

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA MECÁNICA**

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

**TEMA:
DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA
DOSIFICADORA AUTOMÁTICA CON CAPACIDAD DE 10 kg PARA EL
EMPAQUETADO DE CHOCOLATES EN LA EMPRESA FAMILIA
SALESIANA “EL SALINERITO”.**

**AUTORES:
JONATHAN ANTONIO CARRILLO MORALES
STALIN ROLANDO MONTENEGRO MORA**

**TUTOR:
JAIME ROLANDO HEREDIA VELASTEGUÍ**

Quito, septiembre del 2020

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Jonathan Antonio Carrillo Morales y Stalin Rolando Montenegro Mora con documentos de identificación N.º 1721521217 y N.º 0401766688, respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA CON CAPACIDAD DE 10 kg PARA EL EMPAQUETADO DE CHOCOLATES EN LA EMPRESA FAMILIA SALESIANA “EL SALINERITO””, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

.....

Jonathan Antonio Carrillo Morales

CI: 1721521217

.....

Stalin Rolando Montenegro Mora

CI: 0401766688

Quito, septiembre de 2020.

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA AUTOMÁTICA CON CAPACIDAD DE 10 kg PARA EL EMPAQUETADO DE CHOCOLATES EN LA EMPRESA FAMILIA SALESIANA “EL SALINERITO’.”, realizado por Jonathan Antonio Carrillo Morales y Stalin Rolando Montenegro Mora, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre 2020.



Jaime Rolando Heredia Velasteguí

CI:1721400768

DEDICATORIA

Es muy satisfactorio para mí dedicar mi proyecto de titulación a los seres que más aprecio y que han sido los pilares en los que he forjado los cimientos de mi futura carrera profesional.

A mi padre, William, por guiarme por la senda del bien y ser el precursor de mi pasión por la ingeniería mecánica, a quien agradezco porque con su ejemplo de responsabilidad y esfuerzo hizo de mí un buen hombre.

A mi madre, Chelita, quien con sus palabras de aliento me impulsó a seguir adelante durante todos los momentos de mi carrera, por sus sacrificios y por su apoyo incondicional durante toda mi vida estudiantil.

A mi esposa, Renata, por ser mi compañera de vida y mi apoyo... ¡Gracias por tu amor y por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todos los buenos y malos momentos! ¡Deseo seguir compartiendo contigo nuestros futuros triunfos!

A mi hijo, Maxi, quien es mi motivación para alcanzar esta meta y todos los propósitos de mi vida... ¡Amado hijo, eres y serás la razón y el motor que me impulsa a superarme y ser cada día mejor persona!... ¡Daré por ti mi mayor esfuerzo y no descansaré hasta hacer de ti un gran hombre e impulsarte a cumplir todos tus anhelos!

A mis hermanos, con quienes he compartido momentos inolvidables, quienes han sido mis amigos incondicionales y confidentes; y me han demostrado que, a pesar de haber crecido en distintas direcciones, seguimos siendo parte de la misma raíz. ¡Karina, gracias por ser mi ejemplo de superación, por tu confianza y por creer en mi capacidad! ¡Joel, gracias por mostrarme lo bueno que es contar con un hermano que sabe vivir la vida con inteligencia, entusiasmo y sencillez!

Stalin Montenegro

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por bendecirme la vida, por brindarme de su infinito amor, sabiduría y fortaleza para continuar en este proceso tan importante de mi formación profesional.

A mi padre, Antonio, y a mi madre, Myrian, quienes fueron un pilar fundamental en este proceso, con su apoyo incondicional en todo momento, a pesar de todas las adversidades que se presentaron en el transcurso de mi carrera, siempre estuvieron ahí con una palabra de aliento, fortaleza y su infinito amor, motivándome a no darme por vencido, brindándome su apoyo cada vez que lo necesitaba, recordándome siempre que Dios está conmigo.

A mis hermanas, Madelen y Karen, quienes con sus palabras me motivaron a seguir adelante con un sueño que se está realizando, para ser ese ejemplo de superación hacia sus vidas y enseñarles todo lo adquirido, demostrándoles que para Dios no hay nada imposible.

A mi esposa, Gabriela, quien me acompañó en todo momento, demostrando ser mi ayuda idónea, quien estuvo presente en la meta, que ahora juntos, hemos alcanzado para nuestra vida venidera.

A mi abuelo, Víctor, y a mi abuela, Piedad, quienes con sus consejos ayudaron a forjar mi carácter para seguir adelante, quienes soñaron verme ser un profesional.

Finalmente, a todos mis profesores, quienes nos enseñaron arduamente de sus conocimientos, para ser esos profesionales excelentes y con buenos valores.

Jonathan Carrillo

AGRADECIMIENTO

Nuestro sincero agradecimiento está dirigido a quienes han hecho posible que el presente proyecto culmine con éxito, en especial:

A la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Politécnica Salesiana, por los conocimientos impartidos a lo largo de la vida universitaria; especialmente, a los catedráticos que contribuyeron a nuestra formación profesional.

A “El Salinerito”, por su apertura durante las visitas estudiantiles realizadas a sus instalaciones, por el apoyo técnico y logístico brindado durante el desarrollo del presente trabajo.

Al Ingeniero Jaime Heredia, MsC. docente tutor del presente Proyecto de Titulación, por su valiosa guía y contingente técnico para la consecución de resultados satisfactorios y cumplimiento de los objetivos propuestos.

ÍNDICE GENERAL

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Justificación.....	4
1.3. Marco normativo	6
1.3.1. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131	6
1.3.2. Norma NTE INEN 621:2010. Chocolate. Requisitos	6
1.3.3. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 284	7
1.4. Marco referencial.....	8
1.5. Marco teórico.....	11
1.5.1. Proceso de producción del chocolate	11
1.5.2. Diseño mecánico	13
1.5.2.1. <i>Consideraciones de diseño.....</i>	13
1.5.2.2. <i>Ingeniería asistida por computadora (CAD)</i>	14
1.5.2.3. <i>Automatización Totalmente Integrada (Totally Integrated Automation Portal)</i>	15
1.5.2.4. <i>Modelado por elementos discretos (Rocky DEM)</i>	16
1.5.2.5. <i>Confiabilidad.....</i>	17
1.5.2.6. <i>Teoría de Von Mises o máxima tensión</i>	18
1.5.3. Automatización.....	18

1.5.4. Acero inoxidable	20
CAPÍTULO II	22
PROCESO DE DISEÑO	22
2.1. Sistemas de dosificación.....	22
2.1.1. Dosificación volumétrica.....	22
2.1.2. Dosificación por peso.....	23
2.2. Tolva.....	24
2.3. Sistema de transporte.....	25
2.4. Sensores de proximidad.....	26
2.4.1. Sensores ópticos fotoeléctricos.....	26
2.4.2. Sensores de proximidad inductivos	27
2.4.3. Sensores de proximidad capacitivos.....	27
2.5. Celdas de carga.....	28
2.6. Actuadores neumáticos.....	29
2.7. Electroválvula.....	30
2.8. Sistemas de control de la dosificadora	30
2.8.1. Por microcontrolador.....	31
2.8.2. Control Lógico Programable	31
2.9. Interfaz hombre- máquina (HMI).....	33
2.10. Marco metodológico.....	34
2.10.1. Requerimientos del proceso	34
2.10.2. Análisis del proceso actual.....	35
2.10.3. Análisis de alternativas	37
2.10.3.1. <i>Sistema de dosificación</i>	38
2.10.3.2. <i>Material de diseño</i>	41
2.10.3.3. <i>Sistema de almacenamiento</i>	44
2.10.3.4. <i>Sensores de proximidad</i>	45
2.10.3.5. <i>Sistema de transporte</i>	47
2.10.3.6. Sistema de pesaje	50
2.10.3.7. Actuadores neumáticos	51
2.10.3.8. Sistema de control.....	53

CAPÍTULO III.....	56
DISEÑO DE LA MÁQUINA	56
3.1. Diseño del sistema de almacenamiento o tolva.....	58
3.1.1. Cálculo de flujo másico de la tolva	62
3.2. Vibradores electromagnéticos	64
3.3. Diseño de bandejas transportadoras	65
3.4. Selección de sensores de proximidad.....	67
3.5. Diseño de embudo de recolección.....	68
3.6. Diseño del sistema de pesaje	71
3.6.1. Celda de carga	71
3.6.2. Actuador neumático.....	74
3.7. Sistema de control	77
3.8. Diseño de la estructura metálica.....	81
3.8.1. Diseño de soporte para tolva	82
3.8.2. Diseño de soporte para sistema de pesaje.....	86
3.9. Validación del funcionamiento/ simulación.....	90
3.9.1. Análisis estático de estructura del prototipo.....	90
3.9.1.1. <i>Tensiones</i>	90
3.9.1.2. <i>Desplazamientos</i>	91
3.9.1.3. <i>Factor de seguridad</i>	91
3.9.2. Análisis estático de tolva de almacenamiento	93
3.9.2.1. <i>Tensiones</i>	93
3.9.2.2. <i>Desplazamientos</i>	93
3.9.2.3. <i>Factor de seguridad</i>	94
CAPÍTULO IV	95
RESULTADOS	95
4.1. Análisis del proceso actual	95
4.2. Selección de alternativas y diseño de la máquina dosificadora.....	96
4.3. Simulación del funcionamiento de la máquina	101
4.4. Análisis de la factibilidad económica.....	107
4.4.1. Análisis de la alternativa A: Automatización del proceso de dosificación	108

4.4.2. Análisis de la alternativa B: Proceso de dosificación sin automatización.....	111
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	114
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	117
ANEXOS	
PLANOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del cantón Guaranda	9
Figura 2. Ubicación de la empresa “El Salinerito”	10
Figura 3. Producto funda Chocolerito.....	11
Figura 4. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones	13
Figura 5. Interfaz Hombre- Máquina (HMI).....	15
Figura 6. Esquema de fuerzas actuando sobre las partículas	17
Figura 7. Niveles de automatización.....	19
Figura 8. Sistema de dosificación volumétrica	22
Figura 9. Dosificador volumétrico	23
Figura 10. Sistema de dosificación por peso.....	23
Figura 11. Dosificador por medio de balanza multicabezal.....	24
Figura 12. Bandeja transportadora	25
Figura 13. Clasificación de sensores	26
Figura 14. Componentes de un Sensor Fotoeléctrico	27
Figura 15. Celda de carga y sus partes constitutivas	28
Figura 16. Galga extensiométrica	29
Figura 17. Actuador neumático de simple efecto	29
Figura 18. Actuador neumático de doble efecto [49].....	30
Figura 19. Estructura del microcontrolador	31
Figura 20. Estructura de un PLC	32
Figura 21. Interfaz Hombre – Máquina (HMI)	33
Figura 22. Empaquetado de chocolate	36
Figura 23. Flujograma del proceso actual de empaquetado.....	36
Figura 24. Pesaje de chocolates de cada tipo	57
Figura 25. Medición de los volúmenes de los diferentes tipos de chocolates	57
Figura 26. Vista de tolva principal.....	60
Figura 27. Vista lateral y dimensiones de tolva principal.....	60
Figura 28. Esquema y dimensiones del vibrador electromagnético.....	65

Figura 29. Dimensiones de la Bandeja 1 para chocolates A y B	65
Figura 30. Dimensiones de la Bandeja 2 para chocolates C y D	66
Figura 31. Elementos de indicación y manejo	68
Figura 32. Esquema y dimensiones del sensor GLV18-8-400-S/73/120.....	68
Figura 33. Curva característica de respuesta de sensor.....	68
Figura 34. Embudo de recolección	69
Figura 35. Vista lateral y frontal del embudo de recolección	69
Figura 36. Trayectoria de la descarga de chocolate	70
Figura 37. Sistema de pesaje con celda de carga	71
Figura 38. Celda de carga Forsentek FH02.....	72
Figura 39. Puente de Wheatstone de Celda FH02	72
Figura 40. Curva característica de celda de carga FH02.....	73
Figura 41. Representación del puente de Wheatstone	73
Figura 42. Figura esquema de actuador NCJ2 doble efecto	74
Figura 43. Siemens S7 1200 1214 C	77
Figura 44. Módulo de señales analógicas S1231	77
Figura 45. Electroválvula 5/2 Klod	78
Figura 46. Inicio TIA PORTAL.....	79
Figura 47. Elección elementos PLC y HMI.....	79
Figura 48. PLC S7 – 1200 y HMI SP 700	80
Figura 49. Estructura metálica de máquina dosificadora.....	81
Figura 50. Vista lateral de la estructura de la máquina dosificadora	81
Figura 51. Vista frontal de la estructura de la máquina dosificadora	82
Figura 52. Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) de la viga	85
Figura 53. Diagrama de cortante.....	85
Figura 54. Diagrama de Momento	85
Figura 55. Factor de seguridad en viga	86
Figura 56. Desplazamiento que genera la carga	87
Figura 57. Momento que genera la carga.....	88
Figura 58. Momento que genera la carga.....	88

Figura 59. Flujograma de la secuencia de funcionamiento de la máquina dosificadora diseñada.....	89
Figura 60. Tensiones sobre la estructura metálica.	90
Figura 61. Desplazamientos de la estructura metálica.....	91
Figura 62. Factor de seguridad de la estructura metálica.....	91
Figura 63. Diagrama eléctrico del equipo.....	92
Figura 64. Tensiones sobre la tolva.	93
Figura 65. Desplazamientos de la tolva	93
Figura 66. Factor de seguridad de la tolva.....	94
Figura 67. Máquina dosificadora y sus partes constitutivas	97
Figura 68. Pantalla HMI en modo Stand- by	103
Figura 69. Pantalla HMI en modo inicio de ciclo	103
Figura 70. Pantalla HMI en proceso completo de llenado de 150 gramos de producto	104
Figura 71. Pantalla HMI- accionamiento indicadores de bandeja B (llenado 145 gramos)	104
Figura 72. Pantalla HMI- Alerta de escases de producto A, C, D	105
Figura 73. Pantalla HMI- Alerta de escases de producto B.....	105
Figura 74. Llenado de producto en tolva	106
Figura 75. Caída de chocolates al embudo recolector	106
Figura 76. Llegada de chocolates al sistema de pesaje	107
Figura 77. Parada de sistema de transporte.....	107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requisitos para los chocolates Norma INEN	6
Tabla 2. Principales elementos de aleación y su influencia	21
Tabla 3. Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI	21
Tabla 4. Peso por porción de chocolates surtidos empaque 150 g.....	37
Tabla 5. Ventajas y desventajas de los sistemas de dosificación	38
Tabla 6. Matriz de decisión: Sistema de dosificación.....	39
Tabla 7. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de acero.....	42
Tabla 8. Matriz de decisión: Material de diseño	43
Tabla 9. Ventajas y desventajas de los tipos de tolva	44
Tabla 10. Matriz de decisión: Sistema de almacenamiento	45
Tabla 11. Ventajas y desventajas de los sensores de proximidad	45
Tabla 12. Matriz de decisión: Sensores de proximidad	47
Tabla 13. Ventajas y desventajas del sistema de transporte.....	48
Tabla 14. Matriz de decisión: Sistema de transporte por vibración	49
Tabla 15. Ventajas y desventajas de los sistemas de pesaje.....	50
Tabla 16. Matriz de decisión: Sistema de pesaje	51
Tabla 17. Ventajas y desventajas de los actuadores neumáticos	52
Tabla 18. Matriz de decisión: Actuadores neumáticos	53
Tabla 19. Ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de control	53
Tabla 20. Matriz de decisión: Sistema de control.....	55
Tabla 21. Masa y volumen de los chocolates del producto Chocolerito.....	58
Tabla 22. Especificaciones técnicas del vibrador electromagnético MODEL 6C	64
Tabla 23. Especificaciones técnicas del sensor GLV18-8-400-S/73/120	67
Tabla 24. Datos para graficar la trayectoria de la descarga	70
Tabla 25. Especificaciones técnicas de celda de carga Forsentek FH02	72
Tabla 26. Características del PLC	77
Tabla 27. Características del módulo analógico.....	78
Tabla 28. Características de la electroválvula.....	78
Tabla 29. Características mecánicas y dimensionales de tubo cuadrado	84
Tabla 30. Especificaciones de diseño del prototipo de máquina dosificadora.....	96

Tabla 31. Costos directos para la construcción de la máquina dosificadora automatizada	109
Tabla 32. Egresos por operación y mantenimiento de la máquina dosificadora automatizada	110
Tabla 33. Depreciación lineal de la máquina dosificadora	110
Tabla 34. Cálculo de Flujo Neto de Efectivo (FNE) Alternativa A.....	111
Tabla 35. Resultados del cálculo de VAN y TIR Alternativa A	111
Tabla 36. Cálculo de Flujo Neto de Efectivo (FNE) Alternativa B	112
Tabla 37. Resultados del cálculo de VAN y TIR Alternativa B	112
Tabla 38. Análisis comparativo de VAN y TIR Alternativa A vs. Alternativa B	113

RESUMEN

El presente Trabajo de Titulación consiste en el diseño y simulación de un prototipo de equipo dosificador automático con capacidad de 10 kg para el empaquetado de chocolates en la Empresa Familia Salesiana “El Salinerito”.

En el Capítulo I se detallan los antecedentes, el planteamiento del problema, la justificación y los objetivos general y específicos. El presente trabajo de investigación se justifica debido a que mediante la automatización del proceso de dosificación se garantiza la inocuidad del producto, el peso justo y la optimización del tiempo de dosificación y empaquetado del producto el Chocolerito.

Este Capítulo también describe el marco normativo, el marco referencial y el marco teórico. El marco normativo hace referencia a las exigencias que por ley debe cumplir la maquinaria en el ámbito de seguridad e higiene, en relación a la fabricación de alimentos y a la cantidad de producto en pre-empacados. El marco referencial detalla los aspectos específicos de la Empresa Familia Salesiana y el marco teórico desarrolla los conceptos y principios de ingeniería para el desarrollo del prototipo.

El Capítulo II y III, describe el proceso de diseño, el cual detalla los parámetros para el diseño, el análisis del proceso de dosificación actual y alternativas para las diferentes partes constitutivas de la máquina, los factores de diseño mecánico, la validación del funcionamiento y simulación.

En el Capítulo IV se puntualiza los resultados obtenidos, el diseño definitivo del equipo y el análisis de la factibilidad económica, de acuerdo con la cual el proyecto es viable.

Palabras clave: diseño, dosificadora, simulación, acero, PLC, Rocky DEM

ABSTRACT

The present project consists of the design and simulation of an automatic dosing machine prototype with a capacity of 10 kg for the packaging of chocolates in Familia Salesiana Company “El Salinerito”.

This chapter also describes the regulatory, reference and theoretical framework. The regulatory framework refers to the health and safety requirements that food processing machinery should comply with and the amount of product in pre-packages. The reference framework details the specific aspects of the Salesian Family Company and the theoretical framework develops the engineering concepts and principles for the development of the prototype.

Chapter II and III, describes the design process, which details the parameters for the design, the analysis of the current dosage process and alternatives for the different constituent parts of the machine, the mechanical design factors, the validation of the operation and simulation.

Chapter IV details the results obtained, presents the final design of the equipment and the analysis of the economic feasibility, according to which the project is feasible.

Keywords: design, dosing machine, simulation, steel, PLC, Rocky DEM

INTRODUCCIÓN

En la industria es necesario y casi obligatorio reducir el tiempo de producción evitando cuellos de botella y tiempos muertos. El actual crecimiento de la actividad industrial, ha generado un cambio tecnológico en los equipos tradicionales convirtiéndolos en máquinas más avanzadas con mayor precisión y enfocadas en la productividad, adaptándose a todo tipo de entorno de trabajo, en este caso las dosificadoras, las cuales permiten realizar un trabajo simultáneo con precisión y en mayor volumen.

El presente proyecto surge en el proceso de empaquetado de chocolates en la Empresa “El Salinerito”, el mismo que es realizado por varias personas quienes se toman un tiempo de 45 segundos para contar y pesar las fundas de 150g de chocolate surtido, además, para las fundas de 1 kilogramo de un solo producto el personal tarda aproximadamente 2 minutos, bajo esta necesidad se procede a diseñar y simular una máquina dosificadora automática que desempeñe las funciones de conteo y pesaje requerido para cada tipo de funda logrando así reducir la mano de obra, tiempos muertos y contacto directo con el producto por parte del personal.

De esta manera se pretende dar una solución efectiva a la Empresa “El Salinerito”, mejorando el proceso de producción, reduciendo los tiempos muertos en el proceso de empaquetado de chocolates surtidos Chocolerito de 150 gramos (peso neto), debido a que se evita realizar la actividad de repesaje para verificar el contenido neto del producto final. Por otra parte, la automatización de la dosificación y pesaje, evita el contacto innecesario del personal con el producto final, a fin de conservar la inocuidad del mismo, considerando que este contacto puede traer consigo la contaminación cruzada.

El objetivo general consistió en diseñar y simular un prototipo de una máquina dosificadora automática con capacidad de 10 kg para el empaquetado de chocolates. Los objetivos específicos fueron: analizar el proceso que se utiliza actualmente para la dosificación de chocolate en la Empresa “El Salinerito”, evaluar las diferentes alternativas de máquinas dosificadoras y seleccionar la más idónea, diseñar y simular el funcionamiento de la máquina dosificadora de chocolates acorde a la capacidad y al

proceso que va a cumplir (Software a utilizar CAD), validar el funcionamiento de la máquina, mediante pruebas de funcionamiento y eficiencia y analizar la factibilidad económica del proyecto.

En el presente trabajo de titulación se diseñó un prototipo de máquina dosificadora en Acero AISI 304, con una capacidad total de 27 kg, cuyas dimensiones son 815.88 mm de alto, 1261.75 mm de ancho, 971.75 mm de profundidad; la cual estará conformada por una tolva con 4 compartimentos de alimentación (uno por cada tipo de chocolate).

El equipo contará con vibradores electromagnéticos MODEL 6C Eriez Hi-vi Compact, bandejas transportadoras, sensores fotoeléctricos GLV18-8-400-S/73/120 PEPPERL + FUCHS, un embudo de recolección, una celda de carga Forsentek modelo FH02, actuadores neumáticos Modelo NCJ2-10, y se incorporó una interfaz HMI PT 700. En el presente proyecto se desarrolló el análisis estático de la estructura y la tolva del prototipo, utilizando el software Solid Works, además se utilizó la herramienta de simulación Rocky DEM para el estudio del flujo granular, también se utilizó el software TIA PORTAL para el desarrollo de la programación.

De acuerdo con el análisis de factibilidad económica del presente proyecto es rentable y permitirá obtener un ingreso adicional de 35597.28 dólares al año. La inversión requerida para su construcción es 4041.95 dólares.

El objetivo general consiste en diseñar y simular un prototipo de una máquina dosificadora automática con capacidad de 10 kg para el empaquetado de chocolates en la Empresa Familia Salesiana “El Salinerito”.

Los objetivos específicos son:

- Analizar el proceso que se utiliza actualmente para la dosificación de chocolate en la empresa “El Salinerito”.

- Evaluar las diferentes alternativas de máquinas dosificadoras y seleccionar la más idónea.
- Diseñar y simular el funcionamiento de la máquina dosificadora de chocolates acorde a la capacidad y al proceso que va a cumplir (Software a utilizar CAD).
- Validar el funcionamiento y eficiencia de la máquina, mediante pruebas de simulación.
- Analizar la factibilidad económica del proyecto que beneficiará a la empresa “El Salinerito”.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1. Planteamiento del problema

Las pequeñas y medianas industrias conocidas como PYMES, constituyen un factor importante en la economía mundial y nacional. Según un estudio realizado en el 2011 por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Ecuador ocupa el primero lugar con el 44 % de PYMES lo cual lo convierte en el país con la mayor proporción de PYMES de América Latina [1].

En Ecuador existen un total de 899208 empresas de las cuales el 99.5 % son PYMES, y únicamente el 0.5 % constituye gran empresa, de este total, el 8.38% de empresas se dedican a la industria manufacturera. Así mismo, las PYMES concentran el 60.52% de plazas de empleo [2], frente a la gran empresa, la cual concentra el 40% restante.

Como se cita anteriormente, las pequeñas y medianas industrias son las trascendentales por su capacidad para generar empleo y se perfilan como la mayor fuerza económica, ayudando a reducir la concentración del poder económico y aportando a la fabricación y posicionamiento del producto nacional [1].

Sin embargo de lo expuesto, las PYMES se encuentran en desventaja con relación a las grandes empresas, debido a que la globalización y la actualización de tecnologías, plantean nuevos desafíos que estas deben asumir para asegurar su permanencia en el mercado [1]. Esto lleva a las PYMES a buscar el incremento en su productividad, el desarrollo de su potencial humano, competitividad y sostenibilidad.

La productividad de los trabajadores se mide en el tiempo de fabricación de un producto, si se consume menos tiempo, la producción es más rentable. Las nuevas tecnologías y específicamente la automatización aumentan la eficiencia y la productividad en los procesos industriales [3]. En los años 90, se vivió un aumento de la productividad sin precedentes, pero ese aumento ha puesto en desventaja a las PYMES, las cuales tienen dificultad de llegar a producir a gran escala y bajos costos como lo hacen las grandes fábricas, las cuales aplican una eficiente administración de operaciones en sus procesos [1].

Entre las principales características de las PYMES se tiene que las mismas para ser productivas deben realizar grandes esfuerzos, como por ejemplo exigir a sus trabajadores trabajar en varios turnos, con poca disponibilidad de tecnologías, trabajo bajo presión, escasa planificación del trabajo, poca inversión y reinversión, escasa posibilidad de ahorro, poca o nula posibilidad para la exportación, dificultad para acceder a préstamos y otros servicios financieros [1].

Por otra parte, debido al bajo presupuesto disponible para la gestión medio ambiental, las PYMES han generado una serie de impactos ambientales negativos, entre ellos: emisiones atmosféricas, aguas residuales, generación de residuos no peligrosos y desechos peligrosos gestionados inadecuadamente y contaminación del suelo, entre otros, lo que podría controlarse si no se toman medidas de prevención y mitigación de impacto ambiental; esto hace necesario elaborar planes de acción, los cuales en Ecuador se denominan Planes de Manejo Ambiental [1].

La Empresa “El Salinerito”, constituida en 1978, es una PYME de la Economía Popular y Solidaria, misma que se encuentra ubicada en la Provincia de Bolívar e inició su funcionamiento con la llegada de Don J. Dubach, quien fungió como asesor de la Cooperación Técnica Suiza. Esto dio inicio a las queseras rurales, Dubach tuvo la iniciativa de realizar la distribución en todo el país con lo que se inauguró la primera tienda en Quito “El Salinerito” [4].

Posteriormente se fundaron otras empresas con diferentes giros de negocio como Funorsal, Fundación Familia Salesiana, Grupo Juvenil, Cooperativa de Ahorro y Crédito Salinas, Cooperativa de Producción Agropecuaria, “El Salinerito”, Centro Artesanal de Mujeres Texsal [4]. En la actualidad, dichas entidades están legalmente organizadas y se conformó de Gruppo Salinas, el cual fue creado en el 2006. Debido a que es parte de la EPS dicho Consorcio apoya su éxito en las prácticas de trabajo comunitario y en la solidaridad [4].

La empresa de confitería “El Salinerito”, surge en 1992 como una iniciativa impulsada por el Padre Antonio Polo, quien propuso dar un valor agregado a una materia prima emblemática del Ecuador denominada Cacao Fino de Aroma. De esta manera se comienza

con la producción de pasta de cacao para el comercio en Italia y cacao nacional proveniente del Cantón Echendía [5].

En el Ecuador se puede encontrar la marca “El Salinerito” en las ciudades de Ambato, Cotacachi, Cuenca, Guaranda, Guayaquil, Otavalo, Quito y Santo Domingo de los Tsáchilas [4]. En lo que corresponde a exportaciones, los destinos son: Italia, Japón, EE.UU., Alemania, Suiza, entre otros. Sus líneas de producción están distribuidas en los siguientes ámbitos: lácteos, cárnicos, embutidos, deshidratados, té de hierbas, hongos, aceites, jabones y cremas, textiles, confites, turrone, chocolates, bombones y conservas, de acuerdo con la Revista Líderes del año 2013, la empresa de confitería “El Salinerito” produce aproximadamente seis toneladas mensuales de chocolate [4].

Posteriormente técnicos suizos e italianos capacitaron a la comunidad en la transformación de la pasta de cacao para la elaboración de variedades de chocolate bajo un sistema de producción *-from bean to bar-* que significa aplicar todos los procesos de transformación desde la pepa de cacao hasta que este se convierta en tableta. A través de un proceso artesanal, se conservan las características sensoriales dando origen a un producto de calidad y con tradición e identidad [5].

“El Salinerito” al constituirse una PYME que es parte de la Economía Popular y Solidaria (EPS), se encuentra en proceso de mejoramiento continuo y demanda la ejecución de estrategias que beneficien su productividad, con la finalidad de disminuir los costos de operación, mejorar sus procesos e incrementar la calidad de sus productos.

Actualmente, el proceso de dosificación del producto Funda Surtida Chocolerito de 150 gramos (un clásico mix de chocolate de Salinerito), se realiza de manera manual, colocando los chocolates (aproximadamente 15 unidades que va de diferente gramaje) en la funda de aluminio, lo cual lo realizan tres trabajadores y conlleva la falta de exactitud en el peso del producto, y el reproceso de pesaje a fin de completar el neto del producto para exportación. Además, el proceso actual provoca tiempos muertos o perdidos generados en la actividad de pesaje y repesaje y conteo de chocolates y tiempos perdidos por la espera en el proceso de enfundado y sellado. Por otro lado, existe el contacto de los chocolates con las personas, dando lugar a un riesgo de contaminación cruzada.

De acuerdo con un análisis del nivel de automatización en la industria cuencana se encontró que el mismo, se distribuye como se detalla a continuación: el 48% consiste en operaciones manuales, el 27% es semiautomático, el 18% realizan actividades automáticamente, y el 7% realizan procesos computarizados, con resultados que permiten demostrar un nivel deficiente de tecnología y automatización que está presente en la pequeña y mediana industria [6].

Por lo expuesto, el presente proyecto está dirigido a brindar una solución óptima a la Empresa “El Salinerito” a través de la automatización del proceso de dosificación, lo cual permitirá la optimización del tiempo de empaquetado, recursos materiales y humanos requeridos para el conteo y pesaje de chocolates y evitará las fallas humanas provocadas por el repesaje manual y el contacto del personal con el chocolate. Este objetivo se cumple mediante el diseño y simulación de un prototipo de dosificadora automática con capacidad de 10 kg, con un sistema de control PLC (Controlador Lógico Programable) y un Interfaz HMI.

1.2. Justificación

La dosificación de chocolates en la Empresa “El Salinerito” es realizada por varias personas quienes se toman un tiempo aproximado de 45 segundos para contar y pesar las fundas de 150g de chocolate surtido.

Considerando las limitaciones técnicas, tecnológicas y económicas que tienen las pequeñas y medianas industrias en el país, se busca aportar con una solución, la cual sea técnica y económicamente viable y que a su vez incremente la productividad en el proceso del producto de fundas surtidas de Chocolerito, lo cual se verá reflejado en el incremento de ganancias o excedentes que finalmente serán repartidas bajo el principio de distribución equitativa y solidaria de las comunidades que son parte de la Economía Popular y Solidaria.

A nivel mundial, la automatización industrial constituye una herramienta para mejorar la eficiencia en la división productiva, dado que brinda estrategias para la competitividad en el mundo globalizado y que permite combinar distintas tecnologías para el control de procesos industriales en condiciones normales de operación y en situaciones imprevistas, esto permite la disminución de costos, mejora continua en la calidad de los productos y

prevención de riesgos laborales al liberar al operador de tareas peligrosas que puedan afectar a su seguridad y salud [6].

Por otra parte, las necesidades de los mercados se vuelven cada vez más amplias, lo que obliga a las PYMES a proyectarse siempre a una producción mayor. A través de la automatización de procesos se consigue reducir el producto perdido o fuera de especificaciones, así como reducir el número de operarios expuestos a los riesgos que el proceso conlleva, es así que se lograría reducir notablemente el número de accidentes y enfermedades laborales producidas por la ejecución manual en el proceso.

La automatización del proceso de dosificación, logrará grandes beneficios en el ámbito de seguridad industrial y salud ocupacional, dado que se reduciría la exposición del personal a movimientos repetitivos de conteo; actividad en la que se compromete los músculos y tendones de mano-brazo, los cuales pueden llegar a causar enfermedades laborales musculoesqueléticas. La solución a los problemas antes descritos consiste en la automatización del proceso de dosificación garantizando la sanidad, peso justo del producto, mejorar tiempos de empaquetado y prevenir accidentes y enfermedades laborales.

El presente proyecto propone diseñar una dosificadora automática de chocolates, el mismo que será simulado en un software CAD/CAE (Solid Works), el cual posterior a su validación puede ser fabricado en acero inoxidable AISI 304 muy utilizado en la industria de alimentos, constará de una tolva con 4 compartimientos para las diferentes variedades de chocolates (A,B,C,D), el sistema será controlado por un PLC, un modelo muy versátil en el ámbito industrial, el mismo que controlará los vibradores electromagnéticos ubicados en cada bandeja de alimentación, así como también estará constituido por sensores de proximidad fotoeléctricos para el conteo del producto y finalmente un embudo provisto de un sistema de galgas piezoresistivas para determinar el peso adecuado de cada una de las diferentes variedades de chocolates, los cuales serán combinados para ser empaquetados de forma surtida. Adicionalmente, el prototipo estará provisto de una interfaz hombre- máquina HMI.

Desde el punto de vista social, el presente proyecto constituye un aporte a la iniciativa de la Economía Popular y Solidaria (EPS), dado que constituye un aporte de la Academia a

los principales principios de la EPS, como son la autogestión, el buen vivir y el bien común de la comunidad de Salinas.

1.3. Marco normativo

1.3.1. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 131

Este reglamento describe los requerimientos de seguridad e higiene que debe poseer una máquina para ejecutar procesos de industrias alimenticias, dicho reglamento técnico tiene como objetivo garantizar la seguridad y salud de las personas y del medio ambiente. El mencionado Reglamento incluye dentro de su clasificación con el número 8438.20 a la maquinaria para procesar confites, elaborar cacao y chocolate, por otra parte, el RTE INEN 131 expone que se debe cumplir lo establecido en la Norma UNE-EN 1672-2 vigente en los equipos para procesos de fabricación de alimentos [7]. Acorde con lo establecido en el RTE INEN 131, los elementos electrónicos deben cumplir el requerimiento de protección IP54, según la Norma IEC 60529; así mismo, los elementos desmontables deben permitir un acceso fácil y seguro [7].

1.3.2. Norma NTE INEN 621:2010. Chocolate. Requisitos

En el Ecuador se aplica la Norma NTE INEN 621:2010, la cual establece los requisitos que deben cumplir los chocolates. La mencionada Norma Técnica incluye un glosario de términos y los requisitos que deben cumplir diferentes tipos de chocolate, según el tipo de chocolate a fabricar, y según las características organolépticas que se requiera obtener en el producto final. Los requisitos para chocolates se describen en la siguiente Tabla [8]:

Tabla 1. Requisitos para los chocolates Norma INEN [8]

REQUISITO	Chocolate	Chocolate dulce corriente	Chocolate sin edulcorar	Chocolate para cobertura	Chocolate con leche	Chocolate con leche para cobertura	Chocolate blanco	Método de ensayo
		Min	Min Max	Min	Min	Min	Min	
Manteca de cacao	18	18	50 58				20	NTE INEN 535
Extracto seco desengrasado de cacao	14	12	14		2.5	31		NTE INEN 539
						2.5		

REQUISITO	Chocolate	Chocolate dulce corriente	Chocolate sin edulcorar	Chocolate para cobertura	Chocolate con leche	Chocolate con leche para cobertura	Chocolate blanco	Método de ensayo
	Min	Min	Min Max	Min	Min	Min	Min	
Materia grasa de leche					3.5	3.5		
Extracto seco negro de leche					10.5	10.5	10.5	NTE INEN 539
Materia grasa total					25	31	24.5	NTE INEN 535

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

1.3.3. Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 284, “Cantidad de producto en pre-empacados/pre-envasados”

El Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN, a través de la metrología legal establecida en el presente RTE, busca garantizar la veracidad de la información presentada a los consumidores en la rotulación de cantidad o contenido de productos [9]. Con esto se garantiza al consumidor la cantidad exacta de los productos en pre-empacados/pre-envasados.

“El Reglamento Técnico Ecuatoriano 284, establece los requisitos metrológicos, métodos de prueba y procedimientos para la verificación de los contenidos netos de productos pre-envasados y pre-empacados nacionales e importados” [10], con el propósito de evitar engaño a los consumidores.

De acuerdo con el RTE 284 los productos pre-empacados son aquellos que han sido medidos antes de ser distribuidos al consumidor y se expenden en un empaque cerrado [9].

En el Reglamento Técnico antes mencionado se define al Contenido Neto como “la cantidad de producto (masa o volumen) sin considerar la tara (masa) del envase/ empaque” [9] y como Contenido Neto Real a “la cantidad de producto que de hecho contiene un preenvase/ preempaque” [9], por otro lado, se define al Contenido Neto

Nominal o contenido neto declarado (Q_n) “a la cantidad de producto en un preenvase/preempaque declarado en la etiqueta del envase” [9].

Adicionalmente el RTE 284 define la Tara como “la masa que corresponde al envase y que se deduce para determinar el contenido neto de un producto preenvasado/preempaquetado”. Así también describe que la verificación consiste en “la constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado” [9].

La verificación antes descrita se debe realizar a productos preenvasados/preempacados, terminados y listos para su comercialización [9].

El incumplimiento de lo establecido en el RTE en mención es sancionado por la Ley No. 2007-76 del Sistema Ecuatoriano de la Calidad y demás normas aplicables y vigentes, y el tipo de sanción dependerá del tipo de infracción y del nivel riesgo a la salud de los consumidores [9].

1.4. Marco referencial

La industria de chocolate ha crecido a nivel nacional e internacional. En el país se tiene la presencia de empresas altamente competitivas como Confiteca, La Universal, y Ecuacocoa (nacionales) y como Nestlé y Ferrero (multinacionales) [11].

El caso particular de “El Salinerito”, es un tema de estudio debido a que se trata de la primera fábrica de la EPS, que según lo establecido en la Ley Orgánica de la Economía Popular y olidaria (Registro Oficial 444), constituye una forma de “organización económica, en la cual los integrantes, individual o colectivamente, organizan y desarrollan procesos de producción, intercambio, comercialización, financiamiento y consumo de bienes y servicios, para satisfacer necesidades y generar ingresos, basadas en relaciones de solidaridad, cooperación y reciprocidad” [12], la cual considera como prioridad al trabajo y al ser humano, basada en el buen vivir, la protección del medio ambiente, sin ánimo de lucro y apropiación o acumulación de capital [12].

La industria “El Salinerito” se encuentra ubicada en la Parroquia Salinas, Cantón Guaranda, Provincia de Bolívar y se encuentra en funcionamiento desde el año 1992, en el cual dos chocolateros de origen suizo, colaboraron con la comunidad y enseñaron a los trabajadores de la Fundación Familia Salesiana Salinas sus técnicas y recetas [13].

