



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE MECATRÓNICA

**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN ENVASADOR AUTOMÁTICO PARA
DIFERENTES FRUTAS DESHIDRATADAS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Mecatrónica

AUTOR: ANDERSON ROLANDO BARRAGAN BARRAGAN

TUTOR: LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito – Ecuador

2024

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Anderson Rolando Barragan Barragan con documento de identificación No. 1207768449 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Barragan Barragan Anderson Rolando
1207768449


II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Anderson Rolando Barragan Barragan con documento de identificación No. 1207768449, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor de la propuesta tecnológica: “Diseño y simulación de un envasador automático para diferentes frutas deshidratadas”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica, 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 mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Barragan Barragan Anderson Rolando
1207768449

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso con documento de identificación No. 1710953967, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN ENVASADOR AUTOMÁTICO PARA DIFERENTES FRUTAS DESHIDRATADAS, realizado por Anderson Rolando Barragan Barragan con documento de identificación No. 1207768449, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción propuesta tecnológica que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de febrero del año 2024

Atentamente,



Ing. Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso MSc.
1710953967

IV. DEDICATORIA

A mis padres quienes Franklin y Geoconda ya que ellos son parte fundamental de mi vida por todo el apoyo incondicional que me han brindado desde casa y en el estudio, por ser la fuente que alimenta y enriquece cada día mi espíritu superando cada obstáculo presentado, siempre han estado ahí para apoyarme sobre todo en los estudios que sin desmayar me impulsaron a ser un gran profesional. A mi hermano, ya que me permite tomar las riendas del camino por que me ve como un ejemplo al esforzarme y cumplir mis metas.

V. AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme ser partícipe en este mundo, y darme el amor de mis padres quienes con su apoyo me han dado la oportunidad de estudiar Ingeniería Mecatrónica, permitiéndome fortalecer mi camino profesional y lograr cumplir en todo el proceso de estudio universitario con el sustento económico, emocional y perseverancia en la Universidad Politécnica Salesiana que con sus herramientas y recursos los maestros y docentes me han abierto las puertas del conocimiento para brindarme apoyo en el proceso académico y así llegar a ser un profesional de excelencia.

TABLA DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	I
II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	II
III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	III
IV. DEDICATORIA	IV
V. AGRADECIMIENTO.....	V
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XIV
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
JUSTIFICACIÓN	XVI
OBJETIVOS	XII
Objetivo General	XII
Objetivos Específicos	XII
CAPÍTULO I	18
MARCO TEÓRICO.....	18
1.1 FRUTAS	18
1.2 FRUTAS DESHIDRATADAS	19
1.2.1 BENEFICIOS DE LAS FRUTAS DESHIDRATADAS	19
1.2.2 FRUTAS COMERCIALES EN EL ECUADOR.....	21
1.2.3 COMBINACIÓN NUTRICIONAL DE LAS FRUTAS	24
1.3 ENVASADO DE SÓLIDOS GRANULADOS	25
1.3.1 Funcionamiento de envasadoras de sólidos granulados.	25
1.3.2 Tipos de envasado para frutas deshidratadas	27
1.4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN.....	29
1.4.1 Dosificación por peso	29
1.4.2 Dosificación por volumen.....	29
1.5 SISTEMA DE SELLADO.....	30
1.5.1 Sellado por mordazas.....	30
1.5.2 Sellado por ultra frecuencia	31
1.5.3 Sellado por impulso	31
1.5.4 Sellado por cuchilla caliente	32
1.6 TOLVA DE ALMACENAMIENTO	32

1.6.1	Tipos de tolvas de almacenamiento de alimentos	32
1.7	NORMATIVAS DE EMPAQUETADO	34
1.8	FORMADORES.....	34
1.9	SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE.....	35
1.9.1	Por rodillos	35
1.9.2	Por correas de deslizamiento	36
1.9.3	Sistema de arrastre por mordazas	36
1.10	MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	36
1.11	SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO	38
1.11.1	Sistema de medición de peso	38
1.11.2	Pulsadores.....	39
1.11.3	Relés.....	39
1.12	Sistema neumático.....	40
1.12.1	Cilindro neumático	40
1.12.2	Electroválvula 5/2.....	41
1.13	SISTEMA DE CONTROL.....	41
1.13.1	Sistema de control PLC	41
1.13.2	Sistema de control Arduino	42
1.15	PANTALLA TÁCTIL.....	42
1.15.1	TFT Arduino.....	42
1.15.2	SIMATIC HMI Siemens.....	43
CAPÍTULO II		44
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO		44
2.1	Descripción de la máquina	44
2.2	Análisis del sistema de envasado.....	45
2.2.1	Análisis del sistema de dosificación	45
2.2.2	Análisis del sistema de guiado y arrastre	47
2.2.3	Análisis del sistema de sellado	48
CAPÍTULO III.....		51
DISEÑO Y SIMULACIÓN		51
3.1	Diseño de la máquina envasadora de frutas deshidratadas.....	51
3.1	Dimensionamiento de la funda	52
3.2	Diseño de la Tolva.....	52
3.3	Diseño del dosificado	55
3.2	Cálculo estructural de la envasadora de las frutas deshidratadas	56
3.2.1	Centroide de una viga	59
3.2.2	Esfuerzo máximo de la viga.....	59

3.2.3	Factor de seguridad del tubo cuadrado	61
3.3	Cálculos de soldadura en la estructura	62
3.4	Selección de pistones mediante cálculos integrados	71
3.3.1	Selección de Criterios:	72
3.4	DISEÑO NEUMÁTICO.....	77
3.5	DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	78
3.6	CONTROL DEL MOTOR	79
3.7	CONTROL DE TEMPERATURA.....	80
3.8	DISEÑO DE INTERFAZ HMI	81
3.9	DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MÁQUINA ENVASADORA	82
CAPÍTULO IV.....		84
SIMULACIÓN Y RESULTADOS		84
4.1	SIMULACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL.....	84
4.2	SIMULACIÓN DEL DISEÑO NEUMÁTICO	87
4.3	RESULTADO DEL ENFUNDADO	88
4.4	ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA ..88	
BIBLIOGRAFÍA		94
ANEXO I. PROCESO PARA DETERMINAR UN CILINDRO NEUMÁTICO		100
ANEXO II. CÁLCULO PARA UN PERFIL DE TUBO CUADRADO		102
ANEXO III. ENVASADORA DE FRUTAS DESHIDRATADAS INICIAL		104
ANEXO IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS		105
ANEXO V. RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL ELECTRODO		108
ANEXO VI. PLANOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA ENVASADORA		108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Contenido Nutricional por 100 Gramos de Naranja Deshidratada [17],[18],[19]...21
Tabla 2.	Contenido Nutricional por 100 Gramos de Manzana Deshidratada [23],[24].22
Tabla 3.	Contenido Nutricional por 100 Gramos de Piña Deshidratada [28],[25].23
Tabla 4.	Contenido Nutricional por 100 Gramos de Banano Deshidratado [32], [33].24
Tabla 5.	Tabla de deficiencias tolerables en la cantidad real de los envases [57].34
Tabla 6.	Materiales ocupados en la industria alimenticia [53], [59], [60], [61].37
Tabla 7.	Alternativas para el sistema de dosificación.45
Tabla 8.	Sistema de calificación para las alternativas de dosificación.46
Tabla 9.	Selección de alternativa de dosificación.46
Tabla 10.	Alternativas para el sistema de guiado y arrastre.47
Tabla 11.	Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre de la funda.48
Tabla 12.	Selección de alternativa de dosificación.48
Tabla 13.	Alternativas para el sistema de sellado.48
Tabla 14.	Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre de la funda.49
Tabla 15.	Selección de alternativa de dosificación.50
Tabla 16.	Selección de criterios de la masa total.56
Tabla 17.	Tabla de selección del tubo de acero galvanizado [68]62
Tabla 18.	Elementos ejercidos sobre la soldadura.64
Tabla 19.	Elementos ejercidos sobre la soldadura.68
Tabla 20.	Elementos que deberá empujar el cilindro para cortar la funda.72
Tabla 21.	Elementos que deberá empujar el cilindro para el paso de la fruta.73
Tabla 22.	Elementos que deberá empujar el cilindro para sellar la funda (vertical).73
Tabla 23.	Elementos que deberá empujar el cilindro para sellar la funda (horizontal).74
Tabla 24.	Elementos que deberá empujar el cilindro para cortar la funda.74
Tabla 25.	Tabla de selección de pistones calculados.76
Tabla 26.	Tabla de selección de pistones del mercado de FESTO.76
Tabla 27.	Componentes del sistema neumático77
Tabla 28.	Componentes del sistema electrónico78
Tabla 29.	Cargas aplicadas en la estructura.84
Tabla 30.	Elementos mecánicos de la máquina.88
Tabla 31.	Elementos electricos, electrónicos y Neumáticos.89
Tabla 32.	Ingeniería del proyecto.90
Tabla 33.	Costo total de la máquina.90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Frutas tropicales [9].	18
Figura 2.	Frutas deshidratadas [10].	19
Figura 3.	Naranja Deshidratada [13].	21
Figura 4.	Manzana Deshidratada [20].	22
Figura 5.	Piña Deshidratada [25].	23
Figura 6.	Banano Deshidratado [29].	24
Figura 7.	Envasado de manera manual [36].	26
Figura 8.	Envasadora manual COD8133 [37].	26
Figura 9.	Envasadora semiautomática COD8049 [38].	26
Figura 10.	Envasadora automática COD8287 [39].	27
Figura 11.	Envasadora de plástico dedicado a granos, especias VFH6-B420 [41].	27
Figura 12.	Envasadora para fundas semejantes al té CMP-DXDCH10B [43].	28
Figura 13.	Envasadora de plástico para polvos SF-2.0T [44].	28
Figura 14.	Dosificador por peso [46].	29
Figura 15.	Dosificador volumétrico [47].	30
Figura 16.	Sellado mediante mordazas [49].	30
Figura 17.	Blisters de plástico de alta frecuencia/máquina de envasado [51].	31
Figura 18.	Esquema de sellado por impulso [52].	31
Figura 19.	Sellador por impulso manual [52].	31
Figura 20.	Partes del sellado por cuchilla caliente [53].	32
Figura 21.	Tolva rectangular [55].	33
Figura 22.	Tolva cuadrada [56].	33
Figura 23.	Tolva piramidal [54].	34
Figura 24.	Formador para envasadora vertical [53].	35
Figura 25.	Sistema de arrastre por rodillos [48].	35
Figura 26.	Sistema de arrastre mediante correas de deslizamiento [48].	36
Figura 27.	Sistema de arrastre por mordazas Gusther TA2 L/ 3SL [58].	36
Figura 28.	Celda de carga analógica [62].	38
Figura 29.	Celda de carga digital [62].	39
Figura 30.	Pulsador de configuración (NA) y (NC) [53].	39
Figura 31.	Partes de un relé [53].	40
Figura 32.	Cilindro de simple efecto [53].	41
Figura 33.	Cilindro de doble efecto [53].	41
Figura 34.	Electroválvula neumática 5/2 [53].	41
Figura 35.	Controlador lógico programable [53].	42
Figura 36.	Arduino uno [67].	42

Figura 37.	LCD TFT ILI9486 [62].	43
Figura 38.	Pantalla HMI Siemens [62].	43
Figura 39.	Etapas de desarrollo del proyecto.	44
Figura 40.	Diseño de la máquina envasadora de diferentes frutas deshidratadas.	51
Figura 41.	Diseño y medidas de la tolva de almacenamiento.	52
Figura 42.	Secciones de la tolva de almacenamiento.	53
Figura 43.	Espacio volumétrico.	55
Figura 44.	Viga para el soporte a la carga.	57
Figura 45.	Carga puntual aplicada en el centro de la viga.	57
Figura 46.	Diagrama de cuerpo libre.	58
Figura 47.	Diagrama de esfuerzo cortante.	58
Figura 48.	Diagrama de momento máximo.	59
Figura 49.	Perfil de tubo cuadrado.	59
Figura 50.	Esquema del perfil cuadrado para cálculo de inercia.	60
Figura 51.	Propiedades físicas del acero galvanizado.	61
Figura 52.	Dimensiones del tubo cuadrado de acero galvanizado.	62
Figura 53.	Sección de soldadura para tubo cuadrado.	63
Figura 54.	Soldadura filete para tubo cuadrado [69].	63
Figura 55.	Soldadura sometida a flexión.	65
Figura 56.	Sección de soldadura para perfil tipo L.	67
Figura 57.	Soldadura filete para ángulo de perfil tipo L [69].	67
Figura 58.	Soldadura sometida a flexión del perfil tipo L.	69
Figura 59.	posición de los cilindros neumáticos (sección superior).	71
Figura 60.	Posición de los cilindros neumáticos (sección inferior).	71
Figura 61.	Esquema del sistema neumático.	77
Figura 62.	Conexión electrónica de las entradas y salidas del PLC.	78
Figura 63.	Motor XD – 3420 de imán permanente 3500/7000 RPM [70].	79
Figura 64.	Controlador del motor Speed Controller PWM [71].	79
Figura 65.	Diagrama eléctrico del control de conexión al motor.	80
Figura 66.	Rex - C100 modo de funcionamiento [72].	80
Figura 67.	Diagrama eléctrico del controlador de temperatura Rex – C100.	81
Figura 68.	HMI Kinco GL07 [73].	81
Figura 69.	Interfaz HMI de funcionamiento programada.	82
Figura 70.	Diagrama de flujo de la máquina envasadora de frutas deshidratadas.	83
Figura 71.	Simulación de desplazamiento estructural en SolidWorks.	86
Figura 72.	Factor de seguridad simulado en SolidWorks.	87
Figura 73.	Diagrama de estados del proceso.	87
Figura 74.	Estado inicial de la funda para ser sellado.	88
Figura 75.	Enfundado de frutas deshidratadas final.	88
Figura 76.	Perfil de tubo cuadrado.	102

RESUMEN

El presente documento describe el diseño de un envasador de frutas deshidratadas, validando su funcionamiento, mediante un proceso de simulación, para lo cual se elegirá los materiales eléctricos, electrónicos, mecánicos y neumáticos necesarios para enfundar hasta cuatro tipos diferentes de frutas deshidratadas de manera automática.

Se inició con estudio de los beneficios de las frutas deshidratadas luego de lo cual se analizará el funcionamiento de envasadoras de sólidos granulados, sistema de dosificación tolvas de almacenamiento, y los procesos de enfundado y sellado para identificar las características del proceso siguiendo la normativa NTE INEN OIML R 87 determinando mediante análisis la selección la mejor alternativa de diseño para este proyecto.

Después de varias alternativas de diseño se opta por un módulo de cuatro tolvas independientes con un volumen de 6416 cm^3 cada una y el modo de funcionamiento de un sistema de dosificación por espacio volumétrico para obtener 100g de producto, un sistema de guiado y arrastre por rodillos, y un sistema de sellado por mordaza los cuales, mediante cálculos y el sistema SolidWorks.

Se realizaron pruebas y simulaciones del diseño estructural mediante pruebas de carga y factor de seguridad además de la simulación de los circuitos eléctricos, electrónicos y neumáticos, validando así el funcionamiento para su futura implementación.

Palabras clave: frutas deshidratadas, dosificación, neumática, PLC, HMI, SolidWorks, tolva, selladora, control.

ABSTRACT

This document describes the design of a dehydrated fruit packager, validating its operation, through a simulation process, for which the electrical, electronic, mechanical and pneumatic materials necessary to automatically package up to four different types of dehydrated fruits will be chosen.

It will begin with a study of the benefits of dehydrated fruits, after which the operation of packaging machines for granulated solids, the dosing system, storage hoppers, and the packaging and sealing processes will be analyzed to identify the characteristics of the process following the NTE INEN regulations OIML R 87 determining through analysis the selection of the best design alternative for this project.

After several design alternatives, a module of four independent hoppers with a volume of 6416 cm³ each and the operating mode of a volumetric space dosing system to obtain 100g of product, a roller guidance and drag system, were chosen, and a clamp sealing system which, through calculations and the SolidWorks system.

Tests and simulations of the structural design were carried out through load and safety factor tests in addition to the simulation of the electrical, electronic and pneumatic circuits, thus validating the operation for future implementation.

Keywords: dehydrated fruits, dosing, pneumatics, PLC, HMI, SolidWorks, hopper, sealer, control.

INTRODUCCIÓN

El ser humano siempre ha buscado su bienestar mejorando la calidad de vida, en la actualidad diferentes estudios han reconocido que el consumo de tisanas de frutas deshidratadas aporta gran cantidad de energía regulando el funcionamiento del organismo y protegiendo al sistema inmunológico, además que aporta mayor sabor y aroma a la bebida que las frutas normales [1].

Proveer frutas deshidratadas se ha vuelto común en pequeñas, medianas y grandes empresas del Ecuador como: Frumix, enfocada a la confitería y deshidratados [2], Califruit trabaja en la elaboración de frutos deshidratados y barras energéticas [3], e incluso industrias extranjeras cercanas al país, está Colombia con la empresa Fruandes en el que todo su mercado se encuentra enfocado a las frutas deshidratadas [4]. Por lo que le han dedicado tiempo y trabajo para que el bienestar y la salud llegue a las personas de formas amigables y comestibles como son los snacks. Sin embargo, en varias de estas empresas aún realizan el envasado de manera manual o semiautomático, por lo que se requiere reducir el tiempo de trabajo para el operario y aumentar la productividad en base a la máquina. En su mayoría, el trabajo de envasado lo realizan para un solo tipo de fruta deshidratada, quedándose corto en la variedad de sabores y combinación nutricional que una máquina lograría llegar a envasar. Brindar esta mejora de servicio requiere un nuevo diseño respecto a las máquinas envasadoras ya existentes.

Mediante la información de este documento la construcción de la máquina será posible porque se detallará el diseño y el funcionamiento que se necesita para envasar mixes de diferentes frutas, o si lo requiere, podría aumentar la producción de un mismo tipo de fruta, ya que se trabajará mediante diferentes tolvas el cual permitirá cubrir la variedad de frutas que se van a tratar, combinando así el almacenamiento, la rapidez, eficiencia y todo esto de manera automática.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, el cuidado de la salud ha aumentado y se ha buscado la manera de llevar en un embace de diferentes productos que ayuden considerablemente el régimen alimenticio con las vitaminas que aportan los frutos como proteínas, hierro, fósforo, calcio, vitaminas A, B, C, D y E. Comer sanamente permite encontrar en frutas deshidratadas este régimen de salud en infusiones como el té [5].

Por sus beneficios ha proliferado el uso de estas frutas tanto como consumo en el hogar como en los restaurantes y en el sector público, en lugares educativos o centros de salud, pertinentes al cuidado y bienestar de la salud, se utilizan diferentes presentaciones ya sea el mismo tipo de fruta, y mixes que es la mayoría [5].

El envasado de frutas en su mayoría lo hacen de forma manual, esto provoca que exista un problema por contaminación indirecta al producto, poniendo en peligro la salud hacia el consumidor dado que el objetivo del producto es ayudarlo, también puede existir inconvenientes por su mala manipulación por parte del operario, ya que en algunos de los casos optan por realizar este tipo de trabajo desde su casa o en lugares inadecuados y de carencia de salubridad [5].

Casos como la problemática en Digesa de San Juan de Miraflores clausuraron la empresa de envasado de condimentos y frutos secos debido a la falta de salubridad en el empaado de sus productos, tuvo una suspensión en las actividades de producción y por ende su comercialización. Gracias a la automatización se evita el contacto directo con el producto y el envasado [6].

JUSTIFICACIÓN

Para el envasado de las frutas al ser de diferentes formas y tamaño es complejo, no existe en el mercado envasadoras que abarquen el total de las frutas deshidratadas, pues en cada región o país es diferente, esto lleva a requerir de máquinas envasadoras con características capaz de cubrir la necesidad de envasado de mixes y porciones. Formará parte de la confiabilidad de la máquina que será desarrollada en base al diseño, satisfaciendo las necesidades de automatización [7].

Una máquina automatizada solventará esta necesidad ya que, mejorará las condiciones de trabajo y seguridad del operario, e inclusive mediante el diseño de la máquina existirá un incremento de calidad, generando un menor costo en la producción por mano de obra, el tiempo de producción tomará un juego importante ya que logrará envasar con mayor rapidez que máquinas con sistemas semi automáticos o con industrias dedicadas al proceso de mano de obra directa en las frutas, dejando a un lado la automatización y la tecnología actual [7].

OBJETIVOS

Objetivo General

Diseñar y simular un envasador automático para diferentes frutas deshidratadas.

Objetivos Específicos

- Investigar el funcionamiento de envasadoras de sólidos granulados para conocer las características del proceso.
- Diseñar una máquina envasadora mediante cálculos y software apropiado para obtener fundas de cuatro diferentes frutas deshidratadas de manera automatizada.
- Analizar la simulación de la máquina para la validación del funcionamiento.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

Este capítulo presentará en forma general el proceso de una máquina envasadora para diferentes frutas deshidratadas, por lo que mediante referencias se hablará del aporte nutricional de las diferentes frutas en el envase. Siendo necesario saber combinar las frutas para una buena alimentación a base de snacks.

Existen diferentes tipos y maneras de envasar una envoltura, por lo que es preciso conocer los tipos de envasadores y el funcionamiento de estas, como: El diseño mecánico, su sistema electrónico y el control, permitiendo tener un seguimiento del proceso de dosificación, sistema de sellado, entre otras. Se debe contemplar la siguiente pregunta ¿cómo se realizará el proceso de diseño de la máquina para este proyecto? A continuación, se presentará información de muy importante relevancia para el diseño de la máquina, la cual responderá a la interrogante y se conocerá de manera teórica cómo se va a llevar a cabo su funcionamiento.

1.1 FRUTAS

Las frutas son órganos comestibles de plantas que contienen semillas en su interior, como se representa en la Figura 1. Ricas en nutrientes como vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes, formando parte de una dieta saludable y equilibrada. Las frutas pueden ser consumidas crudas, cocidas o procesadas en jugos, mermeladas y otros productos como las infusiones de té. Además, existe una gran variedad de frutas, cada una con características únicas en cuanto a sabor, textura, color y propiedades nutricionales [8].



Figura 1. Frutas tropicales [9].

1.2 FRUTAS DESHIDRATADAS

Las frutas deshidratadas son frutas que han sido sometidas a un proceso de eliminación de la mayor parte de su contenido de agua, lo que les permite tener una mayor vida útil y conservar gran parte de sus nutrientes. Las frutas deshidratadas pueden ser una alternativa saludable a los dulces y aperitivos procesados, ya que generalmente no contienen conservantes ni azúcares añadidos, un claro ejemplo se observa en la Figura 2. Además, son una buena fuente de fibra, vitaminas y minerales, y son fáciles de transportar y almacenar, lo que las hace ideales para llevar como bocadillo cuando se está fuera de casa o para incluir en recetas de cocina [10].



Figura 2. Frutas deshidratadas [10].

1.2.1 BENEFICIOS DE LAS FRUTAS DESHIDRATADAS

Las frutas deshidratadas tienen una serie de beneficios para la salud, entre ellos es que conservan muchos de los nutrientes presentes en las frutas frescas, ofreciendo varias ventajas nutricionales, algunos de los cuales incluyen: [11].

- **Mayor duración**

La eliminación del agua de las frutas las hace más duraderas y resistentes a la putrefacción, permitiendo que su vida útil sea superior a las frutas frescas, y así almacenarlas por un mayor tiempo sin que se llegue a deteriorar. Esto puede ser útil para las personas que viven en zonas donde no hay acceso a frutas frescas todo el año o para aquellos que quieren tener una opción de bocadillo saludable disponible en todo momento [11].

- **Portabilidad**

Las frutas deshidratadas son ligeras y fáciles de llevar, siendo una opción práctica y conveniente para viajes, y/o almuerzos, lo que las hace una alternativa atractiva a los bocadillos procesados [11].

- **Mayor densidad nutricional**

El proceso de deshidratación concentra los nutrientes en las frutas, lo que significa que una porción pequeña de alimento contiene una mayor cantidad de vitaminas, minerales y fibra, que una porción equivalente de fruta fresca [11].

- **Fuente de fibra**

Las frutas deshidratadas contienen una cantidad significativa de fibra, convirtiéndolas en una opción saludable para aumentar la ingesta diaria de fibra, esencial para una digestión saludable y también puede ayudar a mantener niveles saludables de azúcar en la sangre[11].

- **Fuente de buena energía**

Las frutas deshidratadas son una fuente de carbohidratos, lo que las convierte en una excelente opción para obtener energía de manera rápida y efectiva [11].

- **Pueden ser una alternativa saludable a los dulces**

Las frutas deshidratadas son dulces naturales debido a la concentración de azúcares propios de la fruta. Por lo tanto, son una alternativa saludable a los dulces procesados [11].

- **Fuente de antioxidantes**

Las frutas deshidratadas también son una fuente rica en antioxidantes, que ayudan a proteger el cuerpo contra los radicales libres y el daño celular. Un estudio publicado en la revista Food Chemistry en 2020 destaca que las frutas deshidratadas tienen una mayor capacidad antioxidante que las frutas frescas [11].

1.2.2 FRUTAS COMERCIALES EN EL ECUADOR

Al ser el Ecuador un país muy diverso existe una gran variedad de frutas entre las que se destacan: el Banano, Mango, Naranja, Piña, Uvillas, Manzana, Papaya, Limón. En este proyecto se tomará en cuenta frutas que el mercado ecuatoriano produce abundantemente [12].

A continuación, se hablará de las frutas deshidratadas a tratarse con su respectiva información nutricional por cada 100 gramos. Este contenido informativo, va a depender de la preparación de deshidratado y su conservado, por lo que se aplica un promedio estimado referente a sus fuentes bibliográficas.

- **Naranja Deshidratada**



Figura 3. Naranja Deshidratada [13].

Las naranjas deshidratadas como las presentadas en la Figura 3, son naturalmente deliciosas y nutritivas. Se puede combinar en bebidas alcohólicas y no alcohólicas como: té, infusiones, etc. [14]. Aportan vitamina C y antioxidantes [15], [16]. Su contenido nutricional se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Contenido Nutricional por 100 Gramos de Naranja Deshidratada [17],[18],[19].

COMPONENTE	Cantidad
Calorías	323 kcal
Carbohidratos	83 g
Proteína	1,8 g
Grasa	0,5 g
Fibra dietética	10 g
Vitamina C	43 mg
Calcio	71 mg
Potasio	810 mg
Hierro	1,9 mg

- **Manzana Deshidratada**



Figura 4. Manzana Deshidratada [20].

Un ejemplo de manzanas deshidratadas se la puede observar en la Figura 4, son deliciosas y fuente de fibra soluble buena para controlar los niveles de azúcar en la sangre y bajar los niveles de colesterol LDL; y fibra insoluble, que contribuye a un sistema digestivo saludable [21]. Además, aporta minerales como hierro, calcio, y vitaminas C y E que ayuda mantener el sistema inmunológico, nervioso y estimulan el metabolismo [12], [16]. Su contenido nutricional se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Contenido Nutricional por 100 Gramos de Manzana Deshidratada [22],[23].

COMPONENTE	Cantidad
Calorías	346 kcal
Carbohidratos	87,1 g
Proteína	2,3 g
Grasa	0,5 g
Fibra dietética	11,7 g
Vitamina C	3,3 mg
Calcio	30 mg
Potasio	413 mg
Hierro	0,9 mg

- **Piña Deshidratada**



Figura 5. Piña Deshidratada [24].

La piña deshidratada como la presentada en le Figura 5, contiene antioxidantes que reducen el riesgo de degeneración celular; enzimas, especialmente bromelina, que ayudan con la indigestión, reducen la inflamación y mejoran el sistema inmunológico [25]. Se puede combinar en como snack o como (en ensaladas, granola, batidos, postres, etc) [26]. Su contenido nutricional se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Contenido Nutricional por 100 Gramos de Piña Deshidratada [27],[24].

<u>COMPONENTE</u>	<u>Cantidad</u>
Calorías	335 kcal
Carbohidratos	81 g
Proteína	3,26 g
Grasa	0,72 g
Fibra dietética	8 g
Vitamina C	50 mg
Calcio	30 mg
Potasio	610 mg
Hierro	0,9 mg

- **Banano Deshidratado**



Figura 6. Banano Deshidratado [28].

El banano deshidratado de la Figura 6 contiene fibra, vitaminas B6 y C, buenos para disminuir el colesterol y las úlceras estomacales, aporta magnesio, que actúa como relajante muscular, con propiedades antibióticas, ayudando al sistema inmunológico a combatir infecciones y virus [29].

Es un snack saludable y energizante, ya que tiene un alto contenido en potasio, que ayuda a la recuperación después de un día muy activo, siendo ideales para atletas [30]. Su contenido nutricional se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Contenido Nutricional por 100 Gramos de Banano Deshidratado [31], [32].

COMPONENTE	Cantidad
Calorías	346 kcal
Carbohidratos	88,5 g
Proteína	3,9 g
Grasa	1,3 g
Fibra dietética	6,7 g
Vitamina C	2,6 mg
Vitamina B6	0,8 mg
Calcio	30 mg
Potasio	1404 mg
Magnesio	73 mg
Hierro	2,5 mg

1.2.3 COMBINACIÓN NUTRICIONAL DE LAS FRUTAS

Mediante un análisis respecto a fuentes de información nutricional se optó por combinar la naranja y la piña deshidratadas debido a que ambos son alimentos saludables por sí solos y pueden ser una buena fuente de fibra, antioxidantes, minerales y vitaminas, siendo la vitamina C la más predominante en la combinación de estos dos sabores [33].

La combinación de banano y manzana deshidratados podría ser una buena opción para un bocadillo saludable porque ambos son alimentos ricos en fibra y nutrientes. El banano es una buena fuente de potasio, vitamina C y vitamina B6, mientras que la manzana es rica en vitamina C y antioxidantes. Además, el banano es dulce, mientras que la manzana tiene un sabor más ácido, lo que podría hacer que la combinación sea equilibrada en términos de sabor [33].

Sin embargo, es recomendable comer una variedad de frutas para obtener todos los nutrientes necesarios para una dieta saludable, además que tendrá una mayor variedad de sabores [33].

El aporte a este proyecto tendrá un factor importante en variedad de frutas, estas serán: la manzana, el banano, la piña y la naranja permitiendo al consumidor deleitar bajo un solo embace.

