

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“Diseño de una máquina embolsadora por peso para frutos secos y
deshidratados con fundas tipo doypack”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Winter Leonardo Burgos Cuadros

Peter Ismael Charco Gómez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico primeramente a Dios por darme fortaleza para seguir adelante. A mis padres, Pedro Charco Asitimbay y Esther Gómez Suqui por haberme brindado su apoyo incondicional y por aconsejarme durante toda mi carrera, a mis hermanos, quienes siempre me alientan a mejorar y nunca darme por vencido.

A mis amigos y compañeros del laboratorio de computación FIMCP, por darme buenas vibras y su respaldo. Y a mis amigos que me ha regalado el pre y la facultad, por brindarme su apoyo y siempre estar presente cuando más lo necesitaba.

Peter Ismael Charco Gómez

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestros tutores MSc. Galo Durazno y MSc. Fausto Maldonado, y nuestro coordinador MSc. Rodolfo Paz quienes nos guiaron en el proyecto; a nuestros amigos y compañeros quienes nos brindaron sus comentarios y recomendaciones; a la Ing. Eliana Vera, por darnos la oportunidad de realizar el proyecto, y finalmente gracias a los profesores de Ingeniería mecánica de la FIMCP, quienes nos han brindado sus enseñanzas y experiencias a lo largo de la carrera.

Winter Leonardo Burgos Cuadros

Peter Ismael Charco Gómez

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; **Winter Leonardo Burgos Cuadros y Peter Ismael Charco Gómez** y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



**Winter Leonardo
Burgos Cuadros**



**Peter Ismael Charco
Gómez**

EVALUADORES

RODOLFO
EZEQUIEL
PAZ MORA

Digitally signed by
RODOLFO EZEQUIEL
PAZ MORA
Date: 2020.09.21
20:20:49 -05'00'


Rodolfo Paz Mora

PROFESOR DE LA MATERIA



Galo Durazno Palacios

PROFESOR TUTOR



Fausto Maldonado Galarza

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto tiene como propósito el diseño de una máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados utilizando fundas tipo doypack, para automatizar y optimizar el proceso de empaque en presentaciones de 100[g], 200[g] y 250[g]. La máquina consta de 4 funciones principales: dosificación, manipulación de fundas, sistema de sellado y control de operación. Para llevar a cabo el diseño y selección de elementos de cada función se realizó una matriz de decisión, bajo los criterios de: costo, mantenimiento, implementabilidad, confiabilidad y facilidad montaje. Además, se usó análisis de elementos finitos bajo carga estática y térmica para los componentes críticos.

El sistema de dosificado se lo diseñó para una capacidad de 45 [kg/h], siguiendo las recomendaciones de la norma UNE-ENV 1991-4, obteniendo una producción de 180 [fundas/h]. Se seleccionó una temperatura de sellado de 140[°C] suministrado por una resistencia eléctrica de 325[W] con un área de sellado 320x10[mm]. Para la manipulación de fundas se implementó un sistema neumático con 9 actuadores y 8 pinzas de vacío, los cuales demandan 486[l/min] a 6[bar], por lo cual se seleccionó un compresor de 3HP con su respectiva unidad de mantenimiento necesaria para estos sistemas. Su control es mediante un PLC de la marca Siemens programado para enviar y recibir señales de los diferentes componentes automatizando la máquina, logrando el objetivo principal del proyecto. Los materiales seleccionados son acero galvanizado e inoxidables y aluminio, por tratarse de una máquina para la industria alimenticia. El costo estimado es de \$8885.31, siendo menor al límite planteado.

Palabras Clave: Frutos secos y deshidratados, Doypack, Análisis de elementos finitos, sistema neumático.

ABSTRACT

This capstone project describes the design of a bagging machine for nuts and dried fruit with Doypack pouch, to automate and optimize the packaging process in 100 [g], 200 [g] and 250 [g] presentations.

The machine has 4 main functions: dosing, pouch handling, sealing system and operation control. To carry out the design and selection of elements of each function a decision matrix was made, based on weighted criteria, these were: cost, maintenance, implementability, reliability and easy assembly. In addition, finite element analysis under static and thermal load was used, the UNE-ENV 1991-4 Standard was used to the design of the dosing system. The selected materials are steel galvanized, stainless steel and aluminum.

The dosing system was designed for a capacity of 45 [kg/h], according to the recommendations of the UNE-ENV 1991-4 Standard, obtaining a production of 180 [pouch/h]. A sealing temperature of 140 [°C] was selected, supplied by an electrical resistance of 325 [W] with a sealing area of 320x10 [mm]. For the handling of pouches, a pneumatic system with 9 actuators and 8 vacuum clamps was implemented, which requires 486 [l/min] at 6 [bar], so a 3 HP compressor with its respective maintenance unit was selected. It is controlled by a Siemens PLC programmed to send and receive signals from the different components automating the machine, achieving the main objective of the project. The selected materials are steel galvanized, stainless steel and aluminum, because it is a machine for the food industry. The estimated cost is, this is \$ 9000, which is less than the stated limit.