Durante más de 20 años la empresa ha producido derivados del cacao, turrone, chocolates, y mermeladas de buena calidad los cuales se han posicionado en el mercado nacional e internacional [13]. Cuando se iniciaron sus actividades “El Salinerito” solamente se dedicaba a la fabricación y venta de productos lácteos y sus derivados [13].

Al igual que el resto de emprendimientos del Gruppo Salinas, la Empresa “El Salinerito” ha otorgado valor agregado a las materias primas nacionales como el cacao y ha fortalecido y mejorado la calidad de vida de los productores y campesinos de la comunidad de Salinas de Guaranda a través de la creación de fuentes de trabajo directo e indirecto, con lo que se ha reducido los índices de migración de los campesinos a las urbes [13].

Actualmente, la fábrica cuenta con infraestructura moderna, personal capacitado y competente y maquinaria semi-industrial tendiendo siempre a la mejora continua, cumpliendo con las normas de calidad exigidas tanto a nivel nacional como internacional [13].

“El Salinerito” forma parte de la Fundación Familia Salesiana Salinas y esta a su vez del Gruppo Salinas. Las empresas de este grupo se dedican a actividades educativas, sociales y pastorales [13].



Figura 1. Mapa del Cantón Guaranda [14]

En la comunidad de Salinas se ha llevado a cabo un desarrollo rural integral con equidad y sostenibilidad, en tal razón sus procesos son considerados un modelo dentro de la Economía Popular y Solidaria que fue impulsada por el Estado ecuatoriano.

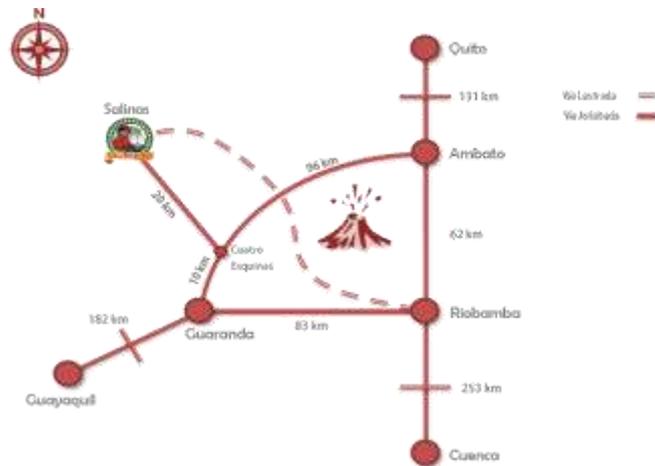


Figura 2. Ubicación de la empresa “El Salinerito” [13]

Esta fábrica de confites elabora diversos productos de chocolate como grageas, tabletas, presentaciones y bombones de sabores exóticos, como el pájaro azul (el licor típico de Bolívar), o el maracuyá, turrone de miel de abeja, galletas de soya, y mermeladas entre otros, los cuales los realizan de forma artesanal, utilizando como materia prima el Cacao Ecuatoriano [13].

Dentro de la gama antes mencionada se encuentra el producto Fundas de Chocolate Chocolerito (mix de chocolate surtido), el cual es empaquetado manualmente con 4 unidades de chocolate de trufa que para efectos del proyecto se denominará chocolate A, 5 unidades de chocolate de frutas denominados C, 5 unidades de chocolate de leche o chocolate D, hasta alcanzar un peso neto de aproximadamente 145 gramos.

Por lo expuesto, con el objetivo de cumplir lo exhortado en el RTE 284 en relación a la veracidad del contenido del producto, se requiere adicionar 1 o 2 unidades de chocolate pequeño (Chocolate B) de 5 gramos, a fin de completar el peso neto rotulado en el empaque de 150 gramos, con esto se busca cumplir, además, las especificaciones del producto para exportación.



Figura 3. Producto funda Chocolerito [5]

La industria del envasado y empaquetado se ha vuelto más exigente en lo que respecta a la precisión y productividad, por lo que ha sido necesario intervenir los equipos tradicionales con ecologías más avanzadas [15].

En este contexto, los fabricantes de equipos de dosificación y empaquetado han visto la necesidad de desarrollar mecanismos para aumentar la calidad, precisión y eficiencia de sus procesos y productos, manteniendo la inversión [16].

El proceso actual de empaquetado de chocolates en “El Salinerito” consiste en recibir el producto clasificado de acuerdo al tipo de chocolate (chocolate de trufa – A, chocolate de fruta- C, chocolate de leche - D), posteriormente se procede a tomar la funda de aluminio y contar 4 unidades de chocolate A, 5 unidades de chocolate C y 5 unidades de chocolate D. Una vez llena la funda se procede a pesar en una balanza electrónica, con el objetivo de verificar que el peso neto sea 150 gramos. En ocasiones el peso neto no cumple esta especificación, por lo que el trabajador debe añadir 1 o 2 unidades de chocolate B, el cual pesa 5 gramos, con la finalidad de completar el peso mínimo de 150 gramos.

1.5. Marco teórico

1.5.1. Proceso de producción del chocolate

De acuerdo con la Norma Técnica NTE INEN 621, el chocolate se lo define como nombre genérico de aquellos “productos homogéneos que se alcanzan por un proceso de fabricación a partir de materias de cacao que pueden combinarse con productos lácteos,

azúcares y/o edulcorantes, emulsionantes, aromas; excepto aquellos que imiten el sabor natural de chocolate o leche” [8].

El chocolate es un producto alimenticio obtenido a partir de la mezcla de sacarosa con los derivados del cacao los cuales son la masa y manteca del mismo. Existen varias clasificaciones del chocolate, la más general lo categoriza como chocolate negro, chocolate con leche, chocolate blanco, chocolate rosado y chocolate relleno [8].

En el proceso de producción del chocolate se debe tener en cuenta que las materias primas deben ser inocuas; y estar libres de residuos de pesticidas, plaguicidas y otras sustancias tóxicas, las cuales no deberán exceder los límites establecidos por el Codex Alimentario y el FDA [8]. De acuerdo con la misma NTE la elaboración de chocolates debe realizarse en condiciones óptimas y con los equipos adecuados para este tipo de procesos, además el chocolate resultante debe estar exento de contaminantes, sustancias tóxicas o no permitidas, fragmentos de cáscaras y semillas y libres de minerales [8].

La primera etapa de la producción del chocolate es la preparación del cacao, la cual se conforma de tres subprocesos: tostado, molido y soplado.

Durante el tostado del cacao se introduce el mismo con cáscara en un horno de tipo giratorio que funciona a diésel por 45 minutos, a una temperatura comprendida entre 80-90°C, la cual es medida por un termómetro de control incluido en el horno [17].

El molido consiste en pasar el cacao tostado a través de un molino para alcanzar su trituration hasta un nivel determinado y que sea más fácil quitarle la cáscara naturalmente [17].

Posteriormente, el cacao pasa a la fase de soplado o conchado, la cual consiste en separar el cacao de su cáscara, por diferencia de peso, una vez que termina este proceso el material pasa a la etapa de producción de chocolate. Este proceso se realiza utilizando una ventilación de los granos para separar las cáscaras de toda la “pepa” del cacao [17].

En el proceso de refinado, el cacao antes descrito pasa a través de un molino, aplasta el cacao hasta formar una pasta blanda [18].

Para la refinación de chocolate se emplea refinadores de rodillo o molinos de bola, cuya función es reducir considerablemente el tamaño de la masa de cacao y cualquier otro ingrediente y mezclar uniformemente los ingredientes tales como azúcar o leche en polvo o mantequilla [18].

La pasta de cacao es modelada sobre una mesa giratoria hasta alcanzar la forma de tableta. Las tabletas resultantes deben reposar a temperatura ambiente para que se enduren y sean empacadas [17].

1.5.2. Diseño mecánico

El proceso de diseño consiste en buscar el medio para resolver una necesidad o un problema específico. Según Richard G. Budynas el producto, máquina o equipo diseñado [19]: “debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse”.

En la siguiente figura se presentan el proceso de diseño mecánico:

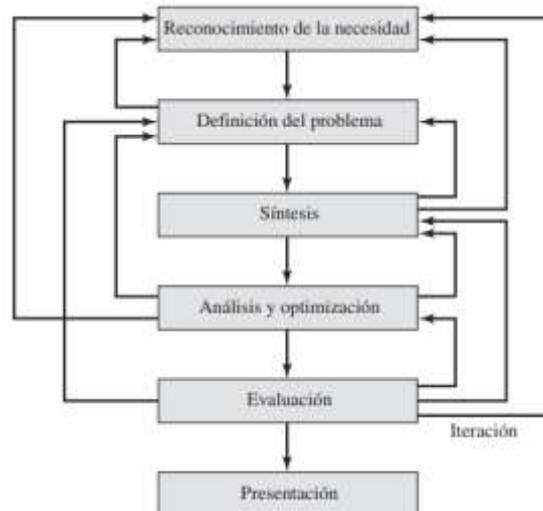


Figura 4. Fases del proceso de diseño que reconocen múltiples retroalimentaciones e iteraciones [19]

1.5.2.1. Consideraciones de diseño

Para realizar un diseño mecánico se requiere subdividir relaciones complejas en una sucesión de elementos simples. En primera instancia se debe abordar la naturaleza del diseño en general, luego se debe considera la parte mecánica con base en los principios de la ingeniería. Para ejecutar esta compleja tarea el diseñador debe apoyarse en recursos

tales como fuentes de información y programas de diseño asistido por computadora [19]. Además es necesario considerar aspectos de incertidumbre representados generalmente por el factor de diseño y el factor de seguridad [19].

De manera general, se debe considerar uno o varios de esos factores de acuerdo con el tipo de diseño seleccionado, se debe elegir el factor más crítico. Algunas características que influyen en el diseño de elementos o sistemas de una máquina automática y que se debe tener en consideración son los siguientes: condiciones térmicas, corrosión, desgaste, fricción o rozamiento, resistencia, confiabilidad, utilidad, costo, seguridad, peso, ruido, estilización, tamaño, flexibilidad, control, rigidez, acabado de superficies, lubricación, mantenimiento y volumen, entre otros [20].

Algunos de los factores antes descritos tiene relación directa con: dimensiones, material, procesos de fabricación, ensamble de los elementos, los cuales al estar relacionados indican sobre la configuración total del sistema [19].

Para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos es absolutamente necesario contar con las herramientas y recursos disponibles para resolver requerimientos de diseño, entre ellos, microcomputadoras y softwares, además es necesario contar con la información técnica [19].

1.5.2.2. Ingeniería asistida por computadora (CAD)

La ingeniería asistida por computadora está basada en el uso de software (CAD), los cuales permiten el desarrollo de modelos tridimensionales (3D), mediante los cuales pueden producirse representaciones gráficas convencionales en dos dimensiones con las cuales son dimensionadas de forma automática [19].

Entre las ventajas de los softwares CAD se tiene que a partir de los modelos 3D se pueden generar las trayectorias, las partes, los prototipos de máquinas, además permiten cálculos rápidos y exactos de varias propiedades del prototipo como son: la masa, el centro de gravedad, los momentos de inercia, áreas y distancias [19].

En el mercado existe diversidad de software de CAD como: Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, entre otros, “algunos paquetes de

computadora realizan análisis de ingeniería específicos y/o tareas de simulación que ayudan al diseñador, pero no se consideran una herramienta para la creación del diseño como lo es el CAD” [19].

1.5.2.3. Automatización Totalmente Integrada (Totally Integrated Automation Portal)

TIA Portal es una herramienta cuya utilidad consiste en “integrar distintas aplicaciones de software industrial para procesos de producción en un mismo interfaz lo que facilita el aprendizaje, la interconexión y la operación”[21], entre sus ventajas se tiene que permite gestionar los datos de manera conjunta, el manejo consolidado de los programas, junto con los datos de configuración y visualización, así como la carga de los datos en los dispositivos, la configuración y el diagnóstico asistidos por gráficos [22].

De acuerdo a las necesidades del diseño y los requerimientos concretos de la industria, a la aplicación TIA Portal se le pueden ir añadiendo nuevas funcionalidades [21].

El TIA Portal es un software que consolida varios productos SIMATIC utilizados para todas las áreas involucradas en el desarrollo de una automatización, lo que da como resultado el incremento de la productividad y la eficiencia del proceso [23].

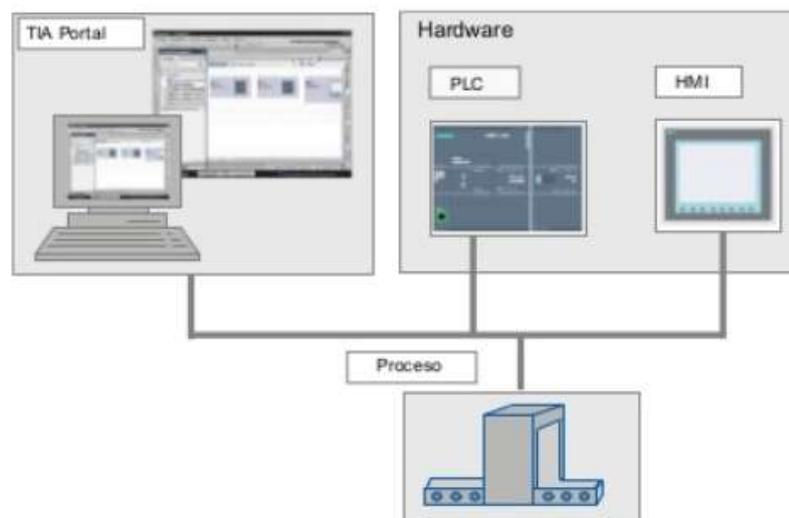


Figura 5. Interfaz Hombre- Máquina (HMI) [23]

1.5.2.4. Modelado por elementos discretos (Rocky DEM)

El método de elementos discretos (DEM) es utilizado para la simulación de materiales granulares, por que brinda una alta fidelidad en el modelamiento de partículas, este parte de la hipótesis que el material se puede representar por la interacción de un conjunto de partículas rígidas, siendo en su formulación básica esferas o cilindros [24].

El comportamiento general del sistema está dado por leyes de cohesión y fricción entre las partículas. El método se basa en la aplicación de algunas ecuaciones como son: de movimiento, de integración, fuerzas de contacto, fuerza normal, fuerza tangencial y amortiguamiento, entre las principales [24].

Se puede requerir simular sistemas con cientos de miles o millones de partículas que interactúan entre sí, en estos casos una de las dificultades de utilizar elementos discretos es que aumenta el tiempo de cómputo utilizado en una simulación exorbitantemente [24].

Mediante la aplicación de DEM se logra generar información necesaria para observar mecanismos gobernados por flujos de partículas, donde la naturaleza discreta de las simulaciones numéricas sirve para la comprensión del movimiento granular, lo cual se puede utilizar para mejorar el diseño y operación de sistemas que involucran material granular. En este método a nivel de cada partícula se hace uso de la mecánica del cuerpo rígido donde cada elemento discreto se considera un cuerpo rígido en sí [25].

Para el DEM, se considera que cada partícula puede tener dos tipos de movimiento: traslación y rotación, el cual es resultado de la interacción entre las partículas vecinas, paredes y/o con un fluido [25].

En la siguiente figura se representan las fuerzas actuando sobre las partículas Donde $F_{ci,j}$ y $M_{i,j}$ son las fuerzas de contacto y torque actuando entre la i -ésima y la j -ésima partícula o pared, $F_{i,k}^{nc}$ son las fuerzas de no-contacto actuando sobre la partícula i -ésima por algún otra k -ésima o incluso el medio, F_i^f es la fuerza de interacción entre el fluido y la i -ésima partícula, finalmente F_{gi} es la fuerza gravitacional sobre la i -ésima partícula, v_i y v_j son las velocidades tangenciales de las i -ésima y j -ésima partículas respectivamente, ω_i y ω_j son las velocidades angulares de la i -ésima y j -ésima partículas respectivamente, h es

referencial para determinar que la i -ésima partícula está sin contacto de la j -ésima partícula o medio pero aun así hay fuerza entre sí [25].

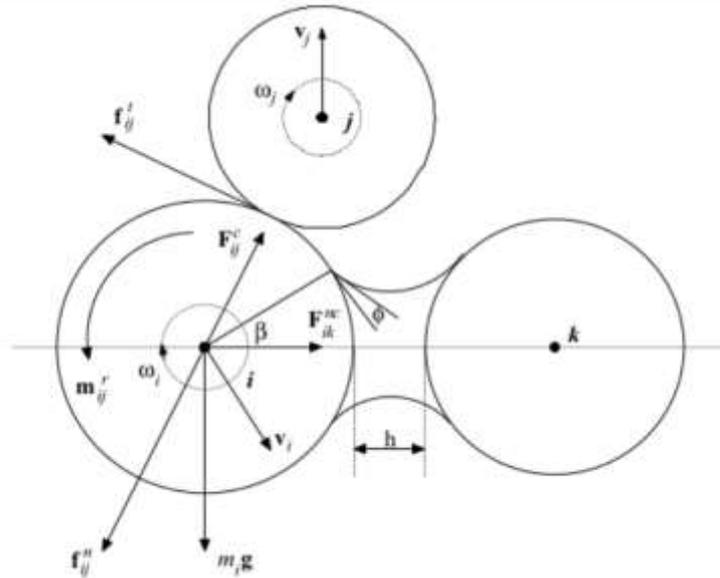


Figura 6. Esquema de fuerzas actuando sobre las partículas [25]

1.5.2.5. Confiabilidad

El método de confiabilidad de diseño consiste en conocer o determinar la distribución de las cargas que ejercen los diferentes pesos para relacionarlas con las resistencias que brindan los elementos y sus materiales de diseño con el objetivo de lograr un índice de confiabilidad mayor a uno [19].

La confiabilidad denominada como R se expresa mediante la ecuación que se presenta a continuación:

$$R = 1 - p_f \tag{1}$$

Donde, p_f es la probabilidad de falla. El valor de R puede estar en el rango $0 \leq R \leq 1$. Una confiabilidad de $R = 0.90$ significa que hay una probabilidad del 90 por ciento que el elemento diseñado no presente fallas [19].

1.5.2.6. Teoría de Von Mises o máxima tensión

La tensión de Von Mises es una magnitud física directamente proporcional a la energía de distorsión, consiste en una teoría de fallo, muy utilizada comúnmente como indicador de un óptimo diseño para materiales maleables [26].

En Solid Works, el criterio de máxima tensión de Von Mises se basa en la teoría de la energía de cortadura o de distorsión máxima, la cual se representa de la siguiente manera [26]:

$$\sigma_{vonMises} = \sqrt{\frac{[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]}{2}} \quad (2)$$

Cuando al límite de tensión de un material dúctil es igual a la tensión de Von Mises, dicho material comienza a ceder en una ubicación específica [26]. El software permite utilizar el límite de tensión de tracción/ruptura o establecer un límite de tensión especificado previamente [26].

$$\sigma_{von Mises} \geq \sigma_{limit} \quad (3)$$

El comportamiento del límite elástico depende de la temperatura, por lo que aquel valor debe considerar la temperatura del componente. El factor de seguridad para una ubicación en específico se calcula con base en la siguiente Ecuación [26]:

$$Factor\ de\ seguridad\ (FDS) = \sigma_{limit} / \sigma_{von\ Mises} \quad (4)$$

1.5.3. Automatización

Se define la automática como “el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas” [27]. De este concepto se deriva la definición de automatización [27].

La automatización industrial consiste en la implementación de equipos tecnológicos que pueden ser capaces de desarrollar una tarea en uno o varios procesos con o sin la intervención del ser humano, estos sistemas están provistos de herramientas de control que garantizan la operación adecuada del equipo o máquina [28].

La automatización de procesos surge como una solución al requerimiento de optimizar la productividad y la competitividad empresarial, el constante cambio en los mercados y la exigencia de los clientes, lo cual hace que los empresarios busquen una opción para brindar calidad constante en el producto, la automatización a su vez genera reducción de costos e independencia del ser humano para la realización la tarea.

A continuación, se describe cinco niveles de automatización. El nivel de campo constituye el primero e incluye los mecanismos o elementos físicos, como los actuadores y sensores. El segundo nivel o es el nivel de control, el cual hace referencia a los dispositivos controladores entre ellos ordenadores, Controlador Lógico Programable o PLC, Controlador proporcional, integral y derivativo también denominado PID, entre otros [29].

El tercer nivel o nivel de supervisión y control corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) [29]. En el penúltimo nivel se encuentra la planificación a través de sistemas de ejecución de la producción (MES) y por último en la cúspide se presentan los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP) [29].



Figura 7. Niveles de automatización [29]

Las industrias manufacturera y de procesos son las que utilizan en su mayoría la automatización de sus procesos; en las manufactureras es muy común encontrar máquinas y herramienta de control numérico por ordenador, por su parte, las industrias

de procesos, en especial las fábricas de producción continua, como la industria petroquímica, cementera, de la alimentación, farmacéutica entre otras, las cuales aplican algoritmos de control avanzado o salas de control mediante simuladores [27].

En general, las industrias realizan la optimización del proceso con la finalidad de mejorar la calidad, mientras que otras se centran en el objetivo de reducir costos [30].

En conclusión, la “automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado” [31].

La automatización de procesos permite aumentar la calidad de los productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir la cantidad de producto no conforme y por ende mejorar la rentabilidad, por otra parte, se pretende reducir la mano de obra, lograr mayor eficiencia, incremento de la productividad y competitividad.

1.5.4. Acero inoxidable

Es una aleación de hierro, cromo, carbono, y otros elementos, tales como molibdeno, manganeso, níquel, silicio y titanio, entre otros elementos opcionales, que les confieren características de resistencia a la corrosión [32]. Cada uno de los elementos antes descritos dependiendo de su porcentaje de composición, presentan distintas propiedades.

De acuerdo con la Norma EN 10088 los aceros inoxidables son aleaciones férreas que contienen una proporción de cromo del 10.5 % o mayor [32]. El acero es un material que permite ser soldado, doblado y cortado, además su fácil limpieza y casi nula corrosión amplía su uso industrial.

La capacidad de formar una capa pasiva o película adherente y estable de óxido de cromo, protege el acero en un ambiente oxidante, lo cual proporciona una buena resistencia a la corrosión. Esta película pasiva se denomina cromita, la cual se reconstruye cuando está dañada manteniendo una protección permanente del acero [32].

Además de poseer cromo, existen más aleaciones que brindan diferentes características al acero como se presenta a continuación:

Tabla 2. Principales elementos de aleación y su influencia [33]

Cromo	Níquel	Molibdeno
Brinda resistencia a la corrosión y de la formación de la película de óxido. No da un aporte significativo en la resistencia a altas temperaturas y a la deformación lenta de un material.	Resistencia general a la corrosión en líquidos no oxidantes. Mejora la tenacidad y la ductilidad. Junto al Cromo, permite mejorar las propiedades mecánicas. Aumenta la resistencia eléctrica, la capacidad de ser soldado, y la fatiga. Reduce la conductividad del calor.	Mejora la resistencia a temperaturas elevadas y a la deformación lenta de un material. Mejora la resistencia general a la corrosión en medios no oxidantes, y la resistencia a la corrosión por picadura en todos los medios.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Entre las principales clasificaciones de los aceros inoxidable se encuentran la AISI (por sus siglas en inglés, American Iron and Steel Institute) y la SAE (por sus siglas en inglés, Society of Automotive Engineers) [29], dichas clasificaciones se presentan en la siguiente Tabla:

Tabla 3. Clasificación de los aceros inoxidable según la AISI [32]

Serie	Composición y características
2XX	Cr-Ni-Mn; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
3XX	Cr-Ni; no endurecibles, austeníticos, no magnéticos
4XX	Cr; endurecibles, martensíticos, magnéticos
4XX	Cr; no endurecibles, ferríticos, magnéticos
5XX	Cr; bajo cromo, resistentes al calor

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

CAPÍTULO II

PROCESO DE DISEÑO

2.1. Sistemas de dosificación

Son sistemas utilizados para pesar y medir las cantidades de un material o producto, para poder optimizar la producción y la calidad del producto, son utilizados en distintas industrias como la alimenticia, química o farmacéutica. Están diseñados para tratar el producto terminado o la materia prima.

Constituye un equipo comúnmente utilizado en líneas de producción, cuya función es suministrar de forma continua, la cantidad exacta de insumos requeridos para la fabricación de un producto, lo que permite optimizar recursos [34].

2.1.1. Dosificación volumétrica

Estos sistemas no miden la masa, sino que funcionan basados en el volumen, por esa razón, deben ser calibrados antes de cada uso. Además, estos dosificadores no son capaces de compensar de forma automática la variación en la densidad de los materiales o insumos, este tipo de dosificación es recomendable para procesos con polvos de fácil deslizamiento, granos, entre otros [34].

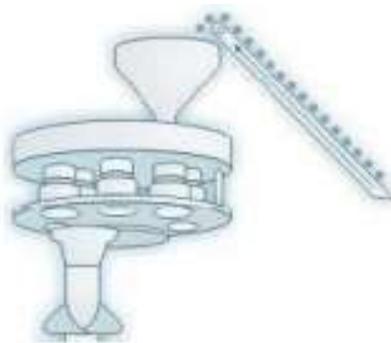
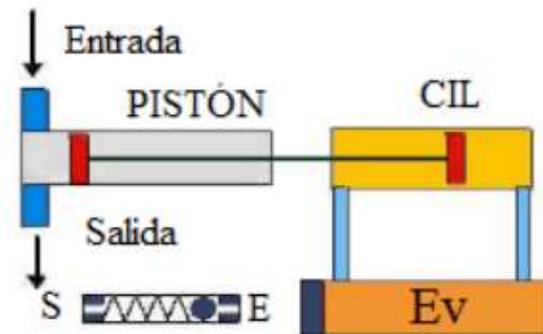


Figura 8. Sistema de dosificación volumétrica [6]

En este tipo de sistemas se basa en el llenado de un depósito de volumen fijo y descargar ese contenido la cantidad de veces necesarias para completar el volumen a dosificar. La relación entre el peso específico y volumen desplazado proporciona los centímetros cúbicos medidos [35].

En el siguiente esquema se presenta un dosificador volumétrico:



Ev = Electroválvula CIL = Actuador neumático S = Salida E = Entrada

Figura 9. Dosificador volumétrico [34]

2.1.2. Dosificación por peso

Este tipo de sistema de dosificación posee bandejas de alimentación las cuales se accionan a partir de vibraciones leves y constantes, de esta manera proporciona un trato sutil al producto, su funcionamiento se basa en una entrada analógica y de un microcontrolador lo que hace este tipo de dosificación muy precisa, son ideales para trabajar con productos sólidos [34].



Figura 10. Sistema de dosificación por peso [36]

Los dosificadores de sólidos aseguran un caudal constante y preciso de productos. Su diseño es sencillo y requiere de poco espacio para su implementación, lo cual le permite una fácil adaptabilidad a todas las condiciones [34].

Existen varios tipos de dosificador entre ellos: a tornillo sin fin, a pistón, por gravedad, dosificador por medio de balanza multicabezal, a tornillo y balanza, dosificador con canales vibratorios [34].

Los dosificadores provistos de balanza multicabezal tienen mayor precisión y rapidez para el dosificado de sólidos homogéneos y no homogéneos [37]. Se utiliza para envasar sólidos en general, entre ellos: snacks, caramelos, gomitas [34].



Figura 11. Dosificador por medio de balanza multicabezal [38]

Los dosificadores en la industria sirven para suministrar de forma precisa y automáticamente el producto, dependiendo del producto a envasar se debe elegir entre los distintos tipos de dosificadores.

El dosificador de balanza multicabezal consiste en varios depósitos donde se coloca el producto a envasar, y posee celdas de carga en su interior, en este tipo de dosificados, cada recipiente tiene un peso menor que el del envase, por lo que se realiza una combinación de los distintos pesos que contiene cada depósito hasta llegar al peso esperado [16].

2.2. Tolva

La tolva es un dispositivo destinado al depósito y canalización de materiales, este elemento generalmente tiene forma de embudo [34].

Las tolvas son equipos que se usan para almacenar y descargar materiales granulados o sustancias líquidas, son utilizados en industrias como cementeras, agrícolas, alimenticias

entre otras. Las tolvas poseen formas circulares y piramidales que son usadas con mayor frecuencia [39].

Entre las condiciones para el diseño de tolvas están elementos como [39]:

- Capacidad de almacenamiento
- Densidad aparente del mineral
- Inclinação de la tolva
- Ángulo de reposo del material
- Material de construcción de la tolva

2.3. Sistema de transporte

El sistema de transporte tiene la función de trasladar el material desde la tolva hasta el sistema de pesaje de manera continua, por esta razón es uno de los componentes más importantes del diseño de una máquina dosificadora. Este sistema está conformado por dos elementos: un vibrador electromagnético y una bandeja transportadora, como se puede evidenciar en la siguiente figura [40]:



Figura 12. Bandeja transportadora [40]

Los vibradores electromagnéticos se basan en el principio de la unión de dos componentes másicos: una masa móvil que es la bandeja y una fija que es una pieza robusta de fundición que en su interior posee elementos de vibración, los cuales se unen a través de un medio elástico [41].

La unión de estas masas produce un movimiento vibrante, que se transmite a la bandeja produciendo un deslizamiento de los materiales [41].

El sistema de control del mismo regula el número de vibraciones y a su vez la caída de producto que se encuentra en la bandeja conectada, en este proceso la amplitud de vibración está fijada por un potenciómetro, este rectifica la corriente alterna y produce la excitación del núcleo electromagnético [41].

2.4. Sensores de proximidad

Son dispositivos que de acuerdo con Bernal S. tienen como objetivo advertir “que a su entrada se ha alcanzado un determinado valor umbral de la magnitud física aplicada a la misma”, a través de un cambio de estado de su salida [42].

De acuerdo con la tecnología que utilizan pueden clasificarse de acuerdo con el siguiente esquema:

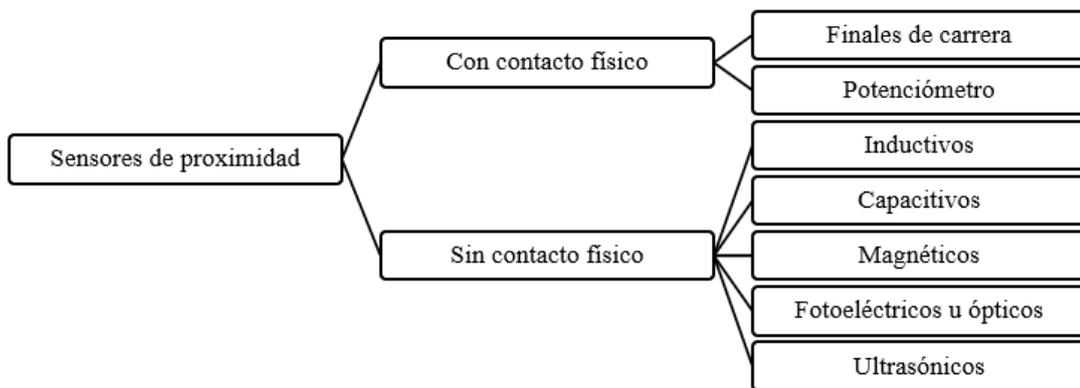


Figura 13. Clasificación de sensores [42]

2.4.1. Sensores ópticos fotoeléctricos

Son detectores a través de medios ópticos y electrónicos detectan objetos, su funcionamiento se basa en la generación de luz por medio de un componente emisor, y otro componente fotosensible, el cual recepta la luz, cuando el haz de luz es interrumpido o reflejado por un objeto se produce la detección del mismo [43].

La ventaja de estos tipos de detectores/ sensores está en que pueden ser usados para la detección de un objeto de cualquier naturaleza sea este metálico o no metálico (opaco, transparente, reflectante, etc.), además el objeto es detectado a cualquier distancia a la que se encuentre.

Estos dispositivos ópticos o fotoeléctricos están constituidos de cinco componentes: emisor de luz, detector de luz, lentes, circuito lógico y dispositivo de salida como se observa en la siguiente figura:

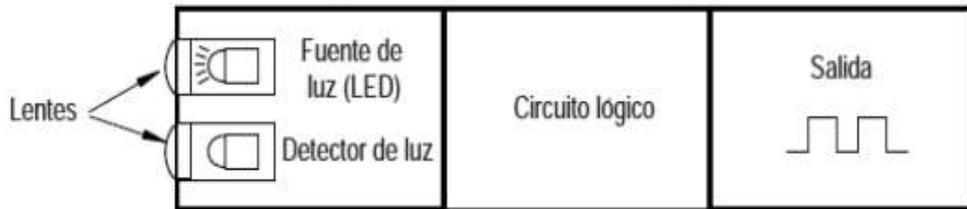


Figura 14. Componentes de un Sensor Fotoeléctrico [43]

2.4.2. Sensores de proximidad inductivos

Estos detectores se basan en el mecanismo de conmutación electrónica sin contacto ni anclaje mecánico a la parte que los acciona [42]. Son utilizados para detectar cualquier objeto ferroso (metálico o conductor eléctrico) a cierta distancia sin necesidad de contacto. En este caso el propio sensor emite una señal magnética [42].

Este tipo de sensores tienen un alcance o distancia a la que pueden detectar el objeto, la cual varía entre 0.8 y 250 mm, así también, el material del que esté constituido influye sobre la detección. Este tipo de sensores son insensibles a la suciedad pero sensibles a campos magnéticos cercanos lo cual pueden provocar interferencias, y su vida útil no depende del número de detecciones ya que no se produce desgaste [44].

2.4.3. Sensores de proximidad capacitivos

Estos están recomendados para la detección de materiales aislantes, lo que es posible gracias a que su cabeza detectora está conformada por electrodos (capacitiva) [44]. El principio de funcionamiento se basa en un condensador como elemento activo, el cual está hecho de electrodos metálicos en forma de discos y una pantalla metálica semiabierta en forma de vaso. Cuando se introduce el material dentro de la zona activa, frente al sensor, la capacidad del condensador cambia de valor. La sensibilidad se puede ajustar mediante un potenciómetro [44].

El alcance o distancia a detectar depende del grosor de la placa de metal conectada a tierra; la detección típica suele ser entre 5 y 20 mm. Estos detectores son sensibles a la

suciedad y su vida útil es muy elevada debido a que no existen elementos mecánicos que se puedan desgastar [44].

2.5. Celdas de carga

Es un sensor, utilizado para transformar una fuerza en una señal eléctrica, dicha conversión se realiza como se describe a continuación: en primera instancia, la fuerza que se desea medir deforma la galga extensiométrica mediante un dispositivo mecánico y en segundo lugar la galga extensiométrica convierte dicha deformación física o geométrica en una señal eléctrica. Esto produce un cambio de resistencia en la galga que se mide en un circuito denominado puente de Wheatstone [45].

La señal eléctrica antes descrita generalmente es de pocos mili voltios por lo que se requiere amplificarla mediante amplificadora, para calcular la fuerza aplicada la traductor, a la salida del mismo se conecta en un algoritmo [45].

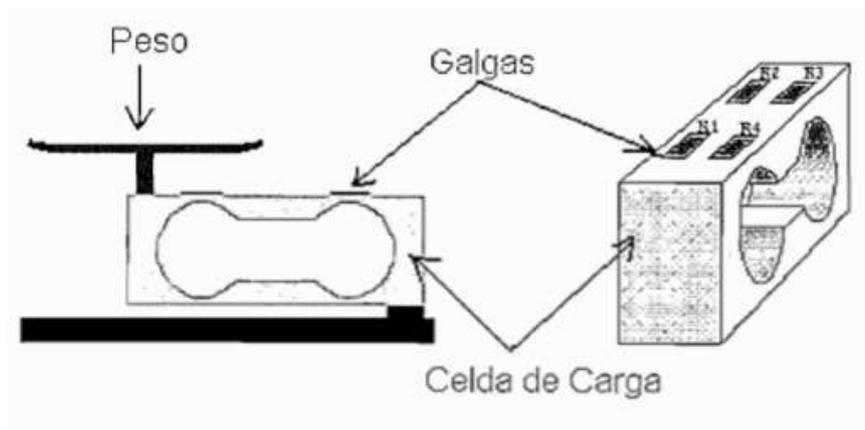


Figura 15. Celda de carga y sus partes constitutivas [46]

A través de la galga extensiométrica se puede medir la deformación por efecto de fuerzas como de compresión, tracción y flexión, es decir que la galga constituye el transductor pasivo propiamente dicho.

Están formadas por una base muy delgada no conductora sobre la cual va adherido un hilo metálico muy fino, de forma que la mayor parte de su longitud está distribuida paralelamente a una dirección determinada [47].

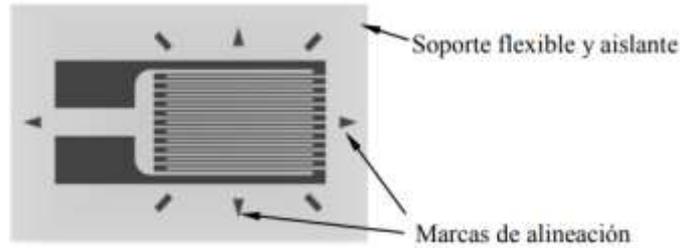


Figura 16. Galga extensiométrica [41]

2.6. Actuadores neumáticos

Estos equipos utilizan aire comprimido para realizar su trabajo de desplazamiento. El funcionamiento del actuador consiste en el ingreso de aire a presión, el cual ingresa por la abertura de la cámara posterior, esta acción llena dicha cámara y esto genera el avance del vástago linealmente [48].

Los actuadores neumáticos se dividen en dos grupos generales que son: actuadores de simple efecto y de doble efecto.

Los actuadores de simple efecto tienen un único sentido de trabajo, el retroceso del mismo está dado la mayoría de veces por un resorte. Por lo general su vástago es muy delgado y no supera los 100 milímetros de carrera [48].

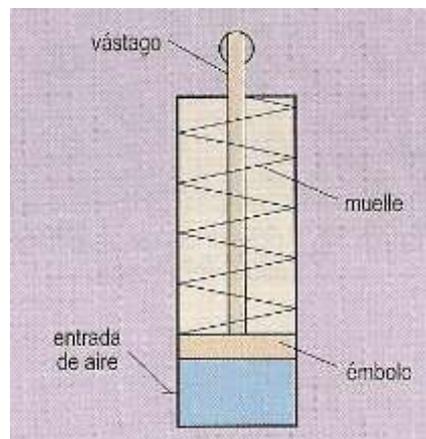


Figura 17. Actuador neumático de simple efecto [49]

Por su parte, en los actuadores de doble efecto el aire comprimido entra en diferentes cámaras lo que le proporciona un movimiento controlado tanto de salida como de entrada al vástago, por esta razón, tiene aplicaciones más extensas que el de simple efecto con muelle de retorno[48].