1.3 ENVASADO DE SÓLIDOS GRANULADOS

El envasado de frutas deshidratadas es un proceso importante para preservar su calidad y aumentar la vida útil de las frutas después del proceso de deshidratación. Si el alimento deshidratado se envasa adecuadamente y se protege del oxígeno, la humedad y la luz, puede alcanzar una buena vida útil de 1 a 2 años [34].

1.3.1 Funcionamiento de envasadoras de sólidos granulados.

- **Envasadoras manuales**

Son los primeros aplicados a la línea de producción, y su eficiencia está directamente relacionada con el trabajo y desempeño del operador como lo muestra la Figura 7, por lo que no pueden satisfacer las necesidades de su mercado competitivo, un claro ejemplo es el modelo COD8133 de la Figura 8 [35].

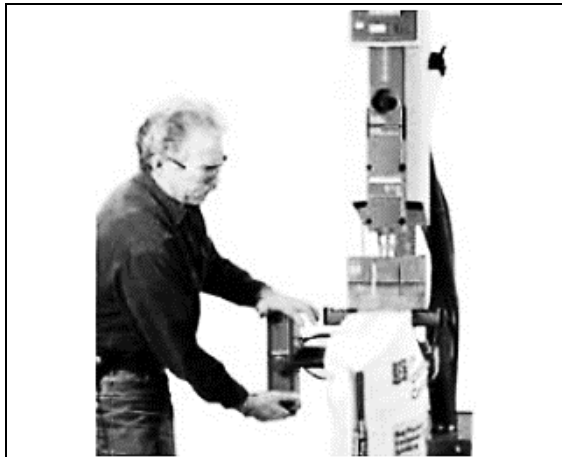


Figura 7. Envasado de manera manual [35].

Modelo de necesidad presente del operario.



Figura 8. Envasadora manual COD8133 [36].

Modelo de la envasadora manual.

- **Envasadoras semiautomáticas**

Las pequeñas y medianas empresas han utilizado la intervención humana para cooperar con el mecanismo de embalaje de la operación mecánica y eléctrica, tratando de obtener una línea de producción eficiente y económica. En envasadoras semiautomáticas aún se presenta el requerimiento de un operario, sin embargo, ha reducido el trabajo realizado por la persona, llegando a incrementar la producción de envasado, tal es el modelo COD8049 presentado en la Figura 9 [35].



Figura 9. Envasadora semiautomática COD8049 [37].

- **Envasadoras automáticas**

Combinan sistemas mecánicos, neumáticos, eléctricos y electrónicos gestionados mediante un sistema de control lógico programable para alta producción de envases como el del modelo COD8287 presentado en la Figura 10 [35].



Figura 10. Envasadora automática COD8287 [38].

1.3.2 Tipos de envasado para frutas deshidratadas

Al tratarse de contenido alimenticio es necesario que la construcción de la máquina sea de acero inoxidable, dando mayor fiabilidad al sector alimenticio en el manejo de la salubridad [39].

Para ello a continuación se determina posibles envasados que ayudara a abastecer la necesidad de este proyecto ya sea para la sección de diferentes frutas como la determinación del método de envasado.

- **Envasado a través de medidores**



Figura 11. Envasadora de plástico dedicado a granos, especias VFH6-B420 [40].

Mediante tazas de medición se realiza el envasado de frutos deshidratados de acuerdo con la necesidad o la aplicación de fabricación tal es el modelo VFH6-B420 de la Figura 11,

normalmente se espera productos sólidos para enfundes mayores a los 10 cm como azúcares, cafés, maní, te, avena, granos, especias, entre otras, la cual se lo puede ajustar el rango de llenado a través de un ordenador controlado por un PLC [41].

- **Envasado con hilo y envoltura de papel o plástico**



Figura 12. Envasadora para fundas semejantes al té CMP-DXDCH10B [42].

La forma de envasado de esta máquina CMP-DXDCH10B Figura 12, se asemeja al té tradicional el cual lleva hilo y una etiqueta al final de la envoltura ya sea de papel o plástico, una de las ventajas de este método es que el producto va directamente al dosificador, esto permite evitar la contaminación directa con el producto y protegiéndolo de filtraciones perjudiciales, el interior de la bolsa es de papel filtro con hilo y etiqueta ajustable de acuerdo con la necesidad que se aplique, finalmente utilizada para envasados pequeños como sobres de té, café, hiervas y plantas [42].

- **Envasado de plástico**



Figura 13. Envasadora de plástico para polvos SF-2.0T [43].

En este tipo de trabajo la máquina SF-20T de la Figura 13, es diseñada especialmente para polvos super finos, este funcionamiento se lo realiza mediante movimiento giratorio impulsado por servomotores y un tornillo sin fin, al igual que los envasados anteriores

este es ajustable mediante un ordenador y el control de llenado, cortado son mediante un PLC [44].

1.4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN

El sistema de dosificación se encarga del suministro autónomo, en bolsas o fundas de manera uniforme y precisa de una determinada cantidad de producto. Es necesario tener en cuenta las propiedades de la sustancia, como tamaño y forma [45].

1.4.1 Dosificación por peso

En este sistema puede integrar una tolva de pesaje, ya que el sensor se encontrará colocado en la parte inferior de la tolva, el cual se encarga de medir el peso del producto, es procesada por un módulo de instrumento o amplificador para obtener la dosificación, tal es el proceso que se aplica en la Figura 14. La forma de trabajo del sistema ocurre cuando el producto desciende por un mecanismo de canal vertical, ideales para productos sólidos o con geometrías irregulares como lo son las frutas deshidratadas [45].



Figura 14. Dosificador por peso [45].

1.4.2 Dosificación por volumen

El sistema consiste en copas telescópicas rellenas por medio de pistón, tornillo sin fin o vasos telescópicos, ubicadas sobre un disco giratorio, las cuales contendrán la cantidad de producto a envasar [45]. Estos contenedores son alimentados desde una tolva donde se almacena el producto y se descargan por gravedad o algún tipo de impulsión, lleva una amplia aplicación en todo tipo de granos o cereales como en la Figura 15 [46].



Figura 15. Dosificador volumétrico [46].

1.5 SISTEMA DE SELLADO

Para sellar plástico, varios métodos utilizan calor y presión. Si bien las resistencias eléctricas son la fuente de calor más utilizada, también se emplean ondas ultrasónicas y aire caliente para lograr este objetivo [35].

1.5.1 Sellado por mordazas

El proceso de unión de materiales plásticos implica la aplicación de calor y presión. El calor es generado por resistencias eléctricas. Para garantizar una distribución adecuada del calor, la abrazadera debe estar hecha de un buen conductor térmico. Para mantener una temperatura constante, se conecta un termopar a la abrazadera y se suministra corriente a través de un control de temperatura. Sistema muy utilizado cuando se trata de sellados de plástico como el Polipropileno, en la Figura 16 se aprecia el modelo [47].



Figura 16. Sellado mediante mordazas [48].

1.5.2 Sellado por ultra frecuencia

El proceso consiste en colocar el material termoplástico en medio de dos electrodos. Luego pasan corrientes de alta frecuencia, creando un campo que genera suficiente fricción, produciendo así el calor suficiente para derretir y sellar firmemente el termoplástico como la máquina de envasado de la Figura 17 aplicado para el campo de alimento, medicina [49].



Figura 17. Blister de plástico de alta frecuencia/máquina de envasado [50].

1.5.3 Sellado por impulso

En la pinza, la temperatura no es constante, solo se enciende cuando el proceso de sellado está en marcha [47]. El sellado por impulso permite que el calor se elimine rápidamente después de crear el sello. Como resultado, la unión es más fuerte y el aspecto general es más uniforme, el esquema de la Figura 18 detallara el proceso de sellado, mientras que en la Figura 19 se aprecia el modo de trabajo [49].

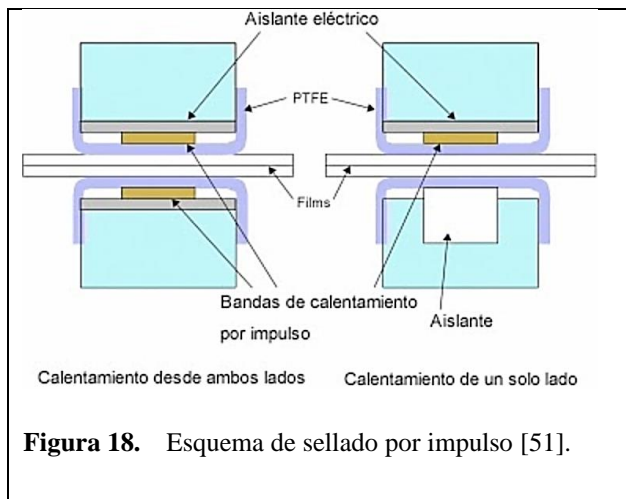


Figura 18. Esquema de sellado por impulso [51].



Figura 19. Sellador por impulso manual [51].

1.5.4 Sellado por cuchilla caliente

Este tipo de sellado ocupa una mordaza afilada de alta temperatura que simultáneamente sella y corta el paquete, lo que resulta en el área de sellado más pequeña en comparación con otros productos. Se usa comúnmente para sellar envases que contienen líquidos, para entender el modelo, la Figura 20 se centra en la forma de trabajo [52].

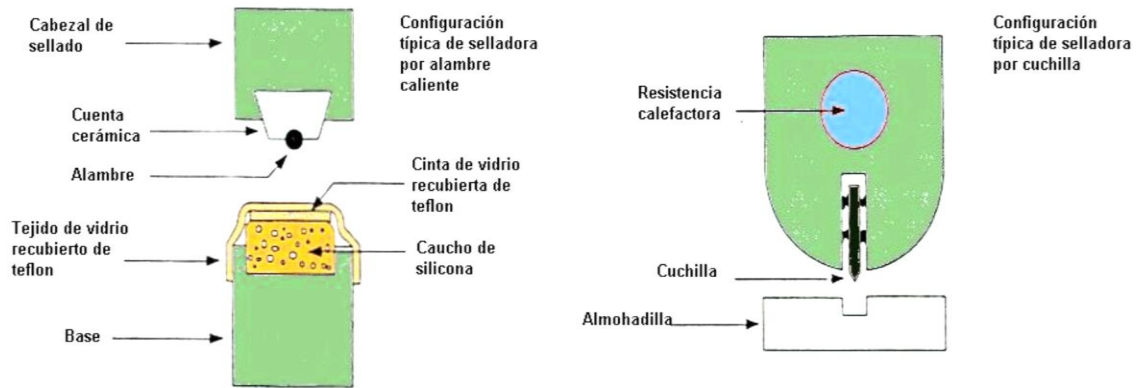


Figura 20. Partes del sellado por cuchilla caliente [52]

1.6 TOLVA DE ALMACENAMIENTO

Las tolvas reciben los productos de la línea de producción a través de cintas transportadoras, a través de Transportador de tornillo o descarga manual. La función principal de la tolva es almacenar los productos [53].

1.6.1 Tipos de tolvas de almacenamiento de alimentos

Según su forma existen diferentes tipos de tolvas que dependerán de la necesidad y el uso que se le aplique; a continuación, se describe las más comunes para poder determinar uno de los modelos que se deberá seguir [53].

- **Tolva rectangular**

Con diseño y fabricación de acero al carbono con capacidad para expulsar su contenido a lo largo de su dimensión como en la Figura 21 [53].

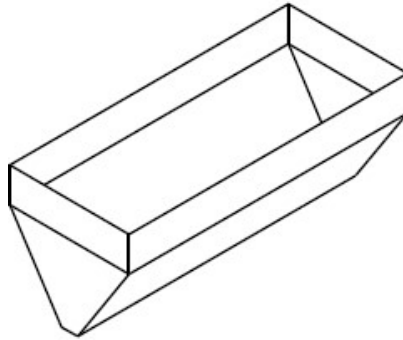


Figura 21. Tolva rectangular [54].

- **Tolva cuadrada**

Fabricado en acero al carbono para almacenamiento, descarga mediante válvulas trituradora neumática, la tolva cuadrada permite un área de recepción más grande residuos cuando se descargan de un volquete la Figura 22 muestra su diseño [53].



Figura 22. Tolva cuadrada [55].

- **Tolva piramidal**

Tradicionalmente, la configuración de fabricación estándar para tales dispositivos es consiste en un tronco de pirámide invertida con una abertura inferior cuadrada para productos almacenados, así como el faldón perimetral de la altura necesaria, para otorgar capacidad de almacenamiento requerida, un claro ejemplo es la Figura 23 [53].



Figura 23. Tolva piramidal [53].

1.7 NORMATIVAS DE EMPAQUETADO

Al tratarse de una máquina alimenticia, se considerará la cantidad y tolerancia necesaria de producto envasado, por lo que se deberá cumplir la cantidad nominal establecida en la norma NTE INEN-OIML R 87 [56].

Tabla 5. Tabla de deficiencias tolerables en la cantidad real de los envases [56].

Cantidad nominal de producto (Q_n) en g o mL o cm^3	Deficiencia tolerable (T) ^a	
	Porcentaje de Q_n	g o mL o cm^3
0 a 50	9	-
50 a 100	-	4,5
100 a 200	4	-
200 a 300	-	9
300 a 500	3	-
500 a 1 000	-	15
1 000 a 10 000	1	-
10 000 a 15 000	-	150
15 000 a 50 000	1	-

Donde:

- Q_n : cantidad nominal declarada en la etiqueta de un preenvasado.
- T : tolerancia de deficiencia permitida.
- g : gramos.
- mL : mililitros.
- cm^3 : centímetros cúbicos.

Por medio de la Tabla 5 se tomará un valor tolerante de 4,5 g por cada 100 g.

1.8 FORMADORES

Es fundamental la adecuada selección y diseño del tipo de formador a utilizar, teniendo en cuenta parámetros como forma, tamaño y espesor de la manga con geometría circular o rectangular. De tal manera que el material de empaque ingresa por la parte trasera y

envuelve el tubo de alimentación para formar un tubo continuo de material de empaque, la superposición permite un sello longitudinal mostrado en la Figura 24 [47].



Figura 24. Formador para envasadora vertical [52].

1.9 SISTEMA DE GUIADO Y ARRASTRE

Inicialmente las bobinas de papel son colocadas en la parte posterior de la máquina, el cual es guiado por rodillos hasta el formador. Para esto, existe un mecanismo de arrastre que ejerce tensión y arrastre del material hacia el formador pudiendo así producir el sellado vertical [47]. Para ello se puede emplear un sistema por rodillo o por correas de deslizamiento.

1.9.1 Por rodillos

Este sistema trabaja mediante el giro de los rodillos accionados por motores a pasos, con la finalidad de arrastrar el material de empaque después de pasar por el formador, un diseño presentado de este proceso se encuentra en la Figura 25 [47].

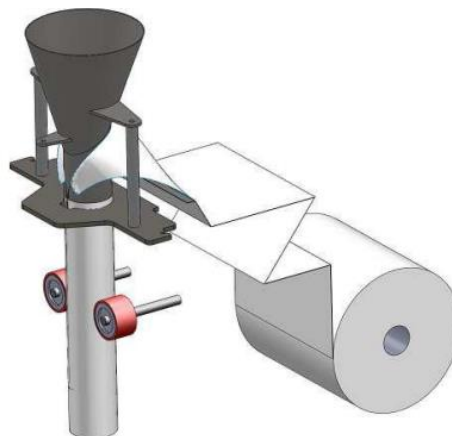


Figura 25. Sistema de arrastre por rodillos [47].

1.9.2 Por correas de deslizamiento

Su funcionamiento es similar al sistema por rodillo, que generan fuerza motriz y hacen girar la banda, con la seguridad de arrastrar el plástico suavemente con el fin de no dañarlo, el diseño de la Figura 26 muestra el modo de trabajo que realiza la máquina [47].

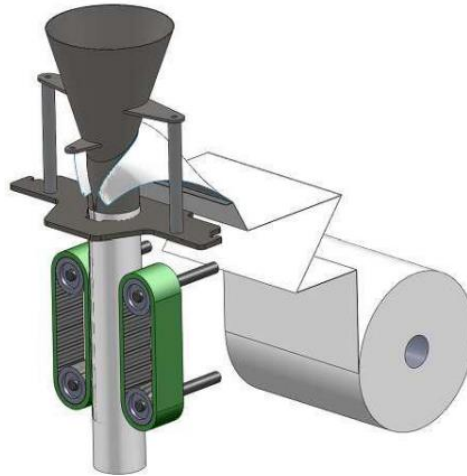


Figura 26. Sistema de arrastre mediante correas de deslizamiento [47].

1.9.3 Sistema de arrastre por mordazas

Sistema de arrastre por mordazas como el modelo Gusther TA2 L/ 3SL presentado en la Figura 27 arrastra la funda mediante un sistema neumático que sella tomando un movimiento vertical ascendente y descendente con la finalidad de jalar y sellar [57].

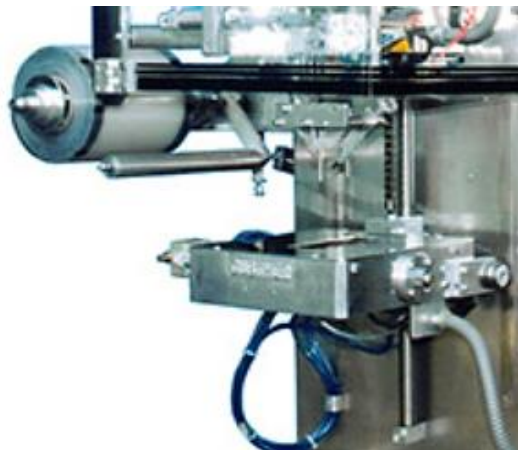


Figura 27. Sistema de arrastre por mordazas Gusther TA2 L/ 3SL [57]

1.10 MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Existe una gran variedad de materiales de construcción para equipos especializados para la producción de alimentos que son regulados por entidades de salud o centros de salud pública que verifican la idoneidad de dichos materiales para su uso [52].

Para mayor entendimiento sobre el tipo de acero que tendrá la máquina envasadora se estableció la Tabla 6 que proporcionará información sobre las ventajas y desventajas de estos aceros.

Tabla 6. Materiales ocupados en la industria alimenticia [52], [58], [59], [60].

Material	Ventajas	Desventajas
Acero AISI 304	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la corrosión. • No es magnético. • Acabado ASTM 2B. 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminuye sus propiedades al realizar algún tratamiento térmico.
Acero AISI 304 L	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo contenido en carbono. • No magnético. • Mejores resultados en la soldadura pudiendo ser aplicados en entornos de alta corrosión. 	<ul style="list-style-type: none"> • Minimiza la precipitación de carburo después de la soldadura.
Acero AISI 201	<ul style="list-style-type: none"> • Buenas propiedades de tensión al trabajar en frío. • No es costoso en comparación a otros tipos de acero inoxidable. • No magnético. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene poca resistencia a la corrosión. • Con la soldadura pierde sus propiedades contra la corrosión.
Acero AISI 430	<ul style="list-style-type: none"> • Acabado 2B Y N4. • Resistente a la corrosión. • Estructura ferrítica estable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pierde sus propiedades ante la soldadura. • Ferromagnético.
Poliamida 6	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente a los agentes químicos. • Buena resistencia a la fatiga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor resistencia en comparación con los metales.
Acrílico	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia 15 veces mayor que la del vidrio no templado. • Se lo puede aplicar en el proceso de manufactura. • No se astilla y es un excelente aislante eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia media a sustancias químicas. • Es susceptible a fisuras por Esfuerzo.

<p>Acero galvanizado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Resistente a la corrosión y duradero. • Precio en el mercado menor en comparación al acero AISI 304. • Es termoaislante. • Gran estabilidad mediante una actividad sísmica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se limita al ser mezclado con aceros como el cobre o latón amarillo por su composición de zinc. • Tiende a ser blando al ser sometido a temperaturas mayores a 200 °C.
---------------------------------	--	---

1.11 SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

Los componentes eléctricos facilitan el control mediante pulsadores, contactores, relés, interruptores, temporizadores y otros elementos similares, el cual será necesario para que el sistema de envasado pueda cumplir su objetivo [52].

1.11.1 Sistema de medición de peso

Para obtener valores cercanos a los valores deseados para los pesos de los elementos, es necesario utilizar instrumentos que puedan dar cuenta de dichas cargas. Para ello, existe las celdas de cargas [61].

- **Celda de carga analógica**

El sensor se utiliza para convertir la resistencia mecánica en una señal eléctrica a través de un circuito proporcional en una configuración de puente conocida como Wheatstone, que generalmente consta de cuatro galgas extensométricas para producir un cambio en la resistencia.

Su capacidad de carga varía de 3kg a 40kg, y la potencia de excitación varía de un fabricante a otro, pero generalmente en el rango de 1v a 12v, su imagen se encuentra en la Figura 28 [61].

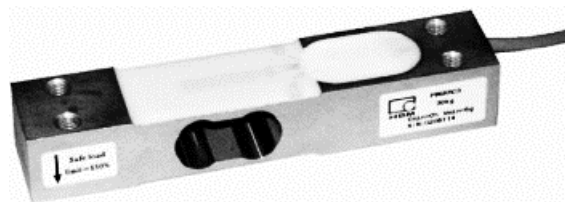


Figura 28. Celda de carga analógica [61].

- **Celda de carga digital**

Esta celda como el de la Figura 29 produce una señal de salida digital en lugar de una salida analógica. En la práctica, consisten en unidades analógicas tradicionales que contienen un circuito electrónico de conversión de analógico a digital que procesa la señal y produce una salida digital, generalmente utilizando MODBUS o un protocolo de comunicación específico del fabricante. Para este tipo de batería, la potencia de excitación está generalmente entre 5v y 12v.



Figura 29. Celda de carga digital [61].

1.11.2 Pulsadores

Los pulsadores electromecánicos son elementos de control que funcionan mediante activación manual, con configuración normalmente abierta y cerrada, algunos pulsadores poseen la opción de enclavamiento tal como se muestra en la Figura 30 [52].

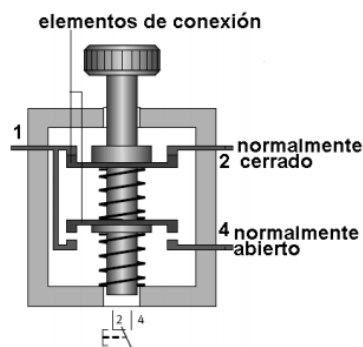


Figura 30. Pulsador de configuración (NA) y (NC) [52].

1.11.3 Relés

Un electroimán activa los relés, que funcionan como interruptores de encendido o apagado. Son vitales para proteger motores y equipos que pueden ser vulnerables a sobrecargas. También ayudan en la apertura o cierre de circuitos independientes, en la Figura 31 se observa las partes que lo conforman, además de un ejemplo del número de contactos que puede tener [52].

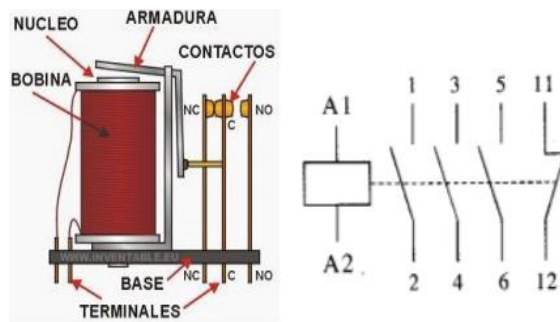


Figura 31. Partes de un relé [52].

1.12 Sistema neumático

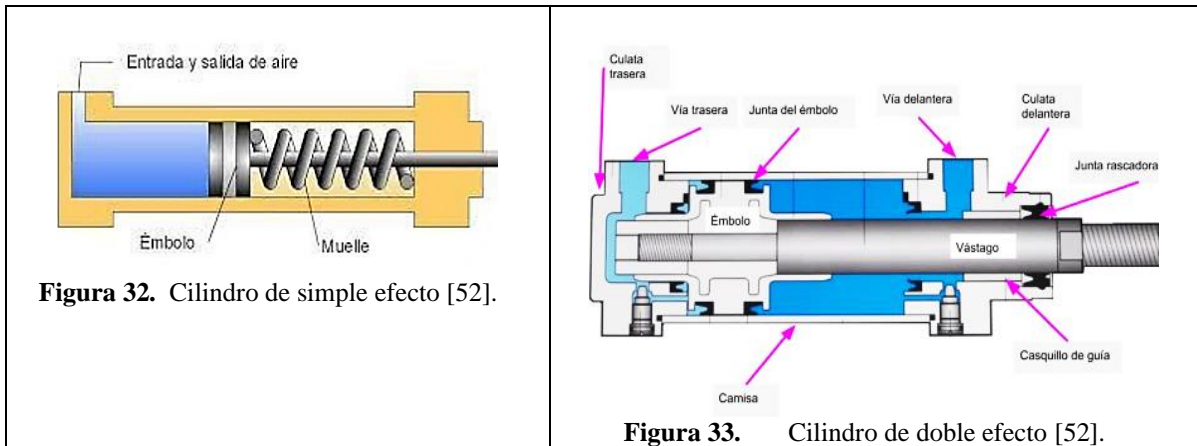
Un sistema neumático es un conjunto de elementos que utilizan aire comprimido para mover componentes de su sistema [52].

Llevan una amplia variación de aplicaciones industriales y comerciales, como la automatización de procesos, la construcción de maquinaria, la fabricación de productos, la manipulación de materiales, entre otros. Una de sus mayores ventajas es que son limpios y seguros, especialmente cuando se trabaja con productos alimenticios [62].

1.12.1 Cilindro neumático

Un cilindro neumático funciona utilizando aire comprimido para generar fuerza lineal y movimiento. La fuerza generada por el movimiento del vástago puede ser utilizada para llevar a cabo la tarea de mover objetos utilizados en aplicaciones industriales y de automatización [63].

Cilindro de simple efecto	Cilindro de doble efecto
<p>Cilindro neumático capaz de producir movimiento lineal en una sola dirección. Este tipo de cilindro tiene un solo puerto de entrada de aire comprimido y un resorte que se encarga de volver el pistón a su posición inicial, en la Figura 32 se tiene una representación del modo de trabajo y las partes que lo componen [63].</p>	<p>Cilindro de doble efecto tiene un puerto de entrada y un puerto de salida de aire comprimido para producir movimiento lineal en dos direcciones como en la Figura 33, para tener mayor control en su movimiento como en máquinas de embalaje, prensas y robots [63].</p>



1.12.2 Electroválvula 5/2

El funcionamiento de una electroválvula comienza con la aplicación de una señal eléctrica al solenoide. Cuando se interrumpe la señal eléctrica, el resorte interno de la electroválvula devuelve la aguja o compuerta a su posición original. La Figura 34 detalla el comportamiento de la electroválvula [64].

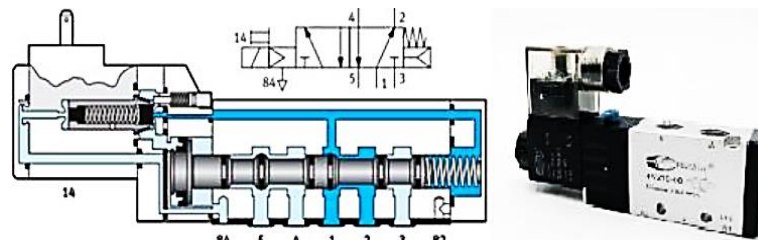


Figura 34. Electroválvula neumática 5/2 [52].

1.13 SISTEMA DE CONTROL

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos y programas diseñados para operar y regular el comportamiento de un sistema físico o proceso. El objetivo principal de un sistema de control es garantizar que el sistema físico o proceso opere de manera óptima, cumpliendo con ciertos requisitos de desempeño y especificaciones [65].

1.13.1 Sistema de control PLC

Un PLC es un dispositivo utilizado en la automatización industrial para controlar y monitorear procesos en tiempo real. El funcionamiento de un sistema de control PLC se basa en el uso de un programa de software que define las acciones que el PLC debe realizar en función de la entrada de datos para tomar decisiones, una clara muestra de este controlador se lo aprecia en la Figura 35, PLC marca SIEMENS S7 1200 [65].



Figura 35. Controlador lógico programable [52].

1.13.2 Sistema de control Arduino

Proporciona una interfaz de usuario gráfica para escribir, compilar y cargar programas en placas Arduino. El lenguaje de programación utilizado en el Arduino IDE se basa en C++, lo que permite a los usuarios solucionar problemas y ajustar su código mientras lo desarrollan, el controlador más usado se muestra en la Figura 36 donde se pueden apreciar las partes básicas que lo conforma [66].

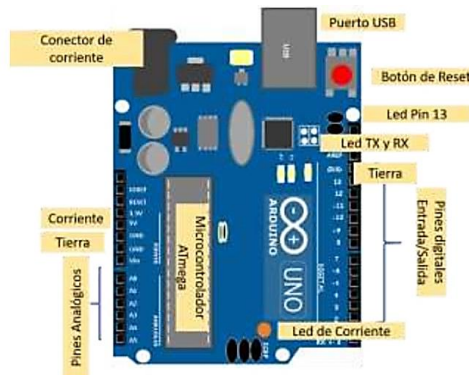


Figura 36. Arduino uno [66].

1.15 PANTALLA TÁCTIL

Actúa como un periférico de entrada, ingresa datos al tocar su superficie, emite comandos al dispositivo que controla y luego muestra los resultados de las entradas anteriores. En este caso, requerido para proporcionar la cantidad de fundas a ser envasada.

1.15.1 TFT Arduino

Desarrollado para proyectos multidisciplinarios que facilita la visualización de los procesos. Uno de estos elementos es una pantalla TFT, ideal para elementos de visualización Gráficos y la capacidad de interactuar con otros dispositivos, se puede interpretar en imagen mediante un dispositivo reconocido, tal es el LCD TFT ILI9486 representado en la Figura 37 [61].



Figura 37. LCD TFT ILI9486 [61].

1.15.2 SIMATIC HMI Siemens

Diseñada para abordar las necesidades de control y visualización, la interfaz Ethernet/PROFINET proporciona una solución completa para la comunicación hombre-máquina a través de la amplia gama de pantallas HMI, para cumplir aplicaciones con una interfaz amigable para el usuario, la Figura 38 muestra el modelo de pantalla su información y animación [61].



Figura 38. Pantalla HMI Siemens [61].

Con esto queda concluido el primer capítulo, ya que se obtuvo una amplia información acerca de los diferentes tipos de máquinas existentes en el mercado para envasados de sólidos granulados, sobre su sistema mecánico y sus componentes, por lo que es importante entender su funcionamiento para un posterior diseño de la máquina.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

En el presente capítulo se plantea la propuesta del diseño. Se hablará de una comparativa respecto a las alternativas para detallar su proceso mediante técnicas de diseño CAD (Diseño asistido por computador) y mecánicas necesarias para su buen funcionamiento, por lo que se dividirá en etapas para el desarrollo de la máquina de envasado mostrado en la Figura 38.