Keywords: *Nuts and dried fruit, Doypack, finite element analysis, Pneumatic system.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
SIMBOLOGÍA.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Definición del Problema.....	1
1.2 Justificación del proyecto	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco teórico.....	2
1.4.1 Industria alimenticia	2
1.4.2 Industria de frutos secos y deshidratados.....	3
1.4.3 Proceso de empaque.....	4
1.4.4 Máquina embolsadora	5
CAPÍTULO 2.....	12
2. Metodología	12
2.1 Diseño Conceptual	12
2.1.1 Objetivos y restricciones de diseño.....	12
2.1.2 Funciones de diseño, caja negra y caja transparente.....	13
2.1.3 Análisis y selección de la solución	15

2.2	Diseño de forma	21
2.3	Diseño detallado.....	22
2.3.1	Sistema de dosificado.....	23
2.3.2	Sistema de manipulación de fundas	26
2.3.3	Sistema de sellado.....	29
2.3.4	Control de operación.....	30
2.3.5	Diseño de estructura.....	32
CAPÍTULO 3.....		33
3.	Resultados Y ANÁLISIS	33
3.1	Sistema de dosificado	33
3.2	Sistema de manipulación de fundas.....	37
3.3	Sistema de sellado	39
3.4	Control de operación	43
3.5	Análisis de la estructura	48
3.6	Análisis de costos.....	51
CAPÍTULO 4.....		53
4.	Conclusiones Y Recomendaciones	53
4.1	Conclusiones.....	53
4.2	Recomendaciones.....	54
BIBLIOGRAFÍA		
APÉNDICES		

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AISI	American Iron Steel Institute
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
FDA	Food and Drug Administration
UNE	Una Norma Española
PLC	Controlador Lógico Programable
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWS	American Welding Society
PID	Proporcional, Integral y Derivativo
PIC	Programmable Integrated Circuit

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
cm	Centímetro
m	Metro
g	Gramo
kg	Kilogramo
J	Joule
K	Kelvin
°C	Grados Centígrados
W	Watts
min	Minuto
h	Hora
s	Segundo
bar	Bares
Pa	Pascales
MPa	Mega-pascales
t	Tonelada
N	Newton
V	Voltios
VCC	Voltios en corriente continua
VAC	Voltios en corriente alterna
HP	Caballos de Fuerza
cc	Centímetros Cúbicos
l	Litros
V_d	Volumen de Diseño
m	Masa
$\bar{\rho}$	Densidad Promedio
Q	Potencia de la Resistencia Eléctrica
c	Calor Específico
ΔT	Variación de Temperatura
Δt	Intervalo de Tiempo
F_H	Fuerza de Succión

μ	Coeficiente de Fricción del Material
g	Gravedad
a	Aceleración
S	Factor de Seguridad
Q_a	Consumo de Aire
n	Número de Ciclos por Minuto
P_a	Presión Atmosférica
P_w	Presión de Trabajo
D_e	Diámetro del Émbolo
D_v	Diámetro del Vástago
e	Carrera
w	Peso

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Tipos de tolva de almacenamiento (Paredes, 2017)	5
Figura 1.2 Dosificador multicabezal (Enipack, s.f.)	6
Figura 1.3 Dosificador unicabezal (GRAVIPES, s.f.)	6
Figura 1.4 Tipos de vibrador neumático (Fideva, s.f.)	7
Figura 1.5 Vibrador electromagnético (TARNOS, s.f.)	7
Figura 1.6 Vibrador mecánico (SOMAI, s.f.)	8
Figura 1.7 Garra dosificadora (Zhongshan Weighlin Packaging Machinery, 2018)	8
Figura 1.8 Embolsadora estática (ALLIEDFLEX, s.f.)	9
Figura 1.9 Embolsadora horizontal (Maxpack, s.f.)	9
Figura 1.10 Embolsadora rotativa (Maxpack, s.f.)	10
Figura 2.1 Árbol de objetivos y medios 1-2	12
Figura 2.2 Árbol de objetivos y medios 2-2	13
Figura 2.3 Flujograma de diseño	13
Figura 2.4 Caja negra	14
Figura 2.5 Caja transparente	14
Figura 2.6 Alternativa A	17
Figura 2.7 Alternativa B	17
Figura 2.8 Alternativa C	18
Figura 2.9 Diseño de forma	21
Figura 2.10 Funda de empaque doypack, presentación de 100 [g]	23
Figura 2.11 Variables de tolva tipo piramidal	24
Figura 2.12 Alimentador por vibración (Machinery Xinxiang Dongzhen, s.f.)	25
Figura 2.13 Variables de las tolvas tipo bisel	25
Figura 2.14 Pinza por vacío (Festo, s.f.)	26
Figura 2.15 1er caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)	27
Figura 2.16 2do caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)	27
Figura 2.17 3er caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)	27
Figura 2.18 Efecto Venturi (Young, Freedman, Flores, Flores, & Sears, 2009)	28
Figura 2.19 Resistencia de cartucho (SG Electro Industrial, s.f.)	29
Figura 2.20 Actuador lineal, pistón neumático (Festo, 2020)	30
Figura 2.21 Entradas y salidas de un PLC	31
Figura 3.1 Dimensiones en [mm] de la tolva principal	33