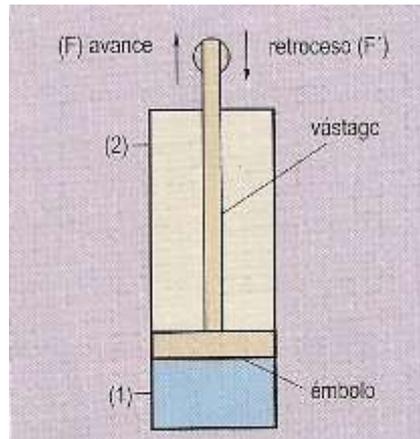


Figura 18. Actuador neumático de doble efecto [49]

2.7. Electroválvula

Las electroválvulas están conformadas por un acople entre un sistema electromecánico solenoide o electroimán de accionamiento, el cual está unido a una válvula de distribución neumática [50]. Las electroválvulas se clasifican como se describe a continuación:

- Electroválvulas 2/2 vías- monoestable. En estado de reposo se encuentra cerrada. Válvula de asiento accionada unilateralmente [50].
- Electroválvula 3/2 vías- monoestable. La válvula está abierta en reposo. Se llama también válvula de asiento y es accionada unilateralmente [50].
- Electroválvula 4/2 vías- monoestable. Consta de 2 electroválvulas de 3/2 vías, su función es controlar un actuador de doble efecto u otras válvulas [50].
- Electroválvula 5/2 vías- monoestable. Posee un sistema constructivo distinto al de la electroválvula 4/2 vías, sin embargo se utiliza para funciones iguales [50].

2.8. Sistemas de control de la dosificadora

Es necesario que la máquina dosificadora esté comandada por un sistema integrado de control, el cual emitirá órdenes en conjunto, a todos los sistemas electromecánicos para obtener precisión en la actividad que va a realizar la máquina.

Para esta operación existen dos posibles alternativas de control que se describe a continuación.

señales de los módulos de salida también denominados actuadores, los mismos que actúan sobre el proceso, supervisando nuevamente el estado de los sensores [50].

Entre las ventajas de un PLC se tiene que permite desarrollar automatismos lógicos y control de procesos en tiempo real, sea este de tipo combinacional o de tipo secuencial, además presenta la facilidad de utilizar la lógica programada y no la cableada, introducir cambios fácilmente, según los requerimientos del proceso o de la maquinaria. Otra de sus ventajas es que permite optimizar el proceso a través de la reducción de tiempos de ejecución de la tarea lo que a su vez permite la optimización de la mano de obra, facilita el control y aumenta la confiabilidad del sistema. Una ventaja adicional es su tamaño y volumen, así como el de sus componentes, lo cual reduce costos de mantenimiento y mano de obra [42].

Los PLC pueden ser sometidos a factores físicos, eléctricos y/o químicos como la temperatura, la humedad, vibración, ruidos, y otros contaminantes ambientales los cuales no interfieren la simulación de procesos, alarmas y fallas y no influyen directamente sobre el desempeño de la máquina [42].

En la siguiente figura, se puede evidenciar la estructura básica de un PLC [46].

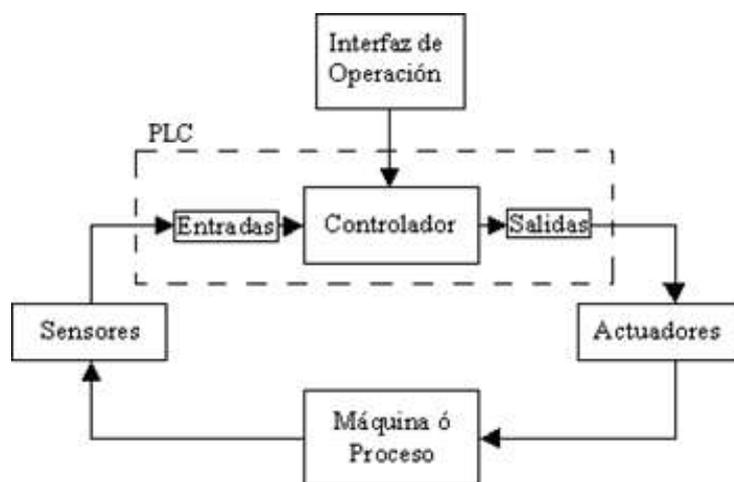


Figura 20. Estructura de un PLC [53]

Como se puede observar, el PLC está conformado por las siguientes partes: el secuenciador encargado de las operaciones de tiempo y que funciona de manera similar a los sistemas de relés; interfaces I/O con circuitos utilizados para la comunicación del

sistema al exterior; memorias que contienen instrucciones binarias, el programa y los datos que deberán utilizarse durante la ejecución del mismo; acumuladores y registros que almacenan datos antes del procesamiento; medios de comunicación interna; y la parte más compleja del PLC, conocida como unidad de procesamiento central, en la cual se realizan las operaciones lógicas y matemáticas y se procesa la información [42].

2.9. Interfaz hombre - máquina (HMI)

El HMI es la comunicación entre el usuario y la máquina, esta herramienta permite al usuario manipular, controlar, procesar información en tiempo real. Las señales están dadas por las salidas y entradas al PLC. Esta interface ofrece información al operario y permite tomar decisiones y obtener información como: estado del proceso, generación de alertas en el proceso y realizar operaciones en el proceso [54].

Los componentes de la HMI son los que se describen a continuación [54]:

- Entradas: órdenes dadas por el usuario a la máquina para que se ejecute.
- Salidas: información del control o una orden que se ha emitido, mediante lo cual se mantiene al usuario actualizado acerca del proceso a través de una pantalla.

Un sistema HMI permite realizar actividades como la supervisión de procesos y sistemas, control de la calidad y de la productividad, mensajes de proceso, alarmas, averías, fallos, curvas de tendencias, programación de tareas y paros, con la ventaja de que pueden ser integrados a las máquinas, en la pantalla además de poder visualizar alarmas de errores se puede actuar y enviar órdenes [54].



Figura 21. Interfaz Hombre – Máquina (HMI) [50]

2.10. Marco metodológico

En el presente proyecto de titulación se aplicará el método teórico y práctico, partiendo desde el conocimiento conceptual y de reconocimiento del tema. Este tipo de investigación permitirá realizar el diseño adecuado de la máquina dosificadora del producto Chocolerito, misma que se desempeñará cumpliendo con los requisitos de la normativa vigente y permitirá obtener mayores excedentes a la empresa, debido a la reducción de tiempos en el proceso de dosificación, la optimización de mano de obra y en consecuencia el aumento de la productividad.

Se recompilará información de diferentes tipos de máquinas dosificadoras de chocolates y se analizará el diseño de cada una de ellas, con el objetivo de implementar las tecnologías existentes en un diseño y simulación de una máquina dosificadora automática de chocolates que permitirá reducir los tiempos en el empaquetado de los diferentes tipos de chocolates mediante un conteo fiable del producto, los mismos que serán combinados para ser empaquetados para una presentación final del producto de forma surtida de acuerdo con los requerimientos de la fábrica y su producción.

2.10.1. Requerimientos del proceso

En el presente proyecto se ha considerado parámetros para que el diseño de la máquina sea capaz de soportar los pesos del producto que va a dosificar, además de brindar una óptima manipulación del mismo para no provocar algún tipo de deformación por golpes o temperaturas elevadas. En ese contexto, el producto cumplirá con las normas de peso neto cumpliendo con una dosificación exacta del contenido. Así mismo, este proyecto permitirá disminuir el tiempo de dosificado y empaquetado del producto, además de lograr una calidad constante en el producto despachado.

La máquina fue diseñada en acero inoxidable AISI 304, material ideal para estar en contacto con alimentos y así garantizar la seguridad e higiene de alimentos de acuerdo a lo establecido en el reglamento RTE INEN 131.

Por otra parte, la simulación de la máquina mediante el software SOLID WORKS permitió demostrar la confiabilidad del diseño, garantizando que los elementos principales de la misma no fallen en su servicio.

2.10.2. Análisis del proceso actual

En el Ecuador únicamente la fábrica de chocolates Nestlé tiene un proceso de elaboración automatizado en un 90%, las restantes realizan la producción de barras de chocolate, de forma semiautomática, es decir que cuentan con automatización en el 40% y hasta el 50% de sus procesos productivos [18]. Tal es el caso de “El Salinerito”, empresa en la cual el proceso de dosificación de chocolates actualmente se realiza de forma manual.

Actualmente, el proceso de producción de chocolates en “El Salinerito”, se realiza de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- Seleccionar el cacao que sea de color violeta y que cumpla con las normas INEN 176: Cacao en grano. Requisitos.
- Tostar el cacao a 110° C o dependiendo de la humedad del mismo. El tiempo de tostado del cacao si la humedad es de 5° o menor es de 1 hora a 1h 30 minutos, si la humedad es de 7° a 9° requiere de más tiempo de tostado.
- Dejar que se enfríe el cacao después del proceso de tostado y posteriormente se muele el cacao para sacar la cascarilla.
- Una vez molido el cacao se coloca en la máquina descascarilladora para que solo quede el grano de cacao pelado.
- Posteriormente se realiza el templado de chocolate entre 30 y 32 °C.
- Se procede a poner el chocolate en los diferentes moldes y los rellenos para el producto terminado.
- Una vez que los bombones están producidos son colocados en gavetas para cada tipo de chocolate.
- Se realiza el conteo de los bombones (4 trufas, 1 chocolate pequeño, 5 de fruta y 5 de leche), los cuales se introducen manualmente a las fundas.
- Una vez que la funda tiene 15 chocolates se procede al pesaje manual de la funda en una balanza digital, hasta que cumpla su peso neto de acuerdo a lo expresado en la funda de empaque (150g).
- Si el peso neto es 150 gramos se procede a sellar la funda y se obtiene el producto terminado para la venta.
- Si el peso neto obtenido es menor a 150 gramos se procede a añadir 1 o 2 bombones pequeños de aproximadamente 5 gramos.

- Una vez introducidos los bombones adicionales se procede a re-pesar la funda para verificar que esta vez se cumpla el peso neto de 150 gramos.



Figura 22. Empaquetado de chocolate

En la siguiente Figura, se presenta el flujograma del proceso actual de dosificación y empaquetado de Chocolerito:

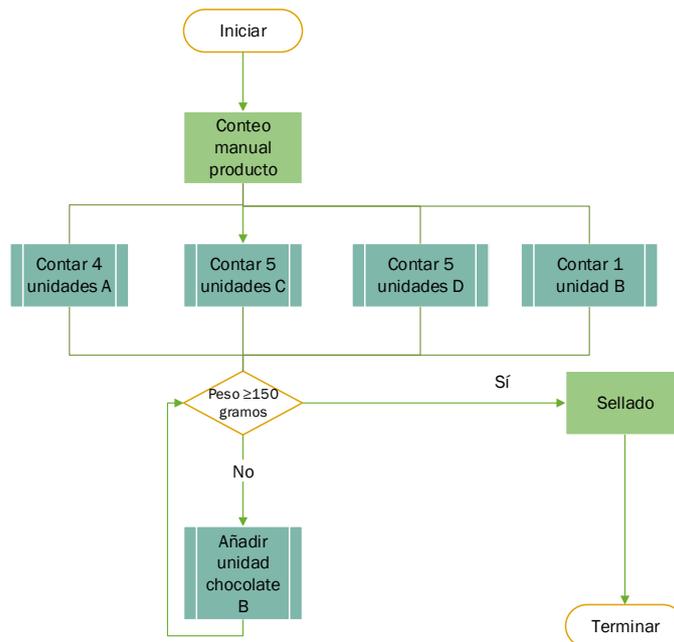


Figura 23. Flujograma del proceso actual de empaquetado

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

En la siguiente Tabla se puede observar que el chocolate pequeño es opcional en el proceso. Esto es porque al realizar el primer conteo manual de los 15 chocolates surtidos no garantiza el peso neto que es 150 gramos; en ocasiones al realizar el pesaje existe un

faltante que oscila entre 5 y 10 gramos es por esto que se le añade este chocolate pequeño de 5 gramos y se vuelve a pesar para constatar por segunda vez el peso neto, desembocando en tiempos muertos en la producción a causa del reproceso en el pesaje.

En esta tarea, al ser completamente manual, es importante destacar que el trabajo es realizado hasta por tres personas a la vez lo que multiplica los niveles de cuello de botella tanto en el repesaje como en el traslado del producto de la zona de conteo a la zona de sellado. Así mismo, se acumula el trabajo de sellado, sobrecargando a la persona que opera manualmente el equipo de sellado.

Tabla 4. Peso por porción de chocolates surtidos empaque 150 g

Tipo	Cantidad (u)	Peso (g)
Chocolate de trufa (A)	4	10 – 13
Chocolate pequeño (B)	1-2 (opcional)	5
Chocolate de fruta (C)	5	8
Chocolate de leche (D)	5	10

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

2.10.3. Análisis de alternativas

Para la selección de alternativas se realizó una comparación de las ventajas y desventajas de cada sistema, y para cada caso se eligieron los criterios de selección que se describen a continuación, dándole una ponderación a cada criterio a fin de determinar la alternativa que tiene mayores beneficios para el diseño. La selección de criterios y ponderaciones se realizó con base en la revisión bibliográfica de estudios y proyectos previos y la experiencia del diseñador:

- a) **Confiabilidad.** - Se refiere a la probabilidad de cumplir con las condiciones de diseño sin pérdidas de tiempo debidas a la paralización del equipo por fallos o mala selección (15%) [40].
- b) **Costo.** - Se compara la factibilidad económica de cada uno de los elementos del diseño, así mismo, se considerará un buen diseño cuando este brinde alto nivel de seguridad a bajos costos (5%) [40].

- c) Seguridad industrial. - Este criterio se refiere al cumplimiento de normas y procedimientos para prevenir riesgos laborales, accidentabilidad laboral y enfermedades en el operador de la máquina (25%) [40].
- d) Seguridad del producto. - Este criterio se refiere a la capacidad del equipo para conservar la buena calidad del producto y la generación de residuos del mismo, así también consiste en la capacidad de garantizar la eliminación de suciedad y evitar la contaminación cruzada (10%) [40].
- e) Control. - Se refiere a la precisión en la función que desempeña el sistema (5%).
- f) Mantenimiento. - Este criterio hace alusión al costo y facilidad de ejecución de las actividades de conservación o restablecimiento de un sistema a fin de garantizar su funcionamiento (20%).
- g) Capacidad de producción. - Se refiere al cumplimiento de la demanda requerida por la industria (20%).

2.10.3.1. Sistema de dosificación

Este sistema constituye la parte más importante del equipo, dado que su función es transportar los insumos desde la tolva hasta el sistema de descarga y calcular la cantidad exacta de material que se necesita envasar [40].

A continuación, se describen las ventajas y desventajas de los sistemas de dosificación por volumen (volumétrico) y por peso (gravimétrico):

Tabla 5. Ventajas y desventajas de los sistemas de dosificación

Tipo de dosificador	Ventajas	Desventajas
Dosificador volumétrico	Su diseño y montaje es más simple y económico. No requiere ningún equipo electrónico de control.	El rendimiento del dosificador no se documenta por lo que no se tiene registros. No permite la monitorización y notificación. No puede compensar automáticamente variaciones en las propiedades del material.

Tipo de dosificador	Ventajas	Desventajas
		<p>La velocidad de dosificación y la calibración deben seleccionarse manualmente.</p> <p>No permite la detección automática de interrupciones en el suministro.</p>
<p>Dosificador gravimétrico/ Por pérdida de peso</p>	<p>Mayor precisión de dosificación.</p> <p>Permite documentar la cantidad de materiales en el producto final (registro electrónico de las cantidades de material y su interconexión con sistemas SCADA).</p> <p>Se mantiene la velocidad de dosificación requerida a través del control de la velocidad de pérdida de peso en el sistema.</p> <p>Permite compensar automáticamente desviaciones de la densidad aparente.</p> <p>Nunca se corre el riesgo de añadir cantidades en exceso lo cual supone un ahorro.</p>	<p>Requieren una báscula para control del flujo de material por peso.</p> <p>Diseño y montaje es más sofisticado y costoso.</p>

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta la matriz de decisión para la selección del sistema de dosificación:

Tabla 6. Matriz de decisión: Sistema de dosificación

Criterios Opción	Confiabilidad 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
Dosificador volumétrico	10	5	20	8	2	15	15	75
Dosificador gravimétrico o/ Por pérdida de peso	15	2	25	10	5	20	20	97

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Existen en el mercado dos grupos importantes de dosificadores: volumétricos y por peso. Los volumétricos realizan su trabajo en función del volumen, por lo que tienen que ser calibrados antes de cada trabajo en los parámetros de densidad, masa y tiempo, son utilizados generalmente para la dosificación de líquidos viscosos.

Los dosificadores por peso o gravimétricos trabajan únicamente en función del peso por ello están provistos de una o varias células de pesaje, en estos sistemas gravimétricos es fácil compensar posibles desviaciones de densidad aparente.

Para realizar la elección de una alternativa idónea para el proceso de dosificación, dentro de los criterios de decisión o selección, se consideró además los siguientes factores: estado físico del producto a manipular, precisión deseada, cantidad a dosificar, modo de despacho.

Por lo expuesto, considerando que el chocolate es un sólido se eligió el dosificador por pérdida de pesos/ gravimétrico.

2.10.3.2. Material de diseño

La máquina será diseñada en acero inoxidable, material que cumple brinda una óptima resistencia a la corrosión, tiene una buena maleabilidad al momento de construir la máquina, es de fácil mantenimiento y limpieza, entre otras [40].

El acero inoxidable en general, tiene varias ventajas que lo hacen óptimo para su uso en la industria alimentaria, entre ellas la resistencia a la corrosión. Cuando los metales se oxidan, el material se debilita, lo que provoca grietas y picaduras en todo el producto, esto origina que las toxinas, bacterias y otros gérmenes se encuentren y crezcan en el producto generando mal sabor o mal olor y por ende el daño del producto alimenticio.

Así mismo, se requiere un equipo fácil de limpiar y desinfectar, el acero inoxidable, permite realizar estas tareas utilizando sustancias químicas, sin provocar daño o alteración en el material de la máquina.

Por otra parte, el acero inoxidable puede ser cortado, fabricado, moldeado, embutido, conformado y doblado en cualquier forma y/o tamaño, gracias a su ductilidad, la cual le da la capacidad de deformarse antes de entrar a un estado plástico, cumpliendo con la ley de Hooke, lo cual no permiten otros materiales tradicionales.

El acero presenta características ideales ante los esfuerzos de compresión y tracción, por lo que es ampliamente utilizado para la fabricación de estructuras ligeras. Así también, el acero tiene una tenacidad muy elevada, lo que le da una enorme capacidad de absorción de energía [55].

Por otra parte, el acero es reciclable en un 100% y es totalmente degradable, lo cual le da características de sostenibilidad ambiental muy importantes hoy en día.

Tabla 7. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de acero [56][57]

Material de diseño	Ventajas	Desventajas
Acero inox. 304	<p>Extremadamente fuerte y fácil de fabricar.</p> <p>A nivel nacional es el más común y tiene gran campo de aplicación.</p> <p>Es menos costoso y más asequible que el Acero AISI 316.</p> <p>No requiere un tratamiento posterior al proceso de soldadura.</p> <p>Mayor capacidad para hacer frente a un impacto físico por lo que es mejor en el contexto de seguridad.</p>	<p>No contiene molibdeno, por lo que, en medios ácidos, es propenso formar “corrosión por picado”.</p>
Acero inox. 316	<p>Contiene una adición de 2% a 3% de molibdeno para aumentar la resistencia a los cloruros, lo que lo hace más adecuado para productos cárnicos y alimentos con contenido de sal suave.</p> <p>Es un acero austenítico, lo que significa que es extremadamente fuerte y fácil de fabricar.</p> <p>La resistencia a la corrosión es superior al AISI 304 lo que</p>	<p>Se recomienda que en las secciones soldadas se realice recocido posterior con el objetivo de obtener la más alta resistencia a la corrosión.</p> <p>Es menos común en el país y sus costos de importación son más elevados que el acero 304.</p> <p>El alto contenido de molibdeno en el grado 316 puede tener</p>

Material de diseño	Ventajas	Desventajas
	permite emplearlo en medios más agresivos, como ácidos y atmósfera salina.	efectos adversos en la formabilidad.
	Presenta buenas condiciones de soldabilidad.	

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta la matriz para la selección del material de diseño:

Tabla 8. Matriz de decisión: Material de diseño

Criterios	Confiablez 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
Acero 304	12	5	25	10	5	20	20	97
Acero 316	15	1	20	10	3	15	20	84

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Como se puede observar en el análisis de ventajas y desventajas, los aceros 304 y 316, constituyen aceros austeníticos, los cuales presentan características de versatilidad, fácil trabajabilidad y alta resistencia a la corrosión, por lo que son ideales para la fabricación de instrumentos quirúrgicos, equipos, herramientas y maquinarias para la industria de alimentos. La ventaja del acero 316, se encuentra en su resistencia a la corrosión química generada en medios ácidos y salinos, por lo que presenta mayor resistencia a la corrosión en regiones costeras y al aire libre, sin embargo, es más costoso que el acero inoxidable 304 [58].

Considerando la valoración obtenida en la matriz de decisión se seleccionó el Acero AISI 304, esto garantiza que la máquina, así como sus superficies de contacto con el producto cumplan con las normas INEN NTE UNE-EN13130-1 ALIMENTOS.

2.10.3.3. Sistema de almacenamiento

Este sistema consta de una tolva en la que se alimenta el producto a dosificar, en este caso chocolates, el suministro puede llevarse a cabo de manera manual o utilizando un medio transportador [40].

Este sistema cumple la función de mantener en su interior el producto para dosificarlo en cantidades más pequeñas. Su parte superior suele tener forma cilíndrica o rectangular, la parte inferior suele ser cónica, lo cual facilita la descarga de materiales [40].

Tabla 9. Ventajas y desventajas de los tipos de tolva

Tolva	Ventajas	Desventajas
Piramidal/ Cuña plana	Mejor capacidad de mezcla. Montaje y operación sencillos [59]. Flujo uniforme y densidad constante. No quedan productos en zonas muertas, donde pudieran degradarse.	Mayor costo de fabricación. Requiere mayor espacio. Limpieza e higiene complejas[59].
Cónica	Fabricación rápida. Menor costo de fabricación. Se requiere menor espacio. Mejor diseño ergonómico. Funcionamiento óptimo para sólidos de partículas grandes y flujo libre [40].	Tiene menor capacidad para la masa. Montaje y mantenimiento complejo. Los productos tienden a formar puentes o arcos. Flujo errático y densidad variable.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

En la Tabla que se presenta a continuación, se puede evidenciar la proporción de cada criterio de selección, los cuales resultan del análisis de las ventajas y desventajas antes descritas. De acuerdo con el resultado obtenido en la matriz de decisión, las tolvas tienen características similares como seguridad industrial, seguridad del producto y flujo de producción, pero se selecciona la tolva de cuña plana (piramidal), debido a que es de fácil montaje, operación y mantenimiento, flujo uniforme y densidad constante y no quedan productos en zonas muertas.

Tabla 10. Matriz de decisión: Sistema de almacenamiento

Criterio	Confiable	Costo	Seg. Industrial	Seg. Producto	Control	Mantenimiento	Capacidad	Total
Opción	15%	5%	25%	10%	5%	20%	20%	
Cuña Plana	15	2	25	8	-	15	20	85
Cónica	10	5	25	5	-	10	20	75

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

2.10.3.4. Sensores de proximidad

En el proceso de automatización de la dosificación es necesario medir la posición de un determinado objeto, o determinar la presencia de un objeto en un intervalo de distancia específico, como se detalló en el Capítulo II, existen sensores de proximidad con contacto físico y sin contacto físico; para el presente proyecto se ha seleccionado los sensores sin contacto físico, los cuales se subclasifican en varios tipos de los cuales se comparará los principales: inductivos, capacitivos y fotoeléctricos.

Tabla 11. Ventajas y desventajas de los sensores de proximidad [56][57][60]

Sensores	Ventajas	Desventajas
Capacitivo	Pueden detectar objetos de metal y no metal. Es inmune contra interferencias electromagnéticas.	La capacidad del sensor para detectar el objeto depende del tamaño y de la constante dieléctrica del objeto, así como

Sensores	Ventajas	Desventajas
	<p>Reacciona en presencia de un aislante con gran constante dieléctrica.</p> <p>Posee un alto nivel de estabilidad con la temperatura [61].</p> <p>Es inmune ante choques, vibraciones y polvo [61].</p> <p>No necesita mantenimiento, resiste a muchos productos químicos, son pequeños, y se fáciles de instalar en cualquier lugar.</p>	<p>de su distancia con respecto al sensor.</p>
Inductivo	<p>No entran en contacto directo con el objeto a detectar.</p> <p>Poseen un tiempo de vida largo e independiente del número de detecciones.</p> <p>Poseen un tiempo de reacción muy reducido.</p> <p>Son insensibles al polvo o a la humedad.</p>	<p>Solo detectan la presencia de objetos metálicos.</p> <p>Pueden verse afectados por campos electromagnéticos intensos.</p> <p>El margen de operación es más corto en comparación con otros sensores [62].</p> <p>El rango de detección depende del tamaño del sensor.</p>
Óptico-fotoeléctrico	<p>Capta la presencia o ausencia del objeto, recibiendo directamente la luz reflejada del objeto.</p> <p>Logran una detección precisa de objetos sin contacto físico.</p> <p>Su montaje es simple debido a que el emisor y el receptor se</p>	<p>Los alcances son función del poder reflectante y del color del objeto a detectar.</p> <p>Influencia posible del entorno situado detrás del objeto a detectar.</p> <p>No se recomienda su uso en entornos contaminados, para la</p>

Sensores	Ventajas	Desventajas
	encuentran en el mismo dispositivo, no necesita de un objeto reflejante.	detección de pequeñas piezas y para el posicionamiento preciso.
	Posee circuitos de protección para la fuente y señales de salida del sensor.	El objeto a detectar debe encontrarse en un plano ortogonal al eje óptico con el fin de conseguir un alcance óptimo.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se detalla el resultado para la toma de decisiones con respecto a la selección del material de diseño:

Tabla 12. Matriz de decisión: Sensores de proximidad

Criterios Opción	Confiabilidad	Costo	Seg. Industrial	Seg. Producto	Control	Mantenimiento	Capacidad	Total
	15%	5%	25%	10%	5%	20%	20%	
Capacitivo	15	5	25	10	5	18	20	98
Inductivo	10	3	25	8	3	15	20	84
Fotoeléctric o	15	4	25	10	5	20	20	99

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Debido a que el sensor inductivo detecta únicamente materiales metálicos y su de operación es más corto en comparación con otros sensores, se podría seleccionar tanto los sensores capacitivos como los fotoeléctricos en distintas fases del proceso. Se ha seleccionado el fotoeléctrico para cumplir la función de contador, y estará ubicado en la salida de la bandeja transportadora de chocolates, ya que cuando el chocolate caiga romperá el haz de luz.

2.10.3.5. Sistema de transporte

La función de este sistema consiste en transportar los productos desde la tolva de alimentación hasta el sistema de pesaje [40]. La manipulación de productos alimenticios

requiere de altos estándares de inocuidad, que posibiliten una limpieza efectiva de los elementos y eviten la contaminación del producto, es por eso que se prefiere el uso de equipos robustos de vibración, los cuales presentan características de larga vida útil y seguridad de funcionamiento, estos aportan un multitud de soluciones eficaces posibilitando una limpieza efectiva de los elementos, evitando a su vez posibles contaminaciones en el producto final [40].

El sistema de transporte está constituido por dos elementos: un vibrador electromagnético o neumático y una bandeja transportadora [40]. Las vibraciones de este equipo transmiten un movimiento parabólico al producto a dosificar, dicho movimiento está condicionado por el ángulo de los resortes o flejes y la fuerza resultante [40]. El movimiento de vaivén, el rozamiento del material y la aceleración garantizan que el material recorra una distancia mínima determinada [40].

Existen vibradores de varios tipos de accionamiento, a continuación, se describe las ventajas y desventajas de cada tipo, con el objetivo de compararlos y seleccionar la mejor opción para el presente proyecto:

Tabla 13. Ventajas y desventajas del sistema de transporte [40]

Material de diseño	Ventajas	Desventajas
Vibrador con accionamiento neumático	Son eficaces con materiales a granel que tienden a pegarse a la pared, con materiales higroscópicos, materiales de partícula gruesa y con polvos electrostáticos (que tienden a granular).	Se utiliza principalmente en aplicaciones donde se desea un control sencillo y económico. Requiere equipos adicionales para el amortiguamiento ya que transmiten vibraciones a su entorno. Consumo elevado de energía.

Material de diseño	Ventajas	Desventajas
Vibrador Electromagnético	<p>Puede lograr arranques y paradas casi instantáneas.</p> <p>Número ilimitado de arranques y paradas en el accionamiento [40].</p> <p>Es un elemento de estructura simple con pocas piezas móviles por lo que no requiere lubricación [40].</p> <p>Menos de 5% de la vibración se transmite al entorno.</p>	

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se detallan las opciones de selección para el sistema de transporte, en la cual se puede evidenciar que a pesar de que el sistema con accionamiento neumático es más fácil de controlar, el electromagnético tiene un control más exacto en la velocidad de avance, los requerimientos de mantenimiento son mínimos, no necesita lubricación y ofrece arranques y paradas instantáneas, además, la vibración que se transmite a su entorno es muy baja, lo que evita la necesidad de crear un sistema de amortiguación

Tabla 14. Matriz de decisión: Sistema de transporte por vibración

Criterios	Confiabilidad	Costo	Seg. Industrial	Seg. Producto	Control	Mantenimiento	Capacidad	Total
Opción	15%	5%	25%	10%	5%	20%	20%	
Accionamiento neumático	10	5	20	5	2	15	-	57

Criterios Opción	Confiabilidad 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
Accionamiento Electromagnético	10	4	20	10	5	20	-	69

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

2.10.3.6. Sistema de pesaje

En la mayoría de procesos industriales el pesaje automático ha desplazado al pesaje manual, debido a la necesidad de obtener mayor precisión, menos pérdidas por producto no conforme y economizar mano de obra [40].

A continuación, se describen las ventajas y desventajas de los principales tipos de sistemas de pesaje: por peso de lotes y por peso continuo:

Tabla 15. Ventajas y desventajas de los sistemas de pesaje [40]

Sistema de pesaje	Ventajas	Desventajas
Peso por lotes/ Celdas de carga	<p>Se utilizan cuando se llevan a cabo pesadas pequeñas.</p> <p>La limpieza es menos riesgosa ya que las pesas están en una sola parte de la máquina.</p> <p>Suelen tener altas precisiones con incertidumbres de $\pm 0,1\%$, en procesos a granel y por goteo [40].</p> <p>Diseño compacto del sensor y fácil adaptabilidad a varias capacidades de carga.</p>	<p>Puede sufrir daño permanente a causa de sobrecargas accidentales.</p> <p>Es muy sensible a la humedad del adhesivo entre la galga y el cuerpo de la celda.</p>

Sistema de pesaje	Ventajas	Desventajas
Peso continuo	Incluye un dispositivo sensible tanto a la cantidad total de material que fluye como a los cambios en el flujo.	La limpieza es más riesgosa ya que las pesas están distribuidas por todo el transporte.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta la matriz de decisión para la selección del sistema de pesaje:

Tabla 16. Matriz de decisión: Sistema de pesaje

Criterios	Confiabilidad 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
Por peso del lote	15	1	20	10	5	20	20	91
Por peso continuo	5	1	20	5	5	10	15	61

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Considerando las ventajas del pesaje por lotes, el peso medido generará pulsos eléctricos que serán enviados al sistema de control, por medio de elementos denominados celda de carga [40].

2.10.3.7. Actuadores neumáticos

En el proceso de automatización, los actuadores neumáticos constituyen una parte fundamental debido a que son los encargados de transformar energía neumática en energía mecánica [63], la cual a su vez produce los desplazamientos necesarios para la apertura y cierre de compuertas en el presente prototipo. Los actuadores neumáticos se clasifican en lineales y de giro. Los actuadores lineales, a su vez, son de simple o de doble efecto. A continuación, se procede a describir las ventajas y desventajas de estos tipos de actuadores:

Tabla 17. Ventajas y desventajas de los actuadores neumáticos [48] [64]

Actuador neumático	Ventajas	Desventajas
Simple efecto	Se usa para frenar objetos rotativos con mucha velocidad.	Realiza el trabajo en un solo sentido con una sola entrada de aire.
	Consumo de aire más bajo que los cilindros de doble efecto.	La longitud de la carrera limitada, la cual no supera los 10 cm. Presenta reducción del impulso debida a la fuerza contraria del resorte [63]. Se requiere una longitud más larga debido a la presencia del resorte.
Doble efecto	Cuenta con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso.	Requiere una válvula de control para la conmutación de aire.
	Los cilindros de doble efecto presentan más aplicaciones en la industria que los cilindros de simple efecto.	Mayor consumo de aire que los cilindros de simple efecto [59].
	No pierde fuerza en el accionamiento dado que no existe una fuerza en oposición. No se aprovecha toda la longitud del cuerpo del cilindro como carrera útil.	

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta la matriz de decisión para la selección del tipo de actuadores neumáticos a utilizar:

Tabla 18. Matriz de decisión: Actuadores neumáticos

Criterios Opción	Confiabilidad 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
Simple efecto	10	4	25	10	2	18	10	79
Doble efecto	15	5	25	10	5	15	20	95

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Se selecciona los actuadores de doble efecto, debido a que realiza esfuerzo neumático en ambos sentidos, además en este tipo de actuadores neumáticos no se pierde fuerza en el accionamiento y al no existir volumen de alojamiento.

2.10.3.8. Sistema de control

De acuerdo con Murillo D.: “La automatización de los procesos industriales se puede entender como una actividad tecnológica que busca sustituir, en una actividad determinada, al operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos” [65].

La estructura general de las soluciones de automatización de un proceso consiste en la comprensión detallada del mismo, la definición de las variables del proceso productivo y la selección de la tecnología de control mediante el uso de sensores y actuadores [65].

Tabla 19. Ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de control [65]

Sistema de control	Ventajas	Desventajas
Controlador Lógico Programable (PLC)	Sistema mucho más robusto para la automatización industrial. Su instalación es bastante sencilla, ocupa poco espacio y brinda la posibilidad de	Se requiere un personal calificado para el manejo de estos dispositivos.

Sistema de control	Ventajas	Desventajas
	<p>manejar múltiples equipos de manera simultánea.</p> <p>Hay un mejor monitoreo de los procesos y rápida detección de fallos.</p> <p>Se ahorra costos adicionales como los de operación, mantenimiento y energía.</p>	
Microcontrolador arduino	<p>Son mucho más beneficiosos y asequibles en proyectos de automatización de pequeña escala.</p> <p>Poseen una cantidad elevada de entradas y salidas.</p> <p>Existe variedad de tarjetas de expansión en el mercado para todo tipo de sensores [65].</p>	<p>No están recomendados para procesos productivos de grado de criticidad alta.</p> <p>Generalmente no cumplen las políticas de estandarización de la empresa.</p> <p>Están diseñados para proyectos semi- industriales.</p> <p>Posee lenguajes de programación complejos que no cumplen la normalización de los PLC - IEC 61131, es un software libre no muy reconocido por técnicos en la rama de la automatización industrial [65].</p>

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se expone la matriz con las opciones para la selección del sistema de control:

Tabla 20. Matriz de decisión: Sistema de control

Criterios Opción	Confiabilidad 15%	Costo 5%	Seg. Industrial 25%	Seg. Producto 10%	Control 5%	Mantenimiento 20%	Capacidad 20%	Total
PLC	15	1	25	10	5	20	20	96
Microcontrolad or	10	5	20	8	5	15	10	73

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

CAPÍTULO III

DISEÑO DE LA MÁQUINA

Los factores a considerar tanto en los elementos mecánicos como eléctricos son principalmente condiciones térmicas de funcionamiento, a fin de que el producto no se deforme al estar en contacto con temperaturas superiores a 12° C.

El diseño toma como referencia el reglamento RTE INEN 131, es por esto que para el desarrollo del prototipo se seleccionó materiales como el acero inoxidable AISI 304 para evitar corrosión en las piezas tanto internas como externas.

El tamaño en conjunto de la máquina es aproximadamente 900 mm de alto, 1300 mm de ancho y 1000 mm de profundidad, lo cual la hace fácil de trasladar si fuera necesario para realizar algún tipo de mantenimiento en el área de trabajo, además brinda un fácil acceso en caso de montaje o cambio de piezas de la misma.

Mediante simulación del ensamblaje de la máquina en el software SOLID WORKS se determinó la resistencia de materiales de las piezas más importantes como son tolva, estructura, bandejas de alimentación, para a su vez definir la confiabilidad del diseño de la máquina.

Los distintos chocolates son la base de los cálculos para el diseño, con sus pesos y dimensiones correspondientes.

Realizando un muestreo de 10 fundas de Chocolerito se obtuvo los datos que se presentan en la siguiente Tabla, mismos que proporcionarán el volumen, masa, densidad, etc.

La masa de cada uno de los chocolates se midió en una balanza digital de 0,5 gramos de apreciación. A continuación, se presenta el registro fotográfico de dicho pesaje:



Figura 24. Pesaje de chocolates de cada tipo
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Por otra parte, el volumen de los chocolates fue determinado mediante el método experimental con la utilización de una probeta graduada como se puede observar en las siguientes fotografías:



Figura 25. Medición de los volúmenes de los diferentes tipos de chocolates
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Tabla 21. Masa y volumen de los chocolates del producto Chocolerito

Chocolate	Masa (g)	Volumen (cm³)
A	12	10
B	5	2.5
C	8	6
D	10	9

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.1. Diseño del sistema de almacenamiento o tolva

Es el dispositivo encargado de canalizar los productos, en este caso chocolates, tiene forma similar a un embudo y se encuentra previo al paso de los chocolates a las bandejas alimentadoras.

Para el cálculo del volumen de diseño se partió del dato del peso inicial de chocolates, es decir, 10 kg de almacenaje en la tolva, la cual está dividida en 4 secciones de 2.5 kg cada una.

Se tomó como referencia los volúmenes obtenidos de forma experimental, con lo cual se obtuvo la densidad de cada chocolate:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (5)$$

Donde:

$m =$ Masa de cada tipo de chocolate [g]

$v =$ Volumen de cada tipo de chocolate [cm³]

Densidad de chocolate trufa:

$$\rho_A = \frac{m}{v}$$
$$\rho_A = \frac{12 \text{ g}}{10 \text{ cm}^3}$$
$$\rho_A = 1200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Densidad de chocolate pequeño:

$$\rho_B = \frac{m}{V}$$
$$\rho_B = \frac{5 \text{ g}}{2.5 \text{ cm}^3}$$
$$\rho_B = 2000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Densidad de chocolate de fruta:

$$\rho_C = \frac{m}{V}$$
$$\rho_C = \frac{8 \text{ g}}{6 \text{ cm}^3}$$
$$\rho_C = 1330 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Densidad de chocolate de leche:

$$\rho_D = \frac{m}{V}$$
$$\rho_D = \frac{10 \text{ g}}{9 \text{ cm}^3}$$
$$\rho_D = 1110 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

De los cálculos anteriores se obtuvo las densidades de cada tipo de chocolate, para facilitar el diseño se tomó un promedio de las mismas, 1410 kg/ m³ para poder calcular el volumen diseño. Con el dato de densidad y la capacidad de la tolva se procedió a calcular el volumen de diseño.