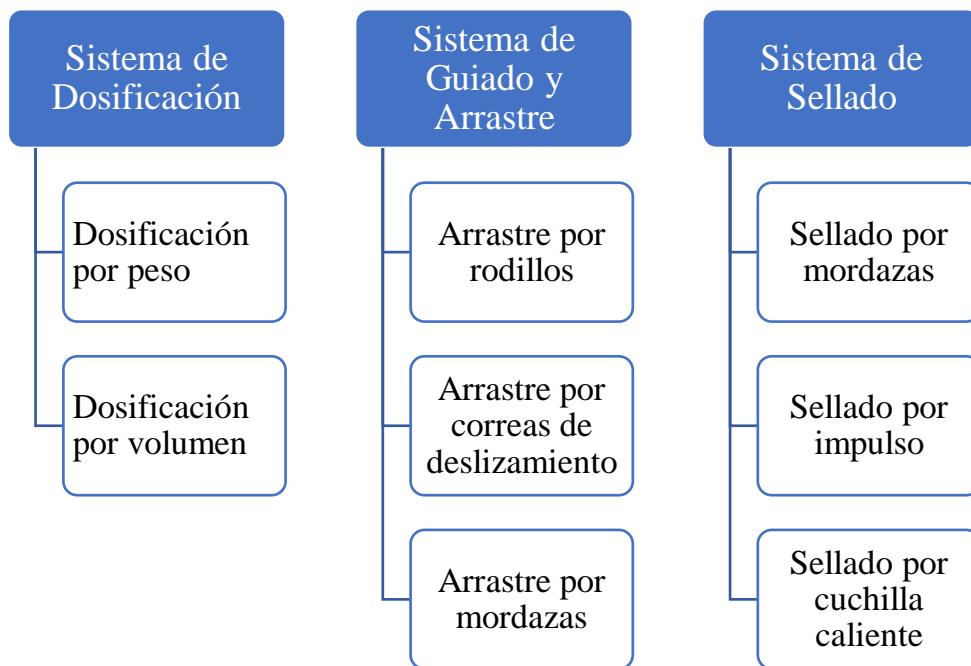


Figura 39. Etapas de desarrollo del proyecto.

2.1 Descripción de la máquina

Se propone un diseño mecatrónico, el cual estará compuesto de partes mecánicas controladas mediante un sistema electrónico programable con la facultad de ser manipulado.

Tener en consideración que algunas selecciones se encuentran en su defecto, ya predefinidas, en la que debe cumplir ciertos requisitos como: ser automática y la predominación de las frutas a tratarse para su diseño considera una funda con la capacidad de contener 400 gramos en porciones de 100 gramos de frutas por tolva, por lo cual es

necesario que las rodajas de las frutas de mayor tamaño sean cortadas para que exista mayor facilidad al momento del llenado y consumo de la persona.

2.2 Análisis del sistema de envasado

A continuación, se presentará una selección de alternativas respecto a las partes que conforma la máquina con la finalidad de obtener la mejor versión de eficiencia y automatización en su diseño, calificando con un valor de 3, siendo la mejor opción, y un valor de 1 siendo la opción menos eficiente.

2.2.1 Análisis del sistema de dosificación

Es necesario referenciar los métodos ya mencionados en la sección 1.4, para tener conocimientos y poder seleccionar las alternativas que mejor se adapte al diseño de la máquina.

Tabla 7. Alternativas para el sistema de dosificación.

Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2
Método	Sistema de dosificación por peso. Página [29] 	Sistema de dosificación por volumen. Página [29] 
Modo de funcionamiento	En este proceso juega un sistema de vibración que emitirá hasta que el producto llegue a una especie de recipiente con compuerta en el que se realizará el pesado de las frutas.	En este sistema el trabajo lo lleva en la tolva, en el que descende el producto y mediante un disco giratorio hace que se disperse hacia varios vasos que actuarán como medidores de los trozos de fruta.

Características	Su sistema de dosificación es preciso en productos de poca y mediana densidad, sin embargo, su dificultad de construcción es alta.	La precisión en este sistema es alta en productos de poca densidad, aunque la ventaja es que su velocidad se puede controlar mejorando el rendimiento de trabajo debido a sus diversos vasos, sin embargo, para su construcción es necesario una alta mano de obra, requiriendo mayor cantidad de materiales.
------------------------	--	---

Mediante un análisis en las alternativas de la Tabla 7, se establece criterios para la evaluación del sistema.

Tabla 8. Sistema de calificación para las alternativas de dosificación.

No	Valoración al criterio	Indicador de Equivalencia		
		1	2	3
1	Diseño	Fácil	Normal	Difícil
2	Precisión en el pesado	Poco precisa	Normal	Precisa
3	Costo de fabricación	Económico	Normal	Costoso
4	Velocidad	Lento	Normal	Rápido
5	Disponibilidad de materiales	Fácil adquisición	Normal	Difícil adquisición

A partir de los valores establecidos en la Tabla 8, se califica cada alternativa para determinar la que mejor se adapte al diseño.

Tabla 9. Selección de alternativa de dosificación.

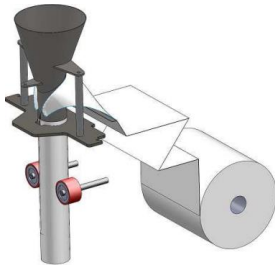
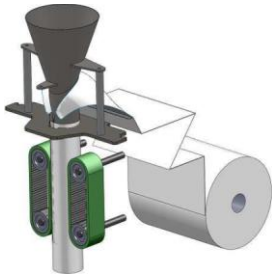
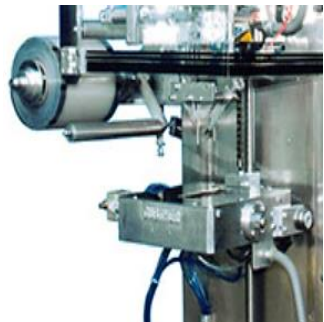
No	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
1	Diseño	2	3
2	Precisión en el pesado	3	2
3	Costo de fabricación	2	2
4	Velocidad	2	3
5	Disponibilidad de materiales	2	2
Total		11	12

De acuerdo con el análisis de la Tabla 9, los resultados a convenir como mejor opción es la alternativa 2, por lo que se procederá a realizar el diseño mediante un sistema de dosificación por volumen.

2.2.2 Análisis del sistema de guiado y arrastre

Para conocer sobre los métodos a tratarse es necesario visitar la sección 1.9, obteniendo un mejor panorama del modelo y el funcionamiento que tendrá en la máquina.

Tabla 10. Alternativas para el sistema de guiado y arrastre.

Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Método	<p>Sistema de arrastre por rodillos. Página [35]</p> 	<p>Sistema de arrastre por correas de deslizamiento. Página [36]</p> 	<p>Sistema de arrastre por mordazas. Página [36]</p> 
Modo de funcionamiento	<p>Mediante el giro de dos rodillos accionado por motores a pasos, el material de empaque es arrastrado una vez ya pasado por el formador.</p>	<p>El Trabajo lo realiza mediante un sistema de correas o bandas conectados con motor a pasos, que arrastra el material de empaque.</p>	<p>Se ajusta el diseño de mordazas para el arrastre y sellado del material de empaque, ya que su sistema permite jalar la funda verticalmente y sella en el arrastre.</p>
Características	<p>Mantiene un sistema de buena precisión, adaptable para diferentes tamaños de empaques. Sin embargo, se deberá diseñar un sistema de ajuste para aumentar su precisión.</p>	<p>Sistema adaptable a diferentes tamaños de empaque, además el ajuste con el material es mayor, lo que lo hace atractivo a un buen sellado, aunque su diseño y construcción resulta costoso.</p>	<p>Este diseño se caracteriza por cumplir dos labores que es el de sistema de arrastre y sellado, por lo que lo que aumenta la producción en la industria, pero al ser costoso y de difícil elaboración se pierde el interés.</p>

Al analizar las alternativas de la Tabla 10, se procede a dar criterios de evaluación para el sistema que mejor se adapte al diseño.

Tabla 11. Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre de la funda.

No	Valoración al criterio	Indicador de Equivalencia		
		1	2	3
1	Diseño	Fácil	Normal	Difícil
2	Precisión de arrastre	Poco precisa	Normal	Precisa
3	Costo de fabricación	Económico	Normal	Costoso
4	Velocidad	Lento	Normal	Rápido
5	Disponibilidad de materiales	Fácil adquisición	Normal	Difícil adquisición

Se establece los criterios en Tabla 11 y se califica las alternativas que mejor se adapte al sistema.

Tabla 12. Selección de alternativa de dosificación.


No	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Diseño	2	2	3
2	Precisión de arrastre	3	3	2
3	Costo de fabricación	1	1	1
4	Velocidad	2	1	2
5	Disponibilidad de materiales	3	2	2
Total		11	9	10

Mediante un análisis en la Tabla 12, respecto a las 3 alternativas mencionadas, se procederá a realizar el diseño por un sistema de arrastre por rodillos, siendo la mejor opción debido a que su precisión es mayor.

2.2.3 Análisis del sistema de sellado

En la sección 1.5, cuenta con 3 posibles alternativas capaces de cumplir con el requerimiento de la máquina. A continuación, se evaluará la mejor opción del sistema.

Tabla 13. Alternativas para el sistema de sellado

Alternativas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Método	Sellado por mordazas. Página 30 	Sellado por impulso. Página 31 	Sellado por cuchilla caliente. Página 32 

Modo de funcionamiento	La funda es arrastrada hacia las mordazas, la cual se abre y se cierra, permitiendo que el sellado de manera horizontal.	La funda se desplaza por medio de un sellador manual que permite el cierre por una mordaza que se activa y emite calor.	Al igual que el sellado por mordazas es arrastrado la funda, sin embargo, el sellado lo logra mediante una mordaza y una cuchilla.
Características	Emplea el proceso de arrastre y de sellado, aumentando la productividad en un mismo diseño, aunque mantiene un sistema costoso y de difícil elaboración.	Usados de manera manual, ya que carece de varias características, por lo que se necesitaría aplicar un diseño de automatización	Lleva un diseño complejo, aunque su productividad es alta, requiere de un mayor consumo energético, resultando costo la implementación.

Es necesario analizar las alternativas de sellado de la Tabla 13, para establecer criterios de evaluación del sistema.

Tabla 14. Sistema de calificación para las alternativas de guiado y arrastre de la funda.

No	Valoración al criterio	Indicador de Equivalencia		
		1	2	3
1	Diseño	Fácil	Normal	Difícil
2	Precisión de sellado	Poco precisa	Normal	Precisa
3	Costo de fabricación	Económico	Normal	Costoso
4	Velocidad	Lento	Normal	Rápido
5	Disponibilidad de materiales	Fácil adquisición	Normal	Difícil adquisición

La valoración tomada en la Tabla 14 facilita la selección de criterios según el indicador equivalente al que pertenezca.

Tabla 15. Selección de alternativa de dosificación

No	Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
1	Diseño	3	1	3
2	Precisión de sellado	3	2	3
3	Costo de fabricación	1	2	1
4	Velocidad	3	2	3
5	Disponibilidad de materiales	2	2	1
	Total	12	9	11

De acuerdo con el análisis de la Tabla 15, el mejor resultado es la alternativa de sellado por mordazas, debido a que se adapta mejor al diseño al realizar un sistema de sellado.

Una vez analizado todas las alternativas, se establece propiedades al diseño que la máquina tendrá; su sistema de dosificación será por espacio volumétrico, el guiado y arrastre mediante rodillos final mente tendrá un sistema de sellado por mordazas.

CAPÍTULO III

DISEÑO Y SIMULACIÓN

Para este capítulo se plantea el diseño CAD, los sistemas que controlan la máquina de envasado con sus respectivos cálculos, su selección electrónica y su control, por el cual se procederá a realizar el diseño juntamente con los análisis de selección mecánicas y electrónicas.

3.1 Diseño de la máquina envasadora de frutas deshidratadas

Inicialmente se diseñó una máquina envasadora por peso que, para cumplir los requisitos planteados, sus dimensiones eran excesivas como para que el operario la manipule en forma cómoda, este primer diseño se le puede observar en el anexo III, como base esta máquina se procede a mejorar tomando en cuenta sus dimensiones, su forma de dosificar, el tiempo de envasado, llegando al modelo que se presenta en la Figura 40 objetivo de este proyecto. En la cual se describirá el diseño de cada pieza que conforma la estructura del dosificador para que cumpla con los requisitos que se establecieron con anterioridad como peso total del diseño mecánico de los elementos que conforman la máquina y el peso de cada fruta.

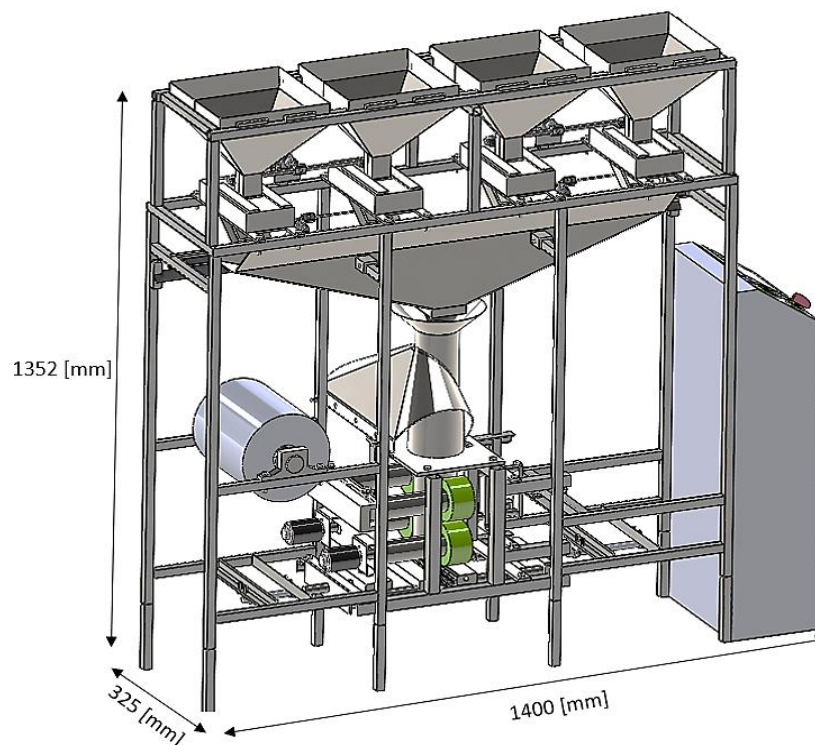


Figura 40. Diseño de la máquina envasadora de diferentes frutas deshidratadas.

3.1 Dimensionamiento de la funda

El tamaño de la funda estará acorde a la cantidad de alimento “Frutas deshidratadas” que llevará, para este caso se estableció una cantidad de 400 gramos de producto, por lo que se pretende utilizar una funda con dimensiones 12 cm x 18 cm en su estado envoltorio, y al estar en el rollo se requiere un tamaño de dimensiones 28 cm x 1000 cm, que será adquirido acorde al fabricante para posteriormente ser sellado. Existe la posibilidad de ser cambiado y dimensionado acorde al uso y porcentaje del producto a enfundar.

En el Ecuador las fundas de polifan seleccionadas para este proyecto se pueden adquirir en industrias o distribuidoras que se caracteriza por tener este tipo de fundas acorde a la necesidad del cliente.

3.2 Diseño de la Tolva

Para el diseño se presenta una forma cuadrada y prismática con un material de acero inoxidable AISI 304 que facilitará la adaptación en la máquina.

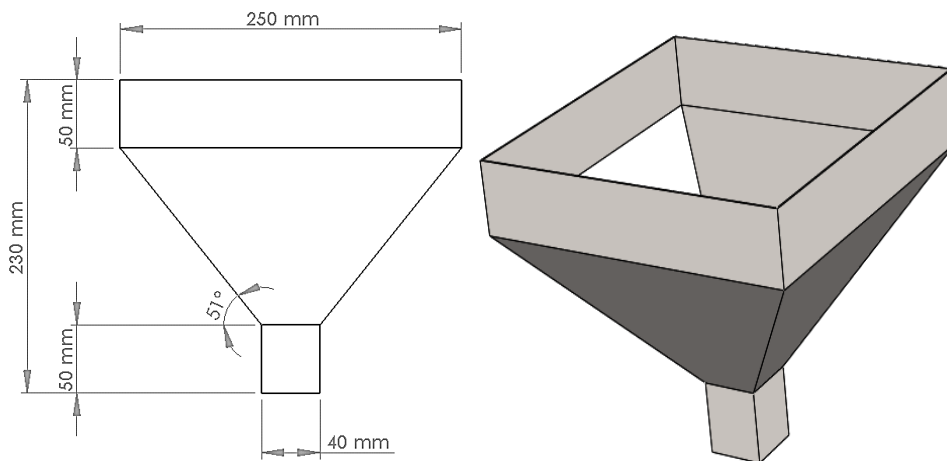


Figura 41. Diseño y medidas de la tolva de almacenamiento.

El diseño de la Figura 41 cuenta con las dimensiones que permitirá calcular por partes el volumen total de la tolva formada por dos cubos y un prisma, en la Figura 42 se puede visualizar las secciones de la tolva.

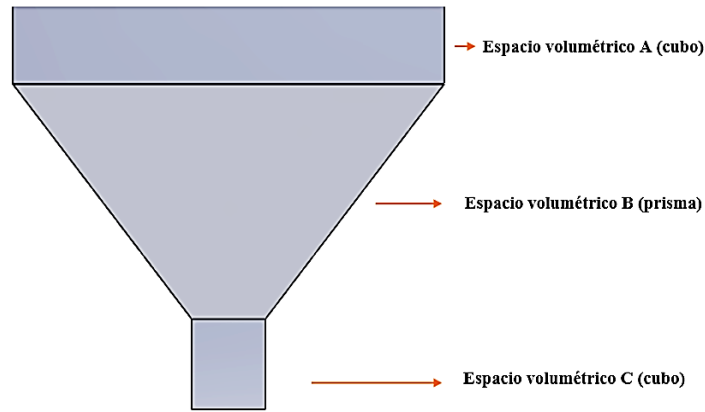


Figura 42. Secciones de la tolva de almacenamiento.

Como primera parte, se plantea el cálculo del espacio volumétrico del cubo A, por lo que será necesario emplear la ecuación (1).

$$\begin{aligned}
 V_1 &= A_{b1} * h_1 \\
 A_{b1} &= L_1 * L_1 \\
 A_{b1} &= 250 * 250 \\
 A_{b1} &= 62500 [mm^2] \\
 V_1 &= 62500 * 50 \\
 V_1 &= 3125000 [mm^3] \\
 V_1 &= 3125 [cm^3]
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Donde:

- V_1 : Volumen del cilindro [cm^3].
- h_1 : Altura del cubo A 50 [mm].
- A_{b1} : Área de la base A 62500 [mm^2].
- L_1 : Lado de la base A 250 [mm].

Como segunda parte, se plantea el cálculo del espacio volumétrico del prisma B de la tolva en la que será necesario el uso de la ecuación (2).

$$\begin{aligned}
 V_2 &= \frac{h_2}{3} (A1_{b2} + A2_{b2} + \sqrt{A1_{b2} * A2_{b2}}) \\
 A1_{b2} &= L1_2 * L1_2 \\
 A1_{b2} &= 250 * 250 \\
 A1_{b2} &= 62500 [mm^2] \\
 A2_{b2} &= L2_2 * L2_2 \\
 A2_{b2} &= 40 * 40 \\
 A2_{b2} &= 1600 [mm^2]
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$V_2 = \frac{130}{3} (1600 + 62500 + \sqrt{1600 * 62500})$$

$$V_2 = 3211000 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$V_2 = 3211 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Donde:

- V_2 : Volumen del cilindro [cm^3].
- h_2 : Altura del cubo B 130 [mm].
- $L1_2$: Lado de la base mayor B 250 [mm].
- $L2_2$: Lado de la base menor B 40 [mm].
- $A1_{b2}$: Área de la base mayor B 62500 [mm^2].
- $A2_{b2}$: Área de la base menor B 1600 [mm^2].

Como tercera parte, se plantea el cálculo del espacio volumétrico del cubo C mediante la ecuación (3).

$$V_3 = A_{b3} * h_3$$

$$A_{b3} = L_3 * L_3$$

$$A_{b3} = 40 * 40$$

$$A_{b3} = 1600 \text{ [mm}^2\text{]} \tag{3}$$

$$V_3 = 1600 * 50$$

$$V_3 = 80000 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$V_3 = 80 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Donde:

- V_3 : Volumen del cilindro [cm^3].
- h_3 : Altura del cubo A 50 [mm].
- A_{b3} : Área de la base A 62500 [mm^2].
- L_3 : Lado de la base A 250 [mm].

El volumen de la tolva se presenta mediante la ecuación (4):

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_T = 3125 + 3211 + 80 \tag{4}$$

$$V_T = 6416 \text{ [cm}^3\text{]}$$

Donde:

- V_T : Volumen de la tolva [cm^3].
- V_1 : Volumen del cilindro.
- V_2 : Volumen del cono.

Se obtuvo una capacidad volumétrica de la tolva de 6416 cm^3 , y para determinar el peso total del producto se establece mediante la ecuación (5):

$$\begin{aligned}
 Lb &= V_T * 0,0022 \\
 Lb &= 6416 \text{ cm}^3 * 0,0022 \\
 Lb &= 14,14
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

Donde:

- *Lb*: Libras.

3.3 Diseño del dosificado

Para que sea posible el envase a 400 gramos de diferentes frutas deshidratadas se estableció el diseño de 4 tolvas en la que cada una contendrá 100 gramos de espacio volumétrico libre para ser almacenado; a continuación, se presenta mediante cálculos la dimensión que deberá tener este espacio volumétrico.

Las tolvas al abarcar 14,14 Lb tienen cada una la capacidad de producir 64 fundas de 400 gramos de hasta cuatro diferentes frutas deshidratadas.

- **Diseño del espacio volumétrico a 100 gramos**

Para determinar la cantidad de 100 gramos de dosificación de un tipo de fruta deshidratada se realiza el cálculo empleado en la ecuación (6) y por medio de las dimensiones que se presenta en la Figura 43.

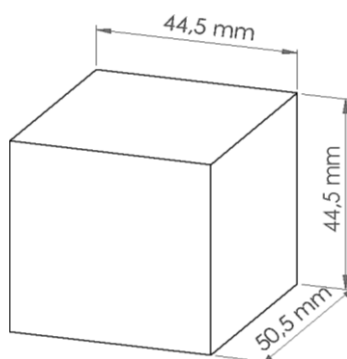


Figura 43. Espacio volumétrico.

$$\begin{aligned}
 V &= A_b * h \\
 A_b &= L * L \\
 A_b &= 44,5 * 50,5 \\
 A_b &= 2247,25 [\text{mm}^2] \\
 V &= 2247,25 * 44,5 \\
 V &= 100002,625 [\text{mm}^3] \\
 V &= 100,002 [\text{cm}^3]
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Donde:

- A_b : Área de la base del espacio interno del bloque [mm^2].
- V : Volumen del espacio interno del bloque [mm^3].
- h : Altura del espacio interno del bloque [mm].
- L : Lado del espacio interno del bloque [mm].

La dosificación calculada es de 100 cm^3 ya que al tratarse de una funda que abarca 400 gramos es necesario ser distribuido a las cuatro tolvas de los distintos tipos de frutas (manzana, banano, piña, naranja). Sin embargo, la fruta deshidratada no ocuparía el 100% del espacio volumétrico debido a sus irregularidades, haciendo que se dosifique menos cantidad, que se considera una tolerancia máxima no mayor a 4,5 gramos según las normas NTE INEN - OIML R 87, presentado en el capítulo 1.

Es necesario que las cuatro frutas deshidratadas deban ser colocados en pequeños trozos, no mayor a un tamaño de 25 mm para que cumpla con el espacio volumétrico calculado.

3.2 Cálculo estructural de la envasadora de las frutas deshidratadas

Es necesario establecer el soporte estructural que tendrá la máquina, para demostrar que es factible el diseño y su estructura, por consiguiente, se presentará en la Tabla 16 los criterios que se tomará en referencia como la mayor carga estructural que deberá soportar el sistema en base a las propiedades físicas del diseño CAD y el peso de los cilindros considerados en el catálogo de FESTO.

Tabla 16. Selección de criterios de la masa total

No	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Tolvas	4	1,46	5,84
2	Tolva grande	1	5,16	5,16
3	Bloques	4	9,18	36,72
4	Soporte del bloque	4	0,99	3,96
5	Compuertas	4	0,23	0,92
6	Cuchillas	4	0,22	0,88
7	Cilindro	4	0,18	0,72
8	Piña	1	6,41	6,41
9	Banano	1	6,41	6,41
10	Naranja	1	6,41	6,41
11	Manzana	1	6,41	6,41
			Total	79,84

En la Tabla 16 de criterios presenta una masa total de 79,84 kg, a partir de este valor, se considerará 85 kg como la masa total aplicada.

Es necesario conocer la fuerza aplicada que se determinara mediante la ecuación (7) para el diseño de la estructura. En el cálculo, la masa será dividido para 2 debido a que su carga es distribuida en dos partes.

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 m &= \frac{85 [kg]}{2} \\
 m &= 42,5 [kg] \\
 F &= 42,5 [kg] * 9,81 [m/s^2] \\
 F &= 416,925 [N]
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Donde:

- F : Fuerza o carga puntual aplicada [N].
- m : Masa de los elementos [kg].
- g : Pertinente a la gravedad $9,81 [m/s^2]$.

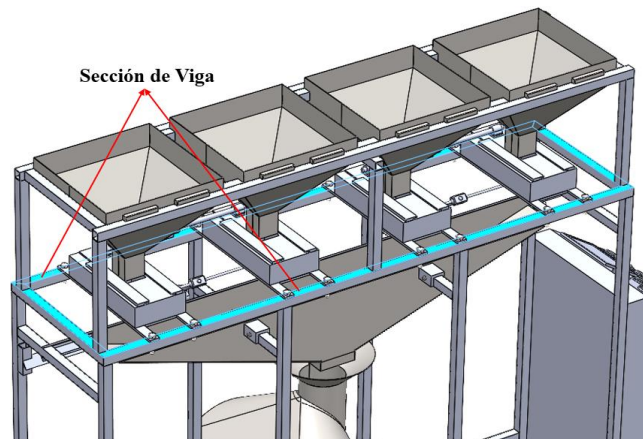


Figura 44. Viga para el soporte a la carga.

Mediante el resultado de la ecuación (7), se obtuvo una fuerza de 416,925 N que será aplicada como carga puntual en el centro de la estructura como en la Figura 45. Sin embargo, en la Figura 44 se visualiza la sección del elemento viga que se tomará para aplicar la carga puntual en la estructura.

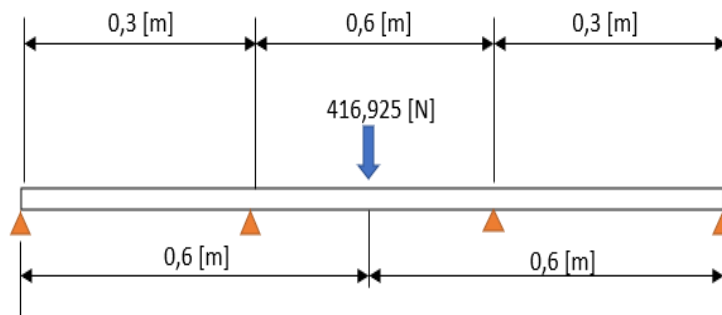


Figura 45. Carga puntual aplicada en el centro de la viga.

Se plantea una carga puntual de 416,925 N por lo que se desarrolla un diagrama de cuerpo libre en la Figura 46, que es efectuada por cuatro apoyos, distribuidos mediante una distancia de 0,3 m entre los dos primeros apoyos, de 0,6 m entre los dos segundos apoyos, y de 0,3 m entre los dos últimos apoyos, considerando la carga puntual en el centro de la viga a una distancia de 0,6 m.

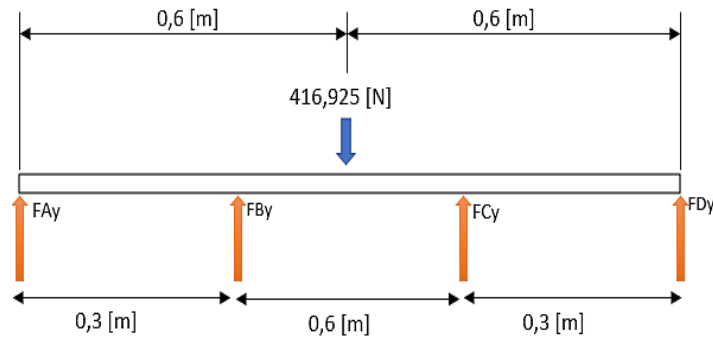


Figura 46. Diagrama de cuerpo libre.

Para la obtención del esfuerzo cortante máximo y momento flector máximo se crea un diagrama de cuerpo libre que muestra la Figura 46 y se utilizó el programa de software libre XWIGAS que facilitará determinar estos valores al tratarse de un diseño hiperestático. Por consiguiente, en la Figura 47 se presenta el esfuerzo cortante máximo que se obtuvo en el programa.

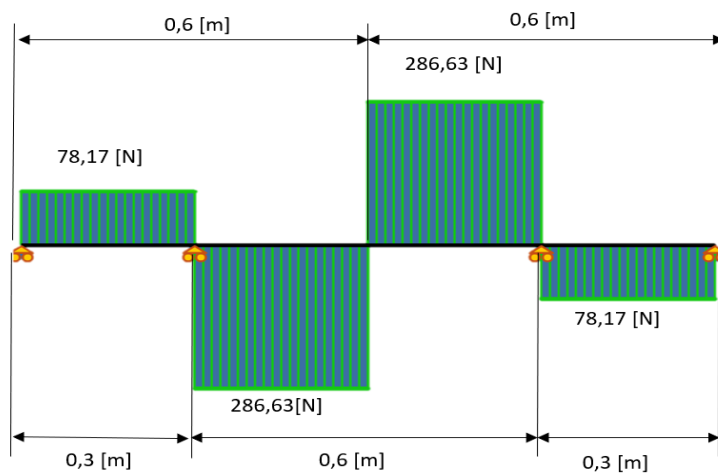


Figura 47. Diagrama de esfuerzo cortante.

