tiene la mayor ponderación es el sensor fotoeléctrico debido a sus características que son un alcance hasta 1 m, además al ser interrumpido la señal de luz es más rápido su accionamiento.

5.5. Selección del Plc

Para la selección de un controlador lógico programable se realizó tablas comparativas para elegir la opción que se ajuste a las necesidades de la automatización.

En el anexo IV se muestra las matrices de decisión de los criterios más importantes en el módulo 1.

Tabla 5.5: Evaluación de resultados del Módulo 1

Criterio	Precisión	Funcionalidad	Costo	Tamaño	Suma	Ponderación
Alternativa 1	0.16	0.12	0.15	0.11	0.55	55%
Alternativa 2	0.16	0.12	0.08	0.08	0.45	45%

La alternativa 1 tiene la mayor ponderación debido a que el dispositivo PLC logo 230Rc posee 8 entradas y 4 salidas a relé el voltaje de trabajo es de 110 a 220v y no necesita una fuente externa de alimentación.



Figura 5.6. Logo 230. Fuente: [34].

5.6. Información de campo

Para la implementación del sistema de clasificación y cuantificación de fundas de leche se necesita conocer varios datos que se recopilaron mediante la investigación de campo, para lo

cual la industria láctea donde se implementará el proyecto está ubicada en la Provincia de Cotopaxi en el cantón Salcedo (ver figura 5.1), este sector se encuentra a una altura máxima de 2.628 msnm con una temperatura promedio de 16 °C según fuentes geográficas.



Figura 5.7.Ubicación. **Fuente:** Autores

5.7. Funcionamiento de la envasadora:

En la fábrica INLADEC posee una máquina aséptica adías G7 Uht para bolsa flexible (polietileno) a alta velocidad que realiza el envasado de leche, los cabezales de operación del envasado están clasificado, el primer realiza el envasado de ½ L y el segundo cabezal realiza el envasado de 1L. La máquina envasa alrededor de 15000 fundas de 1 y 1/2 litro al día y el tiempo que se demora al caer en la banda transportadora es de 1.57s.



Figura 5.8.Envasadora

5.8. Banda transportadora

En el anexo XI se muestra el ensamble total con los soportes acoplados a la banda transportadora el cual permite realizar la clasificación y cuantificación de fundas de leche de 1L y ½ litro.

5.9. Elaboración del sistema de automatización

En el anexo VIII se muestra los laterales de la banda transportadora donde se realizó los cortes y la ubicación de los soportes donde serán ubicados los cilindros neumáticos los cuales serán activados por un sensor que enviara la señal a un contador para activarlos.

5.9.1. Soportes de los cilindros neumáticos

En el anexo IX se muestra la estructura para los cilindros neumáticos y los materiales que se utilizaron para su fabricación, la función que desempeña es soportar la fuerza del cilindro al momento de su accionamiento cada vez que realice el conteo de las fundas de leche.

5.9.2. Colocación de la Paleta

En el anexo X se muestra la paleta de acero inoxidable que se acoplo en el cilindro, el cual se activará cada vez que el sensor cuente el número 50 fundas de leche de 1 L y 100 fundas de leche de ½ L.

5.9.3. Soportes para la clasificación de fundas de leche

En el anexo XI se muestra dos soportes que sujetan a un perfil de acero inoxidable que está ubicada al inicio de la banda transportadora, cada vez que caen las fundas de leche chocan con el perfil divisor este posicionara a las fundas en la banda transportadora clasificándolas por presentaciones de 1L y ½ L.

5.10. Clasificación de fundas de 1litro de leche

En el anexo XII se puede observar la ubicación de los soportes para dividir las fundas de 1L que caen en la banda transportadora, mismos que chocan con el perfil de acero inoxidable que está doblado a 60 grados y la posiciona en la sección B

5.10.1. Clasificación de fundas de ½ litro de leche

En el anexo XII se puede observar la ubicación de los soportes para dividir las fundas de ½ L que caen y chocan en el perfil de acero inoxidable, posicionando a las fundas en la sección A.

5.10.2. Soportes para la cuantificación de fundas de leche

En la figura 5.13 se muestra un perfil de acero inoxidable ubicado al final de la banda transportadora que divide en dos secciones la banda transportadora para separar las fundas de 1 y ½ litro. Para realizar la cuantificación de las fundas de leche se ubicará un sensor fotoeléctrico en las secciones A y B en el anexo XIII se detalla el funcionamiento.



Figura 5.9. Perfil divisor

5.10.3. Indicadores al culminar el proceso de cuantificación

EN el anexo IX se muestra implementación de luces piloto en las cuatro salidas de la banda transportadora estas se activan al culminar el conteo de 50 fundas de leche de 1 y ½ litro indicando de esta manera al operador que finalizo el conteo en una salida dando paso a un nuevo conteo en otras salidas

5.11. Análisis del funcionamiento

Banda Transportadora

La banda transportadora existente en la empresa láctea INLADEC es tipo modular con la estructura de acero inoxidable, debido a que este tipo de material presenta un elevado rango ante la corrosión y además facilidad en la limpieza, la potencia del motorreductor que mueve a la banda transportadora es de 2hp a 220v, debido al trabajo continuo de la envasadora adías G7 UHT, la velocidad de la banda es de 0.5m/s

Sensor de barrera

El sensor utilizado para realizar el conteo de las fundas de leche es un sensor fotoeléctrico con salida a relé, posee contactos abiertos y cerrados y su alimentación es desde los 25-250V Ac, La detección fotoeléctrica utiliza rayos para detectar la presencia de cualquier objeto, este posee un espejo que se debe ubicar perpendicularmente hacia el sensor para que al ser interrumpida por las 50 unidades para las fundas de 1 L y 100 unidades para las fundas de ½ L envíe la señal hacia el contador.

Final de carrera

Es un interruptor de posición que posee contactos abiertos y cerrados. Los finales de carrera son utilizados para activar los cilindros neumáticos para que estos realicen la secuencia A+ A-

Cilindros neumáticos

Los cilindros neumáticos que se utilizaron en este proyecto son dos cilindros de doble efecto, su función es la siguiente: ingresar la señal de los sensores fotoeléctricos a un contador de un PLC que activará las electroválvulas y estas permitirán el paso de aire para activar a los cilindros neumáticos.

Electroválvulas

Las electroválvulas que accionan a los cilindros neumáticos son cinco vías dos posiciones 5/2 que permite el paso del aire cada vez que el contador finalice el conteo de un lote de fundas de leche.

PLC

El controlador lógico programable que se utilizó es el logo 230RCE que posee 8 entradas, las cuales se utilizaron para realizar la parte de control, como son las conexiones de finales de carrera y la conexión de los sensores fotoeléctricos, también posee 4 salidas a relé que están conectadas a las electroválvulas.

Relé

Es un dispositivo eléctrico que funciona como interruptor que posee contactos abiertos y cerrados y este se activa cuando se excite la bobina, una vez que el PLC mande una señal de salida a la bobina del relé esta permitirá accionar los contactos del relé NA conectados a las bobinas de las electroválvulas para su accionamiento.

Luz piloto

La luz piloto es un dispositivo que nos sirve como un indicador visual para el operario al finalizar el conteo de las fundas de leche de 50L y 100 ½.

Perfil para la clasificación

Para realizar la clasificación de los productos de 1 y ½ L, se ubicó un perfil que divide a la banda transportadora en la mitad como se muestra en el anexo XII.

Cuantificación de las fundas de leche

En el sistema de automatización se tomó en cuenta la distancia de separación entre las fundas de leche para el funcionamiento del sensado que activará al cilindro neumático para que las fundas de leche salgan por la parte frontal o por la parte lateral

Leche enfundada de 1/2L

La distancia de separación entre las fundas de ½ L es de 20cm, una vez que el sensor cuente 100 fundas de leche se activará el cilindro donde se encuentra acoplado una paleta de acero inoxidable, la función que realiza es la de una compuerta automática que cambia el sentido de salida de las fundas de leche por la parte frontal y lateral de la banda.