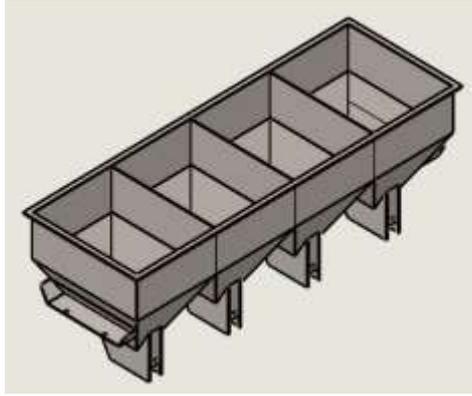


Figura 26. Vista de tolva principal

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

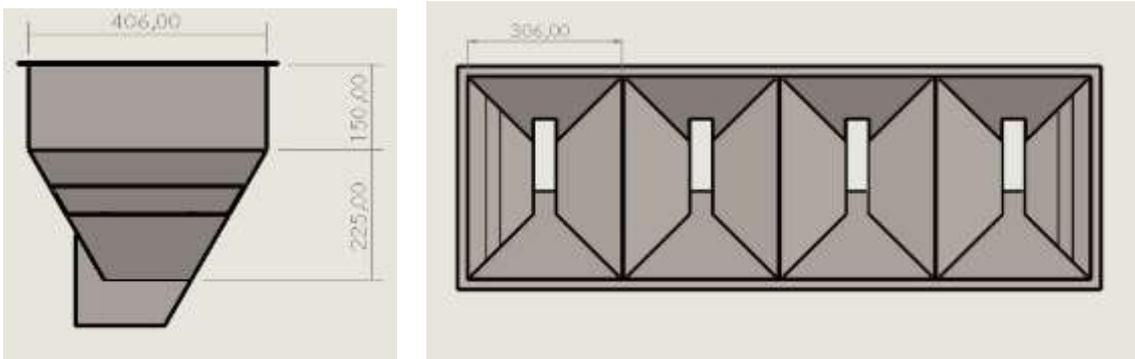


Figura 27. Vista lateral y dimensiones de tolva principal

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta el cálculo del volumen de diseño de la tolva:

$$V_{Diseño} = \frac{C_T}{0.70 \times \rho_{Chocolate}} \quad (6)$$

Donde:

$C_T =$ Capacidad de la tolva [kg]

Constante: 0.70

$$V_{Diseño} = \frac{2,5 \text{ kg}}{0.70 \times (1410 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}$$

Entonces:

$$V_{Diseño} = 0.00253 \text{ m}^3$$

El volumen de diseño es el mismo para las cuatro secciones que conforman la tolva principal ya que son de iguales dimensiones.

Posteriormente se procede a calcular el volumen de la pirámide trunca diseñada:

Caja cuadrada

$$V_1 = L_1 \times L_2 \times L_3 \quad (7)$$

Donde:

L_1 : Lado 1 [mm]

L_2 : Lado 2 [mm]

L_3 : Altura de caja recta [mm]

Entonces:

$$V_1 = 306 \text{ mm} \times 406 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$$

$$V_1 = \mathbf{0.01863 \text{ m}^3}$$

Caja cónica

$$V_2 = \frac{1}{3} h \times (A_B + A_b + \sqrt{A_B \times A_b}) \quad (8)$$

Donde:

A_B : Área de base mayor [mm²]

A_b : Área de base menor [mm²]

h : Altura de caja cónica [mm]

Por lo tanto:

$$V_2 = \frac{225}{3} \times (124236 + 6781.153 + \sqrt{124236 \times 6781.153})$$

$$V_2 = \mathbf{0.0120 \text{ m}^3}$$

Por cuestiones de seguridad para que no exista un rebote de producto se desprecia el volumen de la caja cuadrada V_1 y se utilizará únicamente el volumen de la parte cónica V_2 de la tolva para el almacenaje de los chocolates, por lo tanto:

$$V_A = V_2 \quad (9)$$

$$V_A = 0.0120 \text{ m}^3$$

Estableciendo una relación entre $V_{Diseño}$ y V_A se puede observar que se cumple el requerimiento, al ser $V_A > V_{Diseño}$. Al tener los chocolates similares dimensiones y para facilitar el diseño, se tiene cuatro tolvas A, B, C, D todas de iguales características. El volumen de la tolva general es:

$$V_T = V_A + V_B + V_C + V_D \quad (10)$$

$$V_T = 0.0480 \text{ m}^3$$

Nota: Cuando una tolva se carga con productos gruesos e irregulares, existe un factor de espacios vacíos (*Fev*) para sólidos gruesos 0.4, este deberá ser aplicado a la capacidad final de la tolva dando como resultado la Capacidad Real de la Tolva (C_{TR}) de cada sección de la misma:

$$C_{TR} = V_A \times \rho \times Fev \quad (11)$$

$$C_{TR} = 0.0120 \times 1410 \times 0.4$$

$$C_{TR} = 6.768 \text{ kg}$$

Esto comprueba que cumple con el requerimiento de diseño mínimo que es de 2.5 kg por cada sección de tolva.

3.1.1. Cálculo de flujo másico de la tolva

El flujo de producción \dot{T} que se ha propuesto para el diseño es de 4 fundas/min, entonces:

$$\dot{M}_{Diseño} = \dot{T} \times m_f \quad (12)$$

Donde:

$\dot{M}_{Diseño}$: Flujo másico a la salida de la tolva $\left[\frac{kg}{s}\right]$

\dot{T} : Flujo de producción $\left[\frac{fundas}{s}\right]$

m_f : Masa de chocolates por funda [kg]

$$\dot{M}_{Diseño} = 0.0666 \times 0.15$$

$$\dot{M}_{Diseño} = 0.0099 \frac{kg}{s}$$

Para el cálculo del flujo másico a través del agujero de una tolva se utilizó la fórmula de Jenike, representada por la siguiente ecuación:

$$\dot{M} = \rho \times A \times \sqrt{\frac{X \times g}{2 \times (1+m) \times \tan(\beta)}} \quad (13)$$

Donde:

\dot{M} : Flujo másico $\frac{kg}{s}$

ρ : Densidad del material a dosificar $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$

A : Área de salida de tolva $[m^2]$

X : Lado mas pequeño de salida de tolva $[m]$

g : Gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

β : Ángulo de inclinación de la tolva $[grados]$

m : Constante para generalizar la ecuación, para tolvas circulares $m = 1$ y para tolvas planas $m = 0$

$$\dot{M} = 1410 \times 0.00675 \times \sqrt{\frac{0.04619 \times 9.81}{2 \times (1 + 0) \times \tan(30)}}$$

$$\dot{M} = 5.962 \frac{kg}{s}$$

Con esta respuesta se pudo comprobar que el $\dot{M} \geq \dot{M}_{Diseño}$.

3.2. Vibradores electromagnéticos

El sistema de vibración es un elemento de bastante importancia ya que es el encargado de proveer de movimientos parabólicos continuos al producto, estos movimientos tienen una amplitud de 1 mm a 20 mm para que el producto en las bandejas alimentadoras llegue a su destino, el sistema de pesaje.

Para la selección del mismo es necesario tener en cuenta la frecuencia a la que trabaja, la amplitud de oscilaciones, ángulo de inclinación y el dato más importante, el flujo másico calculado anteriormente.

En el catálogo de Eriez Hi-vi Compact Ectromagnetic Feeders, el cual se presenta en el Anexo 1 , se seleccionó el vibrador MODEL 6C el cual está fabricado para un flujo másico de hasta 727 kilogramos por hora. De la conversión de unidades del flujo másico se logró determinar:

$$\dot{M}_{Vibrador} = 0.2019 \frac{kg}{s} > \dot{M}_{diseño} = 0.0099 \frac{kg}{s}$$

De lo expuesto se puede determinar que el flujo másico del vibrador es superior al flujo másico requerido por el sistema.

Las especificaciones principales del vibrador electromagnético se encuentran en la Tabla que se presenta a continuación:

Tabla 22. Especificaciones técnicas del vibrador electromagnético MODEL 6C

Parámetro	Valor
Consumo de potencia (máx.)	15 [W]
Suministro de potencia	115 [V], 60 [Hz], una sola fase
Control	Model VC-5
Peso Neto	6.2 [kg]
Entrada de potencia	0.5 [A] a 115 [V]
Velocidad max.	0.2286 [m/s]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

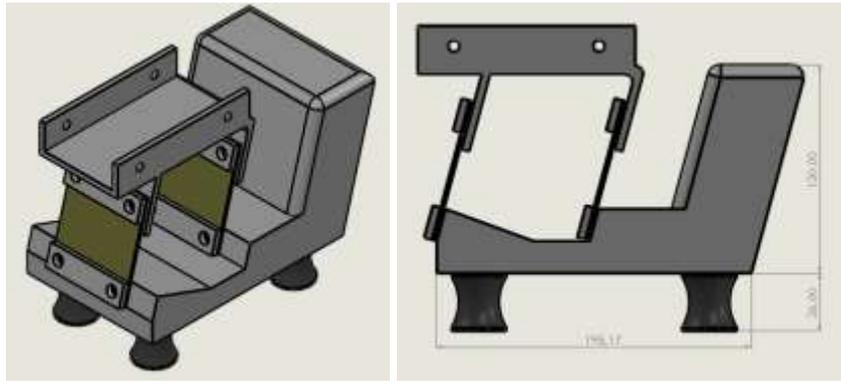


Figura 28. Esquema y dimensiones del vibrador electromagnético

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.3. Diseño de bandejas transportadoras

La bandeja transportadora proporciona el flujo estable hacia la zona de pesaje mediante vibraciones repetitivas, por lo general, los fabricantes de vibradores electromagnéticos incluyen en sus modelos bandejas alimentadoras estándar.

En este caso se diseñó una bandeja que se estrecha en la salida para beneficiar una dosificación controlada, la bandeja está diseñada para cada forma de chocolate con la finalidad de evitar el paso de más de un chocolate y evitando un erróneo conteo en el sensor.

Para la bandeja 1 que está destinada a los chocolates A y B se diseñó la bandeja con una salida de 25 mm para evitar el paso de dos o más chocolates.

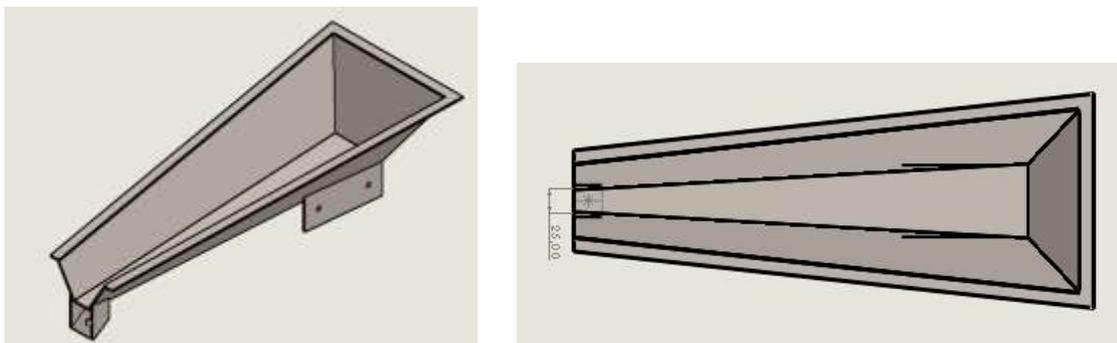


Figura 29. Dimensiones de la Bandeja 1 para chocolates A y B

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Para la bandeja 2 que es de uso para los chocolates C y D se diseñó la bandeja con una salida de 35 mm igualmente para evitar el paso de más de un chocolate.

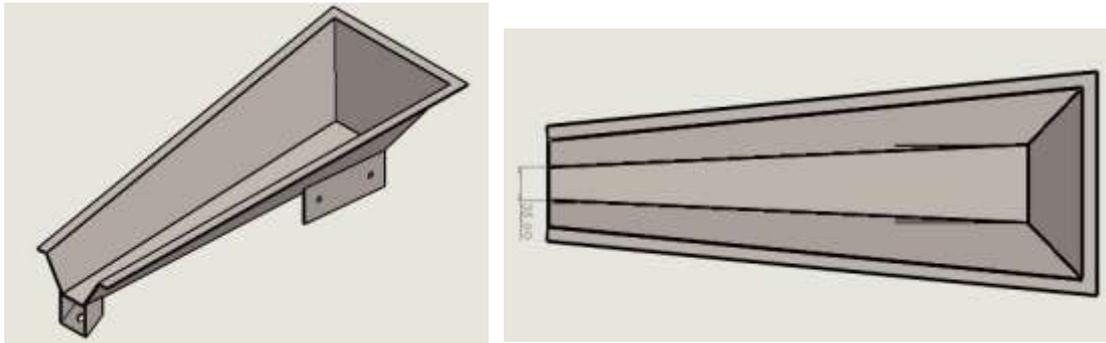


Figura 30. Dimensiones de la Bandeja 2 para chocolates C y D

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta el cálculo de la fuerza de adherencia de los chocolates cubiertos de aluminio con la bandeja:

$$F_{ad} = u_f \times m \times g \quad (14)$$

Donde:

u_f : Coeficiente de rozamiento entre aluminio y el acero

m : Masa del chocolate [kg]

g : Gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

$$F_{ad} = 0.61 \times 0.012 \times 9.81$$

$$F_{ad} = 0.0718 \frac{kg \cdot m}{s^2}$$

La ecuación de la aceleración de avance debe cumplir tiene como objetivo asegurar la fijación de los chocolates a la bandeja, y se presenta de esta manera:

$$a_{av} \leq \frac{u_f \times g}{1 - (u_f \times \tan(\theta))} \quad (15)$$

Donde:

a_{av} = Aceleración de avance del vibrador $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

u_f : Coeficiente de rozamiento entre el aluminio y el acero

g : Gravedad $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

θ : Ángulo que forma la velocidad de avance con la horizontal [deg]

Entonces:

$$13.716 \frac{m}{s^2} \leq \frac{0.61 \times 9.81}{1 - (0.61 \times \tan(45))}$$

$$13.716 \frac{m}{s^2} \leq 15.3438 \frac{m}{s^2}$$

Se demuestra que cumple la condición para que se produzca deslizamiento del producto en la bandeja.

3.4. Selección de sensores de proximidad

El sensor propuesto para realizar el conteo en cada bandeja es el GLV18-8-400-S/73/120 de la empresa PEPPERL + FUCHS, cuya ficha técnica se presenta en el Anexo 2.

Se trata de un sensor fotoeléctrico de detección directa, tiene buena vida útil debido a que funciona sin contacto, posee una carcasa de plástico con una rosca M18 para su montaje.

Las especificaciones principales del mismo se describen en la Tabla que se presenta a continuación:

Tabla 23. Especificaciones técnicas del sensor GLV18-8-400-S/73/120

Parámetro	Valor
Rango de detección (máx.)	50 a 400 [mm]
Diámetro de haz de luz	30 [mm]
Histéresis	< 15%
Temperatura	-25 a 60 [°C]
Tiempo de respuesta	≤ 1 [ms]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

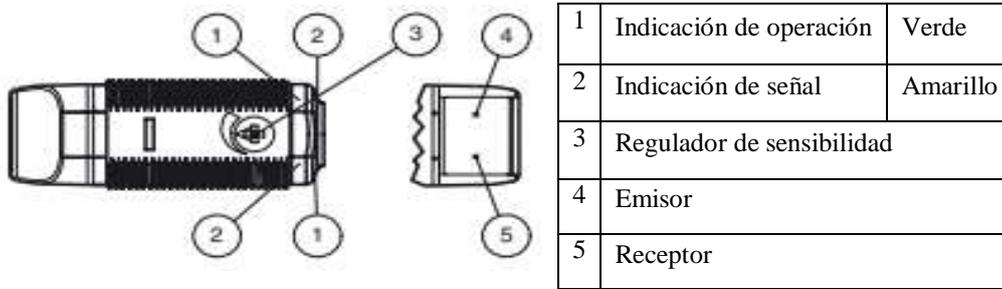


Figura 31. Elementos de indicación y manejo [66]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

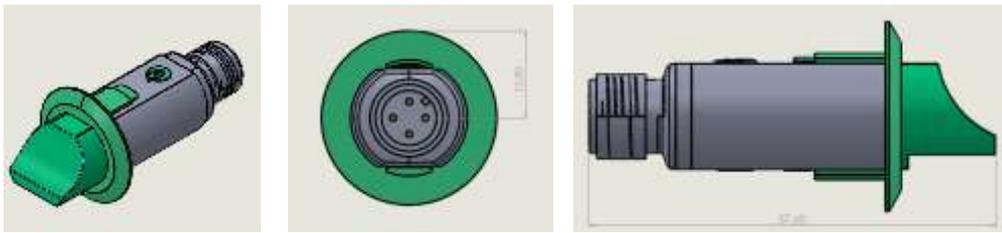


Figura 32. Esquema y dimensiones del sensor GLV18-8-400-S/73/120

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

La curva característica resulta de relacionar las magnitudes físicas entregadas por el sensor y las variables medidas. A continuación se presenta la curva característica del Anexo 2:

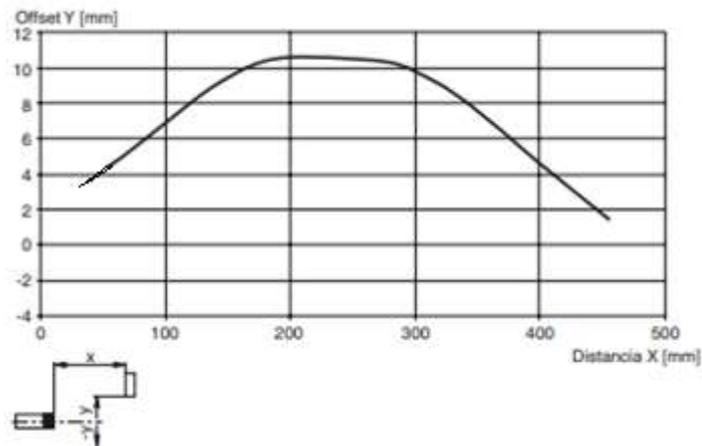


Figura 33. Curva característica de respuesta de sensor

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.5. Diseño de embudo de recolección

Este elemento en el diseño cumple una función sencilla pero no menos importante, es el encargado de conectar las bandejas de transporte con el sistema de pesaje, está apoyado sobre una estructura y se encuentra por debajo de las bandejas. Tiene 225 mm de altura y

1083.18 mm de largo; cuenta con un agujero de desemboque 70 mm, que permite el paso de los chocolates hacia el sistema de pesaje.

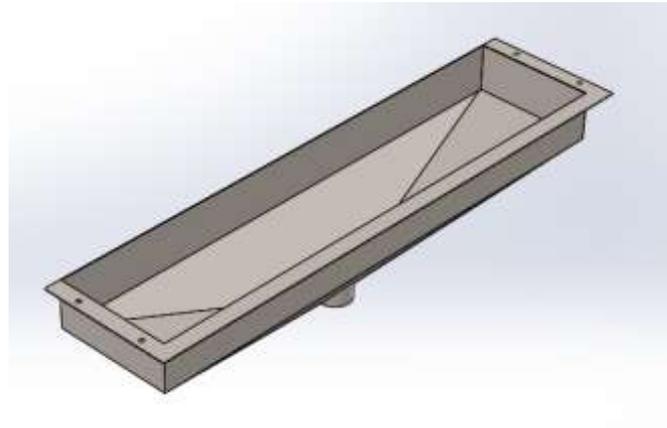


Figura 34. Embudo de recolección

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

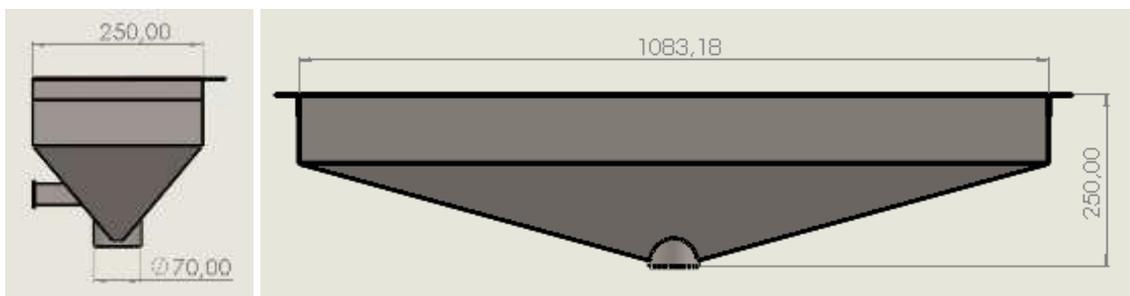


Figura 35. Vista lateral y frontal del embudo de recolección

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

En esta parte es importante realizar cálculos para conocer el desplazamiento de la partícula (chocolate) cuando cae al embudo de recolección, como se puede observar a continuación:

$$S = S_h + S_v \tag{16}$$

$$S = (V \times t) + \left(\frac{1}{2} \times a \times t^2\right)$$

Donde:

S: Trayectoria del material [m]

V: Velocidad lineal $\left[\frac{m}{s}\right]$

t : Tiempo [s]

a : Aceleración $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

S_v = Trayectoria vertical [m]

S_h = Trayectoria horizontal [m]

Para el cálculo se trabaja con la velocidad promedio del vibrador electromagnético la cual es $V = 0.2286 \frac{m}{s}$.

A continuación, se presenta la trayectoria de descarga del chocolate (partícula):

Tabla 24. Datos para graficar la trayectoria de la descarga

Tiempo [s]	S_h [m]	S_v [m]
0.04	0.0009	0.0078
0.08	0.0184	0.0313
0.12	0.0272	0.0706
0.16	0.0362	0.1250
0.20	0.0457	0.1960
0.24	0.0548	0.2820

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

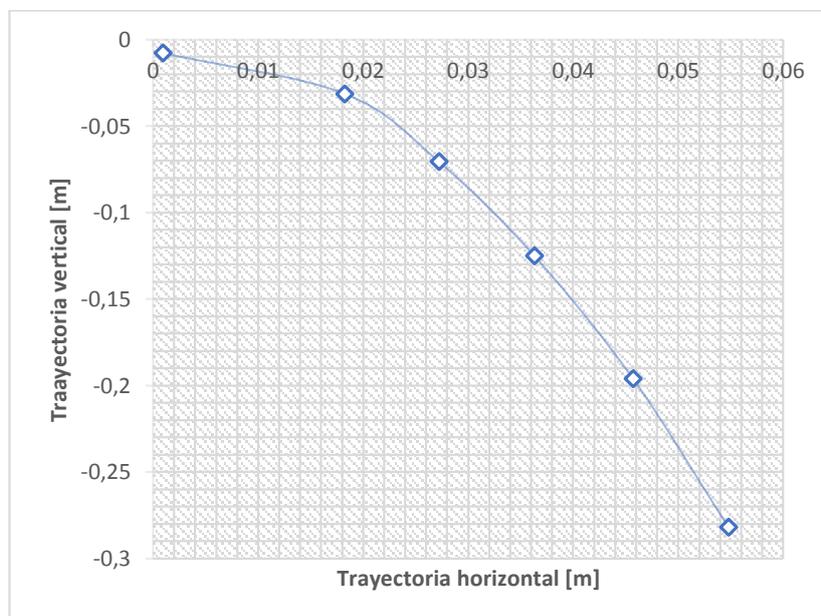


Figura 36. Trayectoria de la descarga de chocolate

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.6. Diseño del sistema de pesaje

El diseño de este mecanismo fue desarrollado para controlar el peso neto del producto. La acción de pesaje está controlada por una celda de carga, la expulsión de los chocolates se realiza por medio de una compuerta que se acciona con un actuador neumático doble efecto.

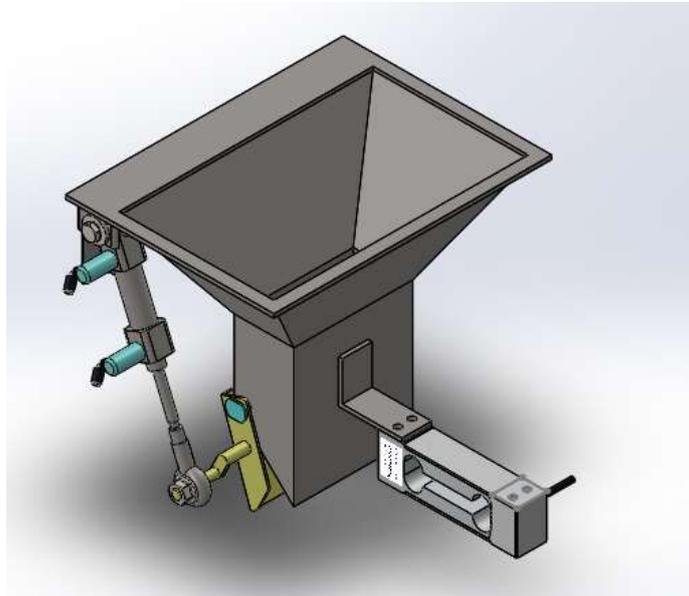


Figura 37. Sistema de pesaje con celda de carga

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.6.1. Celda de carga

Este elemento del sistema de pesaje es una parte importante ya que en este descansa todo el mecanismo de pesaje, su funcionamiento es por medio de un diferencial de pesos se emite una señal la cual permitirá que se abra la compuerta.

Para la elección de la misma se tuvo en cuenta el peso base del sistema el cual es aproximadamente 472 gramos y aparte el peso de los chocolates 150 gramos.

Su principio de funcionamiento es basado en galgas extensiométricas que están alojadas en los vaciados del eje de aluminio. La celda de carga que se ajusta a este peso es la de Forsentek modelo FH02 su hoja de especificaciones se encuentra en el Anexo 3 a continuación se detalla sus principales características:

Tabla 25. Especificaciones técnicas de celda de carga Forsentek FH02 [67]

Parámetro	Valor
Modelo	FH02
Capacidad	0.5 a 20 [kg] (se selecciona de 1 kg)
Material	Aluminio
Dirección carga	Compresión

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

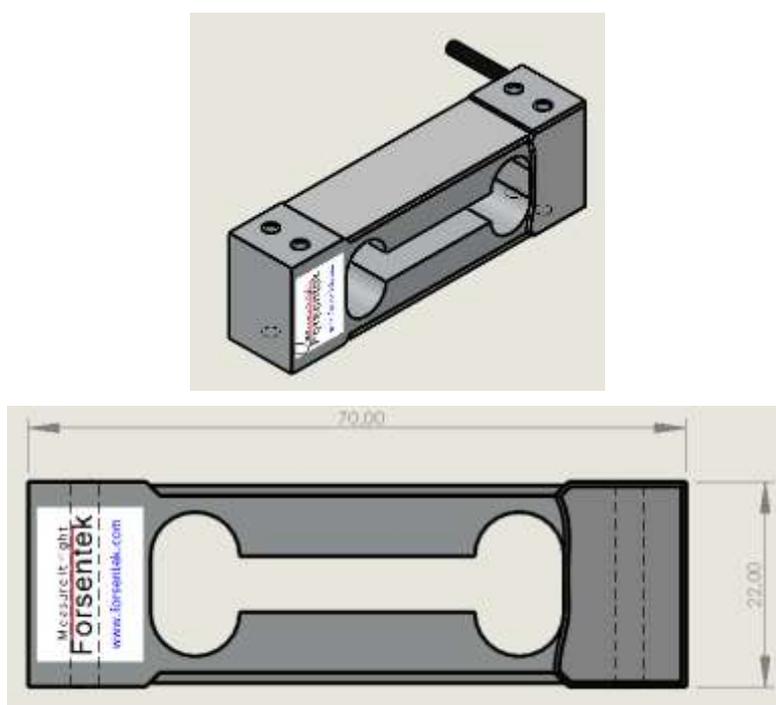


Figura 38. Celda de carga Forsentek FH02

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

La celda de carga posee 4 galgas extensiométricas conectadas en un puente de Wheatstone, la señal es analógica y de unos cuantos milivoltios por lo que su señal debe ser amplificada.

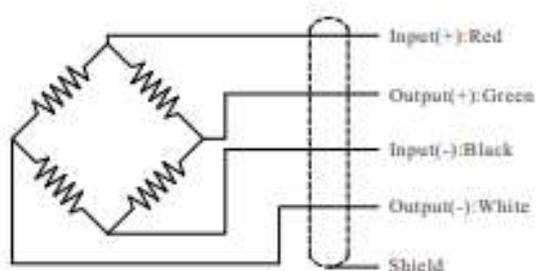


Figura 39. Puente de Wheatstone de Celda FH02

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Al polarizar el puente de Wheatstone con 5 voltios, la celda de carga emitirá su valor máximo que es 1 kg, y cuando emita la señal de 0.88 voltios, significa que el peso será cero kg, por lo tanto, la salida que proporciona es lineal.

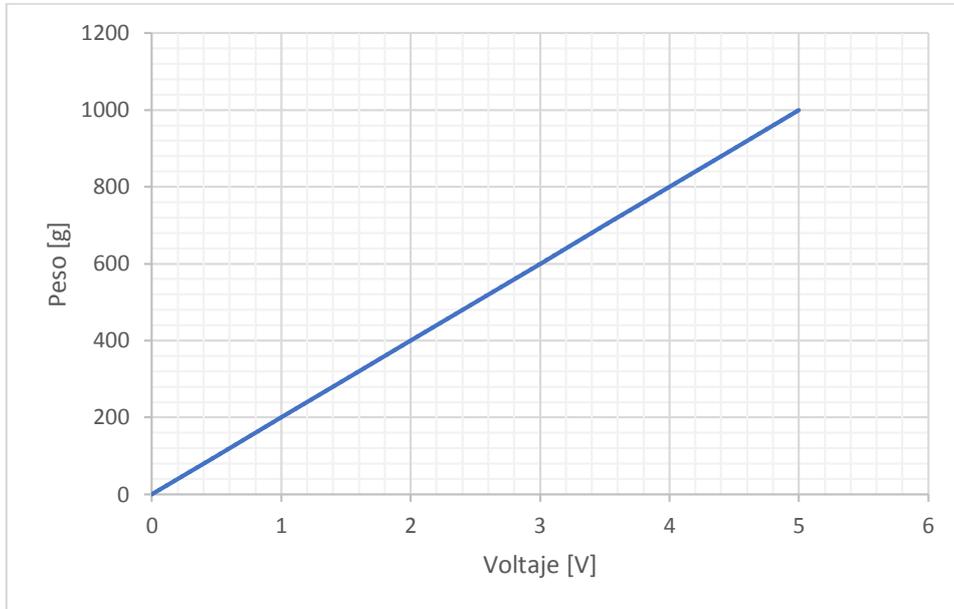


Figura 40. Curva característica de celda de carga FH02

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Al simular el puente de Wheatstone se demuestra que el voltaje mínimo de salida es 0.88 voltios, si este valor fuese 0, esto se consideraría como un error en el funcionamiento del sensor.

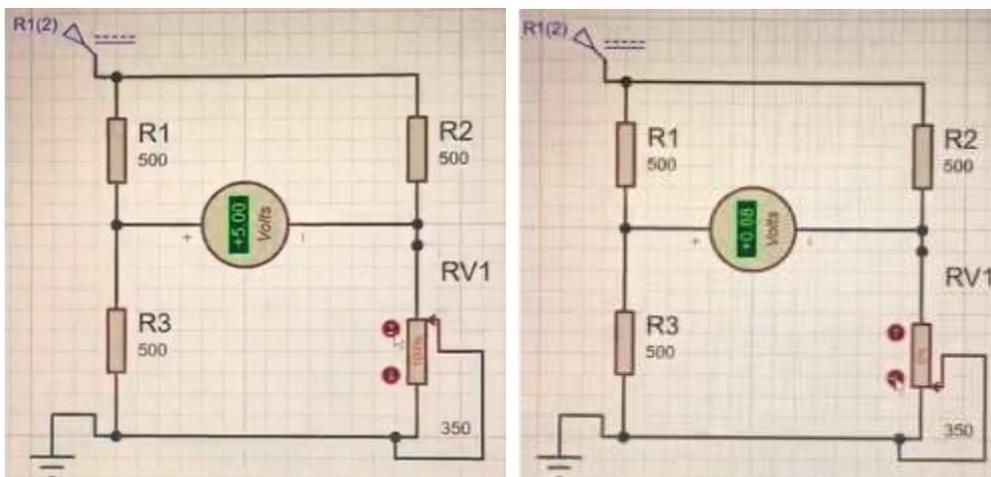


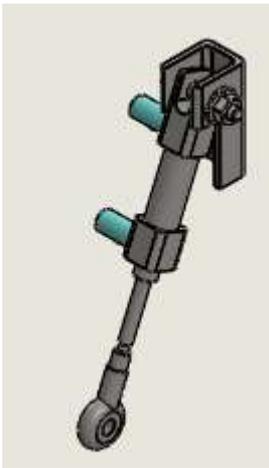
Figura 41. Representación del puente de Wheatstone

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.6.2. Actuador neumático

El actuador neumático cumple la función de abrir y cerrar la compuerta de expulsión del sistema de pesaje, está conectado por un buje de bola que conecta a la compuerta con una manivela. Su elección se hizo tomando en cuenta el peso de la compuerta ± 40 gramos.

La Ficha Técnica se encuentra en el Anexo 4. Entre las principales características técnicas de este elemento se tiene:



Parámetro	Valor
Modelo	NCJ2-10
Tipo	Doble efecto
Material	Acero Inoxidable
Fluido	Compresión
Carrera	25 [mm]
Presión máxima de operación	0.7 [MPa]
Presión mínima de operación	0.05 [MPa]

Figura 42. Esquema de actuador NCJ2 doble efecto

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta los cálculos para determinar las secciones del actuador:

$$S_{avance} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \quad (17)$$

$$S_{avance} = \frac{\pi \cdot (10)^2}{4}$$

$$S_{avance} = 78.539 \text{ mm}^2$$

Donde:

S_{avance} : Sección en el avance [mm^2]

D : Diametro del embolo [mm]

$$S_{retroceso} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (18)$$

$$S_{retroceso} = \frac{\pi \cdot (10)^2}{4} - \frac{\pi \cdot (4)^2}{4}$$

$$S_{retroceso} = 65.973 \text{ mm}^2$$

Como es un actuador de doble efecto se tiene tanto fuerza de avance como fuerza de retroceso:

$$F_{avance} = \frac{P}{10} \cdot S_{avance} \quad (19)$$

Donde:

F_{avance} : Fuerza en el avance [N]

P : Presión máxima [bar]

S : Sección en el avance [mm^2]

$$F_{avance} = \frac{7}{10} \cdot (78.5398)$$

$$F_{avance} = 54.977 \text{ N}$$

$$F_{retroceso} = \frac{P}{10} \cdot S_{retroceso} \quad (20)$$

Donde:

$F_{retroceso}$: Fuerza en el retroceso [N]

P : Presión máxima [bar]

$S_{retroceso}$: Sección en el retroceso [mm^2]

$$F_{retroceso} = \frac{7}{10} \cdot (65.973)$$

$$F_{retroceso} = 46.181 \text{ N}$$

Se comprueba que la fuerza de desplazamiento positivo es mayor a la fuerza de retroceso ya que la presencia del vástago disminuye el área del émbolo. Es necesario tener en cuenta que en la fuerza que entrega el actuador neumático por causas de rozamiento disminuye hasta en un 15% en la práctica.

Se calcula el volumen total del actuador doble efecto:

$$V_{total} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot e + \left[\left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right) \cdot e \right] \quad (21)$$

Donde:

V : Volumen [mm^3]

D : Diámetro del embolo [mm]

d : Diámetro del vástago [mm]

e : Carrera del vástago [mm]

$$V_{total} = \frac{\pi \cdot (10)^2}{4} \cdot 25 + \left[\left(\frac{\pi \cdot (10)^2}{4} - \frac{\pi \cdot (4)^2}{4} \right) \cdot 25 \right]$$

$$V = 3612.831 \text{ mm}^3$$

A continuación, con V_{total} se calcula el V_{aire} a condiciones normales de presión y temperatura:

$$V_{aire} = \frac{P_{abs} \cdot V_{total}}{P_{atm}} \quad (22)$$

Donde:

V_{aire} : Volumen de aire [mm^3]

P_{abs} : Presión absoluta [bar]

V_{total} : Volumen total [mm^3]

P_{atm} : Presión atmosférica [bar]

$$V_{aire} = \frac{(7 + 1.013) \cdot (3612.831)}{1.013}$$

$$V_{aire} = 28578.099 \text{ mm}^3$$

Para el consumo total habrá que considerar el número de ciclos que realice en un minuto y multiplicar por V_{aire} .

3.7. Sistema de control

Se utilizó el controlador SIMATIC S7-1200 1214 C AC/DC/Relé, el cual es totalmente flexible e integrable con TIA PORTAL permitiendo automatización discreta y autónoma.



Figura 43. Siemens S7 1200 1214 C [68]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Las principales características del PLC se encuentran en la Tabla que se presenta a continuación:

Tabla 26. Características del PLC

Parámetro	Valor
CPU	1214 C
Versión	AC/DC/Relé
Comunicación	16
Temperatura de instalación	-20 a 60 [°C]
Alimentación	110 – 220 [VAC]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Para el uso de la celda de carga FH02, la cual entrega señales analógicas, es necesario incluir un módulo de señales analógicas, para el efecto se seleccionó el SM 1231.



Figura 44. Módulo de señales analógicas S1231 [68]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

A continuación, se presenta sus características principales:

Tabla 27. Características del módulo analógico

Parámetro	Valor
Número de entradas	4
Tensión	$\pm 10, \pm 5, \pm 2.5$ [V]
Intensidad	0 a 20 [mA]
Número de salidas analógicas	0
Grado de protección	IP20
Temperatura permitida	-40 a 70 [°C]
Voltaje	24 [VDC]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Para el accionamiento de los cilindros de doble efecto se seleccionó la válvula de 5 vías y 2 posiciones biestable para tener un sistema de control preciso. La seleccionada es la electroválvula 4V220-08/06 de la marca Klod Pneumatics que se encuentra en el Anexo 5.