En la Figura 48, se presenta el diagrama de momento máximo determinado en XWIGAS.

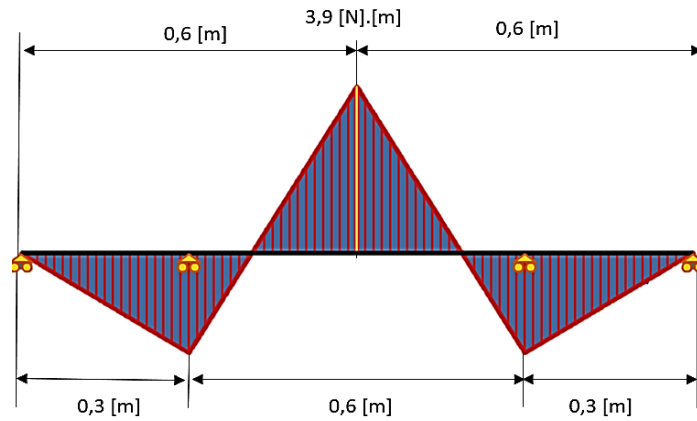


Figura 48. Diagrama de momento máximo.

El momento máximo colocado de forma puntual en el centro de la viga de 3,9 Nm.

3.2.1 Centroide de una viga

El centroide de la viga se calcula a partir de la selección del perfil, para el cual sus dimensiones son de tubo cuadrado representado en la Figura 49, de 8 mm y con un espesor de 1,6 mm.

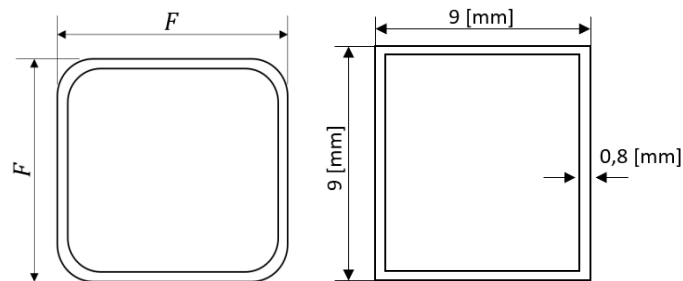


Figura 49. Perfil de tubo cuadrado.

Para calcular el centroide de la viga se ocupa el siguiente calculo.

$$c = \frac{F}{2}$$

$$c = \frac{9}{2}$$

$$c = 4,5[mm]$$

$$c = 0,0045 [m]$$

(8)

Donde:

- c : Centroide [m].
- F : Altura del perfil cuadrado [mm].

3.2.2 Esfuerzo máximo de la viga

Para conocer su factibilidad, es necesario aplicar el cálculo de esfuerzo máximo que soportará la viga; por consiguiente, el esfuerzo máximo aplicado se determina mediante la ecuación (8):

$$\sigma_{Max} = \frac{Mc}{I}$$

$$Mc = 3,9 * 0,0045$$

$$Mc = 0,015$$

$$\sigma_{Max} = \frac{0,017 [N] \cdot [m^2]}{2,96 \times 10^{-10} [m^4]} \quad (8)$$

$$\sigma_{Max} = 57432432,43 [\text{Pa}]$$

$$\sigma_{Max} = 57,43 [\text{MPa}]$$

Donde:

- σ_{Max} : Esfuerzo máximo [MPa].
- M : Momento flector 3,9 [N]. [m].
- I : Inercia [m⁴].
- c : Centro del tubo cuadrado [m].

Para la ecuación (9) en la Figura 50 se detalla el perfil de tubo cuadrado; lo que permitirá conocer el valor de la inercia que es uno de los datos a necesitar para determinar el esfuerzo máximo que deberá soportar la viga.

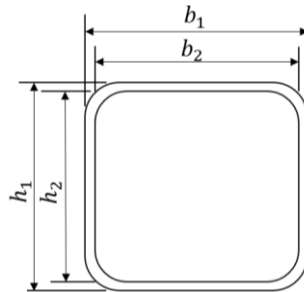


Figura 50. Esquema del perfil cuadrado para cálculo de inercia.

$$I = \left(\frac{1}{12} b_1 h_1^3 \right) - \left(\frac{1}{12} b_2 h_2^3 \right)$$

$$I = \left(\frac{1}{12} * 9_1 * 9_1^3 \right) - \left(\frac{1}{12} * 7,4_2 * 7,4_2^3 \right) \quad (9)$$

$$I = 546,75 - 249,888$$

$$I = 296,86 [mm^4] \approx 2,96 \times 10^{-10} [m^4]$$

Donde:

- I : Inercia [mm⁴].
- b_1 : Diámetro de la base exterior del tubo cuadrado [m].
- b_2 : Diámetro de la base interior del tubo cuadrado [m].
- h_1 : Diámetro de la altura exterior del tubo cuadrado [m].
- h_2 : Diámetro de la altura interior del tubo cuadrado [m].

3.2.3 Factor de seguridad del tubo cuadrado

Para determinar el factor de seguridad, es imprescindible conocer el esfuerzo del material que registra en las propiedades físicas del acero galvanizado dadas en el software SolidWorks y presentada en la Figura 51.

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200000	N/mm ²
Coefficiente de Poisson	0.29	N/D
Módulo cortante		N/mm ²
Densidad de masa	7870	kg/m ³
Límite de tracción	356.9006745	N/mm ²
Límite de compresión		N/mm ²
Límite elástico	203.9432426	N/mm ²
Coefficiente de expansión térmica		/K
Conductividad térmica		W/(m·K)
Calor específico		J/(kg·K)
Cociente de amortiguamiento del material		N/D

Figura 51. Propiedades físicas del acero galvanizado.

El valor del esfuerzo del material se presenta en la Figura 51 como límite elástico, un dato que permitirá determinar el factor de seguridad presentada en la ecuación (10).

$$F_s = \frac{0,6S_y}{\sigma_{Max}}$$

$$F_s = \frac{0,6 * 203,943 \left[\frac{N}{mm^2} \right]}{57,43 [MPa]} \quad (10)$$

$$F_s = 2,13$$

Donde:

- F_s : Factor de seguridad.
- S_y : Esfuerzo del material.
- σ_{Max} : Esfuerzo máximo.

Se obtuvo un factor de seguridad de 2,13 detallada en la ecuación (10), lo cual demuestra que el material y las dimensiones del perfil utilizado cumple con el requerimiento de seguridad necesaria (factor de seguridad ≥ 2).

Sin embargo, el tubo cuadrado de 8 mm con espesor de 1,4 mm que cumple con el requerimiento, no se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano. Se investiga un perfil del mismo material, con mayores dimensiones, por lo que se incorporará una estructura de tubo cuadrado galvanizado de $\frac{3}{4}$ " mm de pulgada con 1,5 mm de espesor como se muestra en la Figura 52 y Tabla 17 que a su vez aumenta el factor de seguridad

a 17,93. Los cálculos que determinaron este nuevo perfil seleccionado, se encuentran en el anexo II.

Tabla 17. Tabla de selección del tubo de acero galvanizado [67]

Designaciones			Área	Peso	Propiedades Estáticas		
					Eje x-x = y-y		
B	B	e	A	P	I	W	i
pulg.	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
	20	1,1	0,8	0,64	0,54	0,47	0,77
3/4		1,5	1,05	0,84	0,65	0,58	0,74
		2,00	1,34	1,15	0,69	0,69	0,72

A continuación, se presenta las dimensiones del tubo estructural seleccionado.

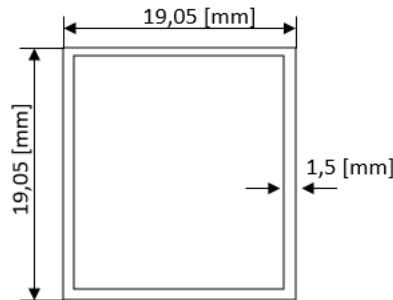


Figura 52. Dimensiones del tubo cuadrado de acero galvanizado.

El perfil seleccionado de $\frac{3}{4}$ de pulgada y de 1,5 mm de espesor presenta un factor de seguridad 17,93 lo cual cumple satisfactoriamente los requerimientos para soportar las cargas en el diseño, y se utiliza en toda la estructura debido a que es de mínimas dimensiones comercializado en la industria ecuatoriana mostrado en la Tabla 17, además el diseño de la estructura está hecho de tal forma que permite mejor estabilidad y acceso a los subensambles que conforman al proyecto, este cálculo se presenta en el anexo II.

3.3 Cálculos de soldadura en la estructura

La máquina se construye con un perfil de tubo cuadrado y perfil tipo L en su estructura, para su cálculo se utiliza las ecuaciones de soldadura del libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley [68].

- **Cálculo de soldadura para tubo cuadrado**

La localización de soldadura se presenta en la Figura 53 para las secciones de tubo cuadrado.

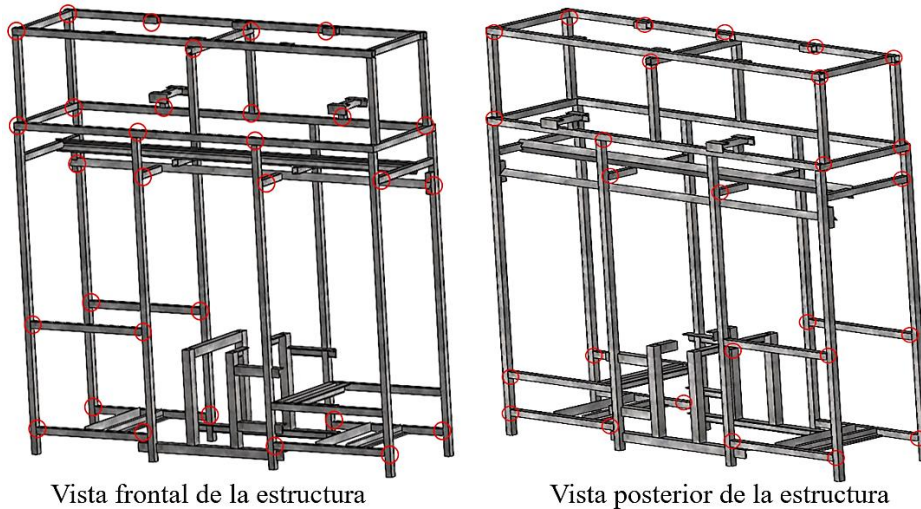


Figura 53. Sección de soldadura para tubo cuadrado.

Esta estructura presentada en la Figura 53, lleva perfiles de tubo cuadrado de $\frac{3}{4}$ de pulgada con un espesor de 1,5 mm. En la Figura 54 se presenta un esquema referente al tubo cuadrado que se utiliza.

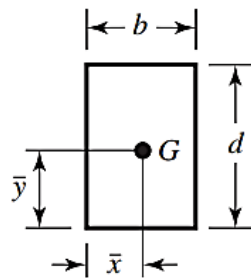


Figura 54. Soldadura filete para tubo cuadrado [68].

Para determinar el área de garganta de soldadura se utiliza la ecuación (11).

$$\begin{aligned}
 A &= 1,414s(b + d) \\
 A &= 1,414 * 0,0015[m] * (0,01905 [m] + 0,01905 [m]) \\
 A &= 0,808101 \times 10^{-4} [m^2]
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

Donde:

- A : Área de garganta [m^2].
- s : Espesor del perfil [m].
- b : Ancho del tubo [m].
- d : Alto del tubo [m].

El cálculo del momento polar unitario es empleado mediante la ecuación (12).

$$J_u = \frac{(b + d)^3}{6}$$

$$J_u = \frac{(0,01905[m] + 0,01905[m])^3}{6} \quad (12)$$

$$J_u = 9217,7235 \times 10^{-9} [m^3]$$

Donde:

- J_u : Momento polar unitario del área [m^3].

El centroide del tubo cuadrado ocupa la ecuación (13) y (14).

$$\bar{x} = \frac{b}{2}$$

$$\bar{x} = \frac{0,01905[m]}{2} \quad (13)$$

$$\bar{x} = 0,009525 [m]$$

Donde:

- \bar{x} : Centroide correspondiente al eje x [m].

$$\bar{y} = \frac{d}{2}$$

$$\bar{y} = \frac{0,01905[m]}{2} \quad (13)$$

$$\bar{y} = 0,009525 [m]$$

Donde:

- \bar{y} : Centroide correspondiente al eje y [m].

El cálculo de la inercia en relación con el momento unitario ocupa la ecuación (14).

$$I = 0,707hJ_u$$

$$I = 0,707 * 0,015[m] * 9217,7235 \times 10^{-9} [m^3] \quad (14)$$

$$I = 9,775 \times 10^{-8} [m^4]$$

Donde:

- I : Segundo momento del área de soldadura [m^4].
- h : Tamaño de soldadura [m^3].

La carga que mayor representa un esfuerzo en la soldadura se presenta en la Tabla 18, estos datos se obtuvieron de los diseños realizados en el software SolidWorks.

Tabla 18. Elementos ejercidos sobre la soldadura.

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Tolvas	4	1,46	5,84
2	Masa del producto	4	6,41	25,64
			Total	31,48

Para mayor seguridad se incrementa el valor obtenido a 40 kg, por consiguiente, se debe emplear la ecuación (15) para poder determinar la fuerza ejercida.

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 40[kg] * 9,81[m/s^2] \\
 F &= 392,4 [N]
 \end{aligned}
 \tag{14}$$

Donde:

- F : Fuerza aplicada [N].
- m : Masa de los elementos [kg].
- g : Pertinente a la gravedad $9,81[m/s^2]$.

La fuerza aplicada como soldadura a flexión en el tubo cuadrado de $\frac{3}{4}$ de pulgada es de 392,4 N como se presenta en la Figura 55.

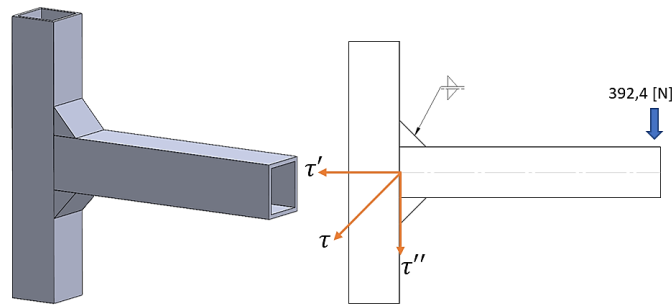


Figura 55. Soldadura sometida a flexión.

Se requiere determinar el cálculo del esfuerzo cortante primario y secundario, para ello se presenta la ecuación (15) y (17).

Cálculo del esfuerzo cortante primario.

$$\begin{aligned}
 \tau' &= \frac{F}{A} \\
 \tau' &= \frac{392,4 [N]}{0,808101^{-4}[m^2]} \\
 \tau' &= 4855828,665 [Pa] \approx 4,8 [MPa]
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Donde:

- τ' : Esfuerzo cortante primario [MPa].
- F : Fuerza aplicada [N].
- A : Área de garganta de las soldaduras [m²].

Para el cálculo del esfuerzo cortante secundario se emplea la ecuación (17), sin embargo, se requiere conocer el momento, para ello se establece la ecuación (16).

$$M = F(L + \bar{x})$$

$$M = 392,4 [N] * (0,3 [m] + 0,009525 [m])$$

$$M = 121,45 [Nm]$$
(16)

Donde:

- M : Momento [Nm].
- L : Longitud [m].
- F : Fuerza aplicada [N].

$$\tau'' = \frac{M * c}{I}$$

$$\tau'' = \frac{121,45 [Nm] * 0,009525 [m]}{9,775 \times 10^{-8} [m^4]}$$

$$\tau'' = 11834386,19 [Pa] \approx 11,8 [MPa]$$
(17)

Donde:

- τ'' : Esfuerzo cortante secundario [MPa].
- c : Centroide [m].
- I : Segundo momento del área de soldadura [m⁴].

Mediante la ecuación (18) se emplea el cálculo del esfuerzo máximo.

$$\tau = \sqrt{\tau' + \tau''}$$

$$\tau = \sqrt{4,8 [MPa] + 11,8 [MPa]}$$

$$\tau = 4,07 [MPa]$$
(18)

Donde:

- τ : Esfuerzo cortante máximo [MPa].

Para el cálculo del factor de seguridad se requiere el valor de la resistencia a la tensión del electrodo E60xx, en el que se detalla en el ANEXO V y seguido de la ecuación (19).

$$Fs = \frac{0,6 S_y}{\tau}$$

$$Fs = \frac{0,6 * 427 [MPa]}{4,07 [MPa]}$$

$$Fs = 62,94$$
(19)

Donde:

- Fs : Factor de seguridad.
- S_y : Resistencia a la tensión del electrodo [MPa].
- τ : Esfuerzo cortante máximo [MPa].

Se determina un factor de seguridad de 62,94.

- **Cálculo de soldadura para perfil tipo L**

En la Figura 56 se presenta las secciones de soldadura.

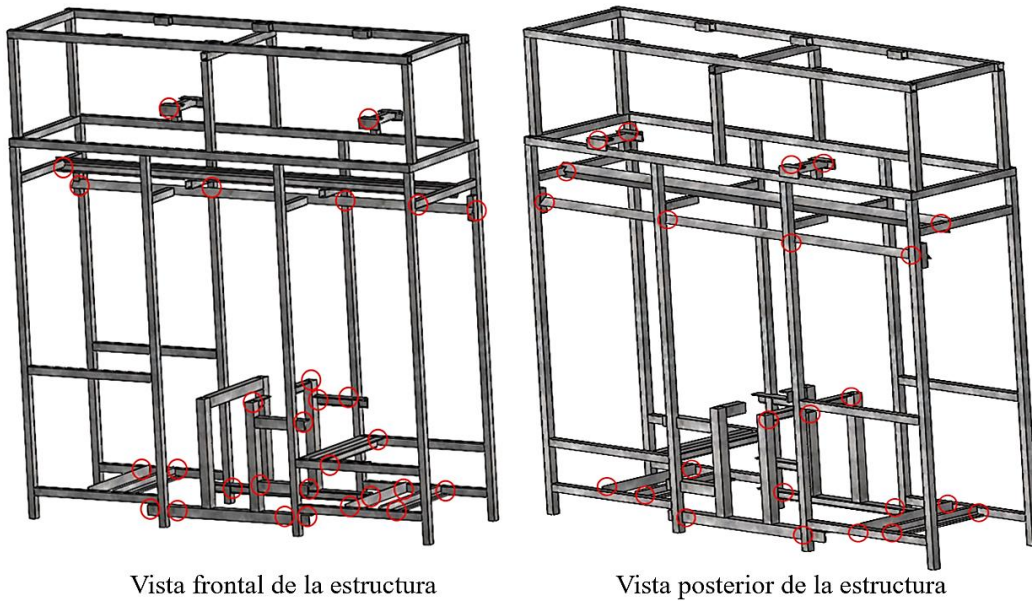


Figura 56. Sección de soldadura para perfil tipo L.

Las secciones seleccionadas llevan un perfil tipo L de 20 mm y un espesor de 3 mm.

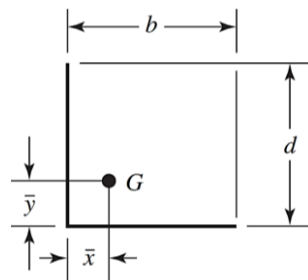


Figura 57. Soldadura filete para ángulo de perfil tipo L [68].

Para la soldadura del área de garganta se emplea la ecuación (20):

$$\begin{aligned}
 A &= 0,707s(b + d) \\
 A &= 0,707 * 0,003[m] * (0,02 [m] + 0,02 [m]) \\
 A &= 0,484 \times 10^{-4} [m^2]
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

Donde:

- A : Área de garganta $[m^2]$
- s : Espesor del perfil $[m]$.
- b : Ancho del tubo $[m]$.
- d : Alto del tubo $[m]$.

El cálculo del momento polar unitario es empleado mediante la ecuación (21).

$$J_u = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12}$$

$$J_u = \frac{(0,02 + 0,02)^4 - 6 * 0,02^2 * 0,02^2}{12} \quad (21)$$

$$J_u = 1,333x10^{-7} [m^3]$$

Donde:

- J_u : Momento polar unitario del área [m^3].

El centroide del tubo cuadrado ocupa las ecuaciones (22) y (23).

$$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b + d)}$$

$$\bar{x} = \frac{(0,02 [m])^2}{2(0,02 + 0,02)} \quad (22)$$

$$\bar{x} = 0,005 [m]$$

Donde:

- \bar{x} : Centroide correspondiente al eje x [m].

$$\bar{y} = \frac{d^2}{2(b + d)}$$

$$\bar{y} = \frac{(0,02 [m])^2}{2(0,02 + 0,02)} \quad (23)$$

$$\bar{y} = 0,005 [m]$$

Donde:

- \bar{y} : Centroide correspondiente al eje y [m].

El cálculo de la inercia en relación con el momento unitario ocupa la ecuación (24).

$$I = 0,707hJ_u$$

$$I = 0,707 * 0,003[m] * 1,333x10^{-7} [m^3] \quad (24)$$

$$I = 2,827293x10^{-10} [m^4]$$

Donde:

- I : Segundo momento del área de soldadura [m^4].
- h : Tamaño de soldadura [m^3].

La carga que mayor representa un esfuerzo en la soldadura se presenta en la Tabla 19, estos datos se obtuvieron de los diseños realizados en el software SolidWorks.

Tabla 19. Elementos ejercidos sobre la soldadura.

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Mordaza Horizontal	2	5,21	10,42
2	Porta cuchilla	1	3,53	3,53

3	Soporte de la mordaza	2	0,68	1,36
			Total	15,31

Para mayor seguridad se incrementa el valor obtenido a 20 kg, por consiguiente, se debe emplear la ecuación (25) para poder determinar la fuerza ejercida.

$$\begin{aligned}
 F &= m * g \\
 F &= 20[kg] * 9,81[m/s^2] \\
 F &= 196,2 [N]
 \end{aligned}
 \tag{25}$$

Donde:

- F : Fuerza aplicada [N].
- m : Masa de los elementos [kg].
- g : Pertinente a la gravedad $9,81[m/s^2]$.

La fuerza aplicada como soldadura a flexión mediante el perfil tipo L de 20 mm es de 196,2 N como se presenta en la Figura 58.

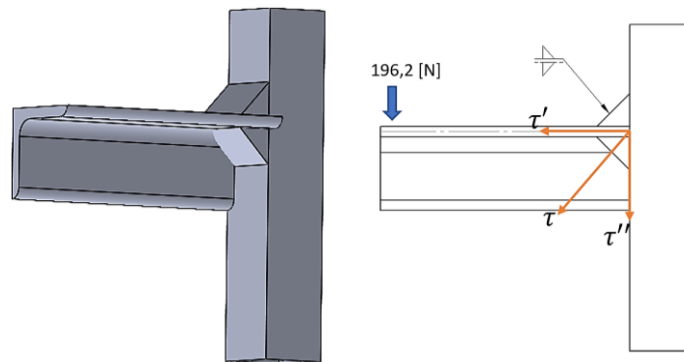


Figura 58. Soldadura sometida a flexión del perfil tipo L.

Se requiere determinar el cálculo del esfuerzo cortante primario y secundario, para ello se presenta la ecuación (26) y (28).

Cálculo del esfuerzo cortante primario.

$$\begin{aligned}
 \tau' &= \frac{F}{A} \\
 \tau' &= \frac{196,2 [N]}{0,484 \times 10^{-4} [m^2]} \\
 \tau' &= 4053719,008 [Pa] \approx 4,05 [MPa]
 \end{aligned}
 \tag{26}$$

Donde:

- τ' : Esfuerzo cortante primario [MPa].
- F : Fuerza aplicada [N].
- A : Área de garganta de las soldaduras [m²].

Para el cálculo del esfuerzo cortante secundario se emplea la ecuación (28), sin embargo, se requiere conocer el momento, para ello se establece la ecuación (27).

$$\begin{aligned}
 M &= F(L + \bar{x}) \\
 M &= 196,2[N] * (0,6 [m] + 0,005 [m]) \\
 M &= 118,71[Nm]
 \end{aligned}
 \tag{27}$$

Donde:

- M : Momento [Nm].
- L : Longitud [m].
- F : Fuerza aplicada [N].

$$\begin{aligned}
 \tau'' &= \frac{M*c}{I} \\
 \tau'' &= \frac{118,71[Nm] * 0,01 [m]}{2,827293 \times 10^{-10} [m^4]} \\
 \tau'' &= 4198715874 [Pa] \approx 4200 [MPa]
 \end{aligned}
 \tag{28}$$

Donde:

- τ'' : Esfuerzo cortante secundario [MPa].
- c : Centroide [m].
- I : Segundo momento del área de soldadura [m⁴].

Mediante la ecuación (29) se emplea el cálculo del esfuerzo máximo.

$$\begin{aligned}
 \tau &= \sqrt{\tau' + \tau''} \\
 \tau &= \sqrt{4,05 [MPa] + 4200 [MPa]} \\
 \tau &= 64,8 [MPa]
 \end{aligned}
 \tag{29}$$

Donde:

- τ : Esfuerzo cortante máximo [MPa].

Para el cálculo del factor de seguridad requiere el uso de la ecuación (30).

$$\begin{aligned}
 F_s &= \frac{0,6S_y}{\tau} \\
 F_s &= \frac{0,6 * 427 [MPa]}{64,8 [MPa]} \\
 F_s &= 3,95
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

Donde:

- F_s : Factor de seguridad.
- S_y : Resistencia a la tensión del electrodo [MPa].
- τ : Esfuerzo cortante máximo [MPa].

Se determina un factor de seguridad de 3,95.

3.4 Selección de pistones mediante cálculos integrados

En el funcionamiento de esta máquina envasadora, se ha optado el uso de un sistema neumático, ya que representa una manera amigable en el trato de alimentos, por lo que se ve con la necesidad de utilizar cilindros neumáticos que serán los actuadores del funcionamiento de la máquina. En la Figura 59 y Figura 60 se detalla el posicionamiento de los cilindros neumáticos, mismos que serán necesarios conocer para poder seleccionar mediante cálculos, el adecuado a la máquina.

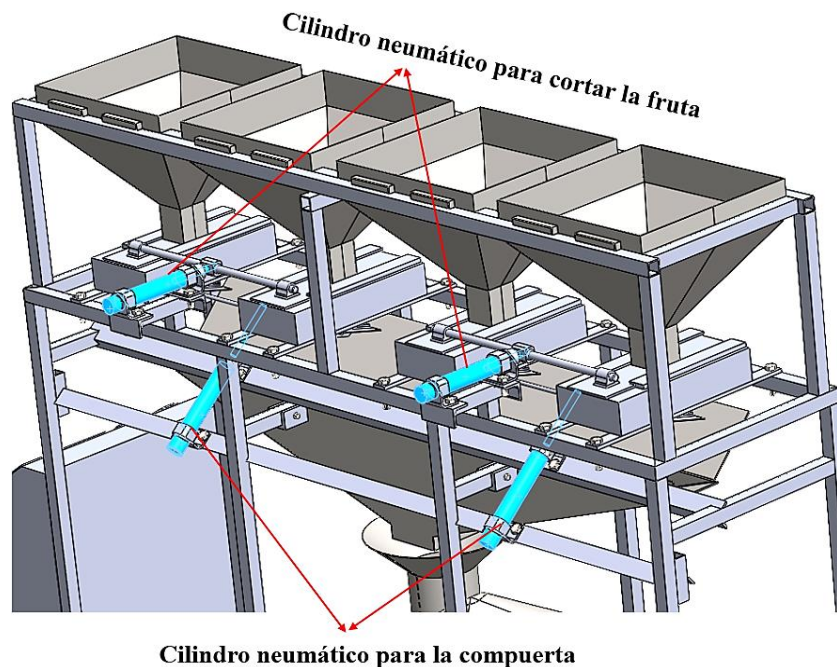


Figura 59. posición de los cilindros neumáticos (sección superior).

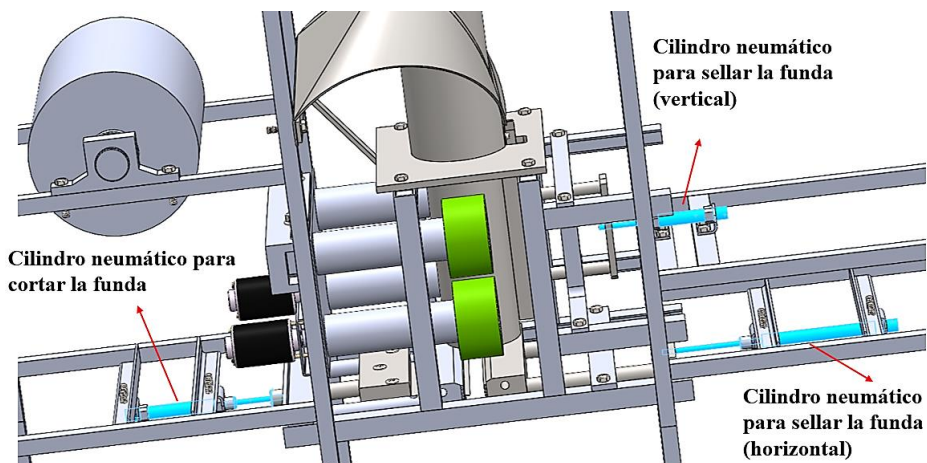


Figura 60. Posición de los cilindros neumáticos (sección inferior).

- **Cálculo de la fuerza neta del pistón**

Para poder seleccionar un cilindro neumático es necesario conocer las necesidades que debe satisfacer estos cilindros en la máquina, por lo que se determinará mediante un

cálculo previo respecto a los criterios de masa y la fuerza neta que deberá ejercer cada uno de los cilindros neumáticos seguido por la ecuación (31):

$$F_{neta} = m * g \quad (31)$$

Donde:

- *F_{neta}*: fuerza neta requerida para un cilindro neumático.
- *g*: es la gravedad que se ejerce sobre una masa (9,81 m/s²).
- *m*: masa de cada elemento a considerar.

3.3.1 Selección de Criterios:

Como primera estancia se establece los elementos de masa que deberá soportar cada uno de los cilindros neumáticos en sus diferentes funciones y cumplir con el objetivo establecido en cada uno de ellos.

- **Criterios de masa para que el cilindro neumático corte la funda**

Se necesita un cilindro neumático con la fuerza necesaria para cortar la funda, que se agregará en la máquina, para ello se establece criterios a ocupar en la Tabla 20.