Leche enfundada de 1L

La distancia de separación entre las fundas de 1 L es de 30cm, una vez que el sensor cuente 50 fundas de leche se activará el cilindro donde se encuentra acoplado una paleta de acero inoxidable, la función que realiza es la de una compuerta automática cambiando el sentido de salida de las fundas de leche por la parte frontal y lateral de la banda.

Programación

Para realizar la programación en el logo se utilizó el esquema de contactos, una vez que el sensor envíe las señales a los contadores estos se activaran y chocarán con el final de carrera empezará a contar las fundas de leche como se muestra en la figura 5.10.

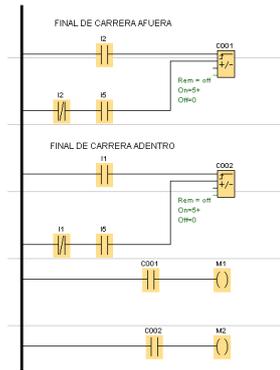


Figura 5.10. Contadores

También se añadió un temporizador con retardo a la conexión para que después de 1s se active a las electroválvulas y estas activarán a los cilindros neumáticos como se muestra en la figura 5.11.

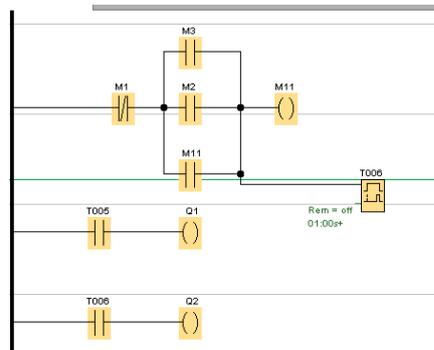


Figura 5.11. Temporizador

5.12. Análisis de resultados de eficiencia del proceso automatizado

El proceso de clasificación y cuantificación de leche en presentaciones de 1 y ½ litro se realizaba de forma manual ocasionando varios errores e inconvenientes, por varias razones entre las que podemos citar: cansancio, distracción, movimientos repetitivos, fatiga, etc.; debido a esto las personas que realizaban esta actividad colocaban en el lote exceso de unidades y también lotes incompletos (cuando los trabajadores notaban que existía exceso de producto volvía a contabilizar produciendo tiempos de reproceso de tres horas a la semana); además molestias a los consumidores y reclamos de los distribuidores, afectando principalmente la credibilidad de la empresa que esta se veía obligada a realizar reposiciones del producto lo que ocasionaba pérdidas económicas del 4%.

Por las razones antes expuestas; fue indispensable realizar la automatización en la clasificación y cuantificación de leche en presentaciones de 1 y ½ litro, para el clasificado de las fundas se

utilizó un perfil sujetado por dos soportes que dividen a la banda en dos secciones como se muestra en el anexo VII.

Para el conteo de las fundas se utilizó un sensor fotoeléctrico reflectivo que censará cuando sea interrumpida la señal por las fundas de leche, las señales se envían al PLC para contabilizar 50 y 100 fundas de leches mediante un contador, el cual mandará señales de activación a las electroválvulas y éstas accionarán los cilindros neumáticos mediante un final de carrera que podrá iniciar los ciclos A+ A- para realizar lotes de 50 y 100 unidades, también se activará una luz piloto que indicará al operario que el proceso terminó.

La producción que se realiza en la empresa diariamente va desde los 25000 a 30000 litros de leche, bajo este sentido, debido a los reclamos por parte de los distribuidores hacia la empresa, se determinó que la tasa de errores en el proceso de cuantificación y clasificación realizada de forma manual es de un 4% (1% en la clasificación y el 3% por las cantidades inexactas) que produce una pérdida de 1200 litros de leche.

Una vez automatizado el proceso y tomando muestras de la clasificación y cuantificación de las fundas de leche se determinó que se eliminó el rango de error del 4%, se realizó 40 tomas de datos (en la mañana y en la noche) con el proceso automatizado en los cuales se verificó que no existían cantidades erróneas de fundas de leche.

Se realizó un análisis comparativo entre los métodos de clasificación y cuantificación de forma manual y automática realizando un recuento de los lotes de producción al día como para conocer los errores al contar y clasificar las fundas de 1 y ½ litro de leche.

Tabla 5.6: Recuento de fundas de leche de 1litro

Manual					
Fechas	Producción de litros al día	Lotes de un Litro	Numero de lotes recontados	Errores de clasificación	Errores de cuantificación
02/12/2019	30000	300	20	0	3
03/12/2019	25000	250	20	1	0
04/12/2019	26000	260	20	1	1
05/12/2019	28000	280	20	0	2
06/12/2019	30000	300	20	1	1
09/12/2019	28000	280	20	0	2
10/12/2019	26000	260	20	1	0
11/12/2019	30000	300	20	0	1
12/12/2019	30000	300	20	1	2
13/12/2019	25000	250	20	0	0

15/12/2019	28000	280	20	0	2
17/12/2019	27000	225	20	0	3
18/12/2019	30000	300	20	1	1
19/12/2019	28000	280	20	0	2
20/12/2019	26000	260	20	1	0
21/12/2019	30000	300	20	0	1
24/12/2019	29000	290.	20	0	2
26/12/2019	26000	260	20	0	0
27/12/2019	30000	300	20	1	1
28/12/2019	30000	300	20	1	1

Tabla 5.7: Recuento de fundas de leche de 1/2 litro

Manual					
Fechas	Producción de litros al día	Lotés de ½ Litro	Numero de lotés recontados	Errores de clasificación	Errores de cuantificación
02/12/2019	30000	300	20	1	2
03/12/2019	25000	250	20	0	1
04/12/2019	26000	260	20	1	3
05/12/2019	28000	280	20	0	3
06/12/2019	30000	300	20	1	2
09/12/2019	28000	280	20	1	1
10/12/2019	26000	260	20	0	0
11/12/2019	30000	300	20	0	3
12/12/2019	30000	300	20	0	2
13/12/2019	25000	250	20	0	1
15/12/2019	28000	280	20	0	2
17/12/2019	27000	225	20	0	0
18/12/2019	30000	300	20	1	1
19/12/2019	28000	280	20	0	2
20/12/2019	26000	260	20	1	1
21/12/2019	30000	300	20	1	0
24/12/2019	29000	290	20	0	2
26/12/2019	26000	260	20	0	2
27/12/2019	30000	300	20	2	3
28/12/2019	30000	300	20	1	2

El recuento se realizó para determinar si existen errores al momento de realizar cada lote de leche en la empresa INLADEC, se volvió a contabilizar 20 lotes de leche de 1 y ½ litro, por la gran producción que realizan en la empresa, se determinó que continúa existiendo tiempos de reproceso en la cuantificación y un porcentaje de error del 1% en la clasificación y un 3% en la cuantificación en cada lote.

Una vez instalado el sistema de automatización se realizó el recuento de los lotes de leche en la mañana y en la noche como se muestra en las tablas 8 y 9

Tabla 5.8: Recuento de fundas de leche de 1litro

Automatizado					
Fechas	Producción de litros al día	Lotes de un Litro	Número de lotes recontados	Errores de clasificación n	Errores de cuantificación n
2/01/2019	30000	300	20	3	3
3/01/2019	25000	250	20	2	2
6/01/2019	26000	260	20	1	1
7/01/2019	28000	280	20	3	3
8/01/2019	30000	300	20	1	1
9/01/2019	28000	280	20	1	2
13/01/2019	26000	260	20	1	0
14/01/2019	30000	300	20	1	0
15/01/2019	30000	300	20	1	2
16/01/2019	25000	250	20	0	1
17/01/2019	28000	280	20	0	2
20/01/2019	27000	225	20	1	1
21/01/2019	30000	300	20	0	0
22/01/2019	28000	280	20	0	0
23/01/2019	26000	260	20	0	0
24/01/2019	30000	300	20	0	0
27/01/2019	29000	290	20	0	0
28/01/2019	26000	260	20	0	0
29/01/2019	30000	300	20	0	0
30/01/2019	30000	300	20	0	0