En la siguiente Tabla se presenta sus características principales:

Tabla 28. Características de la electroválvula

Parámetro	Valor
Medio de funcionamiento	Aire
Presión de funcionamiento	0.15 a 0.8 [MPa]
Temperatura funcionamiento	5 a 50 [°C]
Voltaje	DC12 - DC24 - AC110 - AC220 [V]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro



Figura 45. Electroválvula 5/2 Klod [68]

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

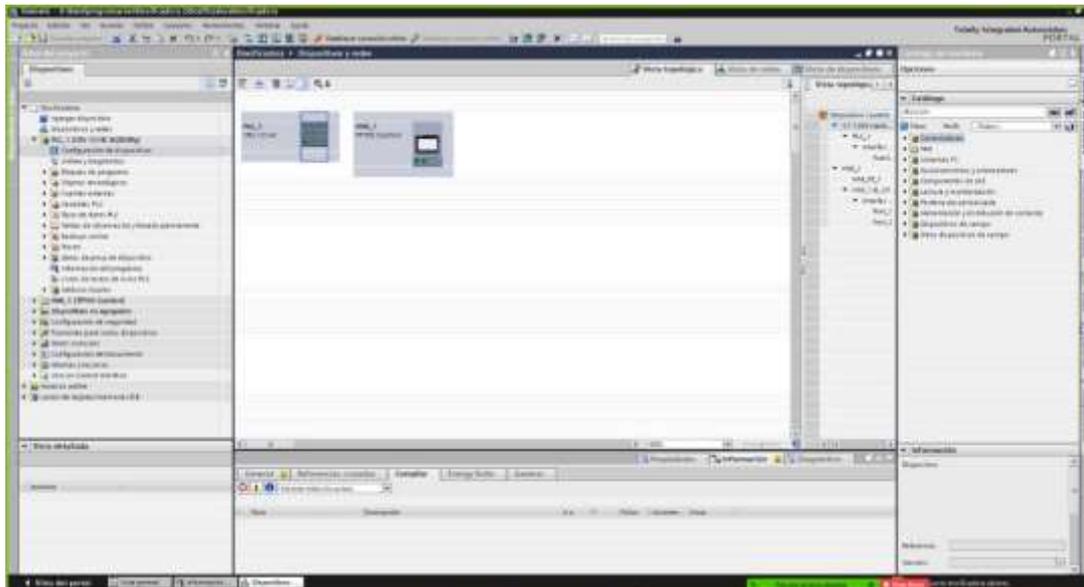


Figura 48. PLC S7 – 1200 y HMI SP 700

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

El diagrama de bloques presentado en el Anexo 6, está diseñado de forma que al pulsar iniciar el ciclo se encienden los vibradores A,C,D y se abren las compuertas A,C,D; posteriormente, al captar la señal del sensor fotoeléctrico cuando este haya cumplido la función de contador (cuenta 4 chocolates en la bandeja A, 5 en la bandeja C y 5 en la bandeja D).

En cada bandeja existen compuertas para evitar el paso de más chocolates, la electroválvula 5/2 recibe la señal digital del contador y acciona los actuadores para cerrar estas compuertas y apagar momentáneamente los vibradores electromagnéticos.

En los diagramas de bloques se recibe una señal analógica de la celda de carga para verificar el peso y en caso de recibir un peso menor a 150 gramos se acciona la compuerta y se enciende el vibrador B, para permitir el paso de 1 chocolate B. Posteriormente se realiza un nuevo pesaje en la celda de carga y en caso de que se alcance un peso ≥ 150 gramos se genera una señal acondicionada digital que es recibida por el PLC para accionar la electroválvula del sistema de pesaje y permitir la expulsión de los chocolates por medio de una compuerta con un actuador.

Además, está diseñado para generar una alerta de falta de producto en la tolva principal al recibir señal de sensores capacitivos que cumplen función de sensores de nivel y está provisto de un paro de emergencia general en caso de requerirlo.

3.8. Diseño de la estructura metálica

Al tratarse de una máquina que estará en contacto con productos alimenticios es recomendable que el material utilizado sea un metal inoxidable austenítico (AISI 304), además de que es el óptimo material para resistir la corrosión y las largas jornadas de trabajo.

El cálculo estructural de la máquina se realizará mediante el diseño por flexión, el material de diseño para la estructura es el AISI 304 que es el material idóneo para una industria de alta calidad alimenticia.

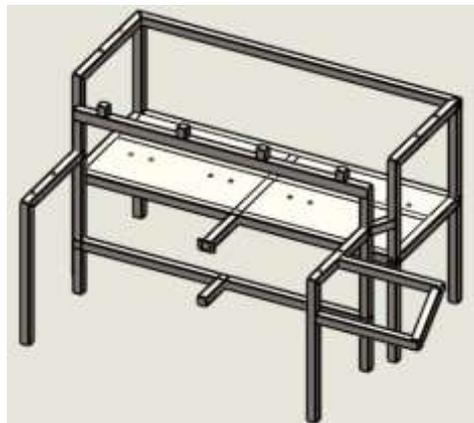


Figura 49. Estructura metálica de máquina dosificadora
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

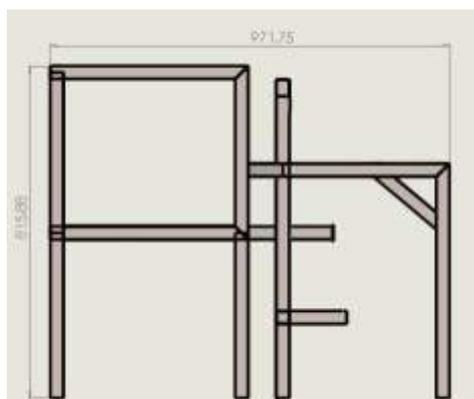


Figura 50. Vista lateral de la estructura de la máquina dosificadora
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

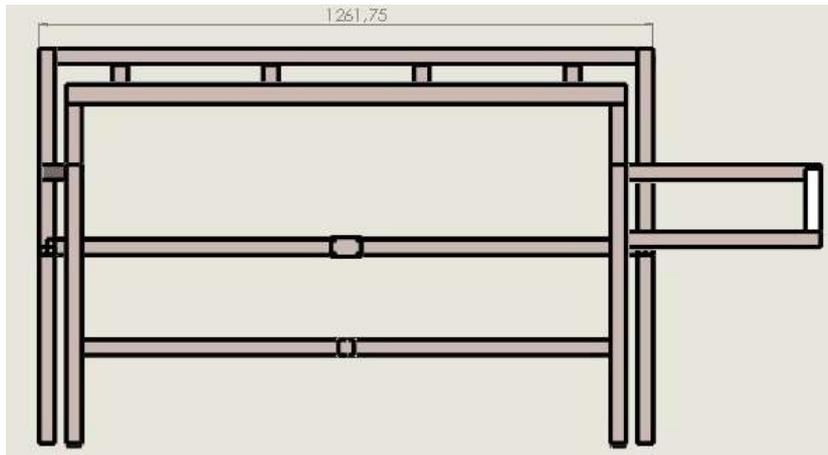


Figura 51. Vista frontal de la estructura de la máquina dosificadora
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.8.1. Diseño de soporte para tolva

Se realizó la elección del perfil donde se asienta la tolva de almacenamiento por medio de fórmulas, las cuales se presentan a continuación:

Se utiliza la fórmula para determinar el momento máximo de una viga:

$$M_{max} = \frac{P \times L}{4} \quad (23)$$

Donde:

P: Peso de la tolva [kg]

L: Longitud máxima [cm]

Sustituyendo valores se tiene:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{41.889 \times 45}{4}$$

$$M_{m\acute{a}x} = 471.2512 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Reemplazando valores en la ecuación de esfuerzo admisible de aplastamiento se obtiene la siguiente ecuación:

$$Fb = 0.6 \times Fy \quad (24)$$

Donde:

F_y : Límite de fluencia [ksi]

Entonces:

$$F_b = 0.6 \times 30$$

$$F_b = 18 \text{ ksi}$$

$$F_b = 18 \frac{Klb}{plg^2} \times \frac{1plg^2}{(2.54)^2 cm^2} \times \frac{1000lb}{1Klb} \times \frac{1Klb}{2.2lb}$$

$$F_b = 1268.1843 \frac{kg}{cm^2}$$

Se calculó el módulo de sección del tubo cuadrado, reemplazando valores:

$$S_x = \frac{M_{m\acute{a}x}}{F_b} \quad (25)$$

Donde:

$M_{m\acute{a}x}$: Momento máximo [kg · cm]

F_b : Esfuerzo admisible $\left[\frac{kg}{cm^2} \right]$

Entonces:

$$S_x = \frac{471.2512}{1268.1843}$$

$$S_x = 0.37 \text{ cm}^3$$

Con el módulo de sección calculado se elige el tubo cuadrado del catálogo de DIPAC (Anexo 7), por cuestiones de estética se eligió el tubo cuadrado de 31.75×1.10 con las siguientes características:

Tabla 29. Características mecánicas y dimensionales de tubo cuadrado

Parámetro	Unidades	Valor
P: Peso	$\frac{kg}{6m}$	6.24
A: Área	cm^2	1.24
I: Momento de inercia	cm^4	1.70
R: Radio de giro de sección	cm	1.13
Sx: Modulo de sección	cm^3	1.17

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Se comprueba la condición:

$$Sx_{viga} > Sx \quad (26)$$

$$1.17 > 0.37$$

A continuación, se calculó la esbeltez:

$$\lambda = \frac{K \times L}{r} \leq 240 \quad (27)$$

Donde:

K: Factor de pandeo

L: Longitud [cm]

r: Radio de giro de sección [cm]

Entonces:

$$\lambda = \frac{1 \times 45}{1.13} \leq 240$$

$$\lambda = 39.823 \leq 240$$

Al cumplir esta condición se confirmó que el tubo elegido es el correcto.

A continuación, se presenta el Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) de la viga:

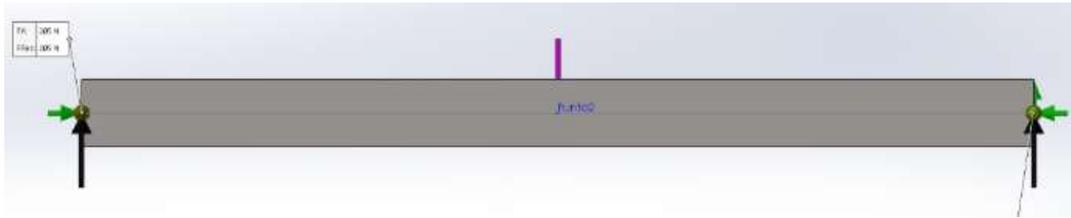


Figura 52. Diagrama de Cuerpo Libre (DCL) de la viga
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

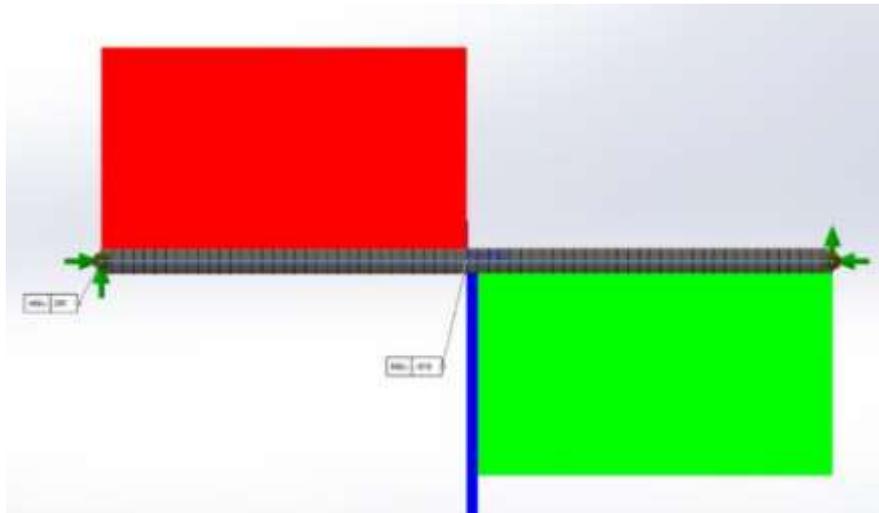


Figura 53. Diagrama de cortante
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

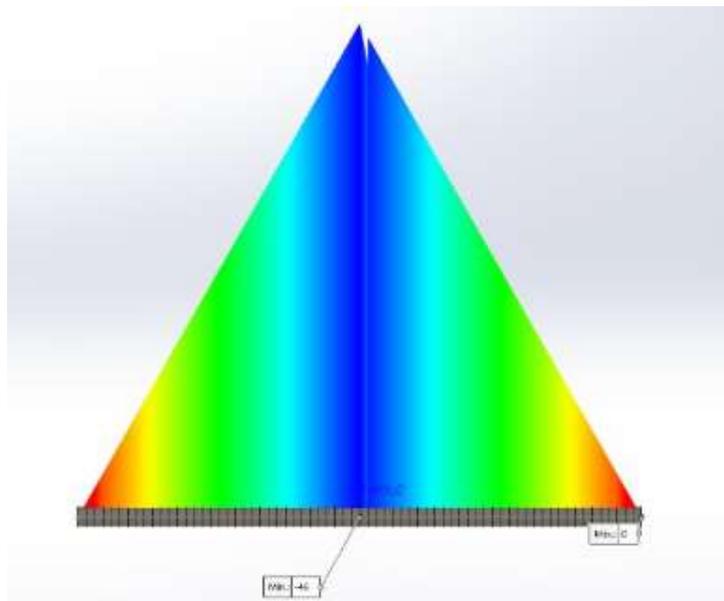


Figura 54. Diagrama de Momento
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

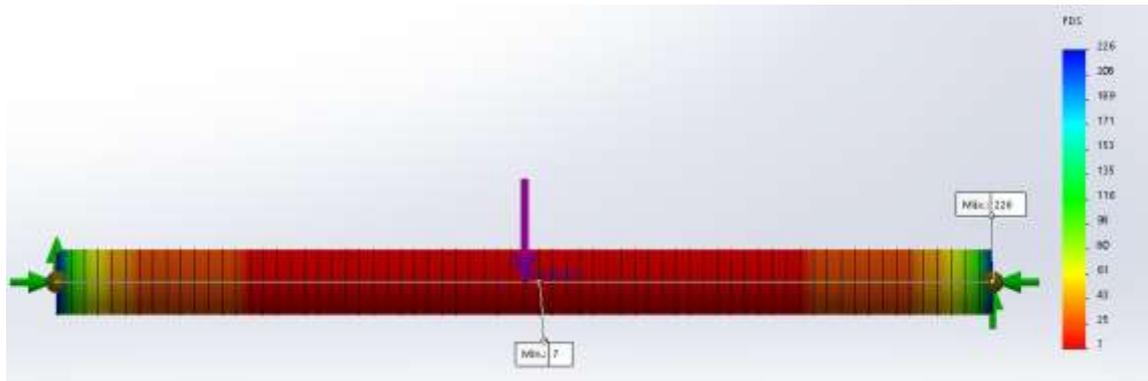


Figura 55. Factor de seguridad en viga

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Al estudiar el peso de la tolva (41.889 kg) como una carga puntual el resultado de cortante máximo es 205 N, el momento flector máximo es de 0 N/m, el momento flector mínimo es de 46 N/m y el facto mínimo de seguridad es 7.

3.8.2. Diseño de soporte para sistema de pesaje

El soporte para el sistema de pesaje es una viga unida a la estructura general de la dosificadora, está ubicada en la parte baja del embudo, se usa un tubo cuadrado que por temas tanto de seguridad como estéticos es el mismo de DIPAC 31.75×1.10 , para el efecto es necesario calcular el momento cortante y deflexión en esta viga.

Se realizó el análisis de cargas como una viga en voladizo con carga puntual, la carga con la que se cuenta es el peso del sistema de pesaje.

$$M_{m\acute{a}x} = P \times L \quad (28)$$

Donde:

P: Peso de la carga [kg]

L: Longitud de viga [cm]

Entonces:

$$M_{m\acute{a}x} = 0.6230 \times 15.4$$

$$M_{m\acute{a}x} = 9.5942 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

Transformando unidades el $M_{m\acute{a}x} = 0.9408 \text{ N} \cdot \text{m}$ que es similar al obtenido en el Solid Works.

Se calculó la deflexión máxima:

$$\sigma = \frac{P \times L^3}{3 \times E \times I} \quad (29)$$

Donde:

P : Peso de la carga [kg]

L : Longitud de viga [cm]

E : Modulo de elasticidad del material $\left[\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right]$

I : Momento de inercia [cm^4]

Entonces:

$$\sigma = \frac{0.6230 \times (15.4)^3}{3 \times (1.9 \cdot 10^6) \times 1.70}$$

$$\sigma = 0.000234 \text{ cm}$$

Transformando unidades se concluyó que la viga flejará 0.00234 mm, su factor de seguridad mínimo es 327 y su momento máximo es 0.941N/m.

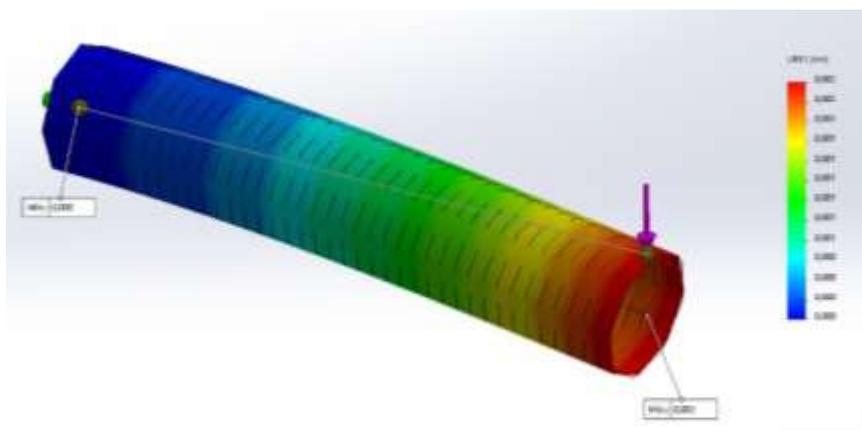


Figura 56. Desplazamiento que genera la carga
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

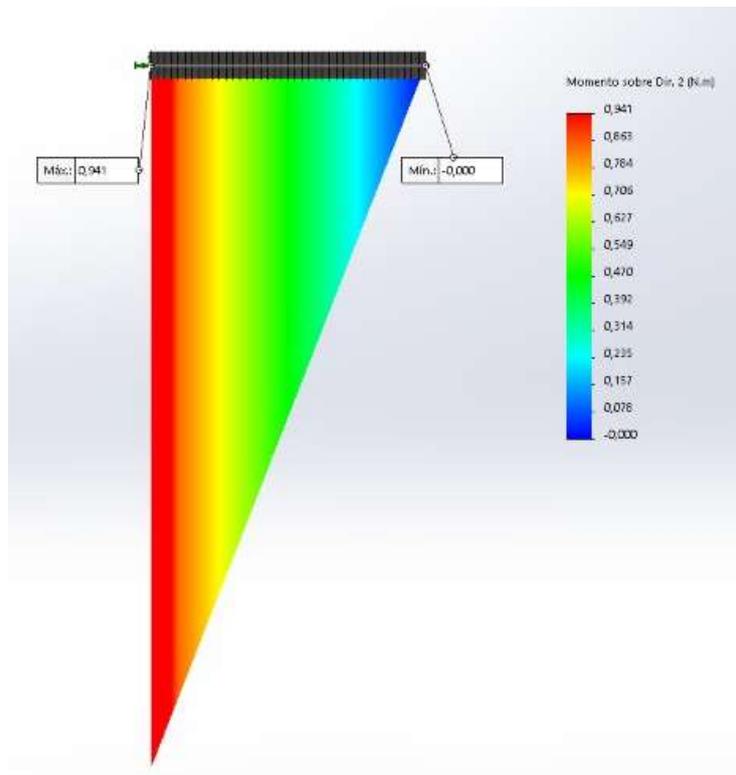


Figura 57. Momento que genera la carga
 Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

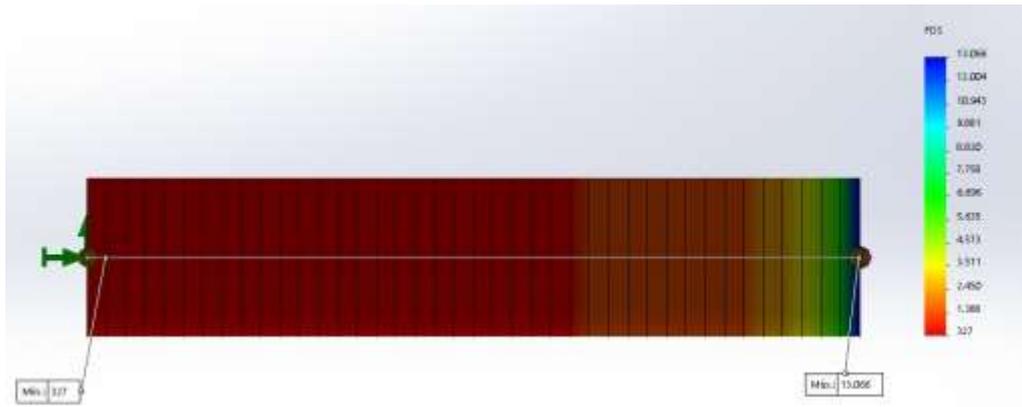


Figura 58. Factor de seguridad
 Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

En la siguiente figura, se presenta un flujograma que resume de manera simple el funcionamiento general de la máquina dosificadora diseñada:

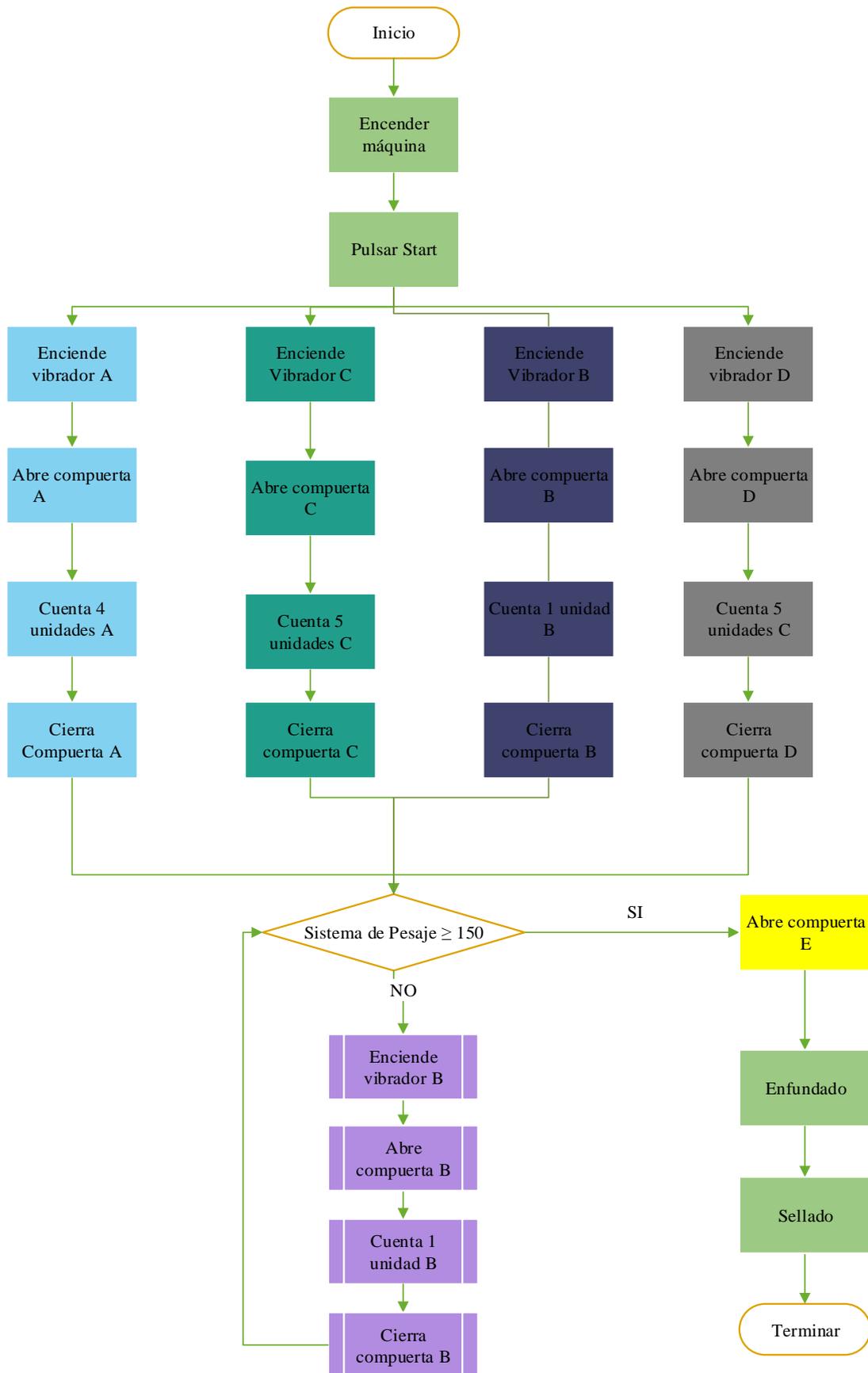


Figura 59. Flujograma de la secuencia de funcionamiento de la máquina dosificadora diseñada

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.9. Validación del funcionamiento/ simulación

Los elementos del prototipo de máquina dosificadora se simularon mediante la utilización del software SolidWorks, los mismos ya fueron calculados mediante distintos métodos de ingeniería en el Capítulo III.

Para la simulación de esfuerzos se realizó un análisis estático, donde se considerará como cargas los pesos de la tolva de almacenamiento más el producto cargado (410.93 N), cuatro vibradores electromagnéticos, con sus respectivas bandejas de alimentación (348.43 N), embudo de recolección (112.31 N) y el sistema de pesaje más la carga del producto a empaclar (6.11 N).

3.9.1. Análisis estático de estructura del prototipo

3.9.1.1. Tensiones

En la siguiente figura se observa el límite elástico S_y que soporta el acero inoxidable AISI 304 es de $2.068 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, y el valor máximo de tensión que se ejerce sobre la estructura es de $3.82 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, es decir que el valor máximo de tensión al cual está sometida la estructura no sobrepasa el límite elástico, por lo que no existirá complicaciones en el funcionamiento.

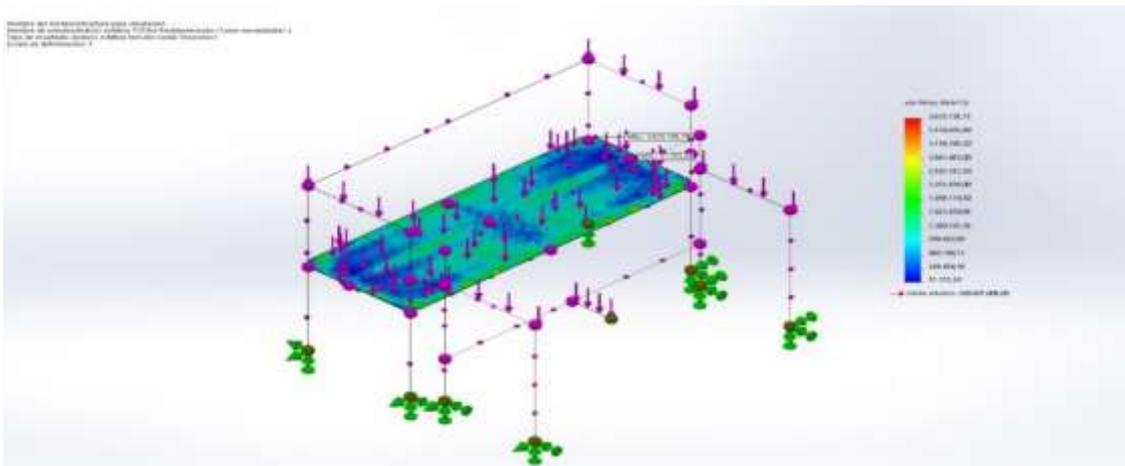


Figura 60. Tensiones sobre la estructura metálica.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.9.1.2. Desplazamientos

En la siguiente figura se indica la zona en la cual existe mayor desplazamiento y en la cual existe un mínimo desplazamiento.

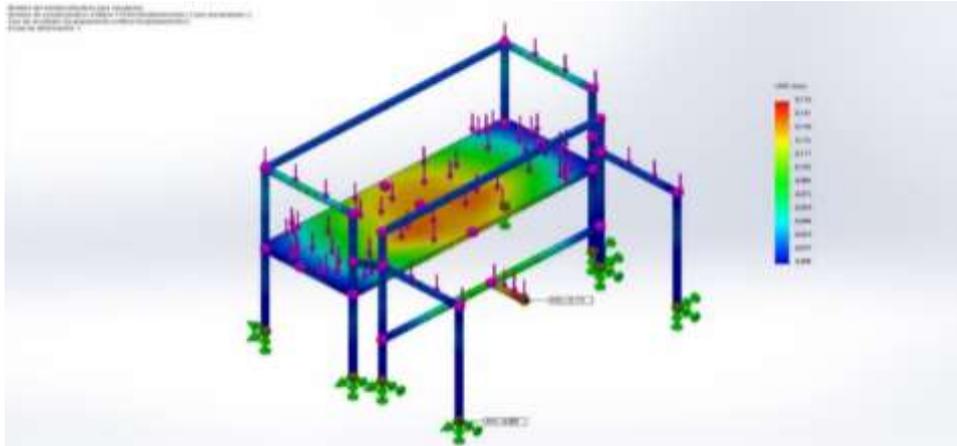


Figura 61. Desplazamientos de la estructura metálica
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Como se puede observar, el valor máximo de desplazamiento es 0.176 mm, el cual no supera 1 mm, comprobando el correcto funcionamiento de la estructura.

3.9.1.3. Factor de seguridad

En la siguiente Figura se muestra si el diseño soportará las fuerzas a las cuales va a ser sometido resultando un factor de seguridad mínimo 22.31, con lo que se concluye que la estructura diseñada soporta fácilmente las cargas con las que trabajará.

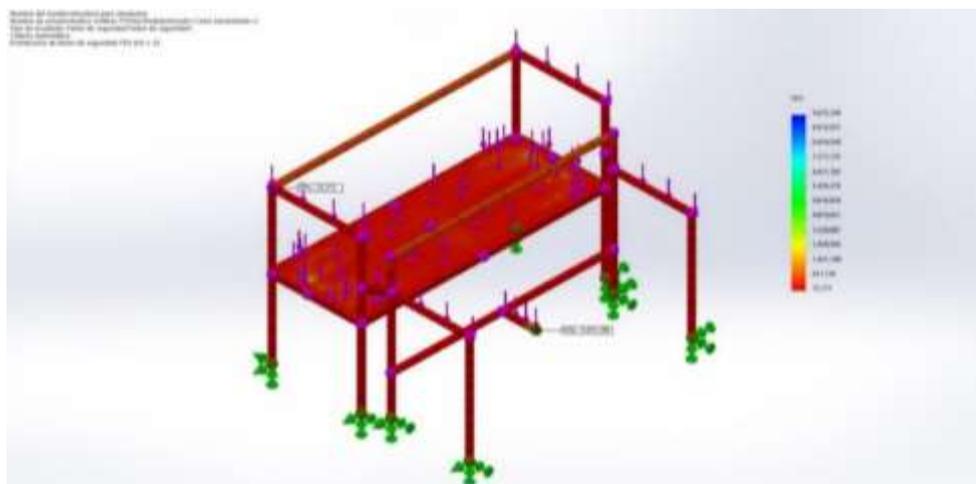


Figura 62. Factor de seguridad de la estructura metálica
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

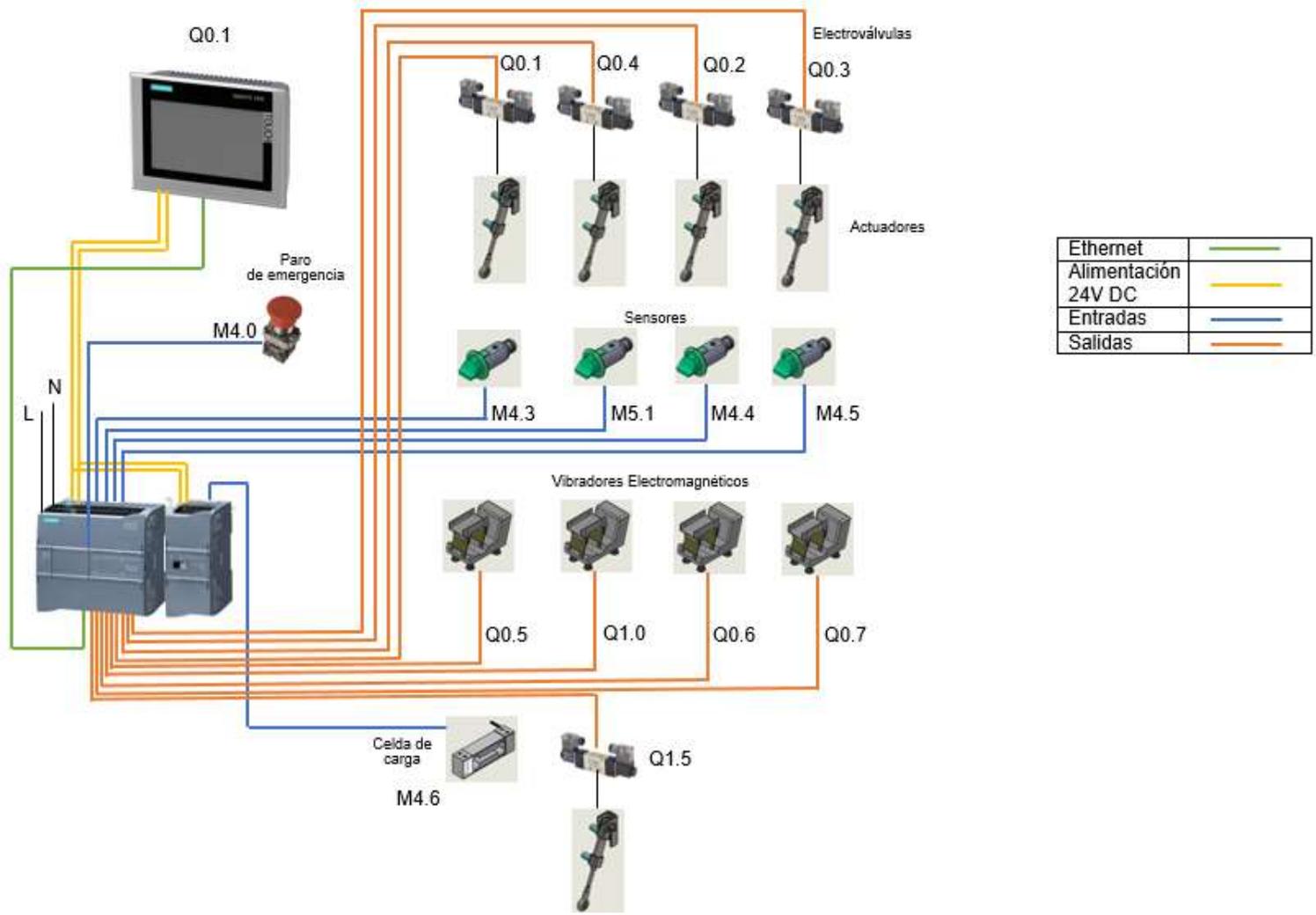


Figura 63. Diagrama eléctrico del equipo
 Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.9.2. Análisis estático de tolva de almacenamiento

3.9.2.1. Tensiones

En la siguiente figura se observa el límite elástico S_y que soporta el acero inoxidable AISI 304 es de $2.068 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, y el valor máximo de tensión que se ejerce sobre la estructura es de $1.908 \times 10^4 \text{ N/m}^2$.

Es decir que el valor máximo de tensión al cual está sometida la tolva no sobrepasa el límite elástico, por lo que no presentará complicaciones en su operación.

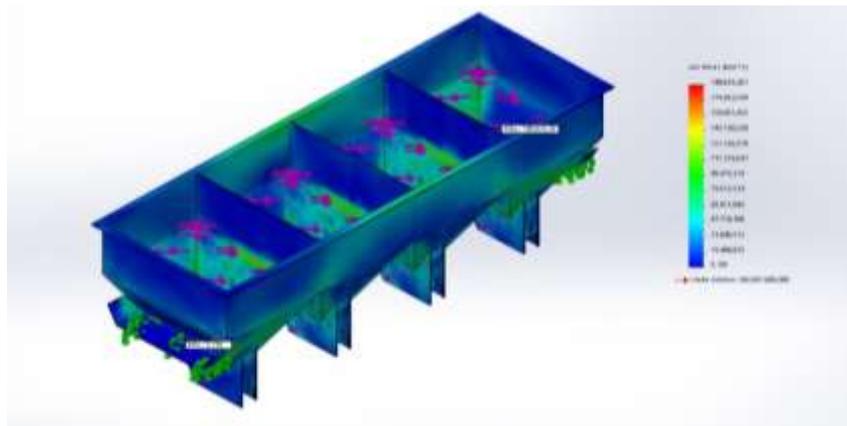


Figura 64. Tensiones sobre la tolva.

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.9.2.2. Desplazamientos

En la siguiente Figura se indica la zona en la cual existe mayor desplazamiento y en la cual existe un mínimo desplazamiento cuyo valor es equivalente a 0 mm el máximo es 0.0059 mm.

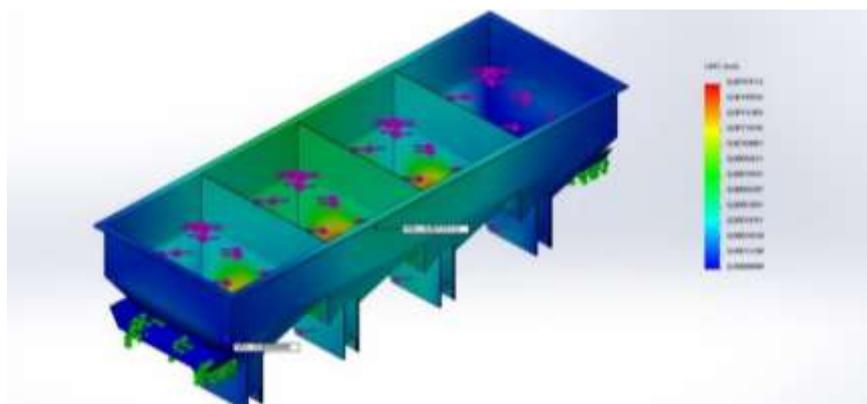


Figura 65. Desplazamientos de la tolva

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

3.9.2.3. Factor de seguridad

En la siguiente Figura se muestra si el diseño de la tolva soportará las fuerzas a las cuales va a ser sometida, resultando un factor de seguridad mínimo 1083.75, con lo que se concluye que la tolva diseñada soporta fácilmente las cargas con las que trabajará.

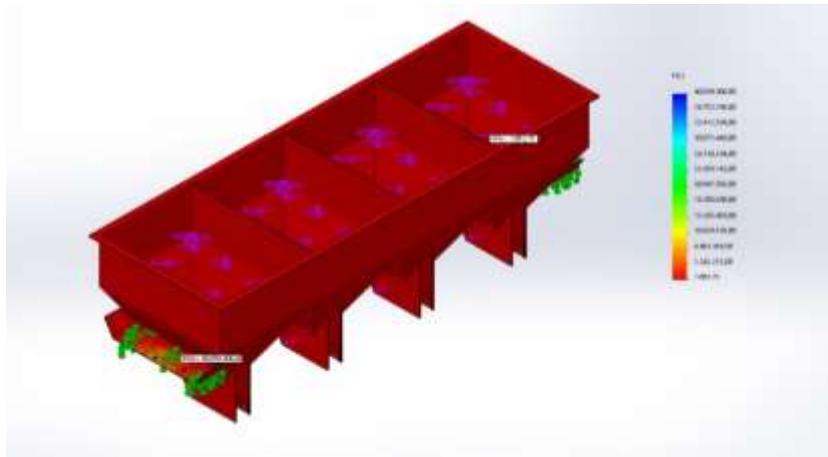


Figura 66. Factor de seguridad de la tolva

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Análisis del proceso actual

Actualmente el proceso de dosificación de chocolates en “El Salinerito” se realiza de forma manual, el cual es ejecutado por tres operarios encargados de realizar el conteo de los chocolates de distintos tipos y del pesaje y repesaje del contenido hasta lograr un peso neto de 150 gramos.