Los valores de las cuchillas, porta cuchillas masa del producto se obtuvieron de los diseños desarrollados en SolidWorks.

Tabla 20. Elementos que deberá empujar el cilindro para cortar la funda.

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Cuchillas	2	0,22	0,44
2	Porta cuchilla	1	0,24	0,24
3	Masa del producto	2	6,5	13
			Total	13,64

La Tabla 20 muestra un total de 13,64 kg según los criterios establecidos, sin embargo, se considerará 15 kg de masa para mayor factibilidad de empuje. Mediante la ecuación (31) se calcula un valor de 147,15 N de fuerza que necesitará ejercer el cilindro neumático.

- **Criterios de masa para que el cilindro neumático cierre y abra la compuerta**

Se ha diseñado un sistema que permite el paso del producto (frutas deshidratadas) en el que deberá cumplir el objetivo de cerrar y abrir una compuerta; a continuación, en la Tabla 21 se mostrará los criterios de selección, considerando que los valores de la compuerta,

eje de sujeción, masa del producto se obtuvieron mediante las propiedades físicas que presenta el programa SolidWorks.

Tabla 21. Elementos que deberá empujar el cilindro para el paso de la fruta.

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Compuerta	2	0,23	0,46
2	Eje compuerta	1	0,10	0,10
3	Barra de sujeción	2	0,01	0,02
4	Masa del producto	2	6,5	13
			Total	13,58

Mediante los criterios establecidos en la Tabla 21, se determina un valor de 13,58 kg como masa al que se le agregara una ponderación hasta 14 kg para mayor factibilidad de empuje del cilindro neumático, por lo que tendría un valor 137,34 N de fuerza requerida, calculado en base a la ecuación (11).

- **Criterios de la masa para que el cilindro neumático selle la funda (vertical)**

Se requiere el diseño de una mordaza para que selle la funda al momento de ser formada, la acción será aplicada mediante un cilindro neumático que permitirá el empuje de esta mordaza, por lo que continuación en la Tabla 22 se muestra los criterios de masa obtenidos en el programa de SolidWorks como la mordaza vertical, resistencia de cobre y el conector del eje de la mordaza.

Tabla 22. Elementos que deberá empujar el cilindro para sellar la funda (vertical).

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Mordaza Vertical	1	0,86	0,86
2	Resistencia del cobre	1	0,14	0,14
3	Conector de ejes	1	0,21	0,21
			Total	1,21

Mediante el valor de 1,21 kg obtenido en la Tabla 22, se puede determinar la fuerza que deberá ejercer el cilindro neumático, se tomará un valor máximo de 4 kg para mayor factibilidad de empuje al momento de aplicarse, y mediante el cálculo planteado en la ecuación (31) se determina un valor de 39,24 N.

- **Criterios masa para que el cilindro neumático selle la funda (horizontal)**

Para sellar completamente la funda es necesario el trabajo realizado por una mordaza que actúe de forma horizontal, accionado por un cilindro neumático el cual deberá ejercer una fuerza considerando los criterios de la mordaza horizontal, resistencia de cobre y conector

de ejes de la mordaza a partir de los valores obtenidos en SolidWorks y detallados en la Tabla 23.

Tabla 23. Elementos que deberá empujar el cilindro para sellar la funda (horizontal).

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Mordaza horizontal	1	4,17	4,17
2	Resistencia de cobre	2	0,14	0,28
3	Conector de ejes	1	1,04	1,02
			Total	5,47

Según los criterios mostrados en la Tabla 23 se determina 5,47 kg de masa al que será valorado como 6 kg para la factibilidad de empuje que debe ejercer el cilindro neumático. Al aplicar la ecuación (31) se determina un valor de 58.86 N.

- **Selección de criterios de la masa para pistón corte la funda**

Una vez formada y sellada la funda, se requiere cortar para que posteriormente el producto enfundado sea almacenado. El trabajo de corte lo ejerce un cilindro neumático que accionará el empuje de la cuchilla; a continuación, en la Tabla 24 se presenta los criterios de masa con los valores adquiridos en SolidWorks.

Tabla 24. Elementos que deberá empujar el cilindro para cortar la funda.

N°	Criterio	Cantidad	Masa (kg)	Total (kg)
1	Cuchilla	1	0,61	0,61
2	Porta cuchilla	1	2,91	2,91
			Total	3,52

El cilindro neumático deberá ajustarse a la masa 3,52 kg obtenidas en la Tabla 24, sin embargo, se considerará un valor de 4 kg para aumentar su factibilidad al momento de empuje. Se determina el valor real que debe ejercer el cilindro mediante la ecuación (11) presentando 39,24 N de fuerza que deberá ser capaz de ejercer.

- **Cálculo de la fuerza de rozamiento**

El cilindro neumático realiza movimiento lineal, por lo que existen componentes que a su paso ejercen rozamiento; para compensar este comportamiento se añade el 10% de la fuerza neta, para asegurar la selección adecuada del diámetro del embolo, mediante el cálculo planteado en la ecuación (32):

$$Fr = 0,1 * Fneta \quad (32)$$

Donde:

- Fr = Fuerza de rozamiento.
- F_{neta} = Fuerza neta.

Para facilitar el proceso y obtención de los cilindros neumáticos la fuerza de rozamiento calculada se registra en la Tabla 25.

- **Cálculo de la fuerza Total**

El cálculo de la fuerza total se representa mediante la suma de la fuerza neta y la fuerza de rozamiento planteado en la ecuación (33).

$$FT = F_{neta} + Fr \quad (33)$$

Donde:

- FT = Fuerza Total [N].
- Fr = Fuerza de rozamiento [N].
- F_{neta} = Fuerza neta [N].

La fuerza total calculada de cada pistón registra la Tabla 25.

- **Cálculo del área del embolo**

Para conocer el embolo de cada pistón se utiliza la aplicación industrial a 6 vares de presión en el sistema neumático y su área es representado mediante el cálculo de la ecuación (34).

$$A = FT/P \quad (34)$$

Donde:

- A = Área del embolo [mm^2].
- FT = Fuerza total [N].
- P = Presión 0,6 [Mpa].

El área del embolo de cada pistón registra la Tabla 25.

- **Cálculo del diámetro del embolo**

Es necesario conocer el diámetro del embolo para seleccionar el que mejor se adecue a los parámetros requeridos, y su cálculo es planteado mediante la ecuación (35).

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}} \quad (35)$$

Donde:

- D = Diámetro del embolo [mm].
- A = Área del embolo [mm²].

A continuación, en la Tabla 25, se mostrará el registro de cada uno de los pistones calculados, siendo capaz de determinar el tipo de pistón que se debe montar en la máquina envasadora.

Tabla 25. Tabla de selección de pistones calculados.

Pistón	Masa [kg]	Fuerza Neta [N]	Fuerza de rozamiento [N]	Fuerza Total [N]	Área del embolo [mm ²]	Diámetro del embolo [mm]	Pistón Seleccionado [mm]
Cortadora de la fruta	15	147,15	14,715	161,86	269,77	18,53	19
Compuerta	14	137,34	13,734	151,07	251,79	17,90	18
Selladora vertical	4	39,24	3,924	43,16	71,94	9,57	10
Selladora horizontal	6	58,86	5,886	64,74	107,91	11,72	12
Cortadora de funda	4	39,24	3,924	43,16	71,94	9,57	10

El procedimiento para obtener cada uno de estos resultados, se encuentran en el Anexo I. Sin embargo, se considera los cilindros neumáticos que cumplen con la necesidad de los pistones que se encuentran en el mercado de FESTO, detallados en la Tabla 26.

Tabla 26. Tabla de selección de pistones del mercado de FESTO.

N°	Criterio	Cantidad	Tipo de pistón	Carrera [mm]	Diámetro del embolo [mm]	Modelo en FESTO
1	Cortadora de la fruta	2	Doble efecto	50	20	DSNU-20-80-PPS-A
2	Compuerta	2	Doble efecto	60	20	DSNU-20-60-PPS-A
3	Selladora vertical	1	Simple efecto	25	12	ESNU-12-25-P-A
4	Selladora horizontal	1	Doble efecto	100	16	DSNU-16-100-PPS-A
5	Cortadora de funda	1	Simple efecto	50	12	ESNU-12-50-P-A

3.4 DISEÑO NEUMÁTICO

La máquina envasadora de frutas deshidratadas cuenta con un sistema neumático al que se le agrega un diseño de conexión neumática y electrónica para el funcionamiento a la secuencia lógica A+B+C+B-D+E-E+D-.

- **Esquema del sistema neumático**

Las conexiones del esquema neumático y su simulación, presentada en la Figura 61 se realizó en el programa de FESTO FluidSIM-P.

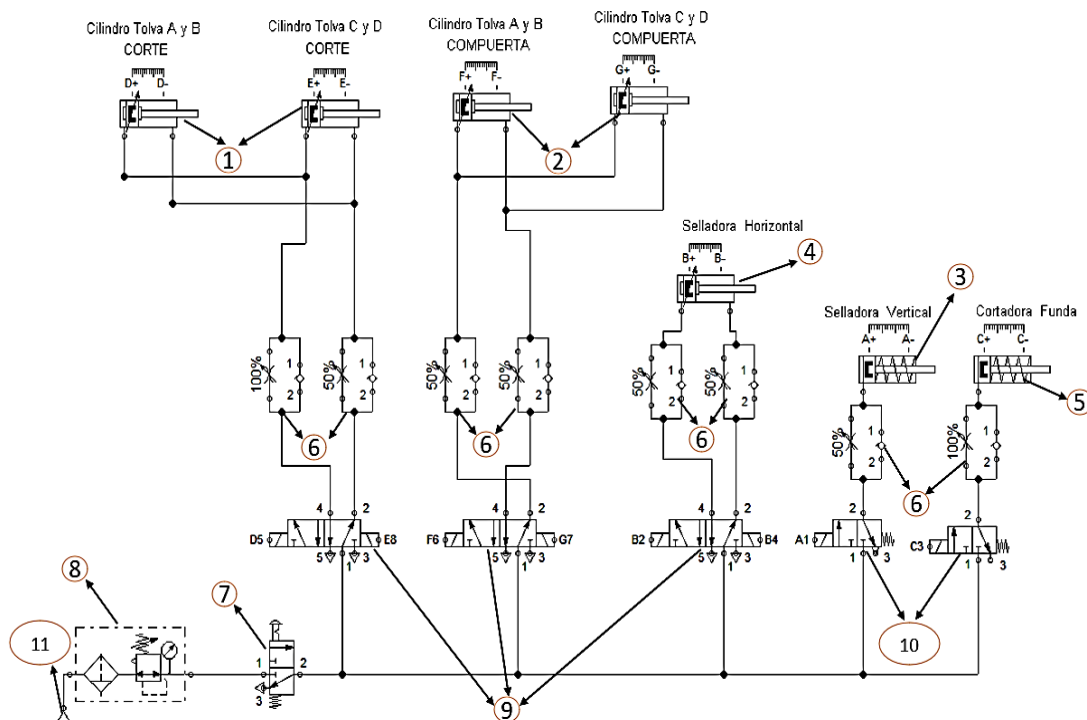


Figura 61. Esquema del sistema neumático.

Por consiguiente, en la Tabla 27 se detalla los componentes que el sistema neumático de esta máquina posee.

Tabla 27. Componentes del sistema neumático

Número	Parte
1	Cilindro neumático de doble efecto para cortar el producto - DSNU-20-80-PPS-A
2	Cilindro neumático de doble efecto para abrir y cerrar la compuerta de salida del producto DSNU-20-60-PPS-A
3	Cilindro neumático de simple efecto para sellar la funda de manera vertical ESNU-12-25-P-A
4	Cilindro neumático de doble efecto para sellar la funda de manera horizontal DSNU-16-100-PPS-A
5	Cilindro neumático de simple efecto para cortar la funda ESNU-12-50-P-A
6	Válvula estranguladora con antirretorno

- 7 Válvula distribuidora de vías 3/2 (pulsador)
- 8 Unidad de Mantenimiento
- 9 Electroválvula biestable 5/2
- 10 Electroválvula monoestable 3/2
- 11 Fuente de aire comprimido (Compresor)

3.5 DISEÑO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

La conexión del sistema electrónico se presenta en la Figura 62 con las entradas y salidas al PLC S7-1200:

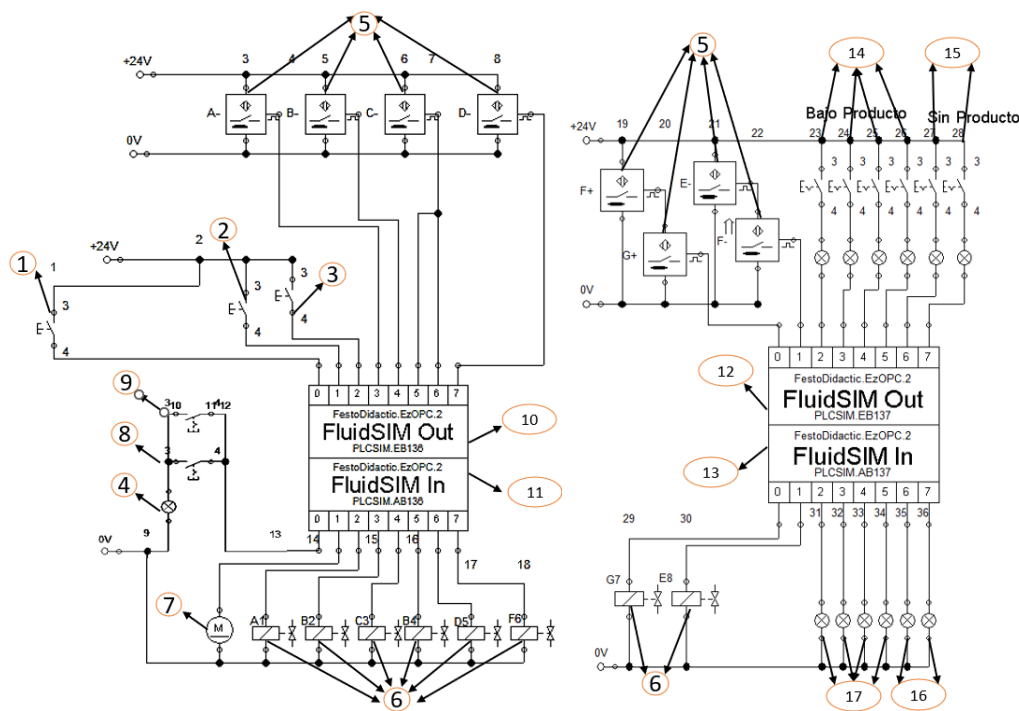


Figura 62. Conexión electrónica de las entradas y salidas del PLC.

Los componentes que el sistema electrónico llevará conectado se detallan en la Tabla 28.

Tabla 28. Componentes del sistema electrónico

Número	Parte
1	Botón de Start para activar la máquina
2	Botón Stop (paro de emergencia)
3	Pulsador manual (inicializador de secuencia)
4	Indicador de Funcionamiento LED
5	Sensores de posición del cilindro neumático (Interruptor inductivo)
6	Electroválvula (válvula solenoide neumática)
7	Motor
8	Control de temperatura
9	Control del motor
10	Puertos de salida al PLC S7-1200 – con EasyPort (conexión 136)

- 11 Puertos de entrada al PLC S7-1200 – con EasyPort (conexión 136)
 - 12 Puertos de salida al PLC S7-1200 – con EasyPort (conexión 137)
 - 13 Puertos de entrada al PLC S7-1200 – con EasyPort (conexión 137)
 - 14 Sensor capacitivo de detección de la fruta – al existir poco producto en la tolva
 - 15 Sensor capacitivo de detección de la fruta – cuando no hay producto
 - 16 Alarma – cuando no hay producto
 - 17 Alarma – al existir poco producto en la tolva
-

3.6 CONTROL DEL MOTOR

A la máquina envasadora de frutas deshidratadas se le agrega un motor de imán permanente XD - 3420 que cuenta con 3500 a 7000 rpm, y su voltaje de funcionamiento se encuentra comprendido a 12 o 24 VCC mostrado en la Figura 63, por lo que para el funcionamiento y precisión de velocidad es necesario requerir el controlador Speed Controller PWM.



Figura 63. Motor XD – 3420 de imán permanente 3500/7000 RPM [69].

El controlador mostrado en la Figura 64 regula la velocidad del motor el que será activado una vez conectado al PLC.



Figura 64. Controlador del motor Speed Controller PWM [70].

Mediante el diagrama presentado en la Figura 65 se detalla el modo de conexión del controlador entre el motor y el PLC el cual permitirá el arrastre de la funda para su posterior sellado.

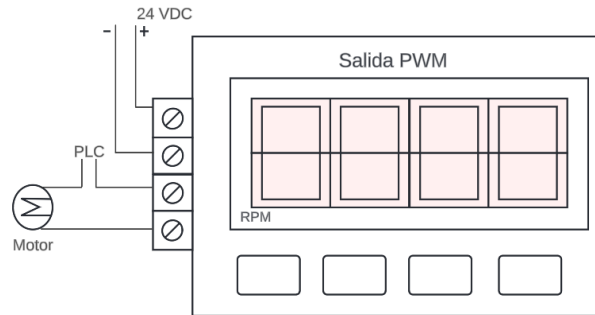


Figura 65. Diagrama eléctrico del control de conexión al motor.

3.7 CONTROL DE TEMPERATURA

Se ocupa el dispositivo Rex - C100 que controla la temperatura que se lo asigne en la configuración de parámetros, en la Figura 66 muestra su acceso al funcionamiento del controlador. Una vez cumplido este requerimiento se procederá a poner en marcha a la máquina con el HMI en Start.



Figura 66. Rex - C100 modo de funcionamiento [71].

El control de temperatura Rex - C100, mediante una termocupla tipo J se encargará de medir la temperatura de las mordazas, su método de funcionamiento es colocar un valor conocido como Set Point y el controlador Rex - C100 hará que llegue al número colocado.

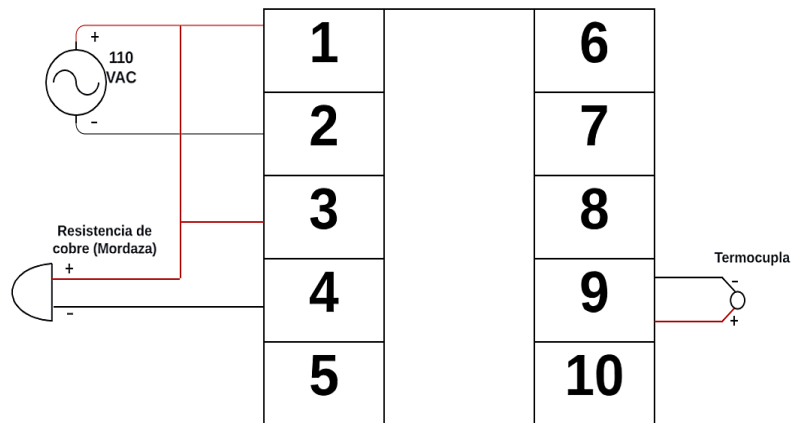


Figura 67. Diagrama eléctrico del controlador de temperatura Rex – C100

Para su instalación se presenta el diagrama de conexión eléctrica en la Figura 67 que deberá tener al ser implementado en el sistema de sellado de la funda.

3.8 DISEÑO DE INTERFAZ HMI

El HMI Kinco GL07e Ethernet 7pLG permite la comunicación entre el PLC S7 1200 mediante red Ethernet, seleccionado por su bajo costo ya que es capaz de cumplir la labor de enviar señales comandado en la interfaz y presentado en la Figura 68.



Figura 68. HMI Kinco GL07 [72].

A este dispositivo se le agrego un diseño que facilitará el funcionamiento de la máquina envasadora, ya que cuenta con un panel de botón en marcha, la cantidad de fundas que desea que la máquina trabaje, un botón Reset para el conteo de las fundas, y finalmente

un Stop que permitirá detener el trabajo que la envasadora realiza en la Figura 69 se muestra el modelo del diseño HMI.

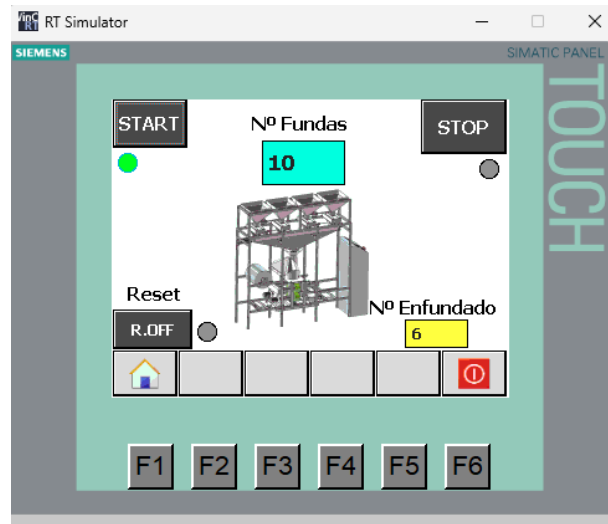


Figura 69. Interfaz HMI de funcionamiento programada.

3.9 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA MÁQUINA ENVASADORA

Mediante el esquema presentado en la Figura 70 se ilustra el proceso de envasado y su modo de funcionamiento en la máquina en el que incluye el sellado de la funda, el corte de la fruta y de la funda, la activación del motor y el control de temperatura durante todo el proceso.

Se debe encender el sistema neumático antes de colocar la materia prima (frutas deshidratadas) en las tolvas para que el sistema de compuertas se encuentre en condiciones iniciales. Se puede aprovechar este tiempo mientras se transmite calor a las mordazas y logra tener la temperatura en el Set Point colocado.

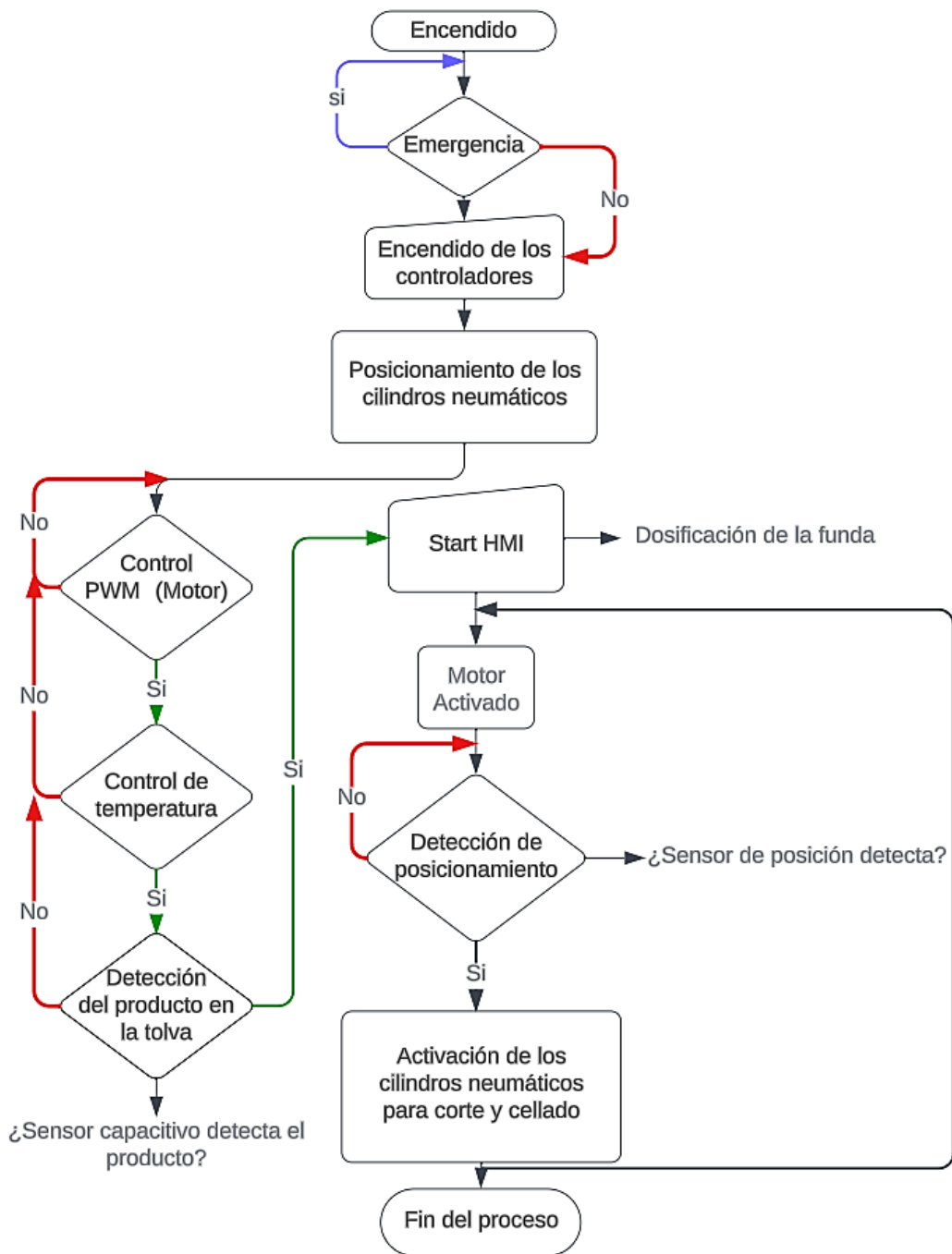


Figura 70. Diagrama de flujo de la máquina envasadora de frutas deshidratadas

CAPÍTULO IV



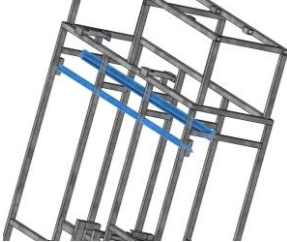

SIMULACIÓN Y RESULTADOS

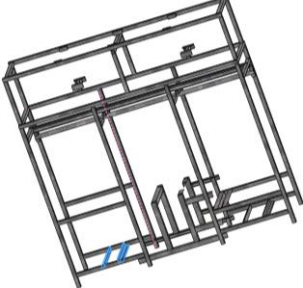
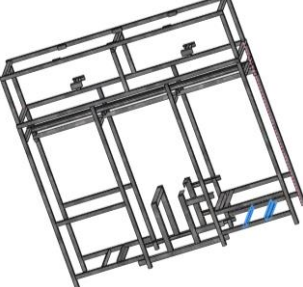
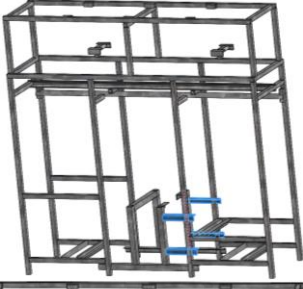
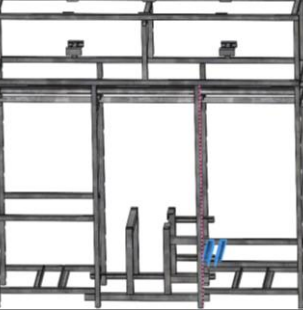
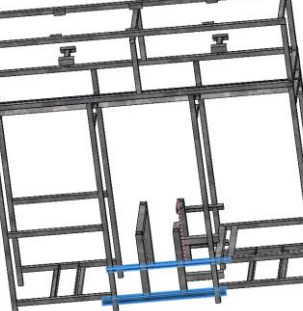
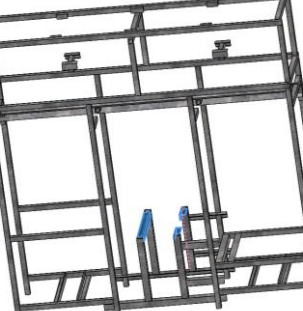
Este capítulo muestra los resultados del funcionamiento del diseño mecánico presentado en el software SolidWorks, electrónico en el simulador de Festo (Neumática), su programación TIA Portal, y el control HMI.

4.1 SIMULACIÓN DEL DISEÑO ESTRUCTURAL

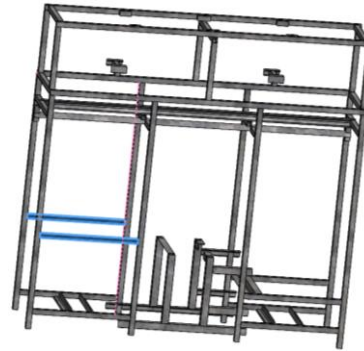
La estructura lleva un material de acero galvanizado para la simulación en SolidWorks y mediante la Tabla 29 que detalla las cargas aplicadas a cada sección.

Tabla 29. Cargas aplicadas en la estructura.

Apoyo	Valor aplicado	Sección estructural
Carga 1	Fuerza: 416,925 N Carga total.	
Carga 2	Fuerza: 2,45 N Carga ejercida por los cilindros neumáticos que cortan el producto.	
Carga 3	Fuerza: 4,9 N Carga ejercida por los cilindros neumáticos de la compuerta.	
Carga 4	Fuerza: 255,069 N Carga ejercida por las cuatro tolvas.	

Carga 5	<p>Fuerza: -2,45 N Carga ejercida por el cilindro que corta la funda</p>	
Carga 6	<p>Fuerza: -2,45 N Carga ejercida por el cilindro que sella la funda (horizontal)</p>	
Carga 7	<p>Fuerza: -11,772 N Carga ejercida por la mordaza de sellado (vertical)</p>	
Carga 8	<p>Fuerza: -2,45 N Carga ejercida por el cilindro que sella la funda (vertical)</p>	
Carga 9	<p>Fuerza: -140,18 N Carga ejercida por las guías y sujeciones de ajuste de la cuchilla de corte y mordaza de sellado de la funda (horizontal)</p>	
Carga 10	<p>Fuerza: -103,1 N Carga ejercida por la camisa formadora de la funda, y el conducto guiador del producto y de la funda</p>	

Fuerza: -117,72 N
Carga 11 Carga ejercida por el rollo de funda.



- **Simulación de deformación (desplazamiento de la estructura)**

En la Figura 71 se observa el desplazamiento máximo de sus secciones según las aplicaciones de fuerza asignadas y detalladas en la Tabla 29.