Tabla 5.9: Recuento de las fundas de 1/2 litro de leche

Automatizado					
Fechas	Producción de litros al día	Lotes de un Litro	Numero de lotes recontados	Errores de clasificación	Errores de cuantificación
2/01/2019	30000	300	20	1	1
3/01/2019	25000	250	20	0	2
6/01/2019	26000	260	20	1	1
7/01/2019	28000	280	20	0	2
8/01/2019	30000	300	20	0	1
9/01/2019	28000	280	20	1	0
13/01/2019	26000	260	20	0	0
14/01/2019	30000	300	20	1	0
15/01/2019	30000	300	20	1	2

16/01/2019	25000	250	20	0	1
17/01/2019	28000	280	20	0	1
20/01/2019	27000	225	20	1	1
21/01/2019	30000	300	20	0	0
22/01/2019	28000	280	20	0	0
23/01/2019	26000	260	20	0	0
24/01/2019	30000	300	20	0	0
27/01/2019	29000	290	20	0	0
28/01/2019	26000	260	20	0	0
29/01/2019	30000	300	20	0	0
30/01/2019	30000	300	20	0	0

El recuento se realizó para determinar si existen errores con el proceso de automatización para en cada lote de leche en la empresa INLADEC, se volvió a contabilizar 20 lotes de leche de 1 y ½ litro, por la gran producción que realizan en la empresa, se determinó que se eliminó los tiempos de reproceso en la cuantificación de las fundas de leche, también fue disminuyendo el porcentaje de error del 1% en la clasificación y un 3% en la cuantificación en cada lote hasta ser eliminado.

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

En la implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de fundas de leche se considera varios aspectos como, la construcción, gastos en mantenimiento, egresos o ahorros económicos por la producción de leche

6.1. Presupuesto

A continuación, se realiza una estimación de costos y el presupuesto necesario para llevar a cabo el desarrollo inicial para la implementación de un sistema de automatización del proceso de clasificación y cuantificación de fundas de leche para la empresa de INLADEC, en el anexo XIX se puede observar detalle del costo de cada actividad hasta ahora desarrollada.

Tabla 6.1. Presupuesto

INVERSIÓN TOTAL	
Costos directos	1071,5
Costos indirectos	295
Mano de obra	945,00
Imprevistos	100
TOTAL	2411,5

6.2. Análisis de Impactos

El proyecto tendrá dos tipos de impactos principales.

- Económico
- Práctico

Impacto económico

En la implementación del sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de fundas de leche se considera varios aspectos como, la construcción, costos por mantención, gastos en mantenimiento, y el análisis de costo y beneficio. Para conocer el impacto económico se aplica los métodos de cálculo de VAN y TIR que se presentan en la tabla 6.1. Para esto se proyectó un tiempo de 5 años con una tasa de inflación del 2% para los flujos de caja y un interés del 10% para el cálculo del VAN.

Tabla 6.2 Presupuesto de la implementación

Flujo de caja				
Periodos	Inversión inicial	Ingresos	Egresos	Flujo Neto
0	2411,5			-2411,5
1		3686,4	1400	2286,4
2		3760,128	1428	2332,128
3		3835,33056	1456,56	2378,77056
4		3912,037171	1485,6912	2426,34597
5		3990,277915	1515,405024	2474,87289
Proyección Incremento	2%			
Tasa	10%			
VAN	\$5.977,78			
TIR	93%			

6.3. Impacto Práctico

Anteriormente para realizar las tareas de clasificar y contar fundas de leche se efectuaba con 4 trabajadores que se dedicaban a empaquetar lotes de 50 fundas de leche en presentación de 1L

y lotes de 100 fundas en presentación de ½ L, al ser tareas repetitivas, erraban un 3% en el conteo de leche y 1% al momento de clasificar las fundas de leche, la tasa de error se elimina con la implantación de este proyecto.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la investigación teórica se determinó que el PLC logo, sensor fotoeléctrico reflectivo y los actuadores neumáticos implantados, son los ideales para realizar el proceso de automatización obteniendo resultados satisfactorios en el momento de la clasificación y cuantificación de fundas de leche ajustándose a las necesidades de la empresa.
- Con la implementación de los separadores como se muestra en el anexo XII se logró posicionar adecuadamente en la banda transportadora las fundas de 1 y ½ litro de leche clasificándolas por presentación con el fin de evitar que se mezclen al momento de realizar el conteo.
- Como resultado para la selección del sensor fotoeléctrico que permitió el conteo de las fundas de leche en presentaciones de 1 y ½ litro, la velocidad de respuesta al momento de ser interrumpida por las fundas que es de 1ms y la distancia máxima del sensado que es de 10m como se muestra en la tabla 4.12 esta señal es enviada a sus respectivos contadores previamente programados en el PLC.
- La presión del aire comprimido generada por el compresor indicados en la tabla 4.7 nos dio como resultado una fuerza de avance de 45.84 Kpa y una fuerza de retroceso de 53.13 Kpa permitiendo una reacción óptima para el accionamiento de cilindros neumáticos.
- Mediante la evaluación de los resultados se pudo comprobar que la tasa de errores por la clasificación de 1% y de cuantificación de 3% se reduce a 0% al utilizar un sistema que facilite a clasificar y contar las fundas de leche en cada una de las presentaciones además de la eliminación de las 3 horas de reproceso en el empaqueo de los lotes.

Recomendaciones

- Se recomienda a la empresa INLADEC ampliar la infraestructura donde se encuentra ubicada la banda transportadora debido al espacio reducido limita realizar futuros cambios al momento del clasificado.
- Finalmente se debe conectar correctamente las mangueras a los racores para evitar posibles fugas de aire que reduzcan la fuerza del cilindro al momento de su accionamiento.
- Es necesario regular la presión de aire en 6 bars para trabajar correctamente con los cilindros neumáticos, y de tal manera la fuerza de la presión ara que el actuador se accione de una manera más eficiente.
- Se debe colocar correctamente el sensor fotoeléctrico con el réflex para realizar el sensado de las fundas de leche.
- Es necesario verificar el nivel de aceite en la unidad de mantenimiento para lubricar los cilindros neumáticos de tal manera de prolongar su vida útil.

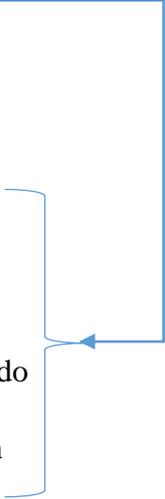
8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. W. Jeres Díaz , «MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE TOMATES DE ÁRBOL,» Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas , 2017.
- [2] H. J. Casignia Vásconez, «MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE TOMATES DE ÁRBOL», Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electronica, 2011.
- [3] D. V. Paredes Bravo y A. E. Pilco Ati, «MÁQUINA PARA CLASIFICAR Y CONTABILIZAR LA PRODUCCIÓN DE TOMATES DE ÁRBOL», Universidad de las Furzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Ingeniería y Mecánica, 2015.
- [4] CACEL, «Automatización y control,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/automatizacionycontrol4/automatizacion>.
- [5] U. d. P. Vasco, «Automatización,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/968>.
- [6] Sapiensman , «Conceptos del Control Automático Industrial,» [En línea]. Available: http://www.sapiensman.com/control_automatico/.
- [7] Ingeniería Mecafenix, «Sistema de control -lazo abierto y cerrado,» [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sistema-de-control/>.