Actualmente, este proceso además de requerir mano de obra de 3 operarios, conlleva riesgos ergonómicos de los mismos, los cuales están relacionados con la ejecución de movimientos repetitivos.

Por otro lado, el proceso de dosificación actual se demora aproximadamente 45 segundos por cada funda, los cuales se reducen aproximadamente en un 67% mediante la automatización del proceso. Adicionalmente esto permite reducir el tiempo total de empaquetado del producto, evitando cuellos de botella en el mismo.

En el proceso manual, el producto tiene contacto directo con el personal por lo que a pesar de mantener las normas de bioseguridad puede existir contaminación cruzada del producto.

Para el diseño de la dosificadora automática se consideró algunas características de los chocolates como son: la forma, el peso por porción, el volumen y la densidad de cada tipo de chocolate a los cuales se los denominó como Chocolate de trufa (A), Chocolate pequeño (B), Chocolate de fruta (C), Chocolate de leche (D). Cada chocolate viene recubierto por una lámina de aluminio. El chocolate pequeño o Chocolate B es aquel que tiene el menor peso (5 gramos), y, por ende, actualmente, se utiliza para complementar el peso cuando no se logra llegar a los 150 gramos.

El contenido neto del producto Chocolerito es un requisito legal establecido por el RTE 284, por ende, la automatización de la dosificación de chocolates surtidos, hará posible cumplir este requerimiento con menos recursos humanos, materiales y menor tiempo.

4.2. Selección de alternativas y diseño de la máquina dosificadora

En la siguiente Tabla se expone de manera resumida las especificaciones técnicas del prototipo de dosificadora automática y sus elementos constitutivos:

Tabla 30. Especificaciones de diseño del prototipo de máquina dosificadora

Elemento de la máquina	Especificaciones de diseño
Material de la máquina	Acero Inoxidable AISI 304
Dimensiones de la máquina	Alto: 815.88 mm Ancho: 1261.75 mm Profundidad: 971.75 mm
Densidad de cada chocolate	Promedio: 1410 kg/ m ³
Capacidad de la tolva	Cap. Cada compartimento: 6.768 kg Cap. Total: 27 kg
Volumen de la tolva	0.0480 m ³
Vibrador electromagnético	MODEL 6C Eriez Hi-vi Compact Ectromagnetic Feeders
Bandejas transportadoras	Bandeja A y B: salida 25 mm Bandeja C y D: salida 35 mm
Sensores fotoeléctricos	GLV18-8-400-S/73/120 PEPPERL + FUCHS Rango de detección (máx.): 50 a 400 [mm]
Embudo de recolección	Alto: 225 mm Ancho: 1083.13 mm Desemboque: 70 mm
Celda de carga	Forsentek modelo FH02, capacidad 1 kg
Actuador neumático	Modelo NCJ2-10, doble efecto, carrera 25 mm
Tubo cuadrado	31.75 × 1.10 DIPAC Peso: 6.24 kg/6m Área: 1.24 cm ² Sx: Modulo de sección: 1.17 cm ³
FDS mínimo estructura metálica	22.31

Elemento de la máquina	Especificaciones de diseño
FDS mínimo tolva	1083.75

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

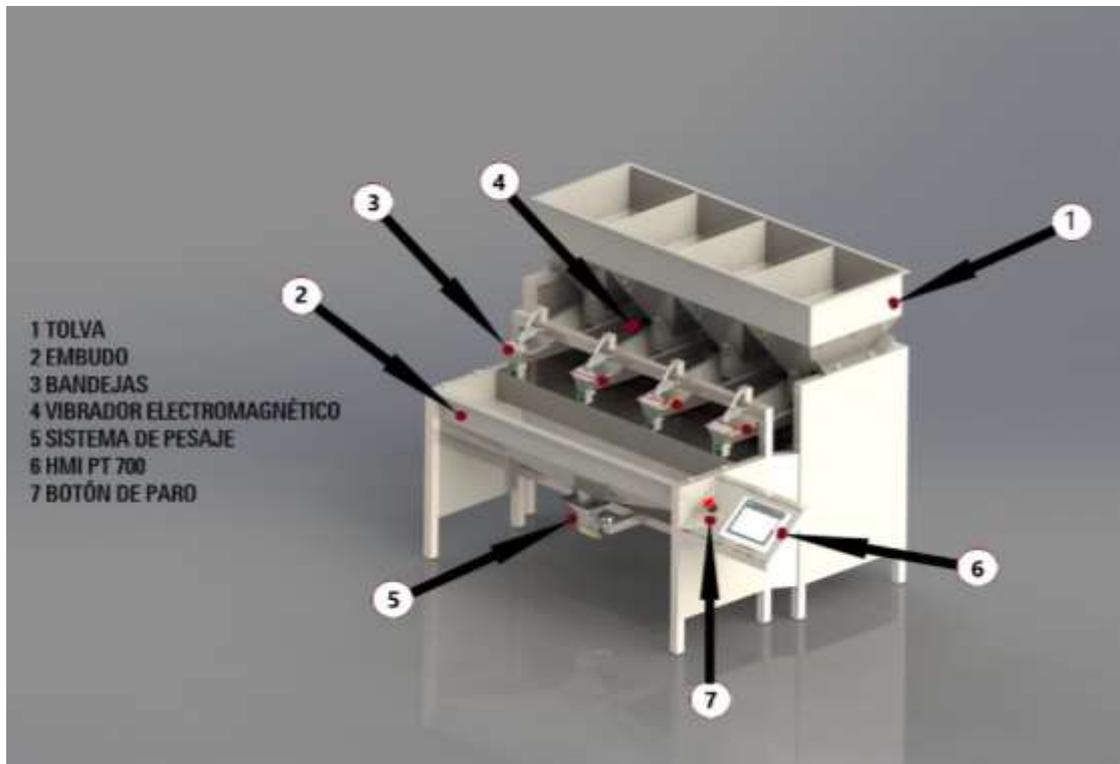


Figura 67. Máquina dosificadora y sus partes constitutivas

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Como se indicó en el Capítulo II el diseño mecánico tiene que pasar por varias etapas entre ellas el reconocimiento de la necesidad, la definición de los problemas, síntesis, análisis y optimización, evaluación y presentación, en ese sentido una vez que se reconoció la necesidad de automatización en el proceso actual, se procedió a analizar varias alternativas de dosificación y evaluar sus características para encajar en el actual proceso, tal como se describe en el presente apartado.

Entre los principales factores de diseño se tomó en cuenta los siguientes: resistencia, confiabilidad, fricción, costo, seguridad, tamaño, volumen, mantenimiento, a los cuales se asignó una proporción porcentual hasta llegar a un total de 100%.

Para definir las alternativas de sistemas de dosificación se consideró lo desarrollado en el Marco Teórico, en el cual se definió que un sistema de dosificación es utilizado para suministrar productos o materiales, por lo que este mecanismo debe entregar la cantidad exacta del producto, con el objetivo de optimizar recursos. Se analizó la dosificación volumétrica y la gravimétrica y se evaluaron sus ventajas y desventajas con relación al tipo de producto a dosificar, que para el caso consiste en chocolates sólidos de diferentes tamaños con cubierta de aluminio.

Los dosificadores volumétricos tienen mayores ventajas cuando se trabaja con líquidos viscosos, y se basan en la densidad y el tiempo, por su parte, los sistemas de dosificación por peso o gravimétricos, presentan mayores ventajas para trabajar con sólidos y además proporcionan una mayor precisión, permiten controlar la velocidad de dosificación y nunca se corre el riesgo de añadir exceso de producto por lo que esto constituye un manejo más eficiente del mismo, por esa razón se seleccionó la dosificación gravimétrica.

Posteriormente se analizaron los posibles materiales para el diseño de la estructura de la máquina dosificadora, entre ellos el acero inoxidable AISI 304 y AISI 316, los cuales presentan ventajas como buena resistencia a la corrosión, facilidad para la limpieza y desinfección, alta ductilidad y elasticidad, alta resistencia a la compresión y a la tracción y alta tenacidad. Si bien ambos tipos de acero austenítico tienen propiedades análogas y el Acero Inoxidable AISI 316 es más resistente a la corrosión química, el mismo es mucho más costoso que el AISI 304, por lo expuesto se seleccionó este último, mismo que sí permite cumplir lo establecido en las normas INEN NTE UNE-EN13130-1 ALIMENTOS.

En lo que respecta al sistema de almacenamiento o tolva, se comparó la cuña piramidal y la cuña cónica, las cuales tienen características similares como seguridad industrial, seguridad del producto y capacidad de producción, sin embargo, se seleccionó la tolva de cuña plana (piramidal), debido a que es de fácil montaje, operación y mantenimiento, flujo uniforme, densidad constante y no quedan productos en zonas muertas.

Para la tolva se calculó el volumen de diseño partiendo del peso de almacenamiento de 10 kg, los cuales se dividieron en cuatro partes, debido a que se tendrá cuatro compartimentos con capacidad de 2.5 kg cada uno (un compartimento por cada tipo de chocolate).

La tolva consta de caja cuadrada y caja cónica por lo que previamente se calculó el volumen de cada una, finalmente se despreció el volumen de la caja cuadrada para tener mayor seguridad en el diseño y evitar un rebote del producto, y dio como resultado que el volumen total de la tolva debería ser $V_T=0.0480 \text{ m}^3$, a esto se debe corregir aplicando un Factor de espacios vacíos F_{ev} de 0.4; con el fin de comprobar si este diseño cumplirá con los requerimientos mínimos se calculó Capacidad Real de la Tolva (C_{TR}), cuyo resultado fue 6.78 kg lo que es mayor a 2.5 kg. Por otra parte, se calculó el flujo másico de la tolva, aplicando la fórmula de Jenike, obteniendo como resultado 5.962 kg/s, como se puede evidenciar $\dot{M} \geq \dot{M}_{Diseño}$.

En referencia al sistema de transporte estará compuesto por una bandeja de alimentación y un vibrador electromagnético, este sirve para el transporte de chocolates hacia el sistema de pesaje. Entre las alternativas se seleccionó un vibrador electromagnético, el cual presenta varias ventajas frente a los de accionamiento neumático; entre ellas, la posibilidad de tener un excelente control del nivel de vibración, lo que se traduce en arranques y paradas instantáneas, adicionalmente cuenta con pocas piezas, no requiere lubricación ni sistemas de amortiguamiento porque la vibración transmitida a su entorno es muy baja. Se seleccionó el vibrador MODEL 6C, del catálogo de Eriez Hi-vi Compact Ectromagnetic Feeder, el cual está fabricado para un flujo másico de hasta 0.2019 kg/s, este es suficiente dado que el flujo másico de diseño es 0.0099 kg/s.

En lo referente a las bandejas de alimentación, las mismas se diseñaron con un estrechamiento en la salida para beneficiar una dosificación controlada. Las bandejas de los chocolates A y B tienen una salida de 25 mm y las bandejas de salida C y D se diseñaron con una salida de 35 mm. También se calculó la fuerza de adherencia de la cubierta de aluminio con la bandeja transportadora, y la aceleración de avance del vibrador teniendo como resultado $13.716 \text{ m/s}^2 \leq 15.3438 \text{ m/s}^2$, demostrando que habrá el deslizamiento adecuado en la bandeja.

Así mismo, el presente prototipo requiere automatizar la apertura y cierre de compuertas en el presente prototipo, para efecto, se utilizará actuadores neumáticos, los cuales son encargados de producir los desplazamientos necesarios para dicha apertura y cierre. Se eligió los actuadores neumáticos de doble efecto debido a que permiten tener mayor control sobre la tarea de apertura y cierre de compuertas.

Se seleccionó el Actuador neumático NCJ2-10 de doble efecto con carrera de 25 mm, su elección se basó en el peso de la compuerta ± 40 gramos. En este elemento se calculó la sección de avance y retroceso y las respectivas fuerzas debido a que es un actuador de doble efecto, estos resultados deben ser corregidos, considerando el rozamiento. Así también, se calculó el volumen total del actuador, y el volumen de aire. Al respecto, la empresa cuenta con línea de aire, la cual podría ser acondicionada para dotar del aire requerido para el proceso de dosificación.

El prototipo a diseñar requiere para su automatización el uso de sensores de proximidad, los cuales cumplirán la función de contador a la salida de las bandejas de transporte o alimentación, donde contará los chocolates, previo a la expulsión del producto pesado. Para el presente proyecto se ha seleccionado los sensores sin contacto físico denominado fotoeléctricos, los cuales captan objetos de cualquier tamaño y forma, logran una detección precisa, son de fácil montaje y no necesitan de un objeto refractante. En ese sentido, se propuso el sensor fotoeléctrico de detección directa GLV18-8-400-S/73/120 de la empresa PEPPERL + FUCHS.

Otro de los elementos a considerar es el embudo de recolección, el cual conecta las bandejas de transporte con el sistema de pesaje, posee un agujero de desemboque de 70mm, en este elemento fue importante calcular el desplazamiento de la partícula cuando cae al embudo, para esto se utilizó la ecuación de trayectoria del material y como base se tomó la velocidad promedio del vibrador electromagnético ($V=0.2286$ m/s), con estos resultados se graficó la curva de trayectoria del chocolate.

En cuanto al sistema de pesaje, el mismo se realizará mediante celdas de carga, las cuales sirven para realizar un pesaje automático, estos dispositivos permiten tener mayor precisión, tener menos pérdidas y optimizar mano de obra, las celdas de carga transforman el peso aplicado en una señal eléctrica, la cual es remitida al sistema de control. La celda de carga seleccionada fue la de Forsentek modelo FH02, esta celda de carga tiene 4 galgas extensiométricas conectadas en un puente de Wheatstone.

Además, el prototipo incluye un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual es el encargado de transformar la entrada digital del sensor fotoeléctrico y la entrada analógica de la celda de carga, en señales de salida binarias las cuales se transmiten a los actuadores

neumáticos y a los vibradores electromagnéticos, para la parada instantánea del sistema de transporte. Se seleccionó PLC frente a Microcontroladores arduinos considerando las ventajas de los PLC entre ellas su rendimiento en procesos de escala industrial, para lo cual los microcontroladores no dan abasto, tomando en cuenta que los PLC permiten un mejor control y detección de fallos en procesos productivos, y teniendo en consideración que los micro controladores arduinos no cumplen normas de estandarización, se ha seleccionado el sistema de control por Controladores Lógicos Programables (PLC).

En lo referente al diseño estructural de la máquina, el cálculo se realizó por flexión y con el material Acero AISI 304; la máquina tendrá 815.88 mm de alto por 1261.75 mm de ancho y 971.75 mm de profundidad. Para el soporte de la tolva se calculó el Momento Máximo (Mmax) de la viga cuyo resultado es 471.25 kg·m, además se calculó el esfuerzo admisible de aplastamiento cuya resultante fue 1268.1843 kg/cm², con estos resultados se calculó el módulo de sección el tubo cuadrado, obteniendo como resultado 0.37cm³, considerando este valor, se seleccionó el tubo cuadrado de 31.75 x 1.10 mm del catálogo de DIPAC.

Además, se calculó la esbeltez de la viga, tomando en cuenta que esta es la relación que existe entre la sección de la viga y su longitud; de acuerdo con los resultados se cumplió la condición $\lambda=39.823 \leq 240$, lo que confirma que el tubo elegido es el correcto.

Por otra parte, se diseñó el soporte para el sistema de pesaje, el cual consiste en una viga unida a la estructura general de la dosificadora, para ello, teniendo en cuenta factores de seguridad y estética se seleccionó un tubo cuadrado igual al de la viga anteriormente descrita (DIPAC 31.75 × 1.10), para el cual se calculó el momento cortante y deflexión.

De los resultados se evidencia que la viga flejará 0.00234 mm que es igual al resultado obtenido en el software Solid Works.

4.3. Simulación del funcionamiento de la máquina

Los elementos del prototipo de máquina dosificadora se simularon mediante la utilización del software SolidWorks, cuyos resultados fueron presentados en el apartado 3.5 de este documento.

Mediante esta simulación se comprobó que el diseño y la selección del perfil estructural es la adecuada para soportar los pesos de los diferentes elementos de la dosificadora.

Se realizó el análisis estático de la estructura metálica, con relación a las tensiones se obtuvo como resultado que el valor máximo de tensión al cual está sometida la estructura no sobrepasa el límite elástico S_y del Acero AISI 304 ($2.068 \times 10^8 \text{ N/m}^2$), y la tensión máxima simulada es $3.82 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, por lo que no existirá complicaciones en el funcionamiento. El factor de seguridad mínimo del diseño es 22.31, valor que se cumple en el diseño de la estructura metálica.

Con relación a la tolva de acero, el análisis estático permitió determinar que las tensiones la tensión máxima a la cual estará sometida la tolva no sobrepasa el límite elástico ($1.908 \times 10^4 \text{ N/m}^2$). En lo referente al factor de seguridad mínimo obtenido (1083.75) se puede evidenciar que la tolva diseñada soporta fácilmente las cargas de operación.

Esta simulación también permitió evidenciar que el desplazamiento existente es mínimo tanto en la estructura metálica como en la tolva.

A continuación, se presenta la interfaz Hombre- Máquina, en sus etapas de stand-by, funcionamiento y detección de escases de producto en la tolva:

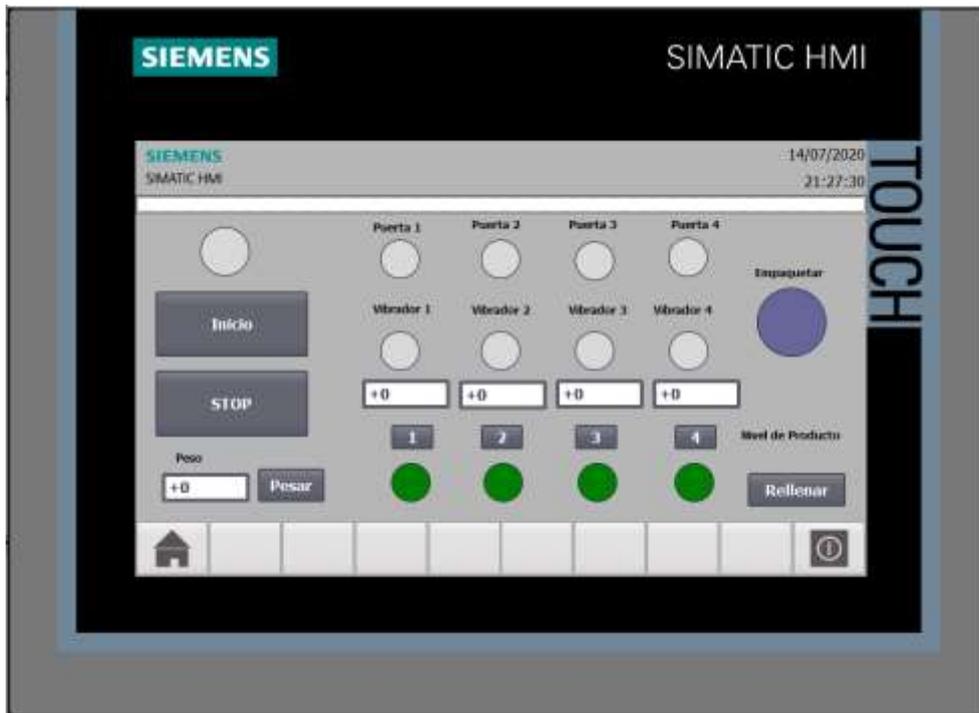


Figura 68. Pantalla HMI en modo Stand- by
 Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

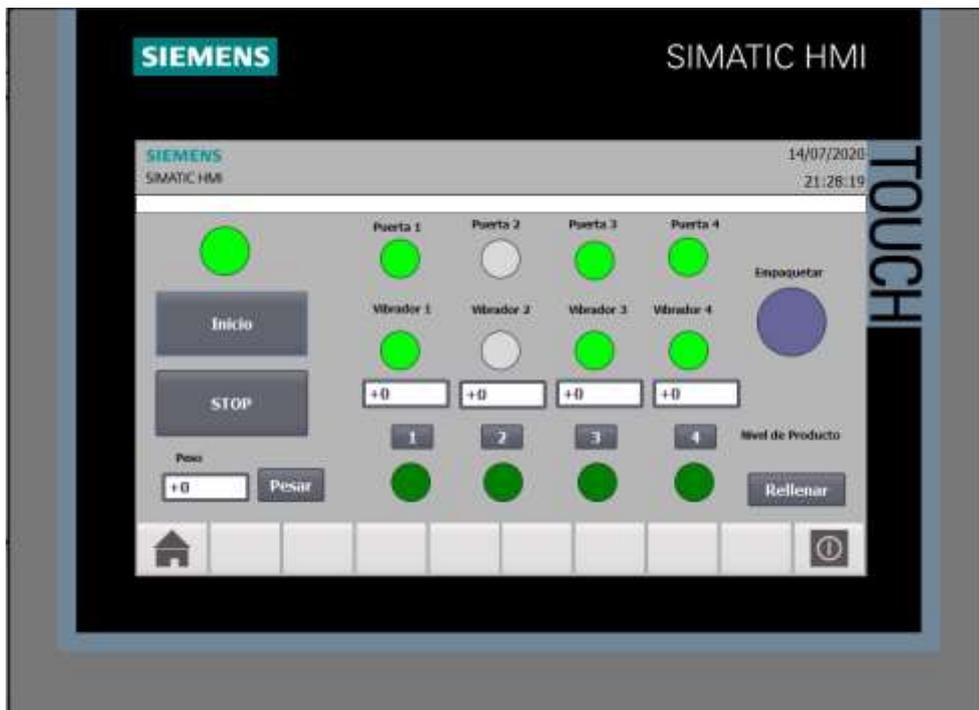


Figura 69. Pantalla HMI en modo inicio de ciclo
 Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

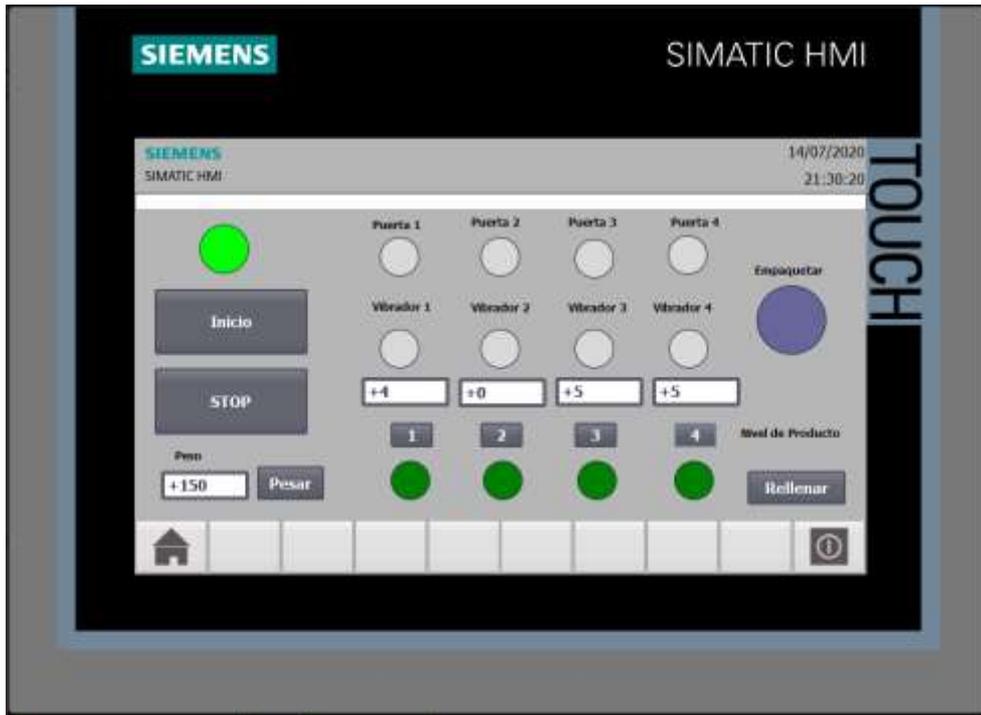


Figura 70. Pantalla HMI en proceso completo de llenado de 150 gramos de producto
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro



Figura 71. Pantalla HMI- accionamiento indicadores de bandeja B (llenado 145 gramos)
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro



Figura 72. Pantalla HMI- Alerta de escases de producto A, C, D
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro



Figura 73. Pantalla HMI- Alerta de escases de producto B
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Con la finalidad de observar el movimiento de las partículas (chocolates), se simuló un flujo de partículas en el software Rocky DEM, cuyos resultados se describen a continuación:

En los primeros segundos se puede observar la simulación del abastecimiento de producto en la tolva, los vibradores de las bandejas están en funcionamiento.

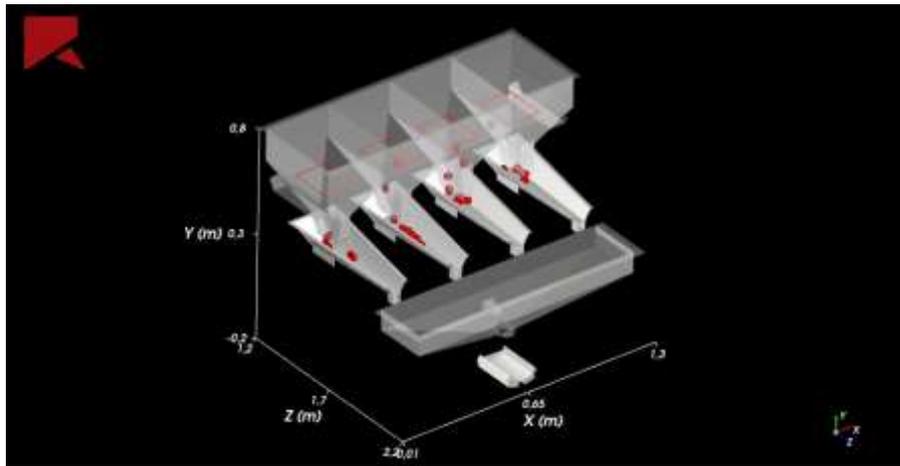


Figura 74. Llenado de producto en tolva

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Posteriormente, debido al choque entre partículas y por efecto de la vibración, las partículas de chocolate se desplazan por las bandejas alimentadoras, las mismas caen hacia el embudo recolector.

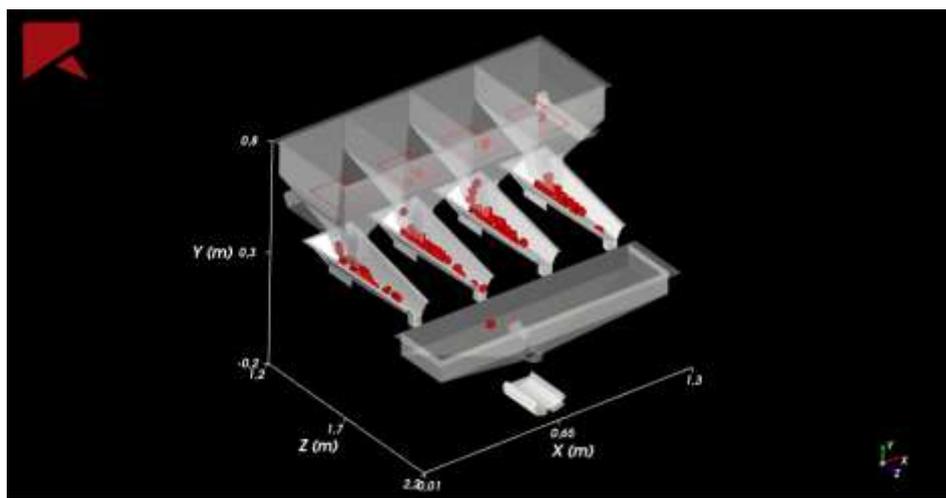


Figura 75. Caída de chocolates al embudo recolector

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Las partículas abandonan el embudo para llegar al sistema de pesaje de la dosificadora.

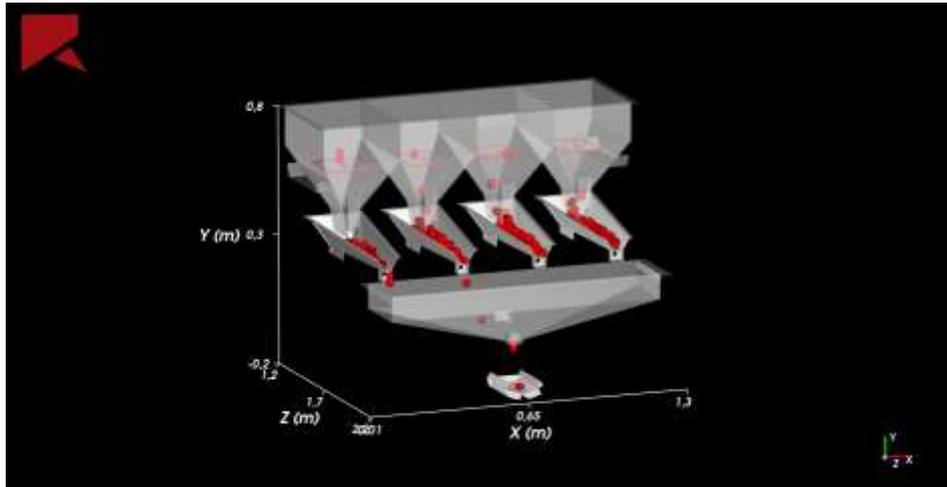


Figura 76. Llegada de chocolates al sistema de pesaje
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Se realiza la parada momentánea de los vibradores y las bandejas dejan de alimentar de producto al proceso.

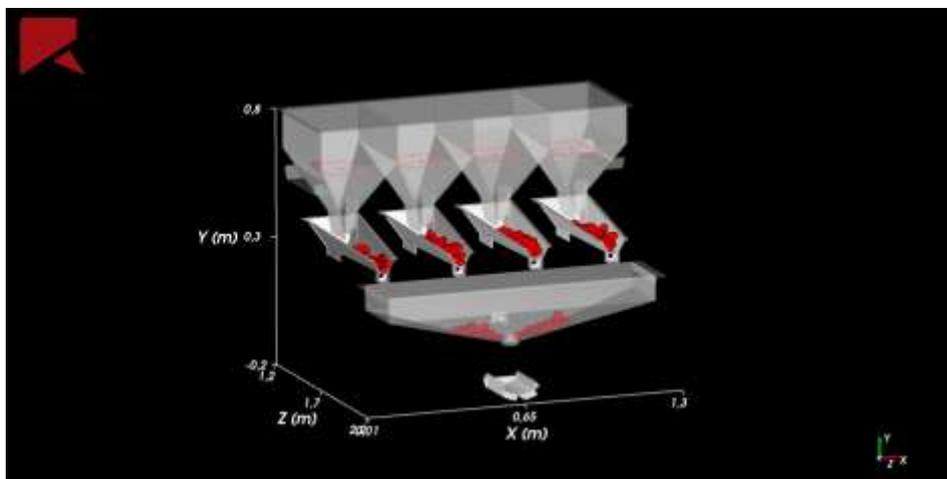


Figura 77. Parada de sistema de transporte
Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

4.4. Análisis de la factibilidad económica

En este apartado se analizará el beneficio económico que conllevaría la automatización del proceso de dosificación en “El Salinerito”, frente al método manual de dosificación que actualmente se aplica. El objetivo de la automatización en esta empresa es invertir en la construcción de la máquina dosificadora y a lo largo del tiempo, poder cumplir demandas mayores de y obtener ganancias mayores que justifiquen dicha inversión.

Para proceder con el presente análisis, se utilizó las metodologías financieras denominadas Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR).

En principio es necesario definir cada una de las herramientas, para su mejor comprensión. El VAN es el valor presente de los flujos de efectivo netos de un proyecto, es decir la variación de entradas y salidas de efectivo en un tiempo establecido [69]. El VAN de un proyecto de inversión se acepta cuando su valor es mayor o igual a cero.

Otro criterio utilizado para la toma de decisiones sobre los proyectos de inversión es la tasa de descuento o Tasa Interna de Retorno (TIR) que según Mete M.: “igualar el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos” [69]. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0, esta Tasa sirve para determina la rentabilidad del proyecto.

Para el cálculo de VAN se aplicó la siguiente ecuación de cálculo:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_o \quad (30)$$

Donde:

VAN= Flujo de caja neta- inversión

BN_t = Beneficio neto de flujo del periodo t

I_o = Inversión inicial

n= número de años

i= rentabilidad mínima que se espera del proyecto

Para el cálculo de TIR se aplicó la siguiente ecuación de cálculo:

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+TIR)^t} - I = 0 \quad (31)$$

4.4.1. Análisis de la alternativa A: Automatización del proceso de dosificación

Considerando lo expuesto, se procedió a calcular los ingresos y egresos que se generarían para un periodo de 5 años (vida útil de la máquina teniendo en cuenta el material de construcción).

Se tomaron en cuenta los siguientes costos directos e indirectos que se emplearían para la construcción de la máquina:

Tabla 31. Costos directos para la construcción de la máquina dosificadora automatizada

Material	Cantidad	Unidad	Valor unitario	Valor total
Plancha de acero Inox AISI 304	3	U	\$150,00	\$450,00
Actuador neumático NCJ2, Émbolo 10 mm	5	U	\$15,00	\$75,00
Electroválvula 3/2	5	U	\$40,00	\$200,00
Regulador de flujo	10	U	\$5,00	\$50,00
Tubo cuadrado Inox 1 1/4 x 1,5	5	m	\$50,00	\$250,00
PLC Siemens S7-1200	1	U	\$500,00	\$500,00
Tubo neumático de poliuretano azul	2	m	\$2,00	\$4,00
Acoples 3 vías	5	U	\$5,50	\$27,50
Pernos con tuercas 3/8 x 1/2"	12	U	\$1,50	\$18,00
Cableado	2	m	\$5,00	\$10,00
Electrodos de Acero Inox	10	U	\$4,00	\$40,00
Sensor óptico	4	U	\$60,00	\$240,00
Vibrador	4	U	\$150,00	\$600,00
Celda de carga	1	U	\$200,00	\$200,00
Torno	10	Horas	\$7,00	\$70,00
Fresadora	15	Horas	\$7,00	\$105,00
Dobladora	5	Horas	\$7,00	\$35,00
Mano de obra	80	Horas	\$5,00	\$400,00
Sensores capacitivos	4	U	\$50,00	\$200,00
Pantalla interfaz HMI	1	U	\$200,00	\$200,00
Subtotal costos directos	---	---	---	\$3.674,50
Costos indirectos	---	---	---	\$367,45
Total				\$4.041,95

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

El presupuesto requerido para la construcción de la máquina es \$4.041,95 dólares.

Adicionalmente se debe considerar los egresos que generará el funcionamiento de la máquina, como son los costos de operación y mantenimiento durante su vida útil, los mismos que se detallan a continuación:

Tabla 32. Egresos por operación y mantenimiento de la máquina dosificadora automatizada

Egreso	USD/mes
Energía eléctrica	\$75,00
Mantenimiento	\$10,00
Salario	\$500,00
Subtotal mensual	\$585,00
Total anual	\$7.020,00

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Así mismo, se requiere calcular la depreciación aproximada de la máquina en los 5 años de su vida útil, para ello se ha considerado una tasa de depreciación lineal de 20%.

Tabla 33. Depreciación lineal de la máquina dosificadora

Año	Monto a depreciar	Tasa de depreciación	Depreciación	Depreciación acumulada	Valor libro
1	\$ 4.041,95	20%	\$ 808,39	\$ 808,39	\$ 3.233,56
2	\$ 4.041,95	20%	\$ 808,39	\$ 1.616,78	\$ 2.425,17
3	\$ 4.041,95	20%	\$ 808,39	\$ 2.425,17	\$ 1.616,78
4	\$ 4.041,95	20%	\$ 808,39	\$ 3.233,56	\$ 808,39
5	\$ 4.041,95	20%	\$ 808,39	\$ 4.041,95	\$ 0,00

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

De acuerdo con información de referencia provista por el área contable de “El Salinerito” en diciembre 2019, se tiene que la participación anual en ventas de los bombones de chocolate es de 60% del total del chocolate comercializado. Cada unidad de bombón tiene un precio de venta unitario de \$0,30 y un costo variable unitario de \$0,13, por otra parte, el costo fijo unitario es \$0,05, lo cual da un margen de ganancia por cada unidad de bombones de \$0,12.

Teniendo en cuenta que al año se produce aproximadamente 1.165.000 bombones al año, la ganancia actual total al año por la venta de bombones es de \$139.800.

Considerando que con la automatización se podría reducir los tiempos de producción, se calcula que se triplicaría los ingresos actuales, obteniendo una ganancia anual de \$419.400.

Tabla 34. Cálculo de Flujo Neto de Efectivo (FNE) Alternativa A

Años	0	1	2	3	4	5
Inversión	\$-4.041,95	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Ingresos	\$ -	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00
Costo M/O	\$ -	\$-7.020,00	\$-7.020,00	\$-7.020,00	\$-7.020,00	\$-7.020,00
Depreciación	\$ -	\$-808,39	\$-808,39	\$-808,39	\$-808,39	\$-808,39
Valor salvamento	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Flujo Neto de Efectivo (FNE)	\$-4.041,95	\$131.971,61	\$131.971,61	\$131.971,61	\$131.971,61	\$131.971,61

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Tabla 35. Resultados del cálculo de VAN y TIR Alternativa A

Valores y Tasas	Resultado
TIR	3265%
VAN	\$390.633,95

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

El resultado obtenido del TIR es superior a la Tasa de descuento del 20% por lo que se concluye que el presente proyecto es rentable.

El resultado del VAN es superior a la inversión inicial, lo que demuestra que las ganancias que se generarían con la máquina dosificadora son aceptables.

4.4.2. Análisis de la alternativa B: Proceso de dosificación sin automatización

Para la alternativa B, es decir no realizar la automatización del proceso de dosificación se consideró los egresos anuales que conlleva actualmente el pago de 3 operadores que laboran en la dosificación los cuales ganan \$400 cada uno.

Además, se considera los gastos que podría acarrear la materialización de enfermedades laborales causadas por movimientos repetitivos en alguno de los 3 trabajadores. De acuerdo con el cálculo de gastos por enfermedad laboral se tiene que, en caso de suscitarse este evento los costos salariales directos, costos de día de baja, costos salariales indirectos, daños materiales, pérdida del beneficio, sanciones, procesos judiciales e indemnizaciones al trabajador ascienden a \$13.900 lo cual constituye una pérdida para la empresa.

Con base en lo expuesto se realizó el cálculo del FNE para la Alternativa B, sin automatización.