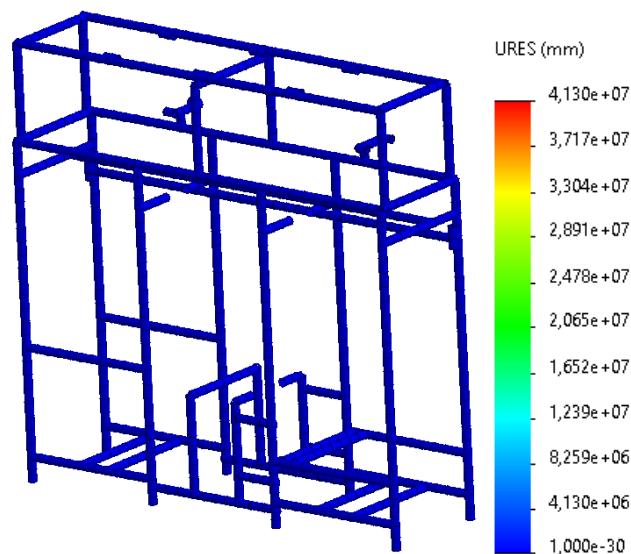


Figura 71. Simulación de desplazamiento estructural en SolidWorks

Se aplica una carga de 416,925 N y observa un factor muy bajo de desplazamiento, por lo que el método de diseño muestra un valor de 1×10^{-30} mm en la estructura.

- **Simulación del factor de seguridad**

En la Figura 72 se observa el factor de seguridad mínimo realizado por la simulación una vez aplicado las cargas sobre la estructura, estos parámetros se encuentran en la Tabla 29.

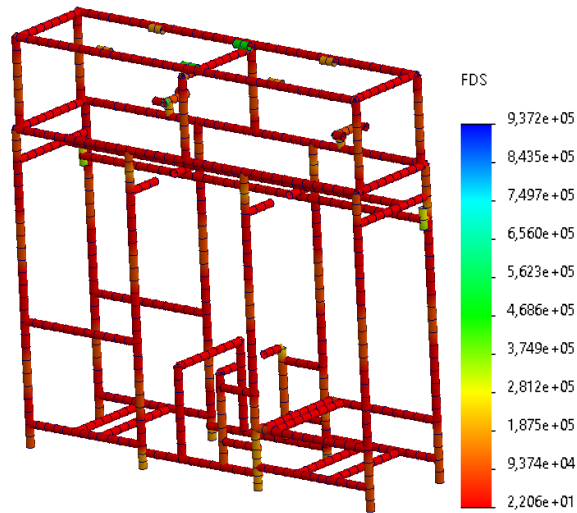


Figura 72. Factor de seguridad simulado en SolidWorks.

La mayor carga aplicada en la sección superior de la viga siendo de 416,925 N garantiza un factor de seguridad de 22 cumpliendo con el requerimiento en el que la estructura es factible implementar.

4.2 SIMULACIÓN DEL DISEÑO NEUMÁTICO

En la industria maquinas como la de envasadoras se trabaja a 6 bares, por lo que en la simulación se emplea el mismo sistema, en la Figura 73 presenta los ciclos como el motor, el sellado vertical, horizontal, corte de la fruta, corte de la funda, y finalmente el abrir y cerrar de la compuerta. Los desplazamientos simulados, depende de la activación y el tiempo en el que el sistema se encuentra activado, y por consiguiente el tiempo de duración que es necesario para que la envasadora enfunde las frutas deshidratadas.

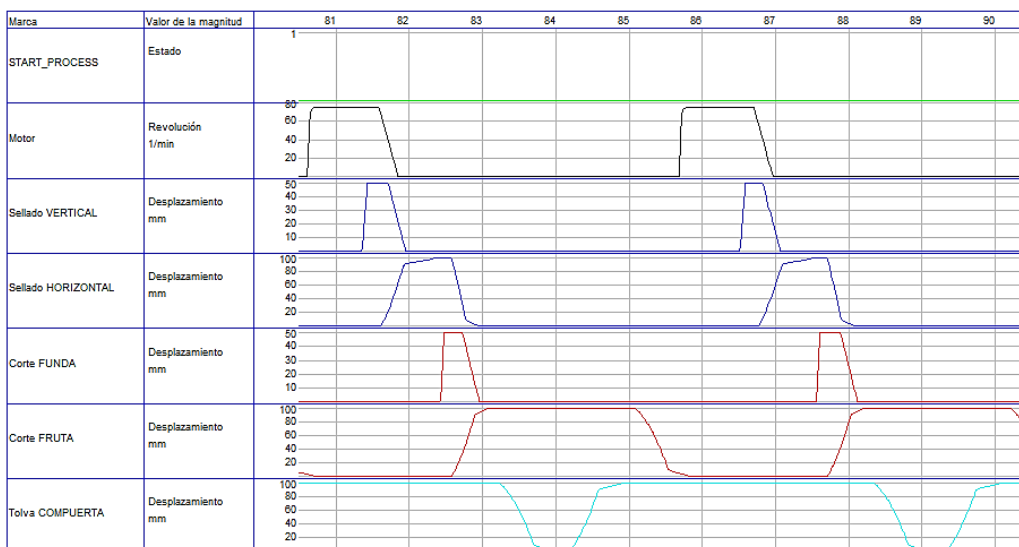


Figura 73. Diagrama de estados del proceso

4.3 RESULTADO DEL ENFUNDADO

En la Figura 74 se presenta una simulación de la funda una vez pasado por la camisa de formado antes del sellado.

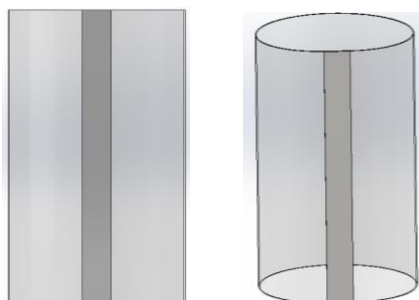


Figura 74. Estado inicial de la funda para ser sellado

Posterior al proceso de formado se sella la funda (polifan) vertical y horizontalmente, dando lugar a una envoltura como la de la Figura 75.

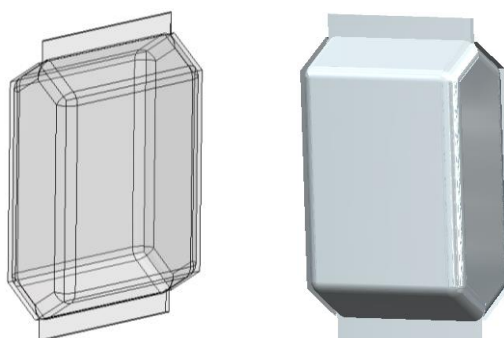


Figura 75. Enfundado de frutas deshidratadas final

4.4 ANÁLISIS ECONÓMICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA

Se analiza los costos para la construcción de la máquina envasadora, componentes mecánicos, neumáticos, eléctricos, electrónicos, y su desarrollo.

4.3.1 Construcción sección mecánica

En la tabla 30 se encuentra descrito los materiales a utilizar con su costo encontrado en el mercado actual.

Tabla 30. Elementos mecánicos de la máquina.

N°	Descripción	Cantidad	Precio unitario [\$]	Precio total [\$]
1	Tolva de almacenamiento	4	50	200
2	Tolva grande	1	80	80
3	Estructura - acero galvanizado $\frac{3}{4}$	1	350	350
4	Cuchilla de cortar fruta	4	20	80
5	Eje de cuchilla	2	40	80

6	Guía de la cuchilla	8	40	320
7	Soporte de pistones	14	10	140
8	Compuerta	4	65	260
9	Eje de la compuerta	2	60	120
10	Tubo integral - guía	1	70	70
11	Camisa guía de la funda	1	40	40
12	Soporte de la camisa guía	1	35	35
13	Soporte - mordaza inferior	1	30	30
14	Soporte - mordaza superior	1	30	30
15	Cuchilla de corte - funda	1	20	20
16	Porta cuchilla	1	60	60
17	Soporte de cuchilla de la funda	1	30	30
18	Soporte para el motor	2	5	10
19	Regulador del rodillo	1	150	150
20	Rodillo	4	45	180
21	Soporte de rodillo	1	30	30
22	Mordaza inferior de sellado	1	180	180
23	Mordaza inferior de corte	1	250	250
24	Mordaza superior de sellado	1	160	160
25	Chumacera del rollo de funda	2	20	40
26	Guía del rollo de funda	1	50	50
27	Cubo dosificador para un espacio de 100 g	4	350	1400
28	Soporte del cubo dosificador	4	15	60
29	Tuercas y tornillos 8 mm	71	0,30	21,30
Total				4476,30

El costo correspondiente a la construcción de la máquina tiene un valor de 4476,30.

4.3.2 Implementación eléctrica electrónica y neumática

En la tabla 31 se detalla cada uno de los componentes para la construcción e implementación.

Tabla 31. Elementos electricos, electrónicos y Neumáticos.

N°	Descripción	Cantidad	Precio unitario [\$]	Precio total [\$]
1	Cilindro neumático DSNU-20-80-PPS-A	2	152	304
2	Cilindro neumático DSNU-20-60-PPS-A	2	151	302
3	Cilindro neumático ESNU-12-25-P-A	1	104	104
4	Cilindro neumático DSNU-16-100-PPS-A	1	80	80
5	Cilindro neumático ESNU-12-50-P-A	1	67	67
6	Unidad de mantenimiento	1	190	190
7	Válvula distribuidora de vías 3/2 (pulsador)	1	100	100
8	Electroválvula biestable 5/2	3	210	630
	Electroválvula monoestable 3/2	2	130	260
9	Válvula estranguladora con antirretorno	8	80	640
10	Tubería	1	25	25
11	Sensores de posición del cilindro neumático (Interruptor inductivo).	7	126	882

12	Electroválvula (válvula solenoide neumática)	8	110	880
13	Pulsadores	2	5	10
14	Indicador LED	1	3	3
15	Motor XD – 3420	2	60	120
16	Controlador del motor Speed Controller PWM	1	40	40
17	Control de temperatura Rex - C100	1	60	60
18	HMI Kinco G107e	1	270	270
19	PLC Siemens S7 1200	1	520	520
20	Conexiones	1	450	450
21	Sensor capacitivo FTI26 de acero inoxidable	6	200	1200
Total				7137

El costo pertinente a la Tabla 31 del equipo de implementación tiene un valor de 7137.

4.3.3 Ingeniería del proyecto

El trabajo realizado en este proyecto se mide embase al salario básico que un ingeniero gana en el Ecuador de 800 \$.

Tabla 32. Ingeniería del proyecto

N°	Descripción	Cantidad Hora	Precio unitario [\$]	Precio total [\$]
1	Programación	200	8	1600
2	Simulación	160	8	1280
3	Desarrollo del proyecto	400	8	3200
5	Mano de Obra	160	2,81	450
Total				6530

4.3.4 Costo total de la máquina

Tabla 33. Costo total de la máquina

N°	Descripción	Valor [\$]
1	Elementos mecánicos de la máquina	4476,30
2	Elementos electrónicos y neumáticos	7137
3	Ingeniería del proyecto	6530
Total		18143,3

Finalmente, en la Tabla 31 se presenta el valor de la máquina con un costo de producción de 18143,3 dólares.

CONCLUSIONES

- La máquina envasadora se ha diseñado para obtener fundas de 400 g de cuatro diferentes tipos de frutas de 100 g cada una, puede brindar una variedad de prestaciones como obtener en una misma funda la combinación de una, dos o cuatro diferentes frutas deshidratadas con la misma capacidad, ampliando la oferta del producto para sólidos granulados en diferentes tipos de presentaciones y contenido, lo que lo hace una máquina versátil para diferentes tipos de industrias.
- Inicialmente se diseñó una máquina envasadora que cumplía con su objetivo, sin embargo, resultó ser un desafío para el operario llegando a aumentar el esfuerzo laboral, ya que sus dimensiones superaban los 180 cm de altura que incluso necesitaba de una pequeña escalera como apoyo para abastecer las tolvas con el producto (este diseño se lo encuentra en el anexo III), con esto se procedió a modificar el diseño, llegando a ser ergonómico y de fácil uso al operario entrando en el rango de visión de operabilidad y una altura de 135 cm.
- En el diseño actual, a comparación del primer diseño se logró disminuir el tiempo de producción de envasado por funda en un 50%, ya que ahora en vez de un sistema de dosificación por peso, y siguiendo la normativa INEN OIML R 87 se establece un nuevo diseño por espacio volumétrico el cual permite descender el producto directamente hacia la funda cumpliendo con el propósito de la máquina.
- La máquina está diseñada para un rollo de polifan de 10 hasta 100 metros lo que hace que se pueda obtener de 35 a 357 fundas respectivamente, la capacidad de cada tolva es de 6413 gramos lo que da una capacidad total de 64 fundas de 400 gramos, demorándose un tiempo de 6 segundos aproximadamente por cada proceso, lo que quiere decir que en cada 6,24 minutos tocaría llenar las tolvas nuevamente haciéndolo efectivo el sistema tomando en cuenta que en el presente proyecto solo se enfocó en el diseño de la máquina dosificadora, mas no en el llenado de las tolvas.
- Del análisis estructural de la máquina se aprecia que el punto crítico está ubicado en la viga para el soporte a la carga, que se puede apreciar en la Figura 44, cuyo

factor de seguridad se encuentra en 17,93 calculado y simulado 22,6 debido a que en el calculado las cargas se encuentran aplicadas en un solo punto y en la simulación se distribuyeron las cargas según la sección de ubicación de los componentes, pero en ambos casos la estructura soporta el trabajo que va a realizar cumpliendo así el objetivo planteado.

- Para la automatización de la planta, mediante cálculos se seleccionan los componentes neumáticos eléctricos y electrónicos que se van a usar, los cuales cumplen con los parámetros para la dosificación de frutas deshidratadas, además se crea una interfaz humano - máquina sencilla e intuitiva para que el operador no tenga inconvenientes a la hora de la puesta en marcha.
- Con la lógica de programación y el diseño mecatrónico realizados, la simulación de la máquina dosificadora cumple con los parámetros establecidos de peso, enfundado y sellado de 400 gramos siguiendo la normativa INEN OIML R 87 para su tolerancia. Lo que hace que la futura implementación de esta máquina sea factible tomando en cuenta que el costo total sería 18143,30 dólares siendo un precio aceptable debido a que en el mercado no se encuentra un tipo de máquina capaz de llenar con cuatro tipos de frutas deshidratadas.

RECOMENDACIONES

- En este proyecto solo se enfocó en el envasado de frutas deshidratadas, se debería adicionar una banda transportadora para el llenado automático de las tolvas evitando que el operario lo haga de forma manual, además una banda transportadora para que traslade las fundas selladas a un depósito de almacenamiento.
- Aunque la máquina está diseñada para obtener fundas de 400 gramos es posible modificar la programación para que con el mismo tipo de funda se pueda obtener gramajes de 100, 200, 300 y 400 sin la necesidad de modificar físicamente a la máquina, haciéndola versátil.
- Al no coincidir el número de producto que se puede realizar por lote de frutas deshidratadas con el número de metros en el rollo de fundas se recomienda poner un sensor de presencia ultrasónico para determinar que exista funda en el rollo como seguridad para evitar el desperdicio del producto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Palacios Ormaza Robbie Fernando and Gerrero Zavala Martha Maria, “DISEÑO DEL PROCESO DE DE FABRICACIÓN DE INFUSIONES DE FRUTAS DESHIDRATADAS PARA UNA MICROEMPRESA DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL”, Accessed: May 09, 2023. [Online]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21840/1/UPS-GT003617.pdf>
- [2] Frumix, “Confitería y deshidratados,” Sangolqui. Accessed: May 15, 2023. [Online]. Available: <https://frumix.ec/>
- [3] “Industria Alimenticia Frutos Secos de Calidad CALIFRUIT SA | ConectarAmericas.” Accessed: May 15, 2023. [Online]. Available: <https://connectamericas.com/company/industria-alimenticia-frutos-secos-de-calidad-califruit-sa>
- [4] Fruandes, “Fruandes Misión,” Colombia. Accessed: May 15, 2023. [Online]. Available: <https://fruandes.com/es>
- [5] L. J. Pinilla Ramírez, L. M. Palacios Moreno, and C. A. Garzón Garnica, “Snaps de frutas deshidratadas,” Aug. 2020, Accessed: Apr. 26, 2023. [Online]. Available: <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/14629>
- [6] S. ed. CE Noticias Financieras, “San Juan de Miraflores: clausuran empresa de envasado de condimentos y frutos secos durante acción preventiva de la fiscalía - ProQuest.” Accessed: Apr. 26, 2023. [Online]. Available: <https://www.proquest.com/docview/2479994191/246EE1A8F47047F5PQ/1?accountid=32861>
- [7] B. Herrera Bellodas, E. Diego Bach Lumbres Álvarez, R. Santos Asesor, M. Vives Garnique, and J. Carlos, “Diseño de una máquina vertical empacadora, dosificadora y selladora de accionamiento mecánico – neumático controlado por un PLC para fundas de arroz,” *Repositorio Institucional - USS*, 2018, Accessed: Apr. 26, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4414>
- [8] XVII ENCUENTRO NACIONAL DE ALIMENTACIÓN Y DESARROLLO COMUNITARIO, “Fruta deshidratada Subdirección de Orientación y Educación Alimentaria,” *EXPERIENCIAS QUE ALIMENTAN A LA COMUNIDAD*, 2020.
- [9] ECURED, “Frutas tropicales.” Accessed: May 13, 2023. [Online]. Available: https://www.ecured.cu/Frutas_tropicales#/media/File:Frutas_T.jpg
- [10] Omar Cabascango, “MANUAL DE DESHIDRATACIÓN Fruta deshidratada, el mejor snack para una mejor alimentación,” *Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador*, 2018.
- [11] Ing. Ariel Alejandro Borsini, “PROCESAMIENTOS DE DESHIDRATACION Y ALMACENAMIENTO DE FRUTA DE DYOSPIROS KAKI,” *Posadas, Misiones*, 2021.
- [12] Alibú, “Frutas deshidratadas al granel,” Ecuador. Accessed: Apr. 27, 2023. [Online]. Available: <https://alibuecuador.com/categoria-producto/otros/frutas-deshidratadasalgranel/?orderby=popularity>
- [13] Freepik - xamtiw, “Rodajas de naranjas secas.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: <https://www.freepik.es/fotos-premium/rodajas-naranjas->

secas_5835202.htm#query=naranja%20deshidratada%20trozos&position=27&from_view=search&track=ais

- [14] P. De Investigación *et al.*, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL NARANJA, VALENCIA (Citrus x sinensis) Y NARANJA AGRIA (Citrus x aurantium),” *LATACUNGA – ECUADOR*, 2021.
- [15] P. Estadounidenses, “Pautas alimentarias para estadounidenses 2015-2020 octava edición,” 2015, Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <http://www.health.gov/paguidelines>.
- [16] INEGI, “Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2018 ENSANUT Diseño conceptual,” *INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA*, 2018.
- [17] Fatsecret, “Calorías en Naranjas e Información Nutricional,” México. Accessed: Apr. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/naranjas>
- [18] Vegaffinity, “Naranja: Beneficios e Información Nutricional.” Accessed: Apr. 27, 2023. [Online]. Available: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/naranja-beneficios-informacion-nutricional--f3>
- [19] Fatsecret, “Naranja Deshidratada — CITRICO,” México. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://citricofoods.com/tienda/naranja-deshidratada/>
- [20] FREEPIK, “Manzana orgánica seca casera en rodajas.” Accessed: Oct. 07, 2023. [Online]. Available: https://www.freepik.es/fotos-premium/manzana-organica-seca-casera-rodajas_5728681.htm#page=4&query=manzana%20deshidratada%20cubos&position=5&from_view=keyword&track=ais
- [21] L. Enrique, U. Rodríguez, S. Lucia, and M. Mayorga, “Producción y comercialización de snack de fruta deshidratada Producción y comercialización de snack de fruta deshidratada Snack Day: una nueva alternativa 100% natural Snack Day: una nueva alternativa 100% natural Citación recomendada Citación recomendada,” 2016, Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comerciohttps://ciencia.lasalle.edu.co/finanzas_comercio/309
- [22] Fatsecret, “Calorías en Manzana Deshidratada (100 g) e Información Nutricional,” México. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/manzana-deshidratada?portionid=54007&portionamount=100,000>
- [23] Vegaffinity, “Información Nutricional de Manzana deshidratada | Frutos Secos.” Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/manzana-deshidratada-beneficios-informacion-nutricional--f1750>
- [24] FrutaSana, “Piña deshidratada - Fruta Sana Costa Rica | Empresa exportadora de piña deshidratada,” Costa Rica. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://frutasanacr.com/productos/pi%C3%B1a-deshidratada/>
- [25] NATIOS UNIES CNUCED, “CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO PIÑA Perfil de INFOCOMM,” 2018.

- [26] Alibú, “Piña deshidratada,” Ecuador. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://alibuecuador.com/producto/pina-deshidratada/>
- [27] Comfrutti, “FICHA TÉCNICA Denominación del Producto: Piña deshidratada,” *Perú*, 2021, Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: www.comfruttiperu.com
- [28] FRUTIREYES, “Banano Deshidratado,” Colombia. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://www.frutireyes.com/esp/product/banano-deshidratado/#&gid=1&pid=1>
- [29] G. Alimentarias and Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, “Documento técnico Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la población colombiana mayor de 2 años,” *Colombia*, 2020.
- [30] Alibú, “banano deshidratado - Alibú Ecuador - Tienda Alibú,” Ecuador. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://alibuecuador.com/producto/banano-deshidratado/>
- [31] ALFON, “BANANA DESHIDRATADA – Frutos Secos Alfon,” España. Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://frutossecosalfon.com/producto/banana-deshidratada/>
- [32] A. Ruth *et al.*, “Diseño del proceso productivo de snack a base de descarte de banano orgánico deshidratado en la empresa AGRICOM NORTE SAC,” *Universidad de Piura*, 2021.
- [33] American Cancer Society, “Nutrición para la persona durante su tratamiento contra el cáncer Una guía para pacientes y sus familias Nutrition for the Person With Cancer During Treatment,” 2019.
- [34] CONOCIMIENTOSWEB.NET LA DIVISA DEL NUEVO MILENIO, “Envasado y almacenamiento de productos deshidratados.” Accessed: Apr. 29, 2023. [Online]. Available: <https://conocimientosweb.net/dcmt/ficha20151.html>
- [35] Mauricio Iza C. and Álex Medina C., “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA Y EMPACADORA CONTROLADA POR PLC PARA LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE SNACKS DE LA EMPRESA ECUAMEX S. - PDF,” Ingeniería Mecatrónica, Escuela Politécnica del Ejército. Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://docplayer.es/58066191-Diseno-y-construccion-de-una-maquina-dosificadora-y-empacadora-controlada-por-plc-para-la-linea-de-produccion-de-snacks-de-la-empresa-ecuamex-s.html>
- [36] ENVASADORAS-CHILE, “Maquinas Envasadoras rellenas envasadora de granos, líquidos, aceites y otros +56 994 078 458: Empacadora de granos polvos manual 5kg.” Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.ensadoras-chile.cl/2020/11/empacadora-de-granos-polvos-manual-5kg.html>
- [37] ENVASADORAS-CHILE, “Maquinas Envasadoras rellenas envasadora de granos, líquidos, aceites y otros +56 994 078 458: Envasadora de granos polvos semi-automática 1kg.” Accessed: May 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.ensadoras-chile.cl/2020/11/ensadora-de-granos-polvos-semi.html>
- [38] ENVASADORAS-CHILE, “Maquinas Envasadoras rellenas envasadora de granos, líquidos, aceites y otros +56 994 078 458: Envasadora de granos polvos automática.” Accessed: May 31, 2023. [Online]. Available: <https://www.ensadoras-chile.cl/2020/11/ensadora-de-granos-polvos-automatica.html>

- [39] CORPMAQPLAST, “Envasadoras Automáticas.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.corpmaqplast.com/categoria-producto/ensadoras-automaticas/>
- [40] Honor Pack, “Envasadora de llenadora y selladora con transportador VFH6-B420.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://honorpack.com/es/ensadora-de-llenadora-y-selladora-con-transportador-vfh6-b420/>
- [41] CORPMAQPLAST, “Envasadora Automática De Granos CMP-DXDK800.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.corpmaqplast.com/producto/ensadora-automatica-de-granos-cmp-dxdk800/>
- [42] CORPMAQPLAST, “Envasadora Automática De Té CMP-DXDCH10B.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.corpmaqplast.com/producto/ensadora-automatica-de-te-cmp-dxdch10b/>
- [43] BoJupack, “Máquina empacadora vertical, máquina Doypack, proveedor de máquinas empacadoras de polvo.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: https://www.bojupacking.com/ensadora-de-polvos/powder-vertical-machine-es.html?gad=1&gclid=EAIaIQobChMI9pf-5_rU_gIVMwezAB3ZUQuSEAAyAAEgLFefD_BwE
- [44] CORPMAQPLAST, “Envasadora Automática De Polvos CMP-DXDF-800.” Accessed: Apr. 30, 2023. [Online]. Available: <https://www.corpmaqplast.com/producto/ensadora-automatica-de-polvos-cmp-dxdf-800/>
- [45] T. De, G. Previo, A. La Obtención, and D. T. De, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA ‘SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS’”.
- [46] Gutiérrez Cortez Christopher David, “SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE NACHOS PARA UNA MÁQUINA DISPENSADORA,” *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE - IBARRA – ECUADOR*, 2020.
- [47] A. Francisco and M. Carrillo, “ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA ‘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’ TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO MAURICIO FERNANDO IZA CASTRO”.
- [48] MIKAI - HEATING AND PACKAGING, “mordazas-para-barras-de-sellado-silicon6 – MIKAI – Heating & Packaging,” Monterrey. Accessed: Jun. 04, 2023. [Online]. Available: <http://mikai.mx/hule-silicon/mordazas-para-barras-de-sellado-silicon6/>
- [49] A. Wladimir *et al.*, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE PESADO Y SELLADO DE PRODUCTOS GRANULADOS EN EL SUPERMERCADO CASTRO,” *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE PESADO Y SELLADO DE PRODUCTOS GRANULADOS EN EL SUPERMERCADO CASTRO*.
- [50] “China Blister de plástico de alta frecuencia/máquina de envasado de sellado de PVC para la soldadura, el embalaje Fotos e Imágenes - Made-in-china.com.” Accessed: Jun. 04, 2023. [Online]. Available: https://es.made-in-china.com/co_cnqiao/image_High-

Frequency-Blister-Plastic-Sealing-Packaging-Machine-for-PVC-Welding-Packing_rirhigiug_2f1j00ktKYnGrqEFoO.html

- [51] Tecnología de los Plásticos, “Termosellado,” 2019. Accessed: Jun. 04, 2023. [Online]. Available: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2013/12/termosellado.html>
- [52] C. De Mecatrónica, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DOSIFICADORA Y EMPACADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA SNACKS CON UNA CAPACIDAD DE 1000 cm³,” *KEVIN PAUL QUINTUÑA VAZQUEZ*.
- [53] A. Wladimir *et al.*, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DE PESADO Y SELLADO DE PRODUCTOS GRANULADOS EN EL SUPERMERCADO CASTRO”.
- [54] LOS TEQUES ALL TERRAIN, “Que es una tolva Como funciona, Para que sirve, tipos y más.” Accessed: May 31, 2023. [Online]. Available: <https://ltqallterrain.com/maquinaria/que-es-una-tolva/>
- [55] “Tolvas - Productos hechos a medida por J.Giménez - Taller de Calderería.” Accessed: May 31, 2023. [Online]. Available: <http://www.caldereriajgimenez.com/productos-tolvas.html>
- [56] MINISTERIO DE INDUSTRIAS Y PRODUCTIVIDAD, “RTE-284,” *REGLAMENTO TÉCNICO ECUATORIANO RTE INEN 284 “CANTIDAD DE PRODUCTO EN PREENVASADOS/PREEMPACADOS”*, Accessed: Jan. 05, 2024. [Online]. Available: www.normalizacion.gob.ec
- [57] Gusther Flexible Packaging Equipment, “EQUIPOS DE ENVASADO AUTOMÁTICO PARA ENVASADO DE VISCOSOS.” Accessed: Jan. 05, 2024. [Online]. Available: <https://www.gustherpack.com/envasado-de-viscosos.html>
- [58] DIPAC, “CATALOGO PRODUCTOS DE ACERO,” 2020, Accessed: May 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.dipacmanta.com/Catalogos-descargas/catalogo-2020.pdf>
- [59] Gutiérrez Cortez Christopher David, “SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE NACHOS PARA UNA MÁQUINA DISPENSADORA,” 2020. Accessed: May 01, 2023. [Online]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10782/2/04%20MEC%20329%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- [60] FEDIMENTAL COMITÉ DE GALVANIZADORES, “Galvanización del Acero y sus Aplicaciones,” 2019.
- [61] T. De, G. Previo, A. La Obtención, and D. T. De, “UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA ‘SISTEMA DE DOSIFICACIÓN PARA UNA MÁQUINA EMPACADORA DE SNACKS’”.
- [62] Juan Jose Perdomo, “Sistema Neumatico T880 | PDF | Máquinas | Tecnología de vehículos.” Accessed: May 01, 2023. [Online]. Available: <https://www.scribd.com/document/437415218/Sistema-Neumatico-T880>
- [63] Muncie Power Products, “SISTEMAS HIDRÁULICOS MONTADOS EN CAMIONES,” 2020.