- [8] J. G. Delgado Castaño, «Moviendo el negocio: con las bandas transportadoras,» *Logística*, 6 agosto 2018. [En línea]. Available: <https://revistadelogistica.com/informes-especiales/moviendo-el-negocio-con-las-bandas-transportadoras/>. [Último acceso: 7 noviembre 2019].
- [9] MIPSAs, «Qué es acero inoxidable,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Sabias-que/Que-es-acero-inoxidable>.
- [10] Asociación Australiana para el desarrollo de Acero Inoxidable, «304,» [En línea]. Available: <https://www.assda.asn.au/technical-info/grade-selection/304-the-place-to-start>.
- [11] L. G. Corona Ramírez , G. S. Abarca Jiménez y J. Mare Carreño, *Sensores y actuadores aplicaciones con arduino, PATRIA*, 2014, pp. 26-27.
- [12] INTOR. manufacturing solutions, «Clasificación de válvulas neumáticas direccionales,» [En línea]. Available: <http://www.intor.com.ar/clasificacion-de-valvulas-neumaticas-direccionales/>.
- [13] BIRT LH, «Tecnología Neumatica,» [En línea]. Available: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/PSAFM/PSAFM02/es_PPFM_PSAFM02_Contenidos/website_21_vlvulas_distribuidoras.html.
- [14] A. Bueno, «Simbología Neumática e Hidráulica,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/al7g>.
- [15] INTOR, «Clasificación de válvulas neumáticas direccionales,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/ki4x>.
- [16] E. Mandado Perez , J. Marcos Acevedo, C. Fernández Silva y J. I. Armesto Quiroga , *AUTÓMATAS PROGRAMABLES Y SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN*, Segunda ed., marcombo, 2009, pp. 429-430.
- [17] F. Rodríguez Díaz y M. Berenguel Soria, *Control y Robótica en agricultura, ALMERÍA*, 2004, pp. 103-104.
- [18] Partesdel.com, «Partes del PLC,» [En línea]. Available: <https://www.partesdel.com/plc.html>.
- [19] Control Real, «Control Lógico Programable PLC,» 2017. [En línea]. Available: <https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/>.
- [20] G. A. Leal, «Clasificaciones Típicas de los PLC según su Estructura Física,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.lymcapacitacion.com/blog/19292/clasificacionplc>.
- [21] ISSUU, Cable Córdon flexible tipo st-c 600v, https://issuu.com/carlogarcia195/docs/cable_viakon_cordo_n_flexible_tipo_.
- [22] Electrónica Fácil, «El rele,» [En línea]. Available: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.html>.

- [23] QuimiNet, «Qué son los interruptores finales de carrera,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/nf7j>.
- [24] coparoman, «Selector eléctrico rotativo,» [En línea]. Available: <https://n9.cl/9ca2>.
- [25] prucommercialre.com, «Qué es una lámpara piloto,» [En línea]. Available: <https://www.prucommercialre.com/que-es-una-lampara-piloto/>.
- [26] coparoman, «Botón de paro de emergencia,» [En línea]. Available: <https://coparoman.blogspot.com/2015/08/boton-de-paro-de-emergencia.html>.
- [27] HIDRAULICA & NEUMATICA S.A, «UNIDADES DE MANTENIMIENTO,» [En línea]. Available: <http://www.hnsa.com.co/unidades-de-mantenimiento-frl/>.
- [28] Rome CO Industrial, «Conexion neumatica - Racor Neumatico - Usos y tipos,» [En línea]. Available: <https://www.romecoindustrial.com/2018/04/24/conexion-neumatica-racor-neumatico/>.
- [29] Rome Co Industrial , «Manguera Neumática - Tubing neumático,» [En línea]. Available: <https://www.romecoindustrial.com/2018/04/25/manguera-neumatica-tubing-neumatico/>.
- [30] A. Creus Solé, Neumática e hidráulica, Marcombo, pp. 80-81.
- [31] A. Creus Solé, Neumática e hidráulica, Marcombo, p. 84.
- [32] Chelic, «Technical support,» [En línea]. Available: <http://www.chelic.com/document/TW/technical/2019Pro-machine.pdf>.
- [33] Viaindustrial.com, «Sensor fotoeléctrico réflex,» [En línea]. Available: <https://www.viaindustrial.com/producto.asp?codigo=222205>.
- [34] Siemens , «Logo,» [En línea]. Available: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/461/16527461/att_82567/v1/Logo_s.pdf.

AneXos

Anexo I	Normas utilizadas en la implementación de la propuesta tecnológica	1-1
<div data-bbox="635 600 1222 936" style="border: 1px solid blue; border-radius: 15px; padding: 10px; text-align: center; margin: 20px auto; width: 80%;"><p>Implementación de un sistema de automatización para la clasificación y cuantificación de leche enfundada en la empresa láctea INLADEC provincia de Cotopaxi cantón salcedo</p></div> <div data-bbox="320 1211 855 1473" style="margin-top: 100px;"><p>NEC 15 Instalaciones eléctricas</p><p>ISO 8573.1 Calidad del aire comprimido</p><p>IEC61131 Lenguajes de programación</p><p>AISI 304 Acero inoxidable</p></div> 		



FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

FICHA TÉCNICA DEL ACERO INOXIDABLE

TABLA DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ACERO INOXIDABLE		SERIE 300		
		Acero al Cromo - Níquel	Acero al Cromo - Níquel - Molibdeno	
DESIGNACIÓN	TIPO AISI	304	316	
	COMPOSICIÓN QUÍMICA	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* Ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* Ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
PROPIEDADES FÍSICAS	PESO ESPECÍFICO A 20C (DENSIDAD) (g/cm ³)	7.9	7.95 - 7.98	
	MÓDULO DE ELASTICIDAD (N/mm ²)	193,000	193,000	
	ESTRUCTURA	AUSTENÍTICO	AUSTENÍTICO	
	CALOR ESPECÍFICO A 20C (J/Kg K)	500	500	
	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA A 20C/100C (W/m K)	15 / 16	15 / 16	
	COEFICIENTE DE DILATACIÓN A 100C (x 10 ⁶ C ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5	
PROPIEDADES ELÉCTRICAS	INTERVALO DE FUSIÓN (C)	13981454	13711398	
	PERMEABILIDAD ELÉCTRICA EN ESTADO SOLUBLE RECOCIDO	AMAGNÉTICO 1.008	AMAGNÉTICO 1.008	
	CAPACIDAD DE RESISTENCIA ELÉCTRICA A 20C (μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74	
PROPIEDADES MECÁNICAS A 20C	DUREZA BRINELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	130150 / 180330	130185 / -	
	DUREZA ROCKWELL RECOCIDO HRB/CON DEFORMACIÓN EN FRÍO	7088 / 1035	7085 / -	
	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN RECOCIDO / DEFORMACIÓN EN FRÍO Rm (N/mm ²)	520 - 720 / 540 - 750	540690 / -	
	ELASTICIDAD RECOCIDO / CON DEFORMACIÓN EN FRÍO Rp (N/mm ²)	210 / 230	205410 / -	
	ELONGACIÓN (A ₅) MIN (%)	≥ 45		
RESILIENCIA KCUL / KVL (J/cm ²)	160 / 180	160 / 180		
PROPIEDADES MECÁNICAS EN CALIENTE	ELASTICIDAD	RP(0.2) A 300C/400C/500C (N/mm ²)	125 / 97 / 93	140 / 125 / 105
		RP(1) A 300C/400C/500C (N/mm ²)	147 / 127 / 107	166 / 147 / 127
	LÍMITE DE FLUENCIA A 500C/600C/700C/800C σ _{1/10} /t (N/mm ²)	68 / 42 / 14.5 / 4.9	82 / 62 / 20 / 6.5	
TRATAMIENT. TÉRMICOS	RECOCIDO COMPLETO RECOCIDO INDUSTRIAL (OC)	ENFR. RÁPIDO 10081120	ENFR. RÁPIDO 10081120	
	TEMPLADO	NO ES POSIBLE	NO ES POSIBLE	
	INTERVALO DE FORJA INICIAL / FINAL (C)	1200 / 925	1200 / 925	
	FORMACIÓN DE CASCARILLA, SERVICIO CONTINUO / SERVICIO INTERMITENTE	925 / 840	925 / 840	
OTRAS PROPIEDADES	SOLDABILIDAD	MUY BUENA	MUY BUENA	
	MAQUINABILIDAD COMPARADO CON UN ACERO BESSEMER PARA a. B1112	45%	45%	
	EMBUTICIÓN	MUY BUENA	BUENA	