Tabla 36. Cálculo de Flujo Neto de Efectivo (FNE) Alternativa B

Años	0	1	2	3	4	5
Contrato 3 operadores	\$-14.400,00	\$-14.400,00	\$-14.400,00	\$-14.400,00	\$-14.400,00	\$-14.400,00
Ingresos	\$ -	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00	\$139.800,00
Gastos por accidente o enfermedad laboral	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -13.900,00
Flujo Neto de Efectivo (FNE)	\$-14.400,00	\$125.400,00	\$125.400,00	\$125.400,00	\$125.400,00	\$111.500,00

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Tabla 37. Resultados del cálculo de VAN y TIR Alternativa B

Valores y Tasas	Resultado
TIR	870,81 %
VAN	\$ 355.036,66

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Para la Alternativa B, el resultado obtenido del TIR es superior a la Tasa de descuento del 20% de lo cual resulta que el presente proyecto es rentable. Así mismo, el resultado del VAN es superior a la inversión inicial, lo que evidencia que la ganancia sigue siendo aceptable.

Comparando los resultados obtenidos para VAN y TIR de ambas alternativas, se pudo demostrar que la Alternativa A (con automatización), presenta mayor rentabilidad que la Alternativa B (sin automatización) ya que su VAN es más alto, es así que mediante la automatización de la dosificadora se obtendría un ingreso adicional de **\$35.597,28 en 5 años, es decir \$7.120 anuales**. A continuación, se presenta una Tabla comparativa de las dos alternativas:

Tabla 38. Análisis comparativo de VAN y TIR Alternativa A vs. Alternativa B

Nombre del proyecto	Con automatización del	Sin automatización del	
	proceso	proceso	
	Alternativa A	Alternativa B	
TNA de inversión alternativa		20%	
Cantidad de Años		5	
AÑOS	FLUJO DE FONDOS	FLUJO DE FONDOS	
0	<i>-\$ 4.041,95</i>	<i>-\$ 14.400,00</i>	
1	\$ 131.971,61	\$ 125.400,00	
2	\$ 131.971,61	\$ 125.400,00	
3	\$ 131.971,61	\$ 125.400,00	
4	\$ 131.971,61	\$ 125.400,00	
5	\$ 131.971,61	\$ 111.500,00	
Con automatización del proceso		Sin automatización del proceso	
TIR	3265%	>	TIR 870,81%
VAN	\$390.633,95	>	VAN \$355.036,66

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Mediante la aplicación de las bases teóricas y principios de ingeniería mecánica se diseñó el prototipo de máquina dosificadora de chocolates para la industria de confitería “El Salinerito”, para el proceso de empaque del producto Chocolerito, la mencionada máquina dosificadora constituye una forma de automatización de la dosificación, factible económicamente y útil con relación a los procesos manuales que actualmente posee la Empresa, además la máquina es fácil de operar, limpiar, aplicar mantenimiento, acoplar y desacoplar sus partes.
- Al evaluar las diferentes alternativas para la selección diseño del sistema de dosificación y de las partes elementales de la máquina y considerando varios criterios entre ellos la confiabilidad, el costo, la seguridad industrial y del producto, el control, mantenimiento y capacidad de producción, se seleccionó lo siguiente: sistema de dosificación gravimétrico o por peso, tolva de cuña plana, sensores de proximidad fotoeléctricos, vibrador electromagnético y bandejas transportadoras, celdas de carga, actuadores neumáticos de doble efecto, sistema de control PLC y la incorporación de una interfaz hombre- máquina (HMI).
- El prototipo diseñado consiste en una máquina diseñada en acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio, cuyas dimensiones son 815.88 mm de alto, 1261.75 mm de ancho, 971.75 mm de profundidad, por lo que se puede concluir que la misma conservará la inocuidad del producto para consumo humano y ocupará un espacio moderado en el área de empaquetado.
- La tolva de alimentación de la máquina diseñada tiene una capacidad total de 27 kg, por lo que abastece el peso mínimo de alimentación de chocolates establecido inicialmente (10kg), así mismo, se concluye que la máquina diseñada cumple la demanda de producción en menor tiempo y con menos recursos humanos (1 trabajador, frente a 3 trabajadores que requiere el proceso en las actuales condiciones). Esto, además, de incrementar la productividad de la PYME, permite reducir los riesgos a los cuales se encuentra expuesto el

personal del área de dosificación, dado que actualmente están sometidos al riesgo ergonómico de movimientos repetitivos de sus brazos y manos.

- Del resultado del análisis estático en el software SOLID WORKS se concluye que la estructura metálica y la tolva son zonas seguras, dado que el Factor de Seguridad resultó ser mayor que 1, siendo el factor de seguridad mínimo para la estructura 22,31 y 1 de la tolva 1083,75. Esto significa que la estructura metálica y la tolva soportarán las cargas a las que serán sometidas, es decir, que resisten el peso de los elementos propios de la máquina y del producto a ser dosificado, esto garantiza que, en la operación, la máquina no presente fracturas o sobre tensión.

- La automatización mediante la programación *ladder* constituye un plus en el presente proyecto, dado que brinda la posibilidad de hacer registro de datos y manejo de alarmas. Esta herramienta informa al operario cuando hay escases de producto (chocolates) en la tolva de almacenamiento, a través de una alerta (luz roja) que se muestra en la pantalla.

- De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de factibilidad económica del presente proyecto, se concluye que la automatización del proceso de dosificación de chocolates es más rentable que la alternativa de no implementar la máquina, dado que se obtendría un ingreso adicional de \$7.120 al año. Para este cálculo se consideró entre otros, la inversión requerida para la construcción de la máquina dosificadora automática el cual es \$4.041,95.

- La construcción de la máquina dosificadora diseñada es factible y asequible, dado que como parte del presente proyecto se desarrolló la chapa metálica de todos los elementos constitutivos, para optimizar el corte en las planchas de acero, además los mismos se seleccionaron de catálogos de distribuidores existentes en el mercado nacional.

Recomendaciones

- Se recomienda la construcción de la máquina dosificadora de chocolates para la Empresa “El Salinerito”, considerando que el costo de inversión es viable y los réditos obtenidos servirían a la comunidad de Salinas, en concordancia con los principios de la Economía Popular y Solidaria.

- En caso de que se llegue a construir la máquina dosificadora, se recomienda utilizar una plancha de acero AISI 304 con el espesor no menor a 1 mm, para garantizar un proceso de soldadura idóneo, que no resulte invasivo para el material.

- Se recomienda automatizar todo el proceso productivo de “El Salinerito”, con el objetivo de reducir en mayor medida los tiempos de producción e incrementar la presencia en el mercado, así mismo, la automatización de las demás etapas del proceso de empaquetado de chocolate, permitirá a “El Salinerito”, tener un mejor desempeño y participación en el mercado extranjero.

- Se recomienda realizar el modelamiento de elementos discretos conjuntamente con un análisis de elementos finitos para predecir el desgaste del embudo recolector a causa de vibraciones o golpeo.

- Se recomienda que el equipo sea operado por una persona competente que tenga conocimientos sobre la operación y mantenimiento del equipo de dosificación, debido a que esto permite el buen funcionamiento y conservación del estado de la máquina.

- El diseño de la máquina dosificadora puede ser adaptado a la dosificación de chocolates en otras presentaciones, los cuales se fabrican en “El Salinerito”, como son las fundas de 1 kg de un solo tipo de chocolate, para esto se recomienda realizar el cambio de la celda de carga y la reprogramación del diagrama de bloques del PLC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Observatorio Economía Latinoamericana and Carlos Yance Carvajal, “La importancia de las PYMES en el Ecuador,” Jun-2017. [Online]. Available: <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/ec/2017/pymes-ecuador.html>. [Accessed: 28-Mar-2020].
- [2] Instituto Nacional de Estadística y Censos, “Directorio de Empresas y Establecimientos 2018,” Quito, Dec. 2018.
- [3] R. Morales, “Las nuevas tecnologías han hecho aumentar la productividad del trabajador,” 1995. [Online]. Available: https://www.tendencias21.net/Las-nuevas-tecnologias-han-hecho-aumentar-la-productividad-del-trabajador_a1917.html. [Accessed: 02-Oct-2019].
- [4] Revista Líderes, “El Salinerito un ejemplo de economía solidaria,” 2013. [Online]. Available: <https://www.revistalideres.ec/lideres/salinerito-ejemplo-economia-solidaria.html>. [Accessed: 29-Mar-2020].
- [5] Salinerito, “Catálogo Confites Salinerito,” 2018. [Online]. Available: https://issuu.com/salinerito/docs/cat_logo_confites_-_pdf. [Accessed: 29-Mar-2020].
- [6] V. Sánchez and D. Pizarro, “Diagnóstico del nivel de automatización en las pequeñas y medianas industrias de la ciudad de Cuenca,” *Ingenius*, no. 4, pp. 44–56, Oct. 2010, doi: 10.17163/ings.n4.2010.05.
- [7] Ministerio de Industrias y Productividad, *Reglamento Técnico Ecuatoriano “Seguridad e Higiene de maquinaria para procesamiento de alimentos.”* 2014.
- [8] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *NTE INEN Chocolate. Requisitos.* Ecuador, 2010.
- [9] Servicio Ecuatoriano de Normalización, *Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 284 “Cantidad de Producto preenvasado/ preempacado.”* INEN, 2015.
- [10] Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN, “El INEN verifica el Contenido Neto de Productos Alimenticios ,” 2020. [Online]. Available: <https://www.normalizacion.gob.ec/el-inen-verifica-el-contenido-neto-de-productos-alimenticios/>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [11] P. Schmid and M. Mata, “Análisis de la situación actual y perspectivas del cacao ecuatoriano y propuesta de industrialización local,” Universidad Internacional del Ecuador, Quito, 2013.
- [12] Presidente Constitucional de la República del Ecuador, *Ley Orgánica de la economía*

- popular y solidaria y del sector financiero popular y solidario*. Quito: Registro Oficial, 2011.
- [13] El Salinerito, “Salinerito | Desde 1978 - Chocolates y confites,” 2020. [Online]. Available: <http://www.salinerito.com/productos/chocolates>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [14] A. de Guaranda, “Datos Importantes - Guaranda,” 2020. [Online]. Available: <http://www.guaranda.gob.ec/newsiteCMT/datos-importantes/>. [Accessed: 17-Apr-2020].
- [15] VESCOVO, “Vescovo - Sistemas de envasado,” *Sistemas de envasado*, 2009. [Online]. Available: <http://www.industriasailen.com.ar/index.html>. [Accessed: 01-Sep-2020].
- [16] Vescovo, “La balanza multicabezal y sus beneficios.” [Online]. Available: <http://www.industriasailen.com.ar/balanzaMulticabezal.html>. [Accessed: 02-Oct-2019].
- [17] Edgar Urrutia, “Diseño y Simulación de un Sistema de Control Automático para el proceso de tostado, soplado y molido de cacao para la Fábrica de chocolates Tungurahua,” ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, Quito, 2007.
- [18] P. Alvarado, T. Jessica, J. Carlos, and L. Cañarte, “Diseño y estudio de una línea de producción para elaborar barras de chocolate en la fábrica ‘Cafiesa,’” Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, 2015.
- [19] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Novena Edi. México, 2011.
- [20] Alex Jácome and Mauricio Carrillo, “Sistemas de empaqueo de botellas para mejorar el tiempo de almacenamiento en el proceso de embotellado en el laboratorio de automatización y control,” UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO, Ambato, 2015.
- [21] TECNOPLC, “TIA Portal: utilidades del software,” 2020. [Online]. Available: <http://www.tecnopl.com/tia-portal-utilidades-del-software/>. [Accessed: 01-Sep-2020].
- [22] SIEMENS, “Manual manejo TIA PORTAL SIEMENS,” *SIEMENS SIMATIC TIA PORTAL*, 2009. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/johnpir/manual-manejo-tia-portal-siemens>. [Accessed: 04-Jul-2020].
- [23] SIEMENS, “TIA Portal Step 7 Basic V10.5 Getting started.” pp. 1–208, 2009.
- [24] C. García, “Paralelización del Método de Elementos Discretos para el Análisis de

- Daño después de una Explosión,” Centro de Investigación en Matemáticas, 2013.
- [25] P. Mascaró, “Calibración de un programa basado en el método de elementos discretos para modelar el desgaste abrasivo a partir de mediciones experimentales,” Universidad Técnica Federico Santa María, 2017.
- [26] Solid Works, “Ayuda de SOLIDWORKS - Criterio de máxima tensión de von Mises,” 2010. [Online]. Available: http://help.solidworks.com/2010/spanish/SolidWorks/cworks/LegacyHelp/Simulation/Checking_stresses/prot_vonm.html. [Accessed: 31-Mar-2020].
- [27] T. G. Pere Ponsa, “Diseño y automatización industrial,” Cataluña, 2018.
- [28] E. García, *Automatización de procesos industriales*, 2001st ed. España, 2001.
- [29] SMC International Training, “Pirámide de automatización,” 2020. [Online]. Available: <https://www.smctraining.com/es/webpage/indexpage/311>. [Accessed: 30-Mar-2020].
- [30] Reyes Espinoza Norlin Antonio and Vargas Saravia Tomas Antonio, “Aplicación del método CPM-PERT para la Gestión de proyectos en automatización industrial,” Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, 2017.
- [31] C. Ruedas, “Boletín electrónico Nro. 10 Automatización industrial: Áreas de aplicación para ingeniería,” 2008.
- [32] S. Leal, “Caracterización de aceros inoxidable y estudio de su resistencia mecánica y conformabilidad,” Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, 2011.
- [33] Metales Industriales de Puebla (MIPSA), “¿Qué es el acero inoxidable?,” *Marco Teórico Acero Inoxidable*, 2020. [Online]. Available: <https://www.mipsa.com.mx/dotnetnuke/Sabias-que/Que-es-acero-inoxidable>. [Accessed: 03-Jul-2020].
- [34] L. Gómez and G. López, “Estudio de un sistema de dosificación para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate y su incidencia en la producción de la Empresa Chocolates Doña Olguita en la Parroquia de Huachi Chico,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [35] Moncada Ximena and Zorro Bertha, “Diseño de los sistemas de envasado y tapado de productos de la línea de producción N°2 de la empresa CAPILL’FRANCE,” Universidad de San Buenaventura, Bogotá, 2006.
- [36] Ma. Iza and A. Medina, “Diseño y construcción de una máquina dosificadora y empacadora controlada por PLC para la línea de producción de snacks de la Empresa

- ECUAMEX S.A,” Escuela Politécnica del Ejército, Quito, 2013.
- [37] L. Felipe and L. Tamayo, “Diseño y construcción de una procesadora de detergente en polvo para máquinas lavaplatos automáticas con capacidad de 60 kg/h para la empresa H&H asociados,” Escuela Politécnica del Ejército, 2010.
- [38] ENIPACK, “Dosificadores multicabezal,” 2020. [Online]. Available: http://www.enipack.com/embalaje/catalog_prod_detall.php?idp=49&idc=16. [Accessed: 31-Mar-2020].
- [39] C. Ariadel, “Diseño de una tolva de finos con planchas de acero estructural ASTM A36 para almacenar mineral polimetálico a 300 msnm,” Universidad Técnica de Machala, Machala, 2016.
- [40] K. Chiliguana and J. Villavicencio, “Rediseño de una dosificadora de cereal de tipo volumétrico a una de tipo gavimétrico,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016.
- [41] Rodríguez José, “Diseño e Implementación de un Sistema de Control Automático para la empacadora volumétrica de la Empresa Maní Manía,” Escuela Politécnica del Ejército, Quito, 2007.
- [42] Bernal Sandra, “Mejoramiento del proceso de empaque de los productos en polvo de 25 Kg,” Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2007.
- [43] É. E. Morales and L. R. Guadalupe, “Estudio y análisis de los detectores fotoeléctricos para un sistema de control de procesos,” Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013.
- [44] Colomer Javier, “Estudio de los sensores para la detección de obstáculos aplicables a robots móviles,” Universitat Oberta de Catalunya, Cataluña, 2018.
- [45] H. Pincay and O. Tigrera, “Diseño y construcción de báscula de pesaje dinámico para dosificación de materia sólida,” Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, Guayaquil, 2013.
- [46] P. E. Otero Valladares, “Diseño y construcción de una balanza electrónica con una interfaz gráfica para visualización,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2007.
- [47] Avilés María, Caviedes Gustavo, and Castro Germán, “Implementación del sistema de dosificación y control de pesaje dinámico para empaquetamiento de comestibles sólidos,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2011.
- [48] W. Gavilanes, “Análisis de un sistema con actuadores neumáticos para establecer parámetros de funcionamiento en una línea de producción en el Laboratorio de neumática de la UTA,” Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2011.

- [49] Wordpress, “Cilindros de simple y doble efecto,” *SISTEMAS NEUMÁTICOS*, 2020. [Online]. Available: <https://neumaticabasicaepp.wordpress.com/44-2/receptores-neumaticos/cilindros-de-simple-y-doble-efecto/>. [Accessed: 04-Jul-2020].
- [50] B. Arroyo, A. Javier, L. Jiménez, and H. Patricio, “Elaboración e implementación de un módulo con PLC para la simulación del proceso de selección y posicionamiento de materiales para la Escuela de Ingeniería Industrial de la ESPOCH,” Riobamba, 2015.
- [51] MikroElektronika, “Introducción al mundo de los microcontroladores.” [Online]. Available: <https://www.mikroe.com/ebooks/microcontroladores-pic-programacion-en-c-con-ejemplos/introduccion-al-mundo-de-los-microcontroladores>. [Accessed: 03-Mar-2020].
- [52] NEMA, “Controladores programables, Parte 1: Información general.” [Online]. Available: <https://www.nema.org/Standards/Pages/Programmable-Controllers-Part-1-General-Information.aspx>. [Accessed: 03-Mar-2020].
- [53] C. R. Español, “Controlador Lógico Programable PLC.” [Online]. Available: <https://controlreal.com/es/controlador-logico-programable-plc/>. [Accessed: 03-Mar-2020].
- [54] J. Villacrés, “Interfaz Hombre-Máquina para el monitoreo y control de los sistemas de automatización de la Planta de Producción Acería en la Empresa Novacero,” Facultad de Ingeniería en Sistemas Electrónica e Industrial, Ambato, 2015.
- [55] Aceros de confianza, “Acero, ventajas y desventajas,” *GERONETO Aceros de confianza*, 2019. [Online]. Available: <https://www.geroneto.com/noti-detalle.php?id=6&pag=Acero, ventajas y desventajas>. [Accessed: 05-Jul-2020].
- [56] Carbone Stainless Steel, “Ficha Técnica del Acero inoxidable.”
- [57] Jn Aceros, “Acero 304 y 316: Resistencia a la corrosión | Jn Aceros,” 2020. [Online]. Available: <https://jnaceros.com.pe/blog/acero-inoxidable-304-316-resistencia-corrosion/>. [Accessed: 05-Jul-2020].
- [58] RELIANCE FOUNDRY, “Acero Inoxidable 304 Versus Acero Inoxidable 316,” *La resistencia a la corrosión del acero inoxidable varía según el grado*, 2020. [Online]. Available: <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es#gref>. [Accessed: 01-Sep-2020].
- [59] D. López, J. Muñoz, and L. Soto, “Diseño y construcción de una extrusora y una empaquetadora de tabacos de dulce,” Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2020.
- [60] V. Cañazaca and C. Jamachi, “Módulo didáctico para el análisis de sensores, mediante

- un PLC, controlada desde un HMI, en el laboratorio de control y automatización de la EPINE,” Universidad Nacional del Altiplano, 2018.
- [61] V. Llallico, J. Jiménez, and J. Herrera, “Diseño e implementación de un sistema automático de medición de volumen de cajas de 5 cm a 20 cm de lado basado en sensores de proximidad,” Pontificia Universidad Católica Del Perú, 2015.
- [62] P. Garaycoa, J. Fierro, and K. Morán, “Diseño e implementación de Módulo Didáctico de un Sistema Automático de Obtención de Colores de Pintura, obtenidos a partir de la Mezcla de Colores Primarios y su Respectivo Envasado,” 2009.
- [63] Cursos AIU, “ACTUADORES: Actuadores neumáticos e hidráulicos,” 2020. [Online]. Available: [http://cursos.aiu.edu/Sistemas Hidraulicas y Neumaticos/PDF/Tema 4.pdf](http://cursos.aiu.edu/Sistemas_Hidraulicas_y_Neumaticos/PDF/Tema_4.pdf). [Accessed: 01-Sep-2020].
- [64] C. Quintana and I. Islas, “Sistema electroneumático de pruebas para detección de obstrucciones en los recipientes de anticongelantes para autos Tsuru,” Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, 2017.
- [65] L. D. Murillo-Soto, “Automatización de pequeña escala con Open Hardware Automation of small-scale with Open Hardware Palabras clave,” *Tecnol. en Marcha*. *Tecnol. en Marcha*, vol. 28, no. 1, pp. 15–23, 2015.
- [66] P.-F. GmbH, “Data Sheet,” *Pepperl-Fuchs*, Nov. 2019, doi: 10.4.
- [67] Forsentek, “Data Shet FH02.”
- [68] MasVoltaje, “SIEMENS - SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta, AC/DC/Relé.” [Online]. Available: <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1198-simatic-s7-1200-cpu-1214c-cpu-compacta-ac-dc-rele-6940408101319.html>. [Accessed: 16-Jul-2020].
- [69] M. Mete, “Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: su utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversión,” La Paz, Mar. 2014.

ANEXOS



HI-VI COMPACT ELECTRO-MAGNETIC FEEDERS

FULL LINE

A wide range of drive units for precision feeding of bulk materials.



FEATURES

- Electro-permanent magnet drive
- AC operation of most models
- Solid-state controls
- Standard and custom trays
- Enclosed drive element
- Low power consumption
- Class II hazardous location drives available
- Available for washdown application
- High amplitude/low frequency available
- Available to USDA requirements

ONLY FROM ERIEZ

Eriez' unique HI-VI magnetic drive circuit provides a simple yet powerful solution to difficult material feeding applications.

These feeders, with their totally enclosed patented magnetic drive, can feed practically any bulk material from micron size to bulky chunks. Solid-state controls operate the feeders with "watch-like" precision. In addition, you get all the features that for years have made Eriez Feeders the leaders in quality and dependability.

Eriez has standard models for the majority of feeding applications. Special units such as multiple drives, enclosed trays or screens can

be designed for the best solution to your application. In addition, a wide variety of standard and special trays are available.

Electro-Permanent Magnetic Drive

The basic simplicity of a drive powered by alternately opposing and attracting magnetic forces assures low maintenance. There are no sliding or rotating parts. Power consumption is low, installation easy. The positive driving force of Eriez units provides stability, control, and unexcelled accuracy.

AC Operation For Most Models

No rectifiers are required; feeders are simply wired into AC lines.

MODEL 6C

FOR FEEDING UP TO 1,600 POUNDS (727 kg) PER HOUR

Light capacity feeder ideal for applications demanding top performance at budget prices. Common applications include metering small quantities of dry materials or conveying small parts.



Power Supply	115V, 60 Cycle, Single Phase
Full Load Power Consumption	15 Watts
Full Load Power Input	.35 Amp at 115V
Control	Model VC-5
Net Feeder Weight	13.51 lb. (5.2 kg)

MODEL 15A

FOR FEEDING UP TO 2 TONS (1.8 MT) PER HOUR

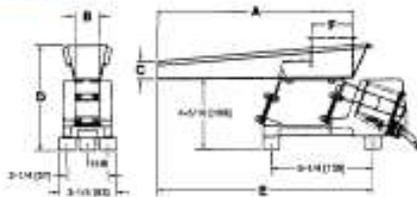
The smallest AC feeder in the line, this economical model will give precise feeding of the most minute amounts of materials. It is ideal for additive feeding, small packaging operations and laboratory use.



Power Supply	115V, 60 Cycle, Single Phase
Full Load Power Consumption	15 Watts
Full Load Power Input	0.5 Amp at 115V
Control	Model FT
Net Feeder Weight	25 lb. (11 kg)

SPECIFICATIONS

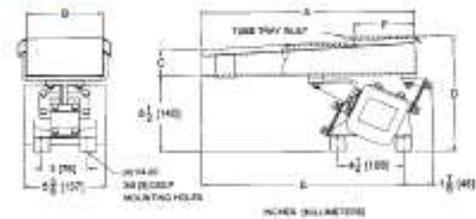
MODEL 6C



TRAY TYPE	A Tray Length		B Tray Width		C	
	in	mm	in	mm	in	mm
Narrow Flat	12	304	1-1/2	38	1-1/16	27
Wide Flat	8	203	2	51	1-1/16	27
90 Degree V	12	304	-	-	1 1/16	18
Small Tubular	12	304	1 (DIA.)	25	-	-

TRAY TYPE	D		E		F	
	in	mm	in	mm	in	mm
Narrow Flat	6-3/8	162	13-5/16	338	-	-
Wide Flat	6-3/8	162	9-13/16	249	-	-
90 Degree V	6-3/8	162	13-5/16	338	-	-
Small Tubular	5-13/16	148	13-5/16	338	1-3/4	44

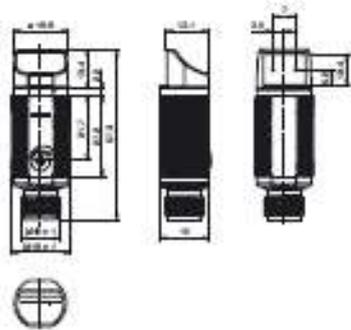
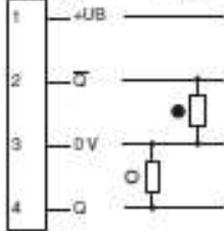
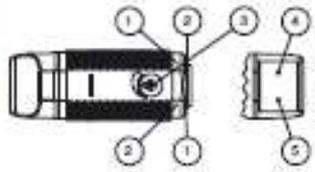
MODEL 15A



TRAY TYPE	A Tray Length		B Tray Width		C	
	in	mm	in	mm	in	mm
Narrow Flat	16	406	2	51	1	25
Medium Flat	20	508	4	102	1 3/4	44
Wide Flat	14	356	7	178	1 3/4	44
Small Tubular	19	483	2	51	2	50
90 Degree V	20	508	3	76	1 1/2	38
Half Round	20	508	3	76	1 1/2	38

TRAY TYPE	D		E		F	
	in	mm	in	mm	in	mm
Narrow Flat	7 1/2	191	15 1/4	387	-	-
Medium Flat	8 1/8	206	19 1/4	489	-	-
Wide Flat	8 1/8	206	13 1/4	337	-	-
Small Tubular	8	203	18 1/4	464	4	102
90 Degree V	8	203	19 1/4	489	-	-
Half Round	8	203	19 1/4	489	-	-

Anexo 2. Catálogo Sensor fotoeléctrico de detección directa GLV18-8-400-S/73/120

Sensor fotoeléctrico de detección directa	GLV18-8-400-S/73/120															
    	<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Dimensiones</h3> 															
<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Referencia de pedido</h3> <p>GLV18-8-400-S/73/120 Sensor fotoeléctrico de detección directa con conec. macho de plástico M12, 4 polos</p>	<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Conexión eléctrica</h3> <p>Optón: M120</p>  <p>○ = conmutación claro ● = conmutación oscurto</p>															
<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Características</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Gama "Efficient" con una carcasa reducida M18 de plástico para aplicaciones estándar • Rango de detección muy amplio • 4 LEDs de indicación para una visibilidad de 360° • Diseño optimizado del potenciómetro para una buena visibilidad de los elementos de mando en la aplicación • Versión con salida de luz lateral • Versión de tensión de CC 	<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Fijación de accesorio</h3> 															
<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Información de producción</h3> <p>Los sensores de la gama GLV/GLK18 contribuyen a mejorar la eficacia de sus máquinas y sistemas. Tanto el diseño de su carcasa de plástico M18 como la tecnología de conexión y las propiedades de los sensores ofrecen un elevado grado de estandarización. El estudio de los requisitos esenciales de los sensores ha cristalizado en una gama de sensores sólidos y fiables para sistemas CC y CA/CC manteniendo un diseño sencillo. El set de montaje incluido en el producto y el diseño optimizado del potenciómetro garantizan un montaje rápido y una configuración sencilla.</p>	<h3 style="background-color: #cccccc; margin: 0; padding: 2px;">Elementos de indicación y manejo</h3>  <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: 0;"> <tr> <td style="width: 20px;">1</td> <td>Indicación de operación</td> <td>verde</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Indicador de señal</td> <td>amarillo</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Regulador de sensibilidad</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Emisor</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Receptor</td> <td></td> </tr> </table>	1	Indicación de operación	verde	2	Indicador de señal	amarillo	3	Regulador de sensibilidad		4	Emisor		5	Receptor	
1	Indicación de operación	verde														
2	Indicador de señal	amarillo														
3	Regulador de sensibilidad															
4	Emisor															
5	Receptor															

Fecha de publicación: 2015-11-05 14:47 Fecha de edición: 2015-11-05 10:44, gpa-ml

Consulte "Nota general sobre la información de los productos de Pepperl+Fuchs"



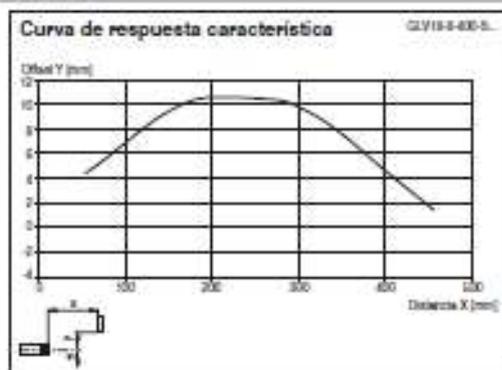
Datos técnicos

Datos generales	
Rango de detección	50 ... 400 mm ajustable
Rango de detección máx.	0 ... 400 mm
Objeto de referencia	100 mm x 100 mm Kodak blanco
Emisor de luz	LED
Tipo de luz	Luz sémá, roja, 640 nm
Diámetro del haz de luz	aprox. 30 mm con 400 mm
Ángulo de apertura	aprox. 4 °
Salida de luz	lateral
Límite de luz extraña	30000 Lux
Histeresis	H < 15 %
Datos característicos de seguridad funcional	
MTTF _v	500 a
Duración de servicio (T ₆₀)	30 a
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)	0 %
Elementos de indicación y manejo	
Indicación de trabajo	LED verde, iluminado estándar Power on
Indicación de la función	LED amarillo, iluminado con objeto detectado; parpadea si está por debajo de la reserva de función
Elementos de mando	Regulador de sensibilidad
Datos eléctricos	
Tensión de trabajo	U ₀ 10 ... 30 V CC
Corriente en vacío	I ₀ < 20 mA
Salida	
Tipo de conmutación	conmutación darobscuro
Señal de salida	3 PNP, antiparalelo, prot. cbrs. cortocircuito, colector abierto
Tensión de conmutación	máx. 30 V CC
Corriente de conmutación	máx. 100 mA
Cable de tensión	U ₀ < 1,5 V CC
Frecuencia de conmutación	f 500 Hz
Tiempo de respuesta	< 1 ms
Conformidad	
Norma del producto	EN 80647-2-2
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente	-25 ... 80 °C (-13 ... 140 °F)
Temperatura de almacenamiento	-40 ... 70 °C (-40 ... 158 °F)
Datos mecánicos	
Grado de protección	IP67
Conexión	Conec. macho M12 x 1, 4 polos
Materiales	
Carcasa	PC
Salida de luz	PMMA
Conectores	Plástico
Massa	aprox. 10 g

Autorizaciones y Certificados

Clase de protección	II, Tensión de aislamiento de medición < 250 V CA con grado de enclausamiento 1-2 según IEC 60954-1
Autorización UL	UL Listed, Class 2 Power Source
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. < 30 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.

Curvas/Diagramas

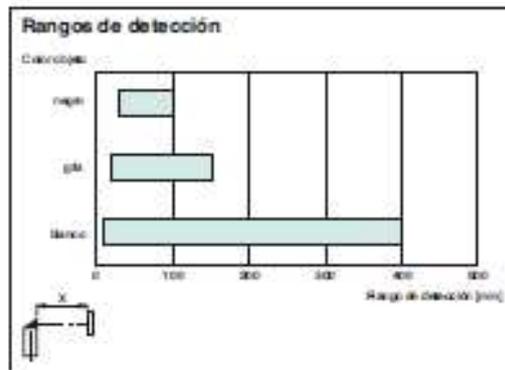
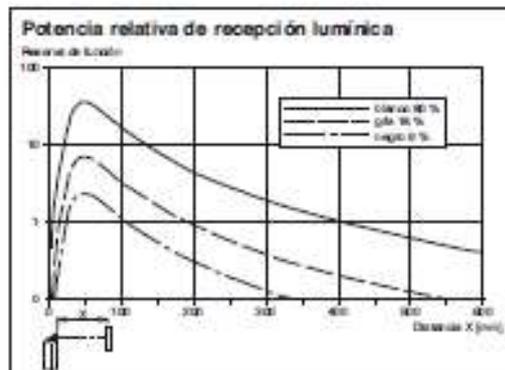


Accesorios

CPZ18B03	Ayuda de montaje con dispositivo oscilante
BF 18	Brida de fijación, 18 mm
BF 18-F	Adaptador de montaje de plástico, 18 mm
BF 5-30	Ayudas de montaje universal para sensores cilíndricos con diámetro 5 ... 30 mm
V1-G-2M-PUR	Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR
V1-W-2M-PUR	Conector hembra, M12, 4 polos, cable PUR

Pueden encontrarse otros accesorios en www.pepperl-fuchs.com

Foto de producto: 2010-11-01 14:47 Foto de edición: 2010-11-01 10:44, 08.jpg



Fecha de publicación: 2015-11-25 14:47 Fecha de edición: 2015-11-25 16:04:00

Consulte todos los detalles de las características de los productos de Pepperl+Fuchs.

Pepperl+Fuchs Group
www.pepperl-fuchs.com

ES: 1822 +34 938 686 000
es-1822@pepperl-fuchs.com

AL: 1822 +43 627 736 111
de-1822@pepperl-fuchs.com

ES: 1822 +43 627 736 111
de-1822@pepperl-fuchs.com



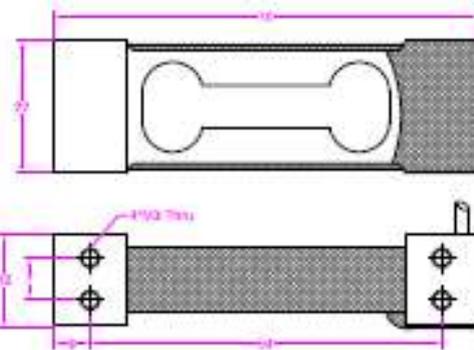
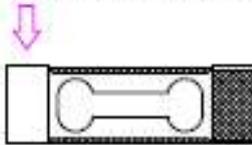
Anexo 3. Catálogo Celda de carga Forsentek Model: FH02

Measure it right
Forsentek

Weighing || Measuring || Controlling

Model: FH02

Load direction/加载方向

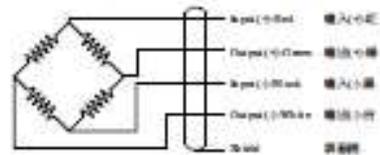


Ordering code

FH02-10kg

Model Capacity

Wiring Diagram/接线图



--- Specifications / 规格参数 ---

Capacity / 量程	0.5/1/2/3/5/6/10/15/20kg		
Rated Output 额定输出	2.0±1.0% mV/V (0.5kg@1.0mV/V)	Compensated Temp. 温度补偿范围	-10...+40°C
Excitation 激励电压	3~15V	Operating Temp. 工作温度范围	-20...+60°C
Zero Balance 零点输出	±2% of R.O.	Temp. Shift Zero 零点温度漂移	±0.03% of R.O./10°C
Nonlinearity 非线性	±0.02% of R.O.	Temp. Shift Span 灵敏度温度漂移	±0.03% of R.O./10°C
Hysteresis 滞后	±0.02% of R.O.	Input Resistance 输入阻抗	410±10Ω
Nonrepeatability 非重复性	±0.02% of R.O.	Output Resistance 输出阻抗	350±5Ω
Creep (30min) 蠕变	±0.02% of R.O.	Insulation Resistance 绝缘阻抗	>5000MΩ(50V)
Safe Overload 安全过载	150% of F.S.	Ingress Protection 防护等级	IP62
Ultimate Overload 极限过载	200% of F.S.	Material of Element 弹性体材料	Aluminum alloy 铝合金
Cable 导线	Ø3*400mm 4-core shielded cable (Longer cable available) Ø3*400mm 4芯屏蔽线		
R.O.=Rated Output/额定输出 F.S.=Full Scale/满量程			

* Subject to change without notice / 如有更改,不另行通知

Forsentek Co., Limited

•Web: www.forsentek.com

•Email: sales@forsentek.com

Anexo 4. Catálogo Actuador neumático de doble efecto NCJ2



LINEAR ACTUATORS: AIR CYLINDERS SERIES NCJ2

1.1

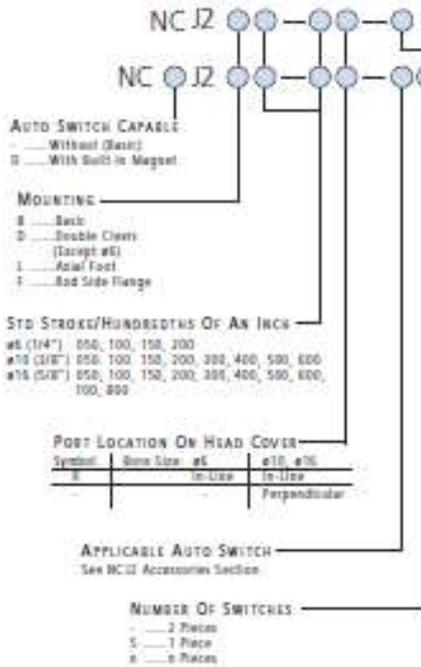


SERIES NCJ2 BORE SIZES Ø6•10•16

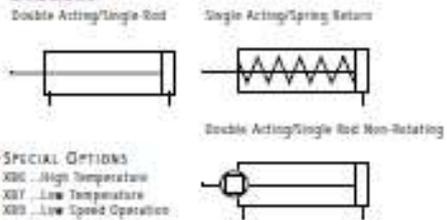
- ✓ Double Acting Single Rod / Double Rod
- ✓ Single Spring Return / Extend
- ✓ Compact and Lightweight
- ✓ Auto Switch Sensing Optional
- ✓ Non Rotating Piston Rod Optional
- ✓ High Accuracy Mounting



HOW TO ORDER NCJ2 STANDARD DOUBLE ACTING SINGLE ROD CYLINDER



SYMBOLS



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Fluid	Air
Rated Pressure	1MPa / 145 PSI
Maximum Operating Pressure	2 MPa / 292 PSI
Minimum Operating Pressure	#6 0.1MPa / 14.5 PSI #10, #16 0.05MPa / 7.25 PSI
Ambient and Fluid Temperature	-10°C ~ +50°C / 14 ~ 122°F
Coil Voltage	Refer to Catalog (Standard)
Lubrication	None (Non-Lube)
Stroke Tolerances	#6 ±0.1mm / 0.004in #10 ±0.15mm / 0.006in #16 ±0.2mm / 0.008in
Piston Speed	1-18 m/s (30-70in/min)
Allowable Kinetic Energy	#6 0.128J in (0.10kgf·cm) #10 0.308J in (0.26kgf·cm) #16 0.780J in (0.66kgf·cm)

Mounting Bracket	Face Mounting Brackets		
	6	10	16
Foot	NCJ-LR6B	NCJ-LR10B	NCJ-LR16B
Flange	NCJ-FR6B	NCJ-FR10B	NCJ-FR16B

Dimensions
See Next Page 407

SEE INSIDE FRONT COVER FOR
DETAILS OF YOUR LOCAL SALES OFFICE



FOR FURTHER TECHNICAL
DETAILS ON THIS
PRODUCT PLEASE
CONTACT YOUR LOCAL
SALES OFFICE



HOW TO ORDER
NCJ2 STANDARD DOUBLE ACTING DOUBLE ROD CYLINDER

NCJ2W

- AUTO SWITCH CAPABLE**
 □ Not Switch Capable
 ○ Switch Capable
 □ Built-in Magnet
- MOUNTING**
 B Base
 L Azial Foot
 F Rod Side Flange

NCJ2W

- SPECIAL OPTIONS**
 X80 High Temperature
 X87 Low Temperature
- NUMBER OF SWITCHES**
 □ 2 Places
 ○ 3 Places
 □ 4 Places
- APPLICABLE AUTO SWITCH**
 See NCJ2 Accessories Section
- STD STROKE/HUNDRETHS OF AN INCH**
 #6 (1/4") 050, 100, 150, 200
 #10 (3/8") 050, 100, 150, 200
 #16 (5/8") 050, 100, 150, 200

Mounting Bracket	Piston Rod or Moving Element Bore Size (mm)		
	6	10	16
Foot	NC-LR6B	NC-LR10B	NC-LR16B
Flange	NC-TR6B	NC-TR10B	NC-TR16B

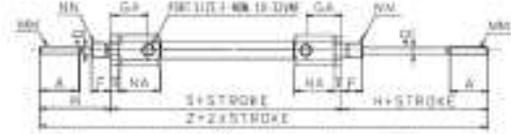
TECHNICAL SPECIFICATIONS

Fluid		Air
Proof Pressure		10MPa / 145 PSI
Maximum Operating Pressure		0.7MPa / 100 PSI
Minimum Operating Pressure	#6	0.15MPa / 21 PSI
	#10, #16	0.1MPa / 14 PSI
Ambient and Fluid Temperature		-10°C ~ +70°C (14 ~ 158°F)
Cushion		Buffer Cushion (Standard)
Lube		None (Non-Lube)
Stroke Tolerance		± 0.15 mm
Piston Speed		1 ~ 20 m/s (33 ~ 700 in/s)
Allowable Kinetic Energy	#6	0.108J (in 0.13kgf·cm)
	#10	0.208J (in 0.26kgf·cm)
	#16	0.368J (in 0.46kgf·cm)

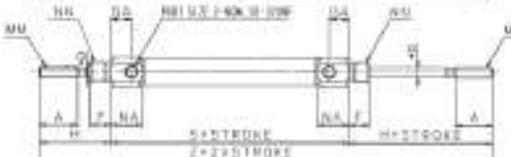
DIMENSIONS (INCH)

STANDARD DOUBLE ACTING DOUBLE ROD BASIC TYPE: NCJ2WB...