- [64] “(23) Neumática e Hidráulica Antonio Creus Solé LIBROSVIRTUAL | Gerson Gonzalez - Academia.edu.” Accessed: May 01, 2023. [Online]. Available: https://www.academia.edu/37145190/Neum%C3%A1tica_e_Hidr%C3%A1ulica_Antonio_Creus_Sol%C3%A9_LIBROSVIRTUAL
- [65] R. Automation, “Sistema ControlLogix Manual del usuario, 1756-UM001P-ES-P,” 2017.
- [66] “Vista de Introducción de Arduino.” Accessed: May 02, 2023. [Online]. Available: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/prepa4/article/view/6625/7531>
- [67] “TUBO CUADRADO GALVANIZADO | METALHIERRO MANTA-ECUADOR.” Accessed: Jan. 26, 2024. [Online]. Available: <https://metalhierro.com/producto/2431-tubo-cuadrado-galvanizado>
- [68] R. G. Budynas and J. Keith Nisbett, “Diseño en ingeniería mecánica de Shigley, 9na Edición.”
- [69] “Amazon.com: Motor de CC de alto par 12 V/24 V Motor de imán permanente Mini motor de CC Motor generador DIY 30W CW/CCW 3500/7000RPM con Moun : Herramientas y Mejoras del Hogar.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: https://www.amazon.com/-/es/Motor-alto-im%C3%A1n-permanente-generator/dp/B0B221MQLC/ref=pd_bxgy_d_sccl_1/146-8521695-2419628?pd_rd_w=DQYcm&content-id=amzn1.sym.2b132e63-5dcd-4ba1-be9f-9e044543d59f&pf_rd_p=2b132e63-5dcd-4ba1-be9f-9e044543d59f&pf_rd_r=7F9Z9D1K6F66EZN2GJQ0&pd_rd_wg=FGyvJ&pd_rd_r=ef478260-9a8f-41f7-81e5-d73e8c942cde&pd_rd_i=B0B21YW465&th=1
- [70] “Controlador Velocidad Pwm Motor Dc Display Switch 6-60v 30a | MercadoLibre.” Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-516913041-controlador-velocidad-pwm-motor-dc-display-switch-6-60v-30a-_JM#position=28&search_layout=stack&type=item&tracking_id=049def4a-5b40-4f44-969d-f2f122ceef0e&gid=1&pid=2
- [71] TOJU9487845, “Termostato Medidor De Temperatura Modelo Rex C-100 Controlad,” Quito Ecuador. Accessed: Jan. 09, 2024. [Online]. Available: <https://www.ocompra.com/ecuador/item/termostato-medidor-de-temperatura-modelo-rex-c-100-controlad-532649542/>
- [72] “Pantalla Tactil Hmi Kinco Gl07e Ethernet 7pLG | Envío gratis.” Accessed: Jan. 11, 2024. [Online]. Available: https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-519864667-pantalla-tactil-hmi-kinco-gl07e-ethernet-7plg-_JM#position=4&search_layout=stack&type=item&tracking_id=0befb311-bb48-4b0d-9abd-ec11814d2910&gid=1&pid=2

ANEXOS

ANEXO I. PROCESO PARA DETERMINAR UN CILINDRO NEUMÁTICO

El proceso de selección para determinar un cilindro neumático se plantea mediante las ecuaciones del Capítulo 3.3; a continuación, se muestra el cálculo del cilindro neumático que permitirá cortar la fruta que servirá como guía para determinar los cilindros neumáticos restantes.

- **Fuerza neta del pistón**

$$\begin{aligned}F_{neta} &= m * g \\F_{neta} &= 15 * 9,81 \\F_{neta} &= 147,15 [N]\end{aligned}$$

Donde:

- F : fuerza neta [N].
- g : 9,81 [m/s^2].
- m : 15 [kg].

El valor de la $F_{neta} = 147,15 [N]$.

- **Fuerza de rozamiento**

$$\begin{aligned}Fr &= 0,1 * F_{neta} \\Fr &= 0,1 * 147,15 [N] \\Fr &= 14,715 [N]\end{aligned}$$

Donde:

- Fr = Fuerza de rozamiento [N].
- F_{neta} = Fuerza neta [N].

El valor de la $Fr = 14,715 [N]$.

- **Fuerza total**

$$\begin{aligned}FT &= F_{neta} + Fr \\FT &= 147,15 + 14,715 \\FT &= 161,86 [N]\end{aligned}$$

Donde:

- FT = Fuerza Total [N].
- Fr = Fuerza de rozamiento [N].
- F_{neta} = Fuerza neta [N].

El valor de la $FT = 161,86$ [N].

- **Área del embolo**

$$A = F/P$$
$$A = \frac{161,86}{0,6}$$
$$A = 269,77[mm^2]$$

Donde:

- A = Área del embolo [mm^2].
- F = Fuerza total [N].
- P = Presión 0,6 [Mpa].

El área del embolo $A = 269,77[mm^2]$.

- **Diámetro del embolo**

$$D = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$$
$$D = \sqrt{\frac{4 * 269,77[mm^2]}{\pi}}$$
$$D = 18,53$$

Donde:

- D = Diámetro del embolo [mm].
- A = Área del embolo [mm^2].

El diámetro del embolo $D = 18,53[mm^2] \approx 19[mm^2]$

ANEXO II. CÁLCULO PARA UN PERFIL DE TUBO CUADRADO

El tubo cuadrado seleccionado se encuentra planteado en la sección 3.2.3, sin embargo, no se encuentra disponible en el mercado ecuatoriano por lo que se plantea una alternativa en la Tabla 17, con dimensiones de $\frac{3}{4}$ '' mm de pulgada y con un espesor de 1,5 mm. A continuación, se calcula el factor de seguridad de este perfil.

- **Momento máximo**

El momento máximo se calculó en la sección 3.2 mediante el software libre XVIGAS con un valor 3,90 Nm. Página [59]

- **Centroide de la viga**

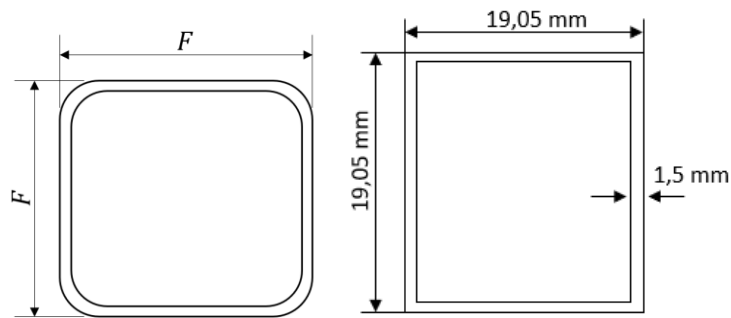


Figura 76. Perfil de tubo cuadrado.

$$c = \frac{h}{2}$$

$$c = \frac{19,05}{2}$$

$$c = 9,525 [mm]$$

$$c = 0,009525 [m]$$

Donde:

- c : centroide [m].
- F : altura del perfil cuadrado [mm].

El valor del centroide $c = 0,009525 [m]$

- **Esfuerzo máximo de la viga**

$$\sigma_{Max} = \frac{Mc}{I}$$

$$Mc = 3,9 * 0,009525$$

$$Mc = 0,0371475$$

$$\sigma_{Max} = \frac{0,0371475}{5,4449 \times 10^{-9}}$$

$$\sigma_{Max} = 6822439,35 \text{ [Pa]}$$

$$\sigma_{Max} = 6,822439 \text{ [MPa]}$$

Donde:

- σ_{Max} : esfuerzo máximo [Pa].
- M : momento flector 3,9 [N]. [m].
- I : inercia [mm⁴].
- c : centro del tubo cuadrado [m].

La viga presenta un esfuerzo máximo de $\sigma_{Max} = 6,910262$ [MPa]

- **Cálculo de inercia**

$$I = \left(\frac{1}{12} b_1 h_1^3\right) - \left(\frac{1}{12} b_2 h_2^3\right)$$
$$I = \left(\frac{1}{12} * 19,05_1 * 19,05_1^3\right) - \left(\frac{1}{12} * 16,05_2 * 16,05_2^3\right)$$
$$I = 10974,85 - 5529,92$$
$$I = 5444,9314 \text{ [mm}^4\text{]}$$

Donde:

- I : inercia [mm⁴].
- b_1 : diámetro de la base exterior del tubo cuadrado [m].
- b_2 : diámetro de la base interior del tubo cuadrado [m].
- h_1 : diámetro de la altura exterior del tubo cuadrado [m].
- h_2 : diámetro de la altura interior del tubo cuadrado [m].

- **Factor de seguridad**

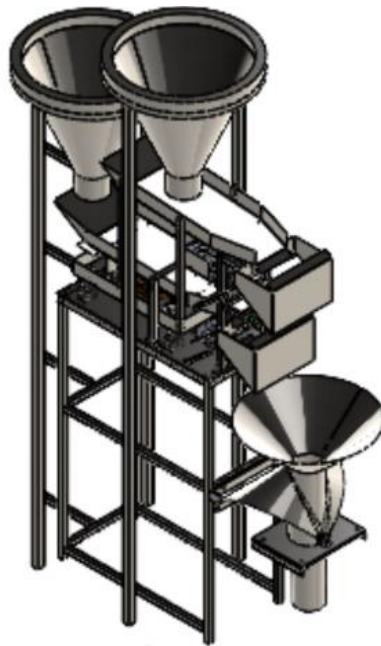
$$F_s = \frac{0,6S_y}{\sigma_{Max}}$$
$$F_s = \frac{0,6 * 203,9432}{6,822439}$$
$$F_s = 17,93$$

Donde:

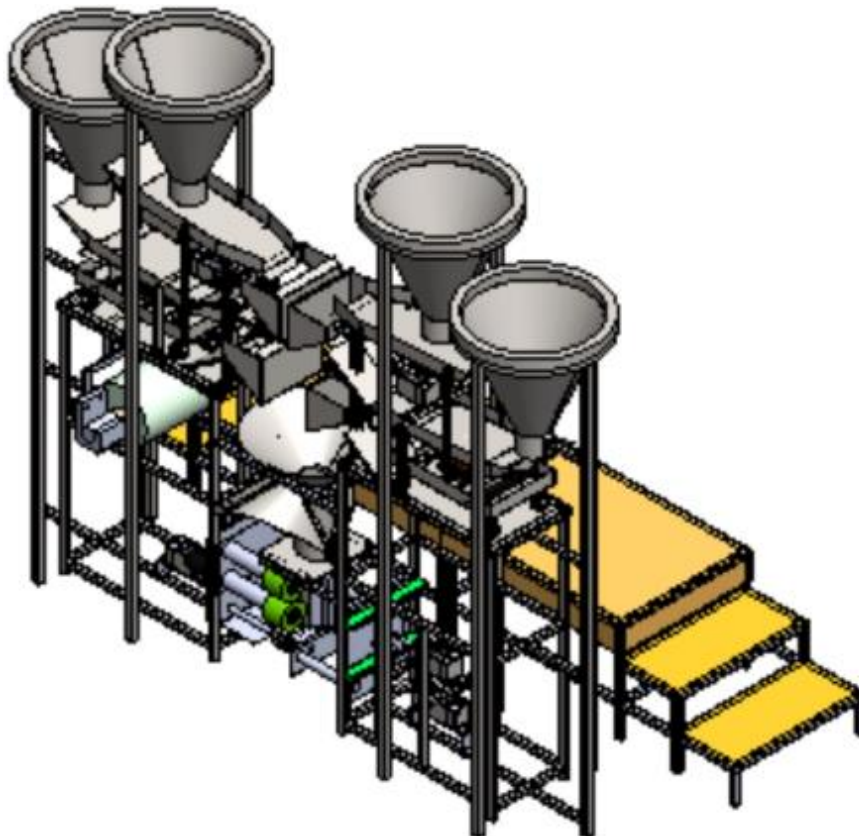
- F_s : factor de seguridad.
- S_y : esfuerzo del material.
- σ_{Max} : esfuerzo máximo.

Se determina un factor de seguridad de 17,93

ANEXO III. ENVASADORA DE FRUTAS DESHIDRATADAS INICIAL



Diseño de la envasadora inicial para dos tipos de frutas.






Diseño de la envasadora inicial para cuatro tipos de frutas.

ANEXO IV. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

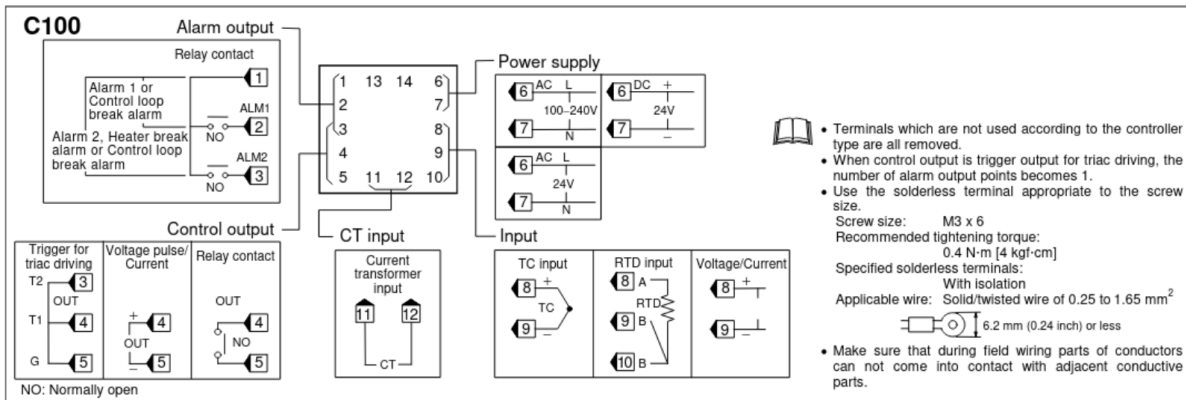
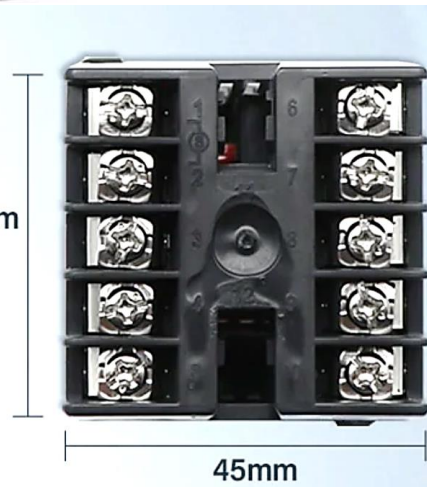
Model	GL070	GL070E	Mechanical Dimensions (Unit : mm)
Performance specification			
Display size	7" TFT		
Display area	154.08mm(W)x85.92mm(H)		
Resolution	800*480 pixels		
Display color	16.7M color		
Display angle of view	70/70/50/70(left/right/up/down)		
Contrast ratio	500:1		
Backlight	LED		
Brightness	250cd/m ²		
Backlight life	More than 30000 hours		
Touch panel	4 line precision resistance network (surface hardness 4H)		
CPU	ARM RISC 32Bit 800MHz		
Storage	128MB NAND Flash Memory + 128MB DDR3 Memory		
RTC	Built-in		
Extensible memory	1 USB Host		
Print port	USB Host/serial port		
Ethernet	None	10/100M self-adaption	
Program download	USB Slave(Micro USB) /U disk	USB Slave(Micro USB) /U disk/Ethernet	
Communication port	COM0:RS232/RS485/RS422; COM2:RS232		
Electrical specifications			
Input power supply	DC10V~DC28V,Built-in isolation power supply		
Rated power	3.6W @24V DC		
Allowable loss of power	< 3ms		
Insulation resistance	Over 50MΩ@500V DC		
Hi-pot test	500 VAC 1 minute		
Structure specifications			
Shell material	Engineering plastic		
Shape size	204mm*150mm*34mm		
Cutout size	192mm*138mm		
Weight	0.5Kg		
Environmental specifications			
Temperature of working environment	0 ~ 50°C		
Humidity of working environment	10 ~ 90% RH (non-condensing)		
Storage environment temperature	-20 ~ 60°C		
Storage environment humidity	10 ~ 90% RH (non-condensing)		
Sine vibration test	10 ~ 500Hz, 30m/s ² , X, Y, Z direction/hour		
Cooling mode	Natural air cooling		
Product certification			
Panel protection grade	Conforming to IP65 certification(4208—93)		
CE authentication	EN61000-6-4:2007+A1:2011, EN61000-6-2:2005		
Software			
Configuration software	Kinco DTools V3.3 and above version		

Kinco[®] Automation

Data Sheet del HMI Kinco GL07.

Size		<p style="text-align: center;">Short Shaft</p> <p style="text-align: center;">Unit: mm</p>			
		<p style="text-align: center;">Long Shaft</p> <p style="text-align: center;">Unit: mm</p>			
		<p style="text-align: center;">Screw Shaft</p> <p style="text-align: center;">Unit: mm</p>			
3420 DC Motor					
Voltage (VDC)	No-load Speed (RPM)	No-load Current (A)	Rated Speed (RPM)	Rated Current (A)	Stall Current (A)
12V	3500	0.31	2400	2.42	3.1
24V	7000	0.35	5100	2.76	3.37

Modelo por parte del fabricante motor DC 3420 de imán permanente 3500/7000 RPM.

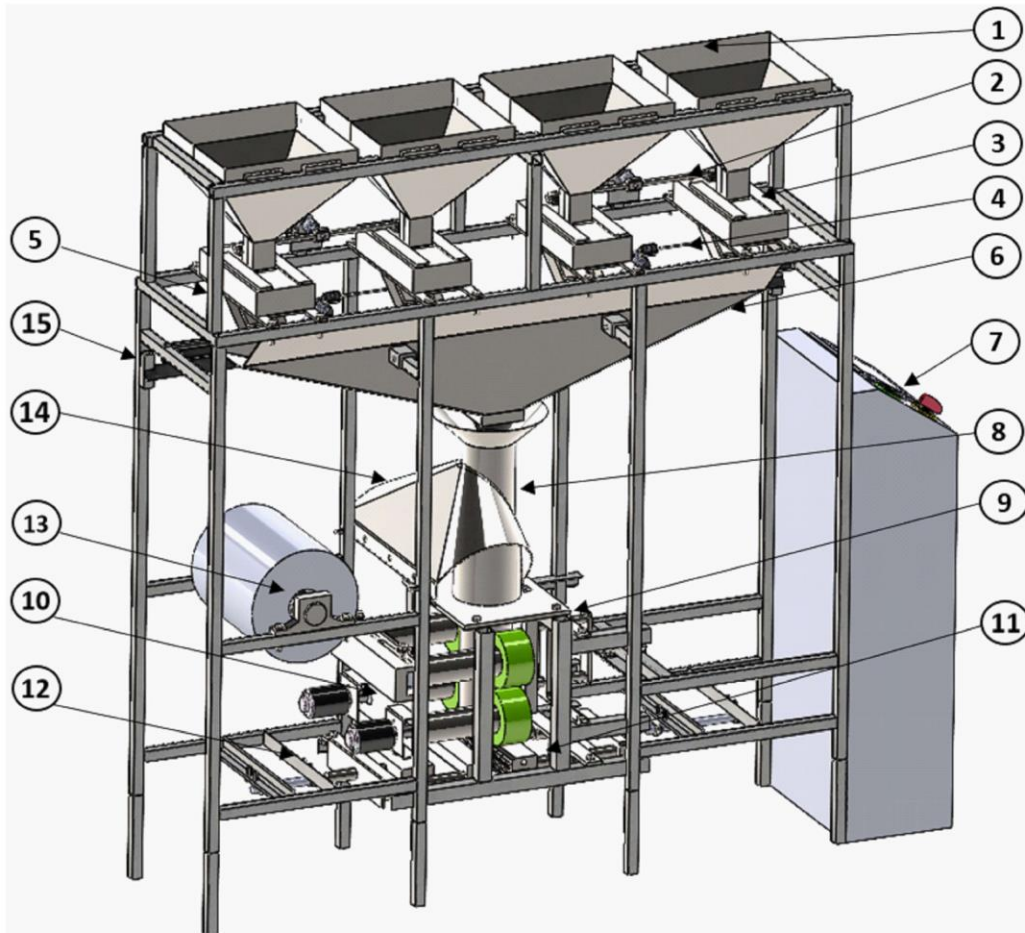


Configuración de los terminales del controlador de temperatura REX -C100.


ANEXO V. RESISTENCIA A LA TENSIÓN DEL ELECTRODO

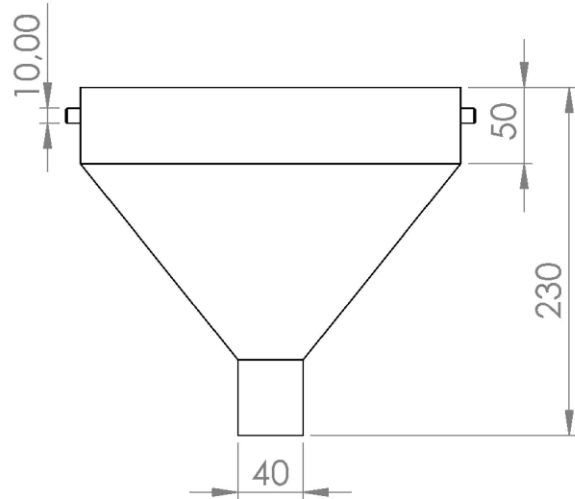
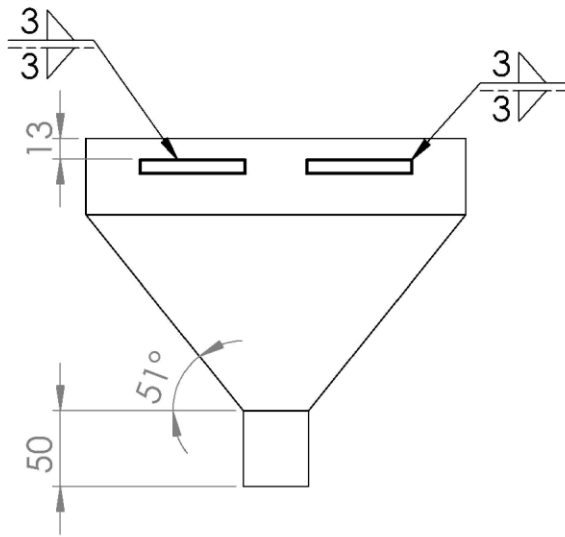
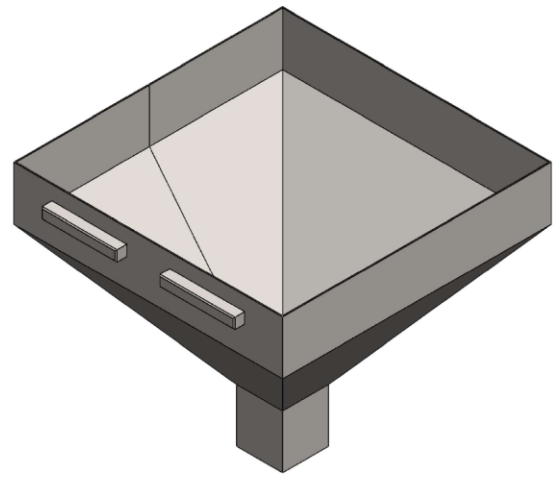
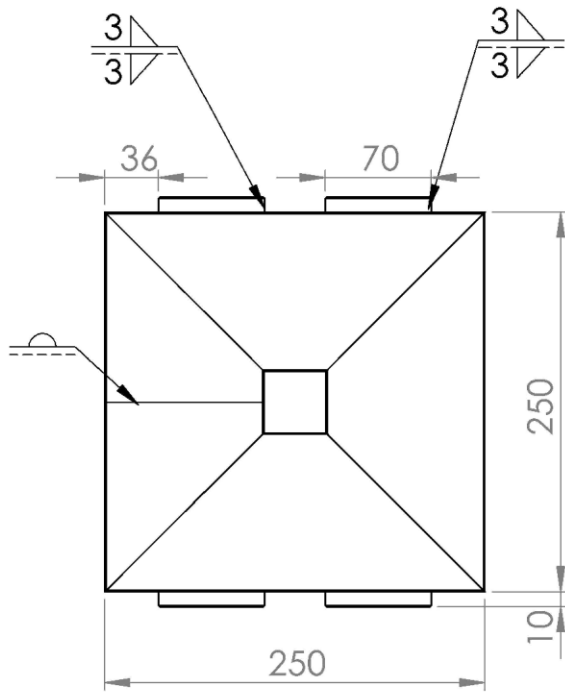
Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14


ANEXO VI. PLANOS MECÁNICOS DE LA MÁQUINA ENVASADORA

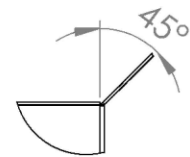
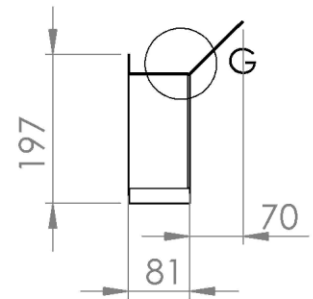
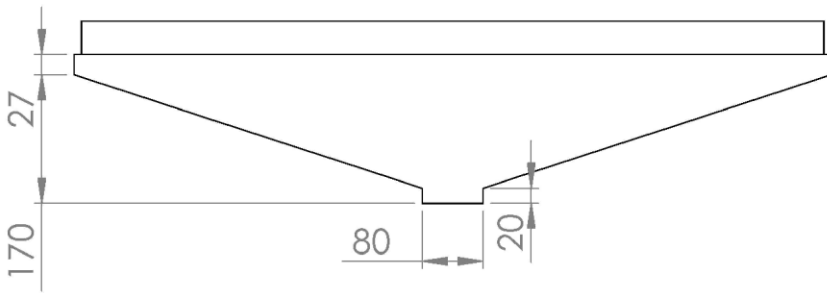
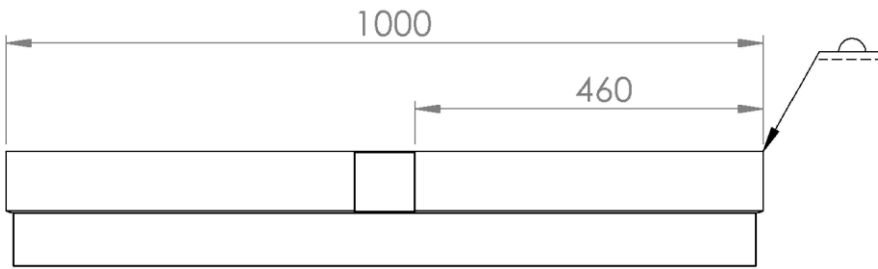
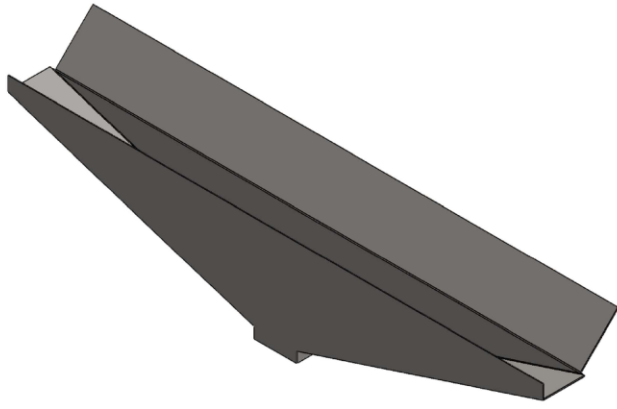


Nº	PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Tolva	Depósito	4
2	Eje de cuchilla	Movimiento	2
3	Guía de cuchilla	Direccionamiento	4
4	Eje de compuerta	Movimiento	2
5	Compuerta	Posicionamiento	4
6	Tolva grande	Direccionamiento	1
7	Sistema de control	Multidisciplinario	1
8	Tubo integral	Direccionamiento	1
9	Sellado vertical	Posicionamiento	1
10	Sistema de guiado	Movimiento	4
11	Sellado horizontal	Posicionamiento	1
12	Sistema de corte de la funda	Direccionamiento	1
13	Chumacera	Movimiento	2
14	Camisa guía	Direccionamiento	1
15	Estructura	Tubo cuadrado	1


Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	NA
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Vista del ensamble de la máquina envasadora de frutas deshidratadas	Escala: 1:15	Código:	10.4968.01	Tol.: ±1 mm	



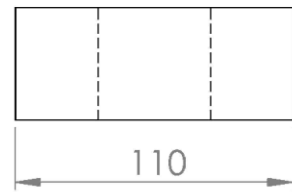
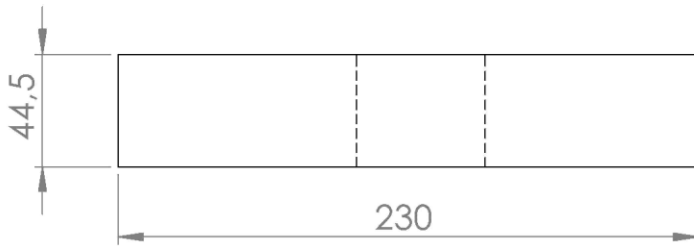
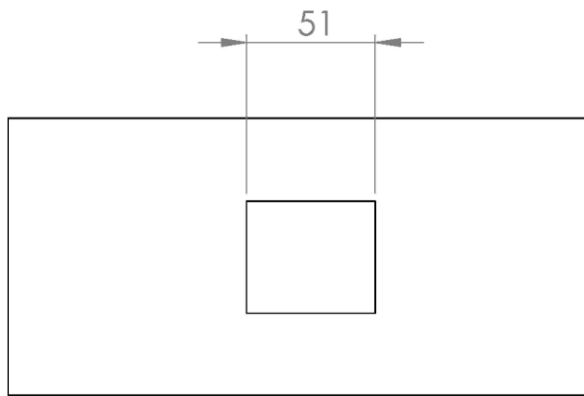
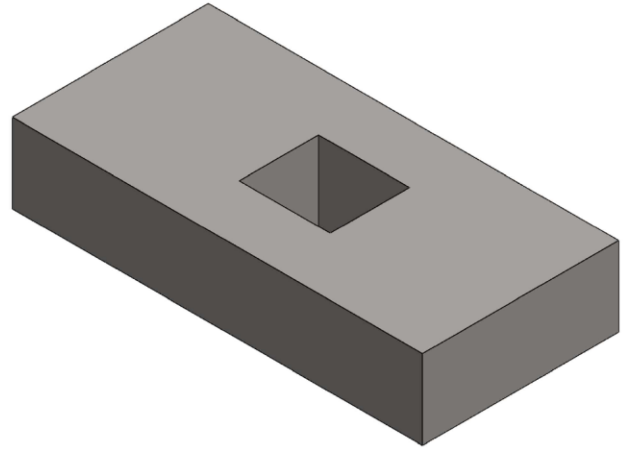
Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	230 x 250 x 40 mm
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Tolva de almacenamiento	Escala: 1:5	Código:	10.4968.01.01	Tol. Gral.:	± 1mm