* Son aceptables tolerancias de un 1%

Figura II.1. Ficha Técnica del acero inoxidable



DN series - Standard cylinder

Operating specification and Ordering expression

CHELIC PNEUMATIC



Internal structure



DN
Standard
Cylinder

DMB
Standard
Cylinder

DU
Standard
Cylinder

Specification

ISO-6431

Item	Bore size (mm)	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63	Ø80	Ø100	Ø125	Ø160	Ø200
Operation		Double acting								
Fluid		Air								
Mounting type		FA · FB · TC · CA · CB · LB								
Pressure range	Kgf/cm ² (Kpa)	1.5 ~ 9 (150 ~ 900)								
Operating ambient temperature range	°C	0 ~ 60								
Range of service speed	mm/sec	50 ~ 700								
Material		Aluminum alloy								
Cushion		Adjustable available								
Lubrication		Lubrication free								
Port size	Rc	PT 1/8"	PT 1/4"	PT 3/8"		PT 1/2"		PT 3/4"		
Sensing device		With magnet								
Standard stroke	mm	25 · 50 · 75 · 100 · 125 · 150 · 175 · 200 · 250 · 300 · (350 · 400 · 450 · 500)								

DNK
Rod
Locking
Cylinder

DNE
End lock
Cylinder

DCK2
Clamp
Cylinder

How to order

DN × **50** × **200** - **LB** - **Y** - **CS** **50B** - **2**

Model	Bore size	Stroke	Mounting type	Accessory	Sensor switch	Number of Sensor switch
DN Standard type	32 - Ø32 mm 40 - Ø40 mm 50 - Ø50 mm 63 - Ø63 mm 80 - Ø80 mm 100 - Ø100 mm 125 - Ø125 mm 160 - Ø160 mm 200 - Ø200 mm	Ø32 25 ~ 500mm Ø40 25 ~ 500mm Ø50 25 ~ 500mm Ø63 25 ~ 500mm Ø80 25 ~ 500mm Ø100 25 ~ 500mm Ø125 25 ~ 500mm Ø160 25 ~ 500mm Ø200 25 ~ 500mm The biggest stroke : 500mm	FA FB TC CA CB LB	I pin Y pin Y G pin	CS-50B series Sensor switch code : □ : None (without Sensor switch) CS : With Sensor switch Sensor switch code (CS - □ B) CS 32B : Suitable for Ø32, Ø40 CS 50B : Suitable for Ø50, Ø63 CS 80B : Suitable for Ø80, Ø100 CS 125B : Suitable for Ø125 CS 160B : Suitable for Ø160 CS 200B : Suitable for Ø200	1-1 PCS 2-2 PCS
DND Double - Rod type						
DNL Adjustable stroke						

FA : Front flange mounting
FB : Cap flange mounting
TC : Central trunnion
CA : Male clevis
CB : Female clevis
LB : Foot mounting

DCQ
Pin
Clamp
Cylinder

3-4.1

Figura III.1. Catalogo Chelic

Artikelnummer 6ED1052-1FB00-0BA8	
	
LOGO! 230RCE, MOD. LOG., DISPL. AL/E/S: 115V/230V/RELE 8 ED/4 SD, MEM. 400 BLOQUES AMPLIABLE MODULARMENTE, ETHERNET WEB-SERVER INTEGR., DATALOG, TARJETA MICRO SD ESTANDAR PARA LOGO! SOFT COMFORT >= V8 PROYECTOS ANTIGUOS EJECUTABLES	
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
115 V DC	Sí
230 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	100 V
Rango admisible, límite superior (DC)	253 V
115 V AC	Sí
230 V AC	Sí
Hora	
Programadores horario.	
• Cantidad	8
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— Con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección según EN 60529	
• IP20	Sí
Normas, homologaciones, certificados	
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí
Homologaciones navales	
• Homologaciones navales	Sí
Condiciones ambientales	
Temperatura de empleo	
• mín.	0 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Alto	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	13.10.2014

Figura VI.1. Datos Técnicos del logo 230RC

*Sinopsis del producto
1.1 Introducción al PLC S7-1200*

Tabla 1- 1 Comparación de los modelos de CPU

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75		110 x 100 x 75	130 x 100 x 75	150 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	50 KB	75 KB	100 KB	125 KB	150 KB
	Carga	1 MB	2 MB	4 MB		
	Remanente	10 KB				
E/S locales integradas	Digital	6 entradas/ 4 salidas	8 entradas/ 6 salidas	14 entradas/ 10 salidas		
	Analógico	2 entradas			2 entradas/2 salidas	
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes				
	Salidas (Q)	1024 bytes				
Área de marcas (M)		4096 bytes		8192 bytes		
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8		
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1				
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3				
Contadores rápidos	Total	Se han configurado un máximo de 6 para usar cualquier entrada integrada o de SB.				
	1 MHz	-				De Ib.2 a Ib.5
	100/180 kHz	De Ia.0 a Ia.5				
	30/120 kHz	--	De Ia.6 a Ia.7	De Ia.6 a Ib.5		De Ia.6 a Ib.1
200 kHz ³						
Salidas pulsadas ²	Total	Se han configurado un máximo de 4 para usar cualquier salida integrada o de SB				
	1 MHz	--				De Qa.0 a Qa.3
	100 kHz	De Qa.0 a Qa.3				De Qa.4 a Qb.1
	20 kHz	--	De Qa.4 a Qa.5	De Qa.4 a Qb.1		--
Memory Card		SIMATIC Memory Card (opcional)				
Registros (Data logs)	Número	Como máximo 8 abiertos a la vez				
	Tamaño	500 MB por registro o limitado por la memoria de carga máxima disponible				
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real		20 días típ./12 días mín. a 40 °C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)				
Puerto de comunicación Ethernet PROFINET		1			2	
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales		2.3 µs/instrucción				
Velocidad de ejecución booleana		0,08 µs/instrucción				

Figura VI.2. Datos técnicos del Plc s7 1200

Anexo V	Módulo 1 Selección de alternativas para la selección del sensor	1-1
--------------------------	--	------------

V.1 Evaluación del criterio de rapidez de respuesta para el Módulo 1

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.43
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.36
Alternativa 3	0	0.5		1.5	0.21
			Suma	7	1

V.2 Evaluación del criterio de Precisión para el Módulo 1

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	1	3	0.4
Alternativa 2	0.5		1	2.5	0.33
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.27
			Suma	7.5	1

V.3 Evaluación del Criterio de Costo para el Módulo 1

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0	1.5	0.25
Alternativa 2	0.5		0	1.5	0.25
Alternativa 3	1	1		3	0.50
			Suma	6	1

Anexo V	Módulo 1 Selección de alternativas para la selección del sensor	1-1
----------------	--	------------

VI.4 Evaluación del criterio de Tamaño para el Módulo 1.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		0.5	0.5	2	0.36
Alternativa 2	0.5			1.5	0.28
Alternativa 3	0.5	0.5		2	0.36
			Suma	5.5	1

VI.5 Evaluación del conclusiones del módulo 1: Medir

Criterio	Rapidez	Precisión	Costo	Tamaño	Suma
Alternativa 1	0.13	0.122	0.04	0.07	0.81
Alternativa 2	0.10	0.10	0.04	0.05	0.31
Alternativa 3	0.06	0.08	0.09	0.07	0.31