NCJ2WB6



NCJ2WB10, 16



Body Size	A	B	C	D	F	GA	H	MM	NS	NA	F	S	Z
#6 (1/4")	0.40	0.47	0.55	0.125	0.21	0.17	1.10	NS-MRNC	NS-2RNF	0.43	0.12	2.00	0.41
#10 (3/8")	0.48	0.57	0.65	0.15	0.21	0.21	1.10	NS-MRNF	NS-2RNF	0.48	0.13	2.00	0.41
#16 (5/8")	0.68	0.71	0.75	0.18	0.21	0.21	1.10	NS-MRNF	NS-2RNF	0.48	0.13	2.00	0.41

* In case of Auto Switches with #6 Bore, add 1mm to S and Z.



Anexo 5. Catálogo Electroválvula



4V200 SERIES SOLENOID VALVE, PNEUMATIC CONTROL VALVE



Ordering Code

4V - 2 - 10 - 08 - B - W - AC220V

<p>Series Model Code</p> <p>4V 3/2-Way Solenoid Valve</p> <p>2 3/2-Way Pneumatic Control Valve</p> <p>10 1/2-Way Solenoid Valve</p> <p>08 1/2-Way Pneumatic Control Valve</p>	<p>Series Code</p> <p>200 Series</p>	<p>10 Single-Head Double position</p> <p>08 Two-Head Double position</p> <p>300 Double-Head Three-position Class Type</p> <p>08B Double-Head Three-position Exhaust Type</p> <p>08P Double-Head Three-position Pressure Type</p>	<p>Port Size</p> <p>08 1/8"</p> <p>08 1/8"</p>	<p>Joint Pipe Form and Seal Size</p> <p>08 1/8" Pipe Connection Type</p> <p>08 1/2-Way Pipe Connection Type</p> <p>08 1/2-Way Pipe Connection Type</p> <p>08 1/2-Way Inlet/Outlet Type</p>	<p>Wiring Form</p> <p>W Standard Connector</p> <p>08 8mm LED Lighting Connector</p> <p>08 8mm with Lighting Connector</p> <p>08 8mm with Lighting Connector</p> <p>08 Lead Wire Type</p>	<p>Standard Voltage</p> <p>AC220V</p> <p>AC240V 220V/240V</p> <p>AC110V 110V/115V</p> <p>AC120V 120V/125V</p> <p>AC240V 240V/250V</p>
---	---	---	--	--	---	--

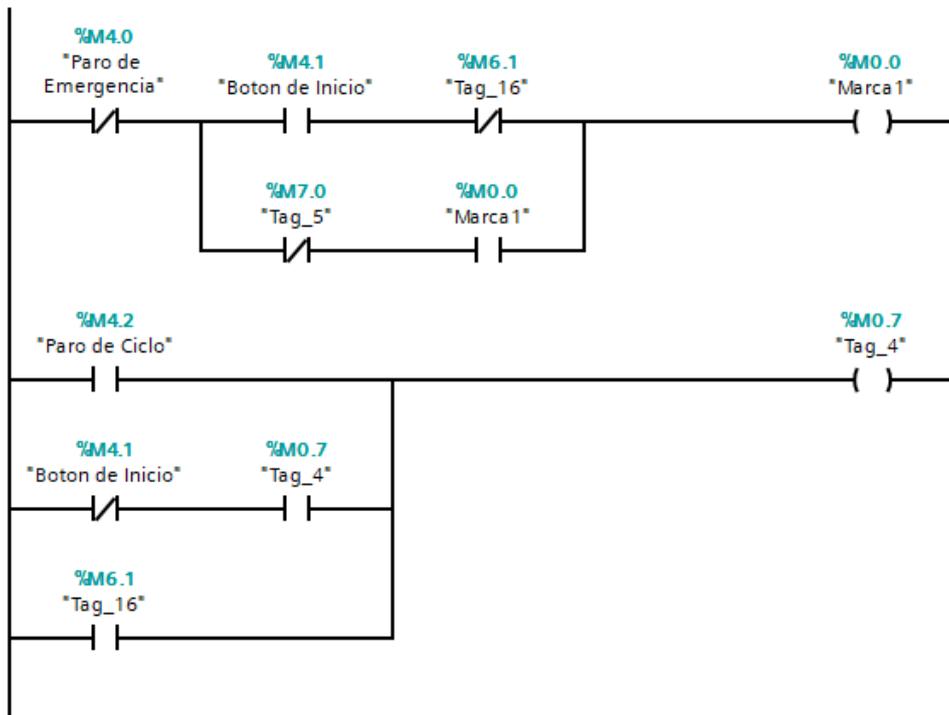
Specification

Model	4V210-08 4V220-08	4V230C-08 4V230E-08 4V230P-08	4V210-08 4V220-08	4V230C-08 4V230E-08 4V230P-08
Position and Way No.	3/2 Way	3/3 Way	3/2 Way	3/3 Way
Effective Section Area	14mm ² (CV=0.78)	12mm ² (CV=0.67)	16mm ² (CV=0.89)	12mm ² (CV=0.67)
Model	3V210-08 3V220-08	3A210-08 3A220-08	3V210-08 3V220-08	3A210-08 3A220-08
Position and Way No.	3/2 Way		3/2 Way	
Effective Section Area (mm ²)	14mm ² (CV=0.78)		16mm ² (CV=0.89)	
Port Size	Air Inlet=Air Outlet=Exhaust=G1/8"		Air Inlet=Air Outlet=G1/4" Exhaust=G1/8"	
Working Medium	40 Micron Filtered Air			
Motion Pattern	Inner Guide Type			
Working Pressure	0.15-0.8MPa			
Max. Pressure Resistance	1.2MPa			
Ambient Temperature	5-50°C			
Voltage Range	±10%			
Power Consumption	AC: 4.5W DC: 3W			
Insulation & Protection Class	F Class, IP65			
Wiring Form	Lead Wire or Connector type			
Highest Action Frequency	5 Cycle / Sec			
Shortest Excitation Time	0.05 Second			

Anexo 6. Diagramas de bloques de programación

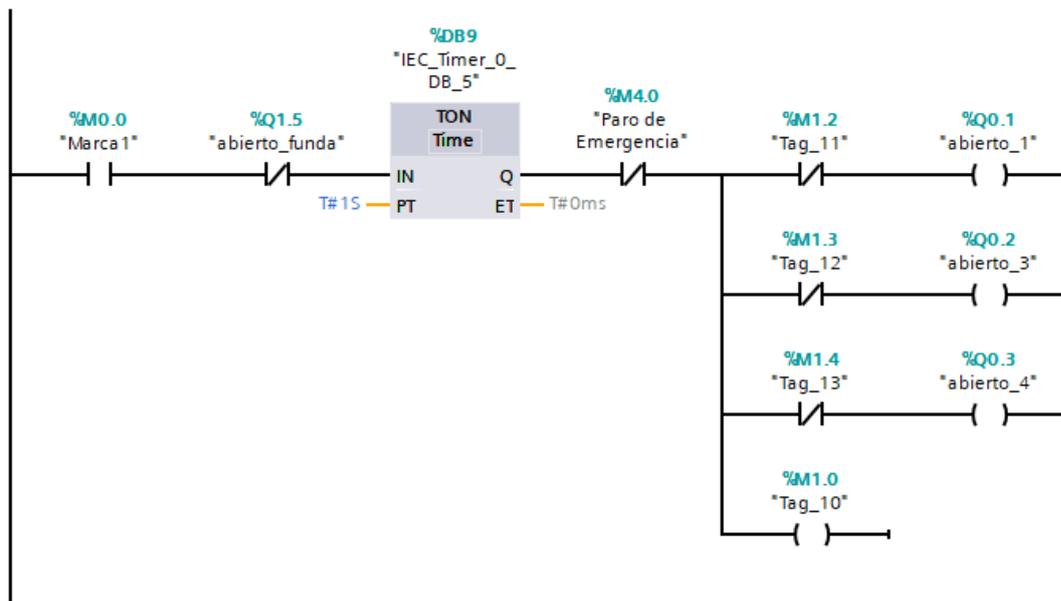
Segmento 1:

Comentario



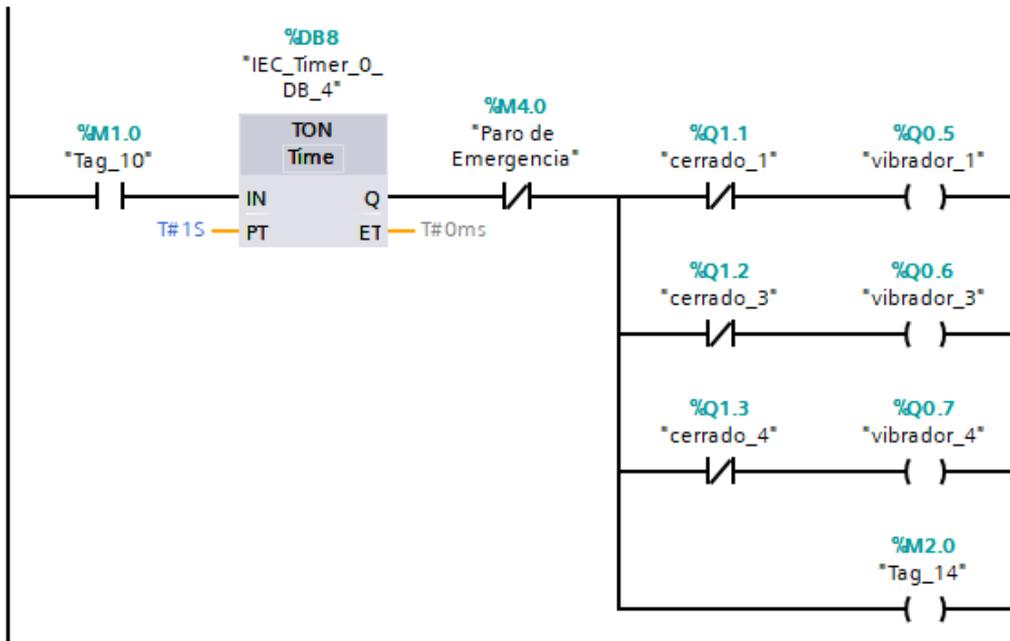
Segmento 2:

Comentario



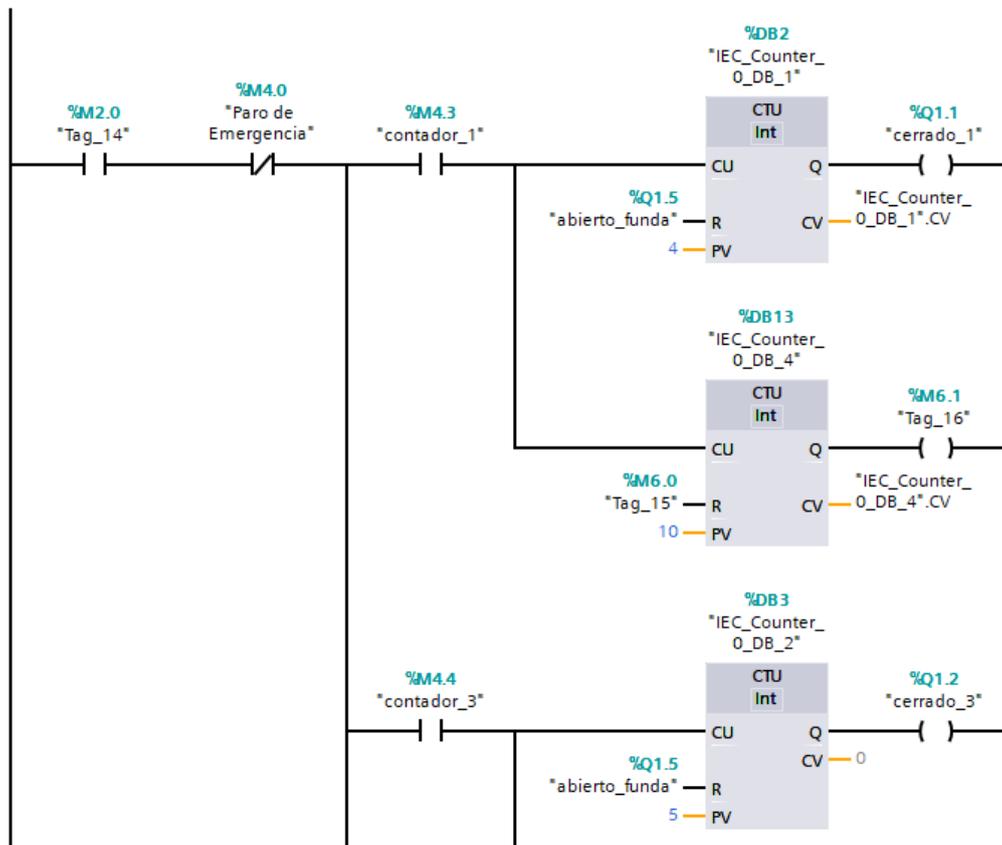
Segmento 3:

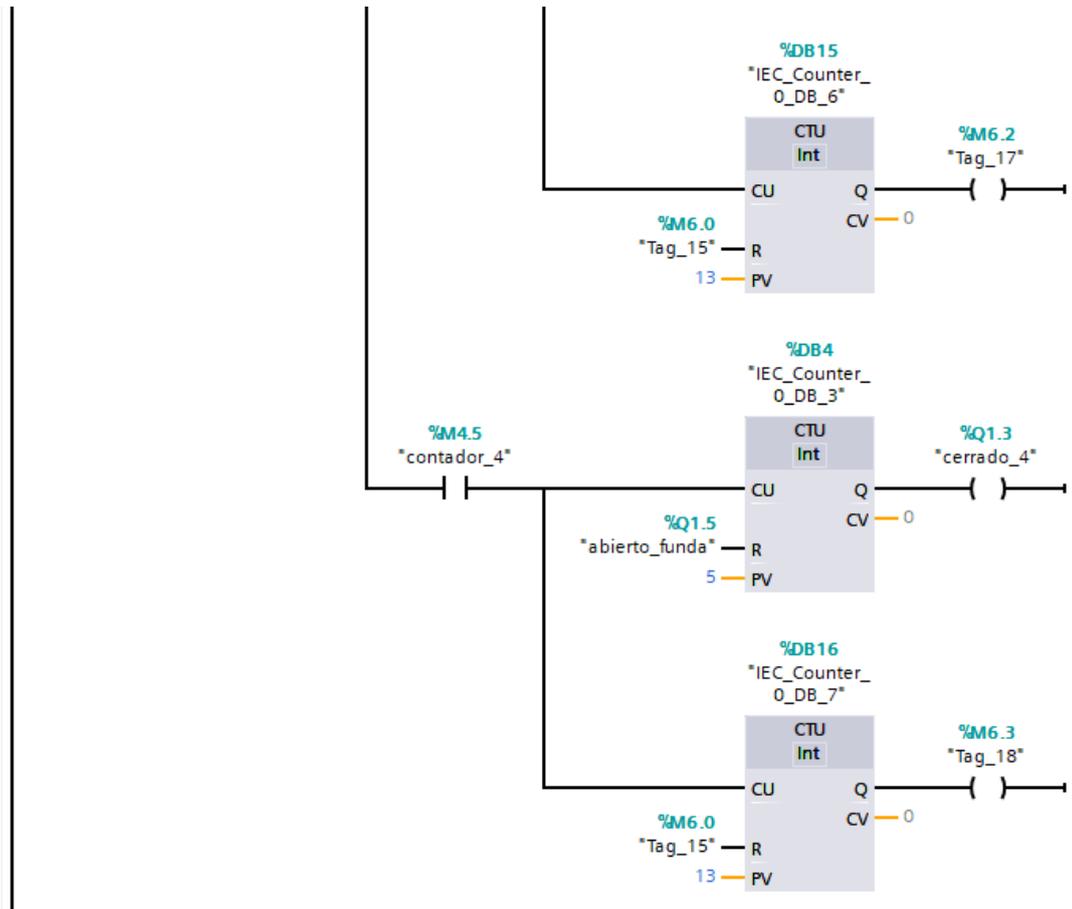
Comentario



Segmento 4:

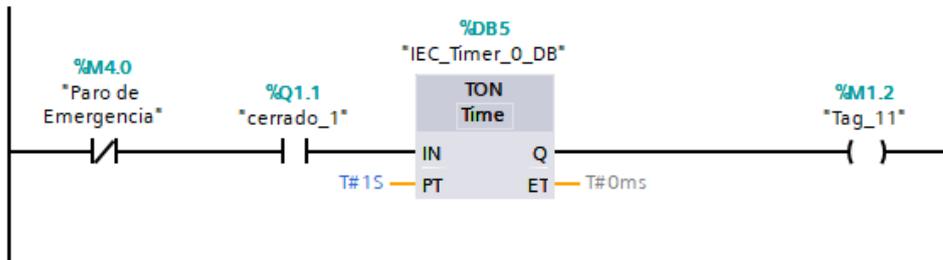
Comentario





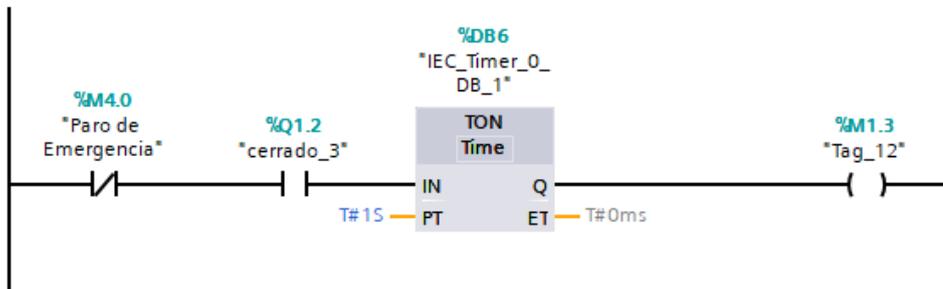
▼ Segmento 5:

Comentario



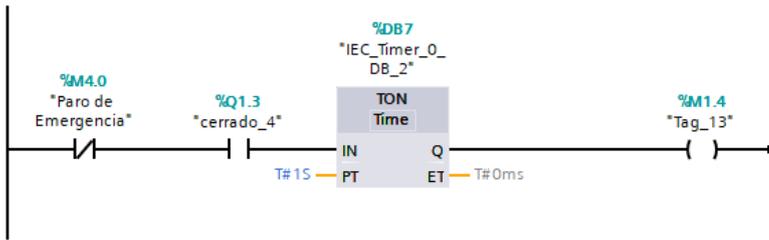
▼ Segmento 6:

Comentario



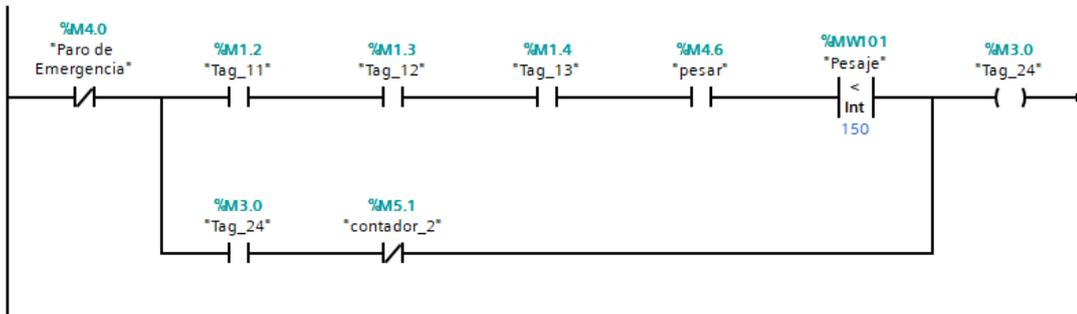
▼ Segmento 7:

Comentario



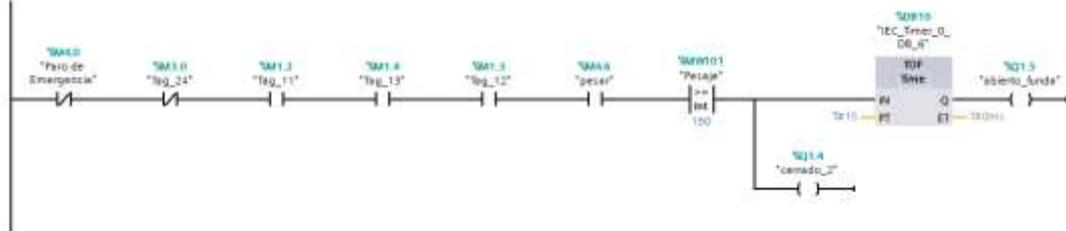
▼ Segmento 8:

Comentario



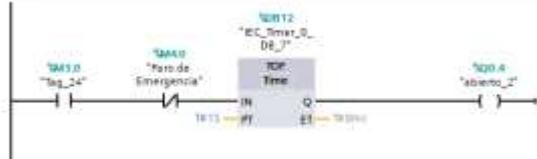
▼ Segmento 9:

Comentario



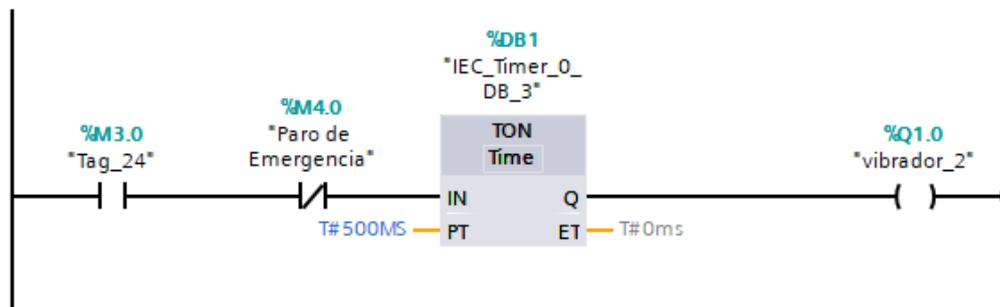
▼ Segmento 10:

Comentario



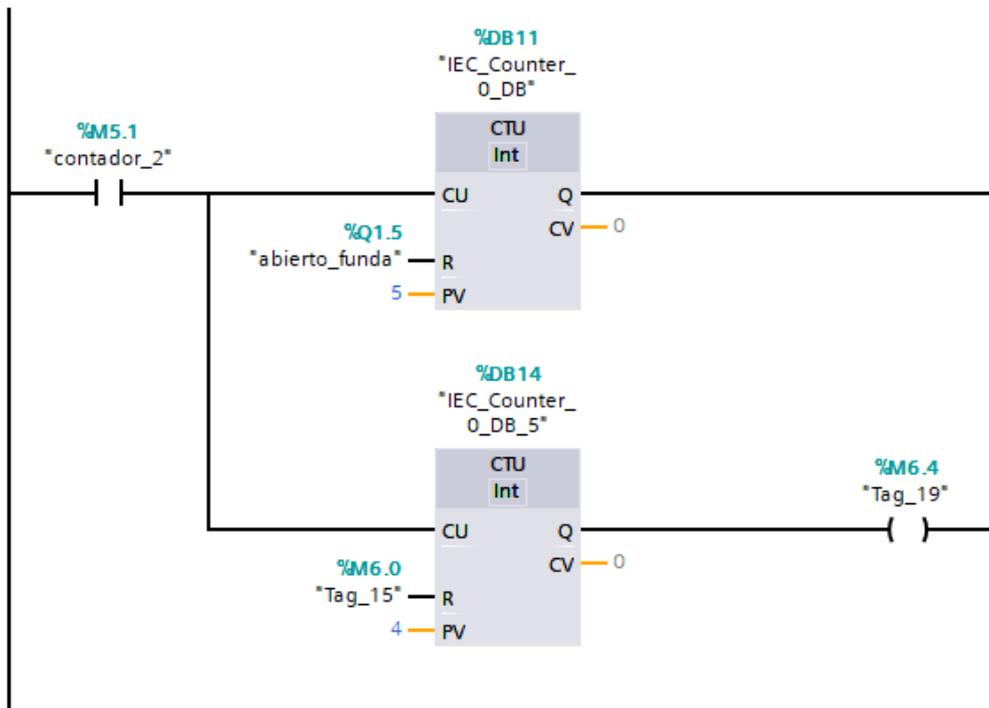
▼ Segmento 11:

Comentario



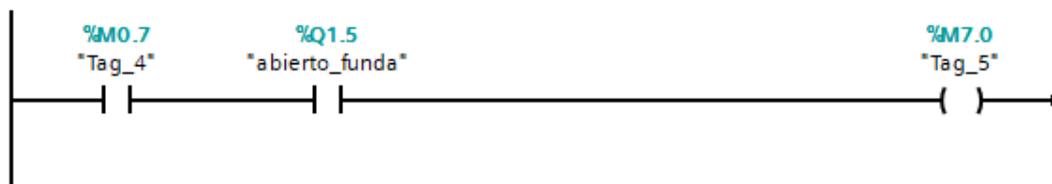
▼ Segmento 12:

Comentario



▼ Segmento 13:

Comentario



Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

Anexo 7. Especificaciones técnicas del tubo cuadrado DIPAC



DIPAC[®]
PRODUCTOS DE ACERO

DIPAC[®]

TUBO CUADRADO EN ACERO INOXIDABLE

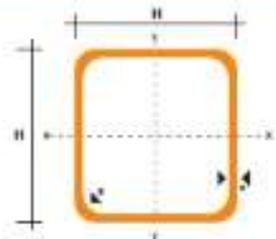
Especificaciones Generales

Material:	AISI 304
Largo Normal:	6mb
Otros largos:	Previa consulta
Dimensiones:	Desde 1/2" a 2"
Espesor:	Desde 0.6 a 2.0 mm



INOXIDABLE

Pulg.	DIMENSIONES		PESO Kg/6m	AREA cm ²	EJES X-X E Y-Y		
	H	a			I	W	I
	mm.	mm		cm ⁴	cm ³	cm	
1/2	12	0.60	1.32	0.27	0.08	0.10	0.47
		0.75	1.86	0.32	0.07	0.12	0.47
		0.95	2.28	0.40	0.08	0.13	0.45
5/8	15	0.60	1.74	0.35	0.12	0.16	0.59
		0.75	2.16	0.41	0.14	0.19	0.58
		0.95	2.70	0.51	0.16	0.21	0.56
3/4	20	0.60	2.22	0.47	0.29	0.29	0.79
		0.75	2.88	0.56	0.34	0.34	0.78
		0.95	3.60	0.70	0.41	0.41	0.77
		1.10	4.20	0.80	0.47	0.47	0.77
1	25	1.50	5.84	1.05	0.58	0.58	0.74
		0.75	3.60	0.71	0.69	0.55	0.99
		0.95	4.50	0.89	0.84	0.67	0.97
		1.10	5.22	1.02	0.95	0.76	0.97
1 1/4	30	1.50	7.08	1.35	1.21	0.97	0.95
		0.95	5.40	1.06	1.50	1.00	1.18
		1.10	6.24	1.24	1.70	1.13	1.17
1 1/2	40	1.50	8.46	1.65	2.19	1.47	1.15
		0.95	7.20	1.46	3.68	1.84	1.59
		1.10	4.34	1.68	4.20	2.10	1.58
2	50	1.50	11.28	2.25	5.48	2.74	1.56
		1.50	14.04	2.85	11.06	4.42	1.97



NOMENCLATURA

- A= Área de la sección transversal del tubo, cm²
- I= Momento de inercia de la sección, cm⁴
- W= Módulo resistente de la sección, cm³
- r= Radio de giro de la sección, cm

Anexo 8. Manual de operación y mantenimiento del equipo

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DOSIFICADORA AUTOMÁTICA DE CHOCOLATES

OPERACIÓN:

Para tener un óptimo funcionamiento de la máquina dosificadora de chocolates se debe seguir un procedimiento adecuado para su uso, el operador debe tener previo conocimiento sobre su funcionamiento y cumplir con las normas de seguridad y uso de equipo de protección personal (EPP), a continuación se detalla los pasos a seguir:

- a) Verificar conexiones eléctricas.
- b) Verificar conexiones neumáticas.
- c) Verificar puntos de ajuste general de la máquina dosificadora.
- d) Verificar limpieza de tolva, bandejas y embudo.
- e) Preparar el tipo de chocolate para cada compartimiento.
- f) Encender el equipo y revisar el funcionamiento de actuadores, electroválvulas, vibrador electromagnético, sensores, celda de carga, HMI.
- g) En caso de atascamiento u obstrucción de chocolate o cualquier objeto extraño, detener el funcionamiento accionando el botón de paro.
- h) Apagar el equipo una vez terminada la jornada de trabajo.

En la siguiente Tabla se detalla los elementos a inspeccionar y la importancia de cada uno para el funcionamiento de la máquina dosificadora de chocolate:

Tabla 39. Revisión del funcionamiento del equipo.

Punto	Descripción	Revisión
1	Energizar la máquina	•
2	Verificar conexión y funcionamiento del PLC	•
3	Verificar conexión y funcionamiento del HMI	•
4	Verificar conexiones neumáticas	•
5	Verificar funcionamiento de actuadores neumáticos	•
6	Verificar funcionamiento de sensores en bandejas	•
7	Verificar funcionamiento de sensores en tolva	•
8	Verificar funcionamiento celda de pesaje	•
9	Verificar funcionamiento vibradores electromagnéticos	•
10	Limpiar tolva, bandejas transportadoras y embudo	•
11	Cargar los tipos de chocolates en cada compartición en la tolva	•

- 12 En caso de atascamiento presionar el botón paro de emergencia ●
- 13 Verificar que el espacio a operar este seco ●
- 14 El operador debe estar con el EPP ●
- 15 La máquina no debe ser operada por menores de edad ●
- 16 La máquina no debe ser operada bajo efecto de sustancias estupefacientes o psicotrópicas ●
- 17 Una vez terminada la jornada laboral apagar la máquina ●

SIEMPRE	
NUNCA	

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro.

MANTENIMIENTO:

La vida útil de la máquina dosificadora de chocolates depende en gran medida del buen mantenimiento preventivo y correctivo de cada uno de sus elementos mecánicos, eléctricos y neumáticos.

Se detalla a continuación, cada elemento con su respectiva ficha técnica, lo cual se debe tener cuenta al momento de realizar el mantenimiento preventivo y en su debido caso correctivo.

Tabla 40. Características del PLC Siemens S7 1200 1214 C

Código 1	Parámetro	Valor	Características
	CPU	1214 C	Número entradas digitales 14,
	Versión	AC/DC/Relé	número entradas analógicas 2,
	Comunicación	16	número de salidas digitales
	Temperatura de instalación	de -20 a 60 [°C]	10 relé
	Alimentación	110 – 220 [VAC]	Interfaz Ethernet / PROFINET
			integrado

Código 1	Parámetro	Valor	Características
			Máx. intensidad al conectar 20 A

Tabla 41. Características del módulo analógico SM 1231

Código 2	Parámetro	Valor
	Número de entradas	4
	Tensión	$\pm 10, \pm 5, \pm 2.5$ [V]
	Intensidad	0 a 20 [mA]
	Número de salidas analógicas	0
	Grado de protección	IP20
	Temperatura permitida	-40 a 70 [°C]
	Voltaje	24 [VDC]

Tabla 42. Características de la electroválvula 5/2 Klod 4V220-08/06

Código 3	Parámetro	Valor
	Medio de funcionamiento	Aire
	Presión de funcionamiento	0.15 a 0.8 [MPa]
	Temperatura funcionamiento	5 a 50 [°C]
	Voltaje	DC12 - DC24 - AC110 - AC220 [V]

Tabla 43. Características de actuador neumático NCJ2 doble efecto

Código 4	Parámetro	Valor	Características
	Modelo	NCJ2-10	Fluido: aire comprimido
	Tipo	Doble efecto	filtrado
	Material	Acero	Carrera: 25 cm
		Inoxidable	Diámetro del embolo: 10 mm
	Fluido	Compresión	

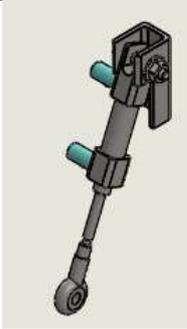
Código 4	Parámetro	Valor	Características
	Carrera	25 [mm]	
	Presión máxima de operación	de 0.7 [MPa]	
	Presión mínima de operación	de 0.05 [MPa]	

Tabla 44. Características de vibrador electromagnético MODEL 6C

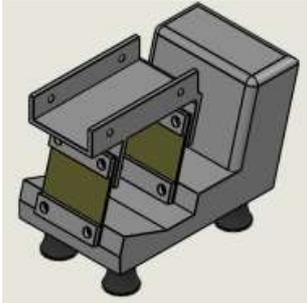
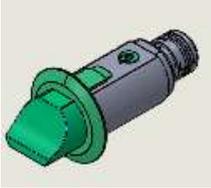
Código 5	Parámetro	Valor
	Consumo de potencia (máx.)	15 [W]
	Suministro de potencia	115 [V], 60 [Hz], una sola fase
	Control	Model VC-5
	Peso Neto	6.2 [kg]
	Entrada de potencia	0.5 [A] a 115 [V]
	Velocidad max.	0.2286 [m/s]

Tabla 45. Características sensor GLV18-8-400-S/73/120

Código 6	Parámetro	Valor
	Rango de detección (máx.)	50 a 400 [mm]
	Diámetro de haz de luz	30 [mm]
	Histéresis	< 15%
	Temperatura	-25 a 60 [°C]
	Tiempo de respuesta	≤ 1 [ms]

1	Indicación de operación	Verde
2	Indicación de señal	Amarillo
3	Regulador de sensibilidad	
4	Emisor	

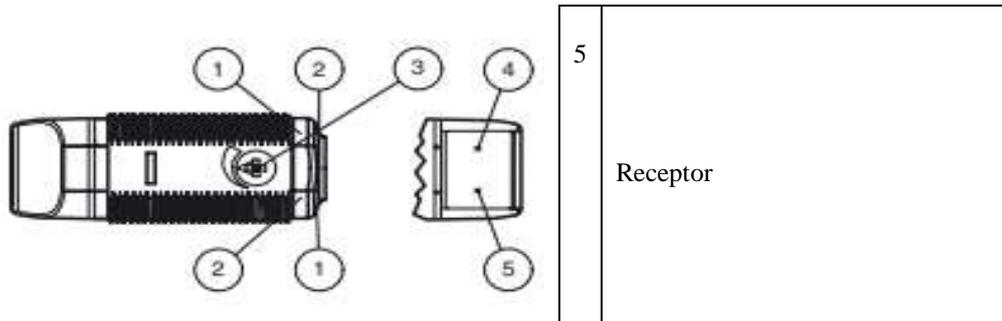


Tabla 46. Características celda de carga Forsentek FH02

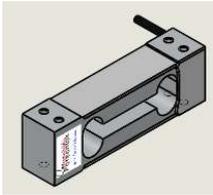
Código 7	Parámetro	Valor	Características
	Modelo	FH02	Excitación
	Capacidad	0.5 a 20 [kg] (se selecciona de 1 kg)	recomendada: 5 – 12 VC
	Material	Aluminio	Rango de temperatura de
	Dirección carga	Compresión	operación: -20 a 60 °C

Tabla 47. Características HMI SIEMENS TP-700

Código 8	Parámetro	Valor	Características
	Modelo	TP700 Comfort	Configurable a partir de
	Tipo	Pantalla TFT widescreen de 7"	WinCC Comfort V11
	Interfaz	PROFINET MPI/PROFIBUS DP	
	Memoria de configuración	de 12 MB	
	Fuente de alimentación	24 V D/C	
	Rango de tensión admisible	19,2 V a 28,8 V DC	
	Consumo de corriente	0,5 A	
	Temperatura de trabajo mín.	0 °C	

Código 8	Parámetro	Valor	Características
	Temperatura de trabajo máx.	50 °C	

Tabla 48. Características botón paro de emergencia ES-XA (encastrable, 16 mm)

Código 9	Parámetro	Valor	Características
	Modelo	ES-XA (encastrable, 16 mm)	Vida de servicio mecánica
	Tipo	Restablecimiento tirando o girando	250.000 maniobras
	Material	Termoplástico reforzado con fibra de vidrio	
		Policarbonato	
	Temperatura ambiente	-25 ... +60 °C	
	Corriente de activación mín.	de 24 V	

DIARIO	
SEMANAL	
SEMESTRAL	
ANUAL	

Elaborado por: Jonathan Carrillo & Stalin Montenegro

PLANOS