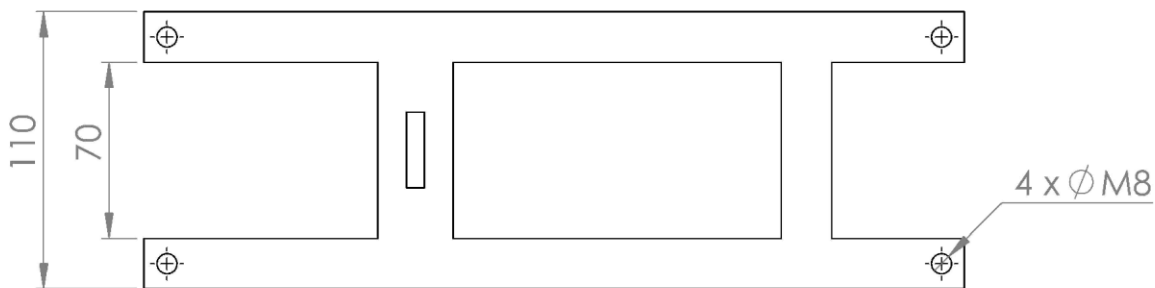
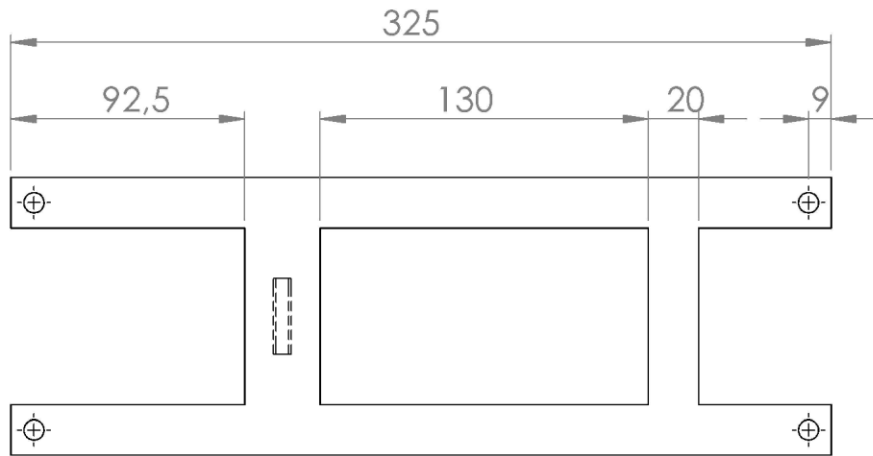
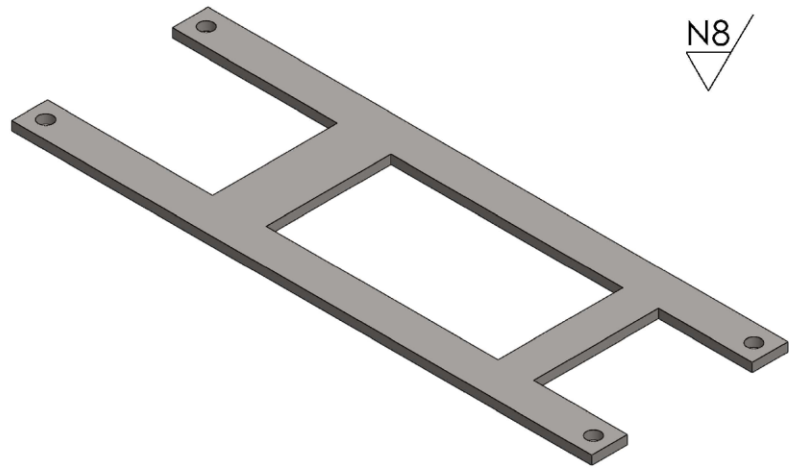
DETALLE G
ESCALA 1 : 5


Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	1000 x 81 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Tolva grande	Escala:	1:10	Codigo:	10.4968.01.02	Tol. Gral.: ± 1mm

N5



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304		Dimensiones brutas:	230 x 210 x 44.5 mm	
Recubrimiento:	NA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023			
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023			
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023			
Cubo dosificador	Escala:	1:3	Codigo:	10.4968.01.03	Tol. Gral.:	± 1mm	



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	325 x 110 x 5 mm
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Soporte del cubo dosificador	Escala:	1:3	Codigo:	10.4968.01.04	Tol. Gral.: ± 1mm

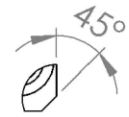
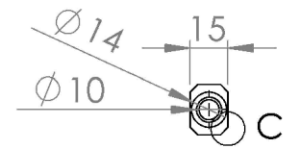
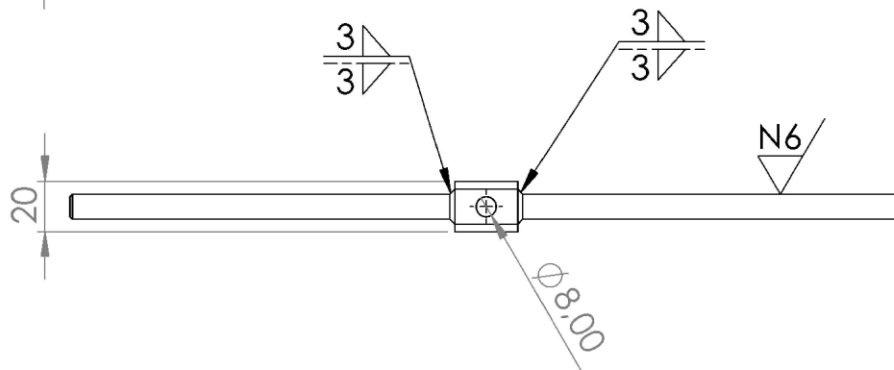
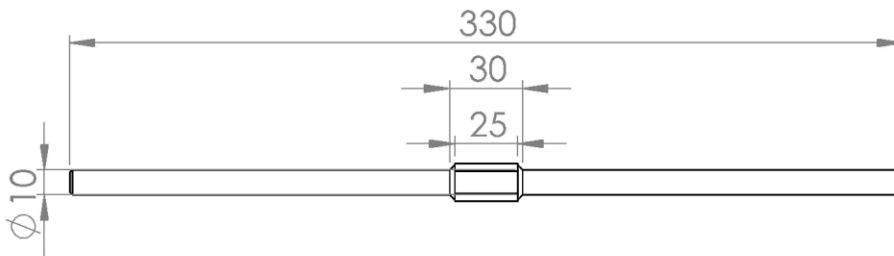
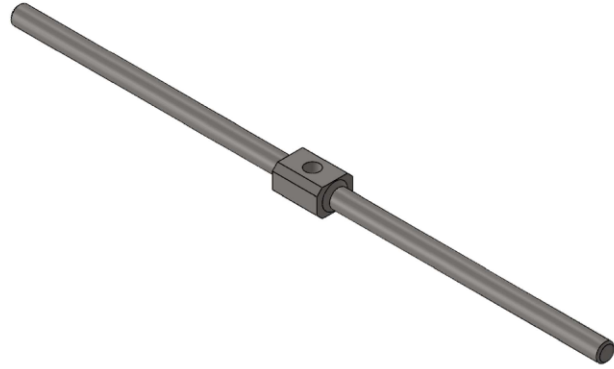
4

3


2

1

N6



DETALLE C
ESCALA 2 : 3

Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	10 x 330 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Eje de la cuchilla que corta el producto	Escala: 1:3	Código:	10.4968.01.05	Tol. Gral.: ± 1mm	

4

3

2

1

4

3

2

1

N6

F

F

E

E

D

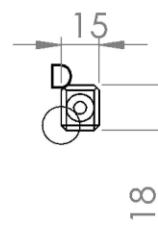
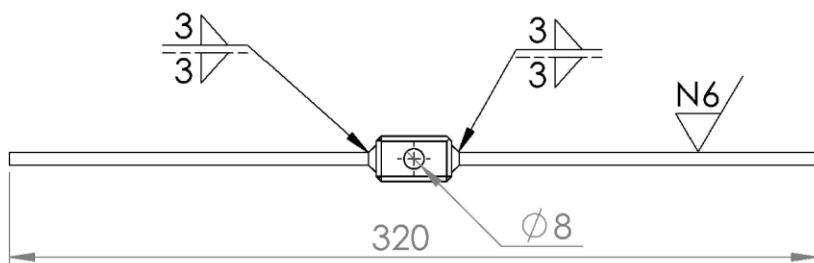
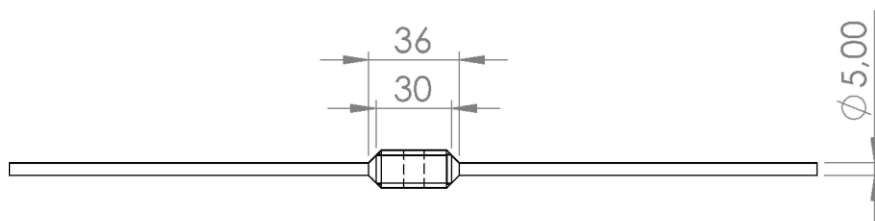
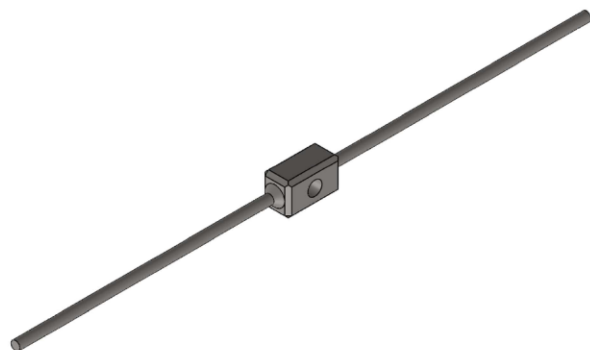
D

C

C

B

B



45°
DETALLE D
ESCALA 2 : 3

Tratamiento termico:

NA

Material:

Acero AISI 304

Dimensiones brutas:

5 x 320 mm

Recubrimiento:

NA

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA

Diseño:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Dibujo:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Revisó:

Ing. Sotomayor Reinoso Luisa

10/08/2023

Eje de la compuerta

Escala:

1:3

Codigo:

10.4968.01.06

Tol. Gral.:

± 1mm

4

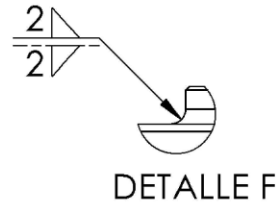
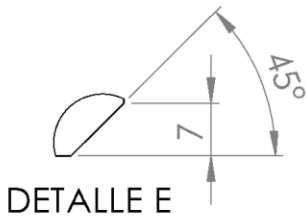
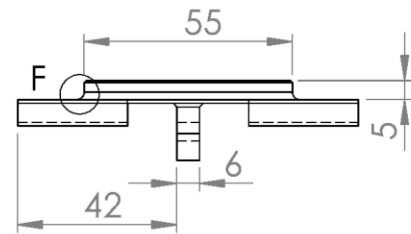
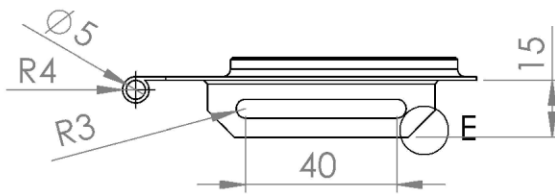
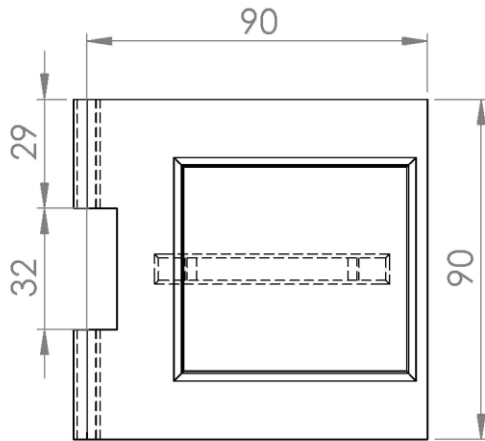
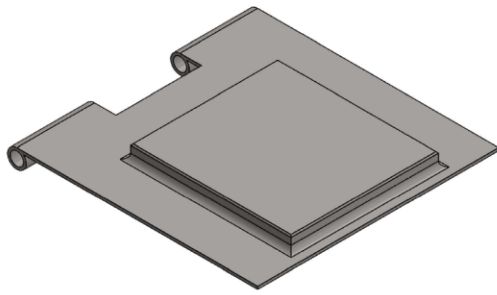
3


2

1

A

A



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	90 x 90 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Compuerta	Escala: 1:2	Código:	10.4968.01.07	Tol. Gral.: ± 1mm	

4

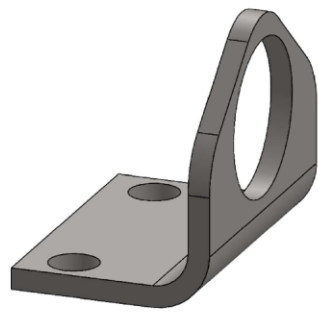
3

2

1

F

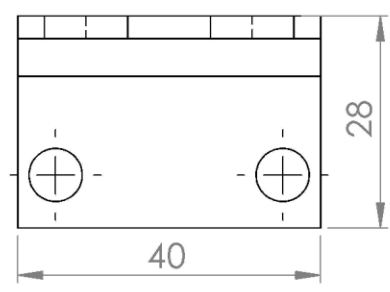
F



N7

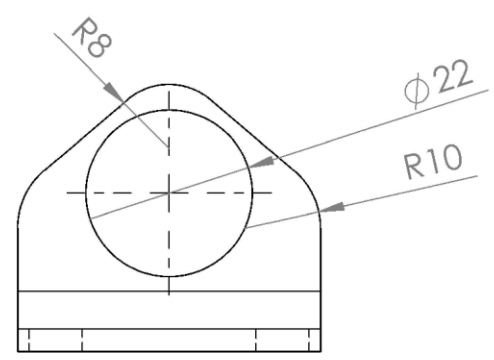
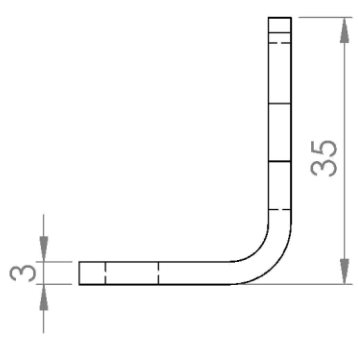
E

E



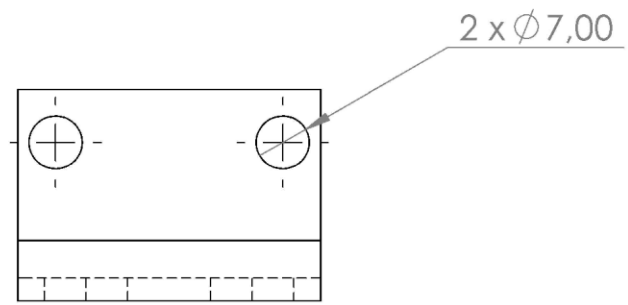
D

D



C

C



B

B

Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	40 x 28 x 3 mm
Recubrimiento:	NA				

A

A

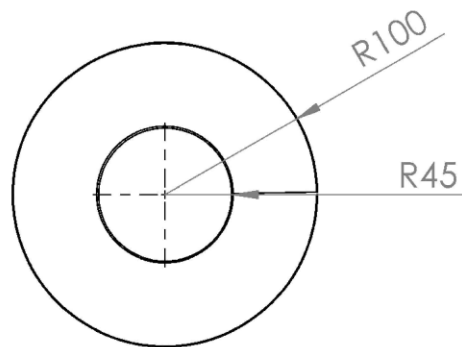
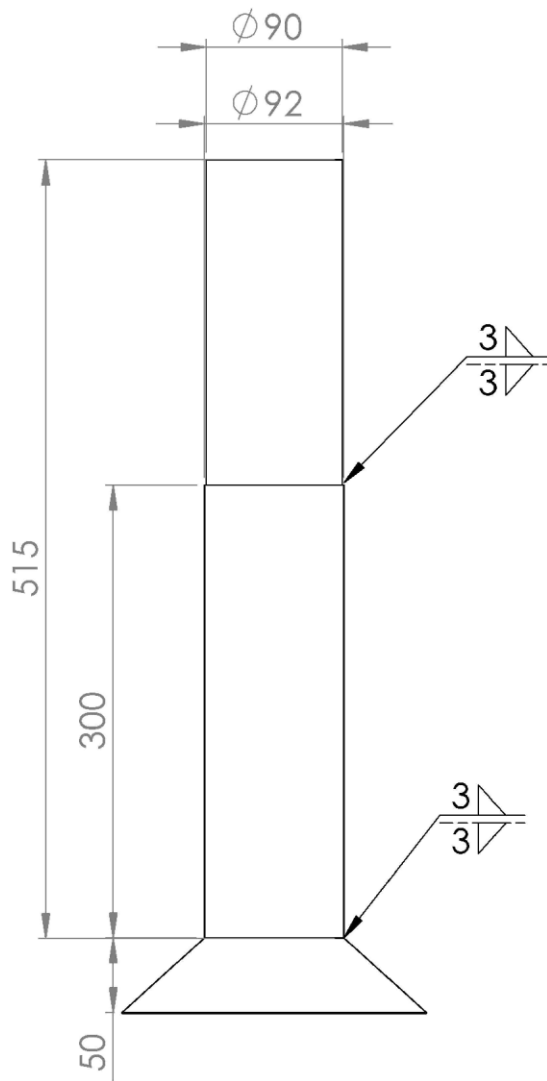
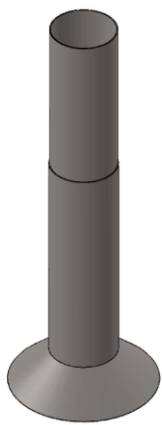
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Chapa metálica del cilindro neumático	Escala:	1:1	Codigo:	10.4968.01.08	Tol. Gral.: ± 1mm


4

3

2

1



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	R100 x R45 x 565 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Tubo integral	Escala: 1:5	Codigo:	10.4968.01.09	Tol. Gral.: ± 1mm	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

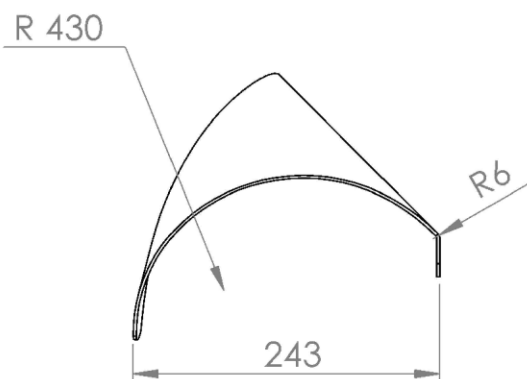
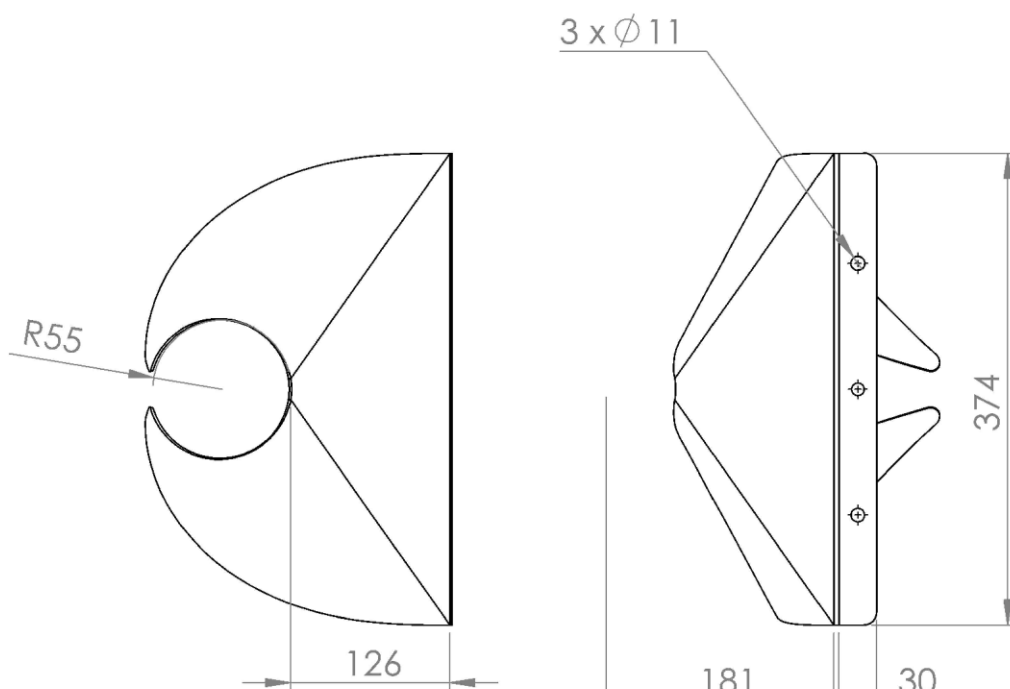
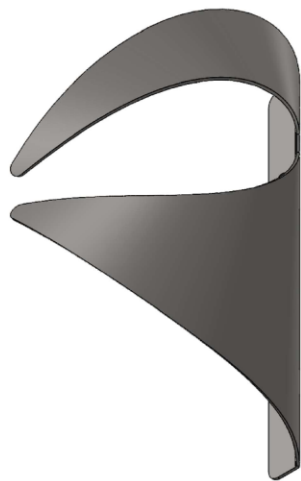
C

B

B

A

A



Tratamiento termico:

NA

Material:

Acero AISI 304

Dimensiones brutas:

NA

Recubrimiento:

NA

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA

Diseño:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Dibujo:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Revisó:

Ing. Sotomayor Reinoso Luisa

10/08/2023

Camisa

Escala:

1:6

Codigo:

10.4968.01.10

Tol. Gral.:

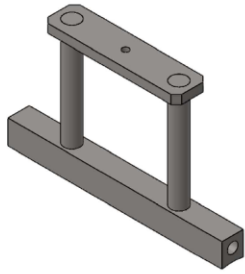
± 1mm

4

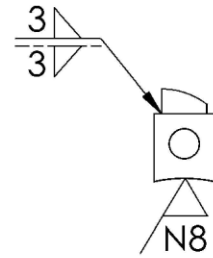
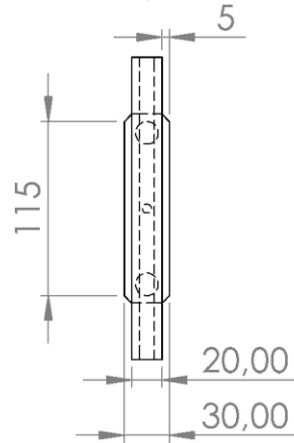
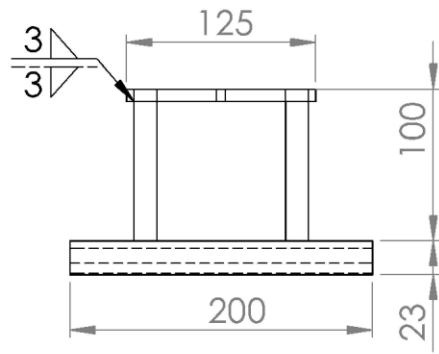
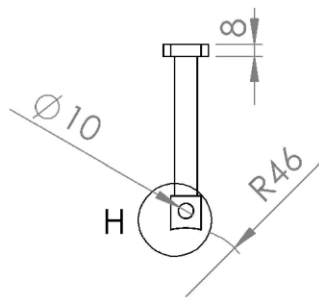
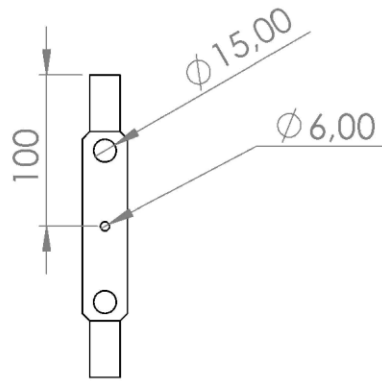
3

2


1



N8



DETALLE H
ESCALA 2 : 5

Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	200 x 123 x 30 mm
Recubrimiento:	NA				
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Mordaza superior de sellado	Escala: 1:5	Codigo:	10.4968.01.11	Tol. Gral.: $\pm 1\text{mm}$	

4

3

2

1

F

F

E

E

D

D

C

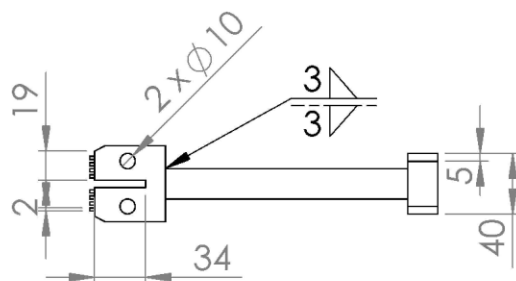
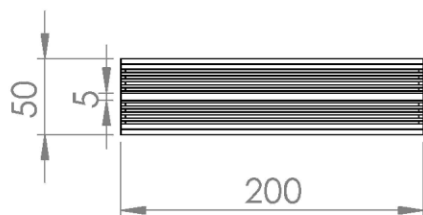
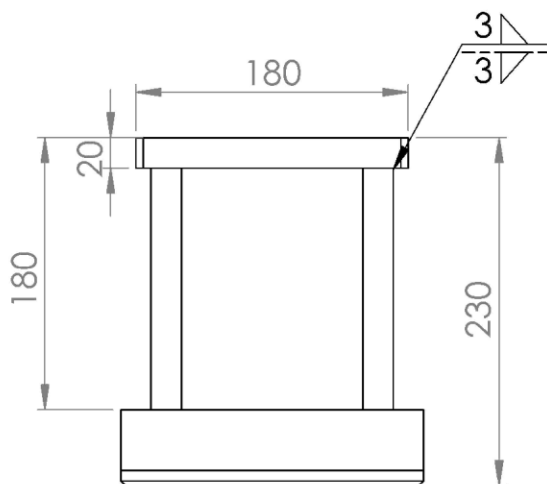
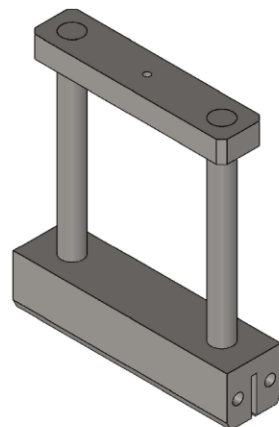
C

B

B

A

A



Tratamiento termico:

NA

Material:

Acero AISI 304

Dimensiones brutas:

200 x 230 x 50 mm

Recubrimiento:

NA

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA

Diseño:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Dibujo:

Barragan Barragan Rolando

10/08/2023

Revisó:

Ing. Sotomayor Reinoso Luisa

10/08/2023

Mordaza inferior de sellado

Escala:

1:5

Codigo:

10.4968.01.12

Tol. Gral.:

± 1mm

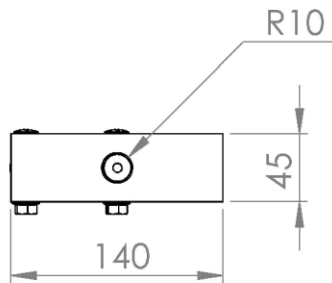
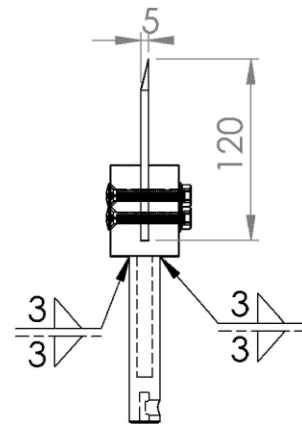
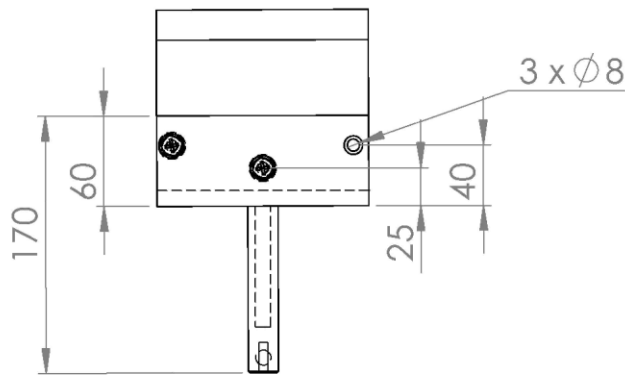
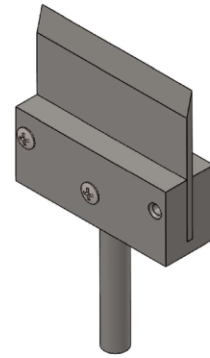
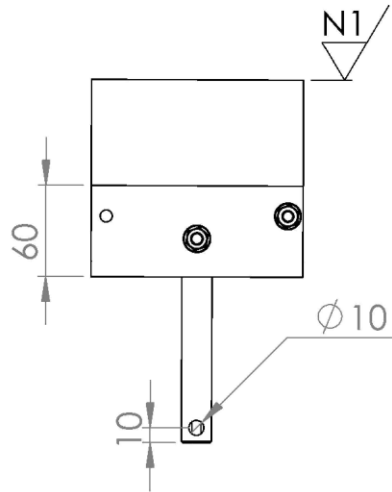
4


3

2

1

N6



Tratamiento termico:	NA	Material:	Acero AISI 304	Dimensiones brutas:	170 x 140 x 45 mm
Recubrimiento:	NA	Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA		Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023	
		Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023	
Portacuchilla	Escala: 1:5	Codigo:	10.4968.01.13	Tol. Gral.:	± 1mm

4

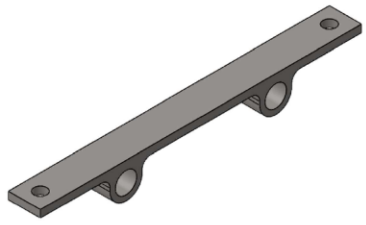
3

2

1

F

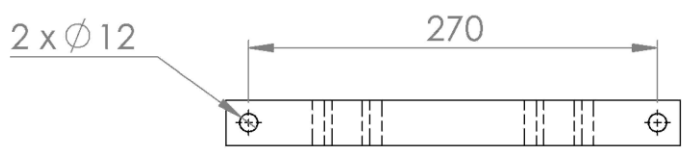
F



N8
▽

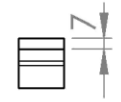
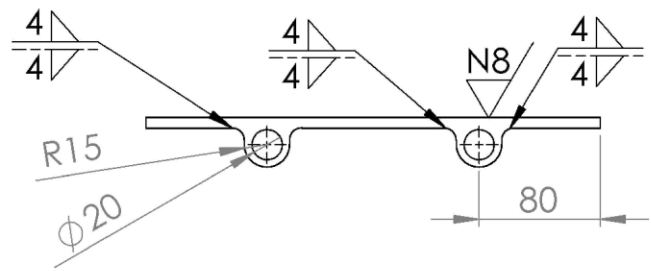
E

E



D

D



C

C



B

B

Tratamiento termico:	NA	Material:	Aceros AISI 304	Dimensiones brutas:	230 x 250 x 40 mm
Recubrimiento:	NA				

A

A

CARRERA DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA



Diseño:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023
Dibujo:	Barragan Barragan Rolando	10/08/2023
Revisó:	Ing. Sotomayor Reinoso Luisa	10/08/2023

Soporte de la mordaza	Escala: 1:5	Codigo: 10.4968.01.14	Tol. Gral.: ± 1mm
-----------------------	----------------	--------------------------	----------------------

4

3

2

1