Características Técnicas del sensor Fotoeléctrico

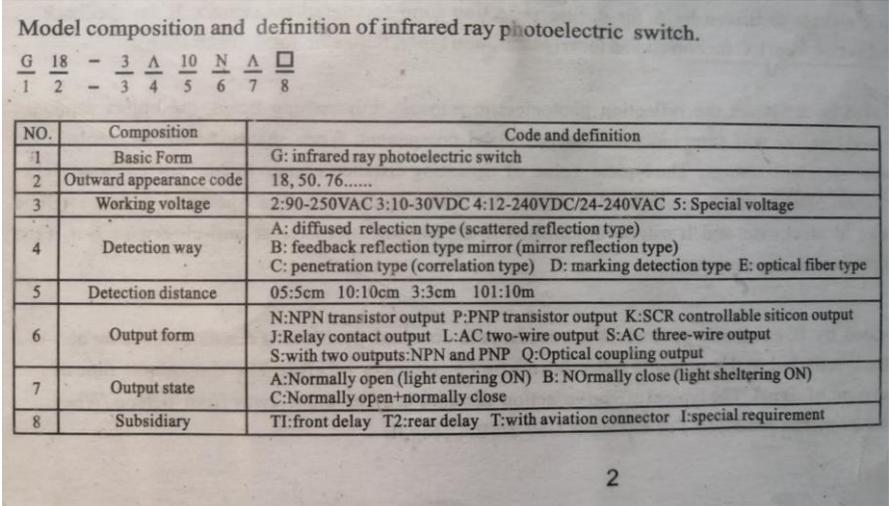


Figura VI.1. Datos Técnicas

Diferentes conexiones del sensor fotoeléctrico

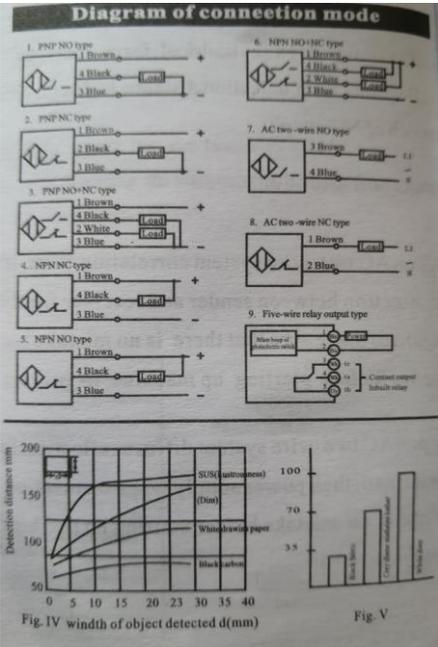


Figura VI.2. Conexiones del sensor fotoeléctrico

Anexo VII	Selección de alternativas para la selección del Controlador lógico programable	1-1
----------------------	---	------------

Tabla IV.1 Evaluación del criterio de precisión para el Módulo1

Distribución	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.50
Alternativa 2	1		2	0.50
			4	1.00

Tabla IV.2 Evaluación del criterio de Funcionalidad para el Módulo1.

Distribución	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.50
Alternativa 2	1		2	0.50
			4	1.00

Tabla IV.3 Evaluación del Criterio de Costo para el Módulo 1

Distribución	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.66
Alternativa 2	0		1	0.34
			3	1.00

Anexo VII	Selección de alternativas para la selección del Controlador lógico programable	1-2
----------------------	---	------------

Tabla IV.4 Evaluación del criterio de Tamaño para el Módulo 1

Distribución	Alternativa 1	Alternativa 2	$\Sigma+1$	Ponderación
Alternativa 1		1	2	0.58
Alternativa 2	0.5		1.5	0.42
			3.5	1.00

Tabla IV.5 Evaluación del Conclusiones del Módulo 1: Medir

Criterio	Precisión	Funcionalidad	Costo	Tamaño	Suma	
Alternativa 1	0.16	0.12	0.15	0.11	0.55	1
alternativa 2	0.16	0.12	0.08	0.08	0.44	2

Se realizó un corte en cada lateral para las salidas de las fundas de leche

Se realizó un corte en cada uno de los laterales para tener dos vías de salida una frontal y otra lateral para la caída de las fundas de leche para cada sección A y B



Figura VIII.1. Corte de los laterales

Después se acopló a la banda los laterales



Figura VIII.2. Acople de los laterales a la banda transportadora

Anexo IX	Soporte de los cilindros neumáticos	7-9
<p>Para la elaboración de los soportes se utilizó los siguientes materiales en acero inoxidable 304</p>		
<p>Perfil tipo C de acero inoxidable</p>	 <p>Figura IX.1. Perfil tipo c</p>	
<p>Abrazadera de acero inoxidable</p>	 <p>Figura IX.2. Abrazadera</p>	
<p>Tubo de 5cm de diámetro</p>	 <p>Figura IX.3. Tubo</p>	
<p>Patas de acero inoxidable</p>	 <p>Figura IX.4. Patas</p>	
<p>Soporte de acero inoxidable</p>	 <p>Figura IX.5. Soporte</p>	

Anexo X	Paleta de acero inoxidable	7-10
----------------	-----------------------------------	-------------

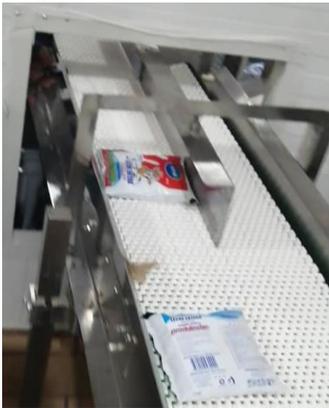
Para la elaboración de las paletas se utilizó los siguientes materiales

<p>Se realizó las mediciones de la plancha de acero inoxidable para doblar y cortar</p>	 <p>Figura X.1. Mediciones</p>
---	---

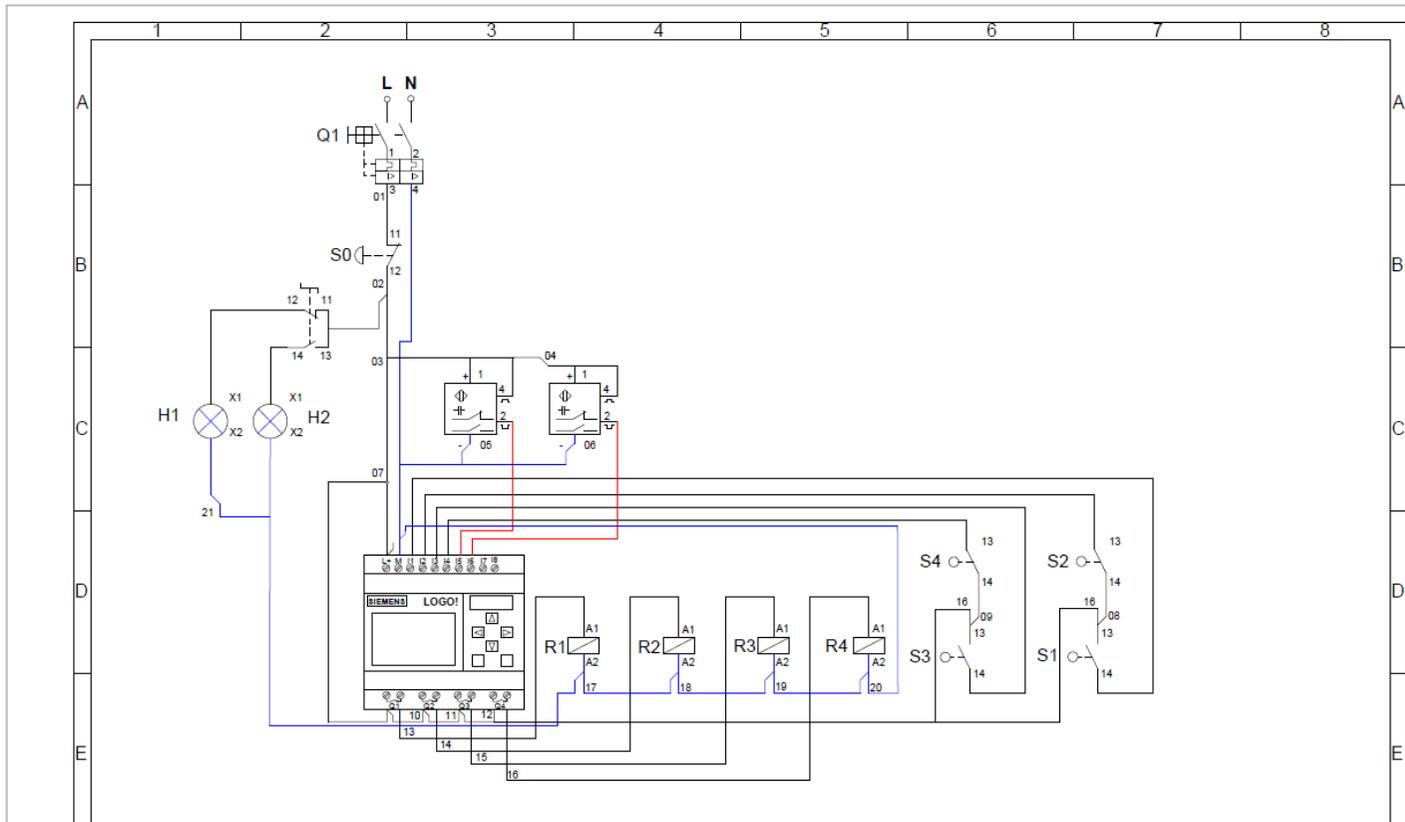
<p>La paleta se acoplo al cilindro neumático</p>	 <p>Figura X.2. Paleta de acero inoxidable</p>
--	---

Anexo XI	Soportes para la clasificación de fundas de leche	1-1
Para la elaboración de los soportes se utilizó los siguientes materiales		
Perfil de acero inoxidable para dividir la banda en dos secciones	 <p data-bbox="767 1021 1235 1055">Figura XI.1. Perfil de acero inoxidable</p>	
Perfiles de acero inoxidable doblado 60 grados	 <p data-bbox="772 1440 1230 1473">Figura XI.2. Perfil doblado 60 grados</p>	
Perfiles de acero inoxidable doblados y soldados	 <p data-bbox="687 1901 1315 1984">Figura XI.3. Implementación de los soportes para la clasificación</p>	

<p>Anexo XII</p>	<p>Clasificación de fundas de leche</p>	<p>1-1</p>
<p>Implementación de los soportes y el perfil de acero inoxidable para la clasificación de las fundas de leche</p>	 <p>Figura XII.1. ubicación de los soportes</p>	
<p>Las fundas de 1L caen y chocan con el perfil que esta doblado a 60° y posiciona a las fundas en la sección B</p>	 <p>Figura XII.2. Clasificación de fundas de 1L de leche</p>	
<p>Las fundas de 1/2L caen y chocan en el perfil de acero inoxidable la cual posiciona a las fundas en la sección A</p>	 <p>Figura XII.3. Clasificación de fundas de 1/2L de leche</p>	

Anexo XIII	Soporte para la cuantificación de fundas de leche	1-1
<p>Se ubica los soportes con el perfil que divide a la banda en dos secciones</p>	 <p>Figura XIII.1. ubicación de los soportes</p>	
<p>Las fundas de 1L recorren la sección B hasta llegar hacia los cilindros neumáticos que activará a la paleta cada vez que pasen 50 fundas de leche</p>	 <p>Figura XIII.2. Recorrido de las fundas de 1L</p>	
<p>Las fundas de 1/2L recorren la sección A hasta llegar hacia los cilindros neumáticos que activará a la paleta cada vez que pasen 100 fundas de leche</p>	 <p>Figura XIII.3. Recorrido de las fundas de 1/2L</p>	

Anexo XIV	Ubicación de la señalización.	1-1
<p>Se realizó soportes para la ubicación de una luz piloto la cual nos servirá como aviso cuando un lote de leche sea completado</p>	<div data-bbox="876 495 1118 813" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="767 835 1233 869">Figura IX.1. Soporte de luz indicadora</p>	
<p>Se realizó la colocación en un lugar visible para los trabajadores de la empresa</p>	<div data-bbox="853 1010 1142 1424" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="788 1444 1211 1478">Figura IX.2. Ubicación del soporte</p> <div data-bbox="823 1538 1131 1973" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="788 2000 1214 2033">Figura IX.3. Ubicación del soporte</p>	

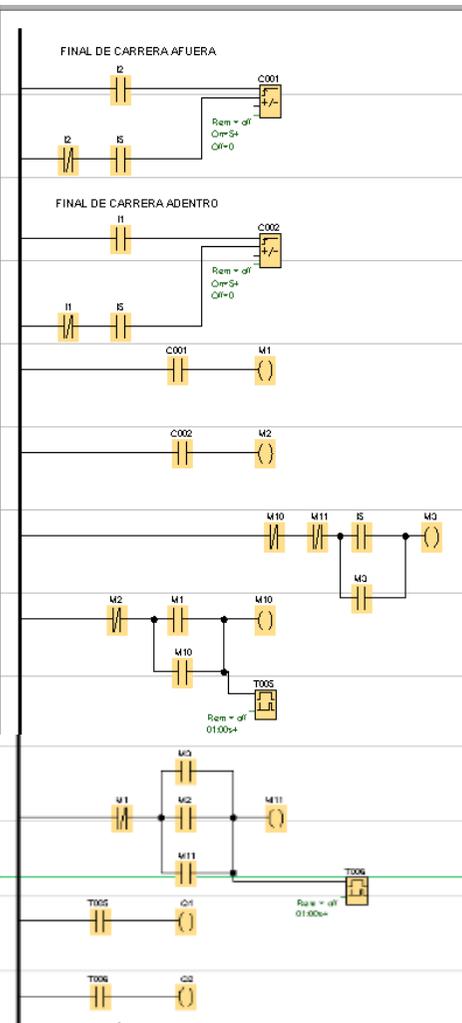


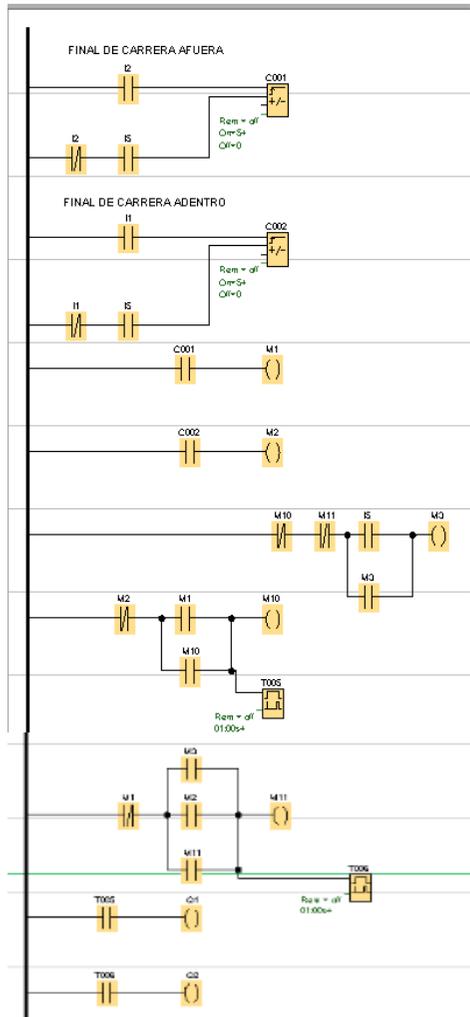
Simbolo Electrico						
Descripción	Paro de emergencia	Final de Carrera	Sensor de proximidad	Selector de dos posiciones	Disyuntor bipolar	Luz Piloto
Simbolo Electrico						
Descripción	Relé					

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA
ELECTROMECAÁNICA

Dibujo: Cordova Marco- Mora David Revisado: Ing. Paulina Freire Ms.C Aprobado: Ing. Paulina Freire Ms.C Fecha: 01 - 10 - 20	Contiene: DIAGRAMA UNIFILAR	Escala: ESCALA Hoja 1 De 5 Asignatura: Titulación S.U. Activar winmo mm Ve-a-Configuración
--	---------------------------------------	---





En la figura 5.14 se aprecia Diagrama de control que se utiliza para el conteo de fundas de 1 litro.

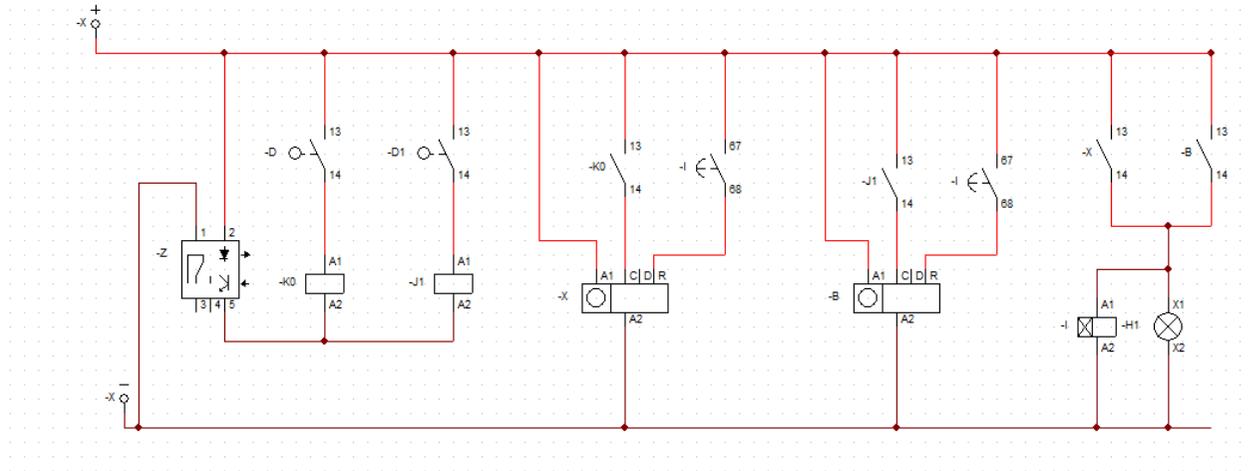


Figura XIV.1. Contador de fundas de 1/2L

En la figura 5.14 se aprecia Diagrama de control que se utiliza para el conteo de fundas de 1/2 litro.

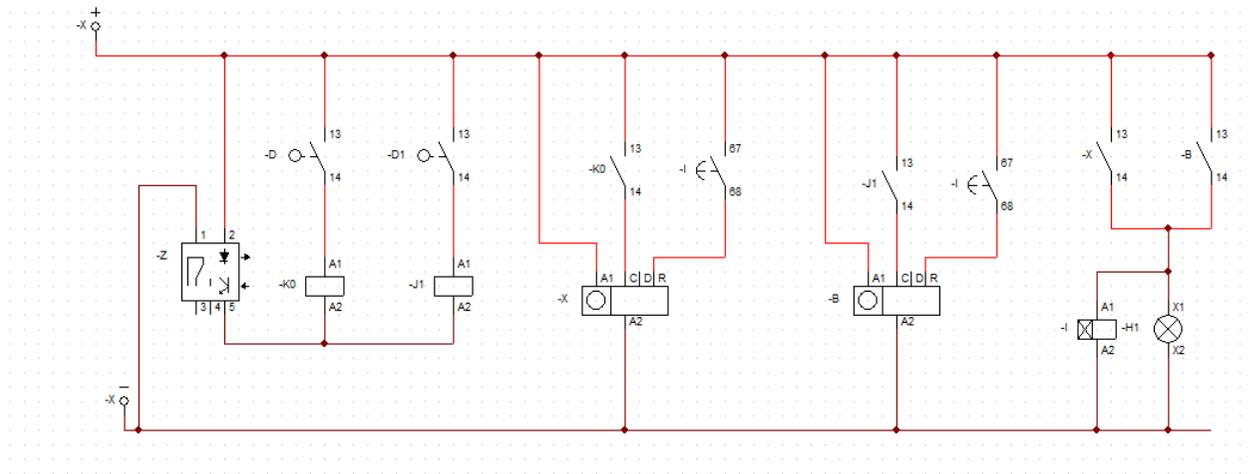


Figura XVI.1. Contador de fundas de 1/2L

En la siguiente figura se aprecia los elementos neumáticos que intervienen en la automatización.

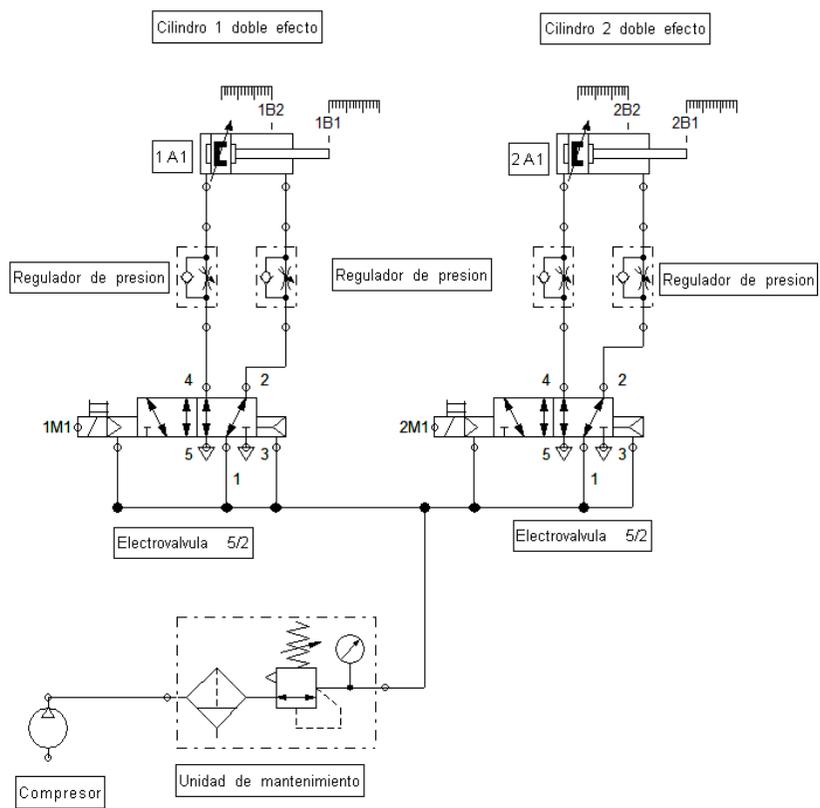


Figura XVII.1. Esquema neumático

Anexo XIX

Materiales Directos			
Cant	Detalle	V.U (\$)	V.T (\$)
1	Plancha de acero inoxidable 2 mm	105.00	105.00
1	Tubo de 2m	70.00	3.00
20	Tornillos de acero inoxidable de ½ pulg	0.20	4.00
2	Abrazadera SS-304 inoxidable	10,00	20.00
2	Patas de tornillo regulables	20,00	40,00
Neumático			
2	Electroválvula 5/2	65.00	130.00
2	Cilindro neumático	120.00	240.00
1	Unidad de mantenimiento	65.00	65.00
1	Reguladores de caudal	5.00	10.00
1	Silenciador	4.00	16.00
4	Mangueras neumáticas 10m	10.00	40.00
8	Racores	4.00	32.00
Eléctrico			
1	Logo siemens	180.00	180.00
2	Sensores Fotoeléctricos	24.00	48.00
2	Luz piloto	3.00	6.00
1	Selector dos posiciones	2.50	2.50
1	Tablero eléctrico	40.00	40.00
2	Termo magnético	8.00	16.00
1	20 metro de cable awg 16	20.00	20.00
1	Canaleta	2.00	2.00
4	Tomacorriente 220v	6.00	6.00
4	Relés	12.00	46.00
		Total	1071,50

Mano de obra					
Detalle	Cantidad	Nº Horas	\$ Uso	\$ Hora	Total \$
Cortadora	15		3.00\$		45,00
Dobladora	20		2.00\$		40,00
Soldadora		4h		20,00	60,00
Mano de obra	2				800,00
				Total	945,00

Indirectos			
días	Concepto	V.U (\$)	V.T (\$)
31	Costos de transporte (Salcedo)	3.00	93.00
31	Alimentación	2.00	124.00
20	Impresiones para presentación de avances	0.80	16.00
160	Horas internet y fuentes de consulta	0.20	32.00
10	Elaboración de planos e impresiones	3.00	30.00
		Total	295

INVERSIÓN TOTAL	
Costos directos	1071,5
Costos indirectos	295
Mano de obra	945,00
Imprevistos	100
TOTAL	2411,5



CERTIFICADO DE AGRADECIMIENTO

Salcedo, 10 de febrero de 2020

Es muy grato dirigirme a ustedes y hacerles llegar nuestro sincero reconocimiento y agradecimiento a los estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica Córdova Guaraca Marco Vinicio** y **Mora Bonilla David Israel** por el importante aporte brindado con el proyecto de **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA LA CLASIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LECHE ENFUNDADA EN LA EMPRESA LACTEA INLADEC PROVINCIA DE COTOPAXI CANTÓN SALCEDO** "en nuestra empresa valoramos la predisposición y el apoyo brindado por la **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI** al mismo tiempo felicitarles por el importante aporte para nuestra institución. No siendo más me despido y reitero nuevamente mis agradecimientos por el excelente aporte para la empresa, y a su vez deseándoles éxitos en sus labores profesionales

Atentamente.-

Lourdes Jiménez

GERENTE PROPIETARIA