Figura 3.2 Análisis de esfuerzos en la tolva principal	34
Figura 3.3 Análisis de deformación en la tolva principal	34
Figura 3.4 Alimentador por vibración	35
Figura 3.5 Dimensiones en [mm] de las tolvas de pesaje y descarga	36
Figura 3.6 Tolva de pesaje	37
Figura 3.7 Tolva de descarga	37
Figura 3.8 Sistema de manipulación de fundas	38
Figura 3.9 Dispensador de fundas	39
Figura 3.10 Mordaza	39
Figura 3.11 Análisis térmico funda de empaque	40
Figura 3.12 Temperatura vs tiempo del análisis térmico de la funda de empaque	41
Figura 3.13 Contorno de temperatura del aislante de las mordazas	41
Figura 3.14 Factor de seguridad del aislante	42
Figura 3.15 Sistema de sellado	42
Figura 3.16 Celda de carga (IPower Electronics, s.f.)	43
Figura 3.17 Diagrama esquemático del sistema neumático	44
Figura 3.18 Electroválvulas de 5/2 (RS Components, s.f.)	45
Figura 3.19 Diagrama de bloques del control de temperatura	45
Figura 3.20 Kit de control de temperatura (IPower Electronics, s.f.)	46
Figura 3.21 PLC S7-1200 (SIEMENS, s.f.)	46
Figura 3.22 Diagrama de flujo del proceso de embolsado que realiza la máquina	47
Figura 3.23 Estructura	48
Figura 3.24 Análisis de deformación de la estructura	49
Figura 3.25 Esfuerzo Von Mises de la estructura	49
Figura 3.26 Máquina embolsadora, diseño final	50
Figura A. 1 Tolva principal	63
Figura A. 2 Distribución de presión en función de la altura (Duran, 2000)	65
Figura A. 3 Tolva de pesaje y Tolva de descarga	66
Figura A. 4 Catálogo del alimentador (Machinery Xinxiang Dongzhen, s.f.)	67
Figura A. 5 Referencia para las fuerzas sobre el actuador giratorio (Festo, s.f.)	70
Figura A. 6 Deformación del aislante - Simulación Ansys Workbench	72
Figura A. 7 Esfuerzos sobre el aislante - Simulación Ansys Workbench	73
Figura A. 8 Factor de seguridad de la estructura	77
Figura A. 9 Factor de seguridad de la tapa inferior de tolva principal	78

Figura A. 10 Factor de seguridad de unión tolva de descarga	78
Figura A. 11 Factor de seguridad de eslabones de compuerta	79
Figura A. 12 Factor de seguridad de unión actuador giratorio.....	79
Figura A. 13 Catálogo rodamientos lineales LMK (EURO-BEARINGS LTD, s.f.).....	80
Figura A. 14 Catálogo rodamientos radiales (BULK-MAN 3D, s.f.)	80
Figura A. 15 Catálogo rodamientos lineales SCS (CNCCANEN Store, s.f.).....	81
Figura A. 16 Catálogo resortes (Century Spring Corp, s.f.)	82
Figura A. 17 Catálogo de actuadores lineales, modelos DSNU (Festo, 2020)	82
Figura A. 18 Catálogo de DSNU (continuación), (Festo, 2020)	83
Figura A. 19 Catálogo actuadores giratorios, modelo DRVS (Festo, s.f.).....	83
Figura A. 20 Datos técnicos del generador de vacío (Festo, s.f.)	84
Figura A. 21 Resistencia del teflón (DuPont Fluoroproducts)	84
Figura C. 1 Diagrama de conexión del amplificador HX711 (Electroni Lab, 2017).....	86
Figura C. 2 Diagrama de conexión del PIC16F877A.....	86
Figura C. 3 Diagrama de conexiones del PLC (entradas y salidas)	90
Figura C. 4 Diagrama de conexiones módulo S7-1200-SM 1222.....	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Requerimientos y criterios de diseño.....	15
Tabla 2.2 Escala de importancia para la comparación entre pares.....	15
Tabla 2.3 Tabla de comparación por pares entre criterios de diseño.....	16
Tabla 2.4 Tabla morfológica de funciones y medios.....	16
Tabla 2.5 Tabla de alternativas.....	19
Tabla 2.6 Métrica para evaluar las alternativas.....	18
Tabla 2.7 Matriz de decisión.....	20
Tabla 2.8 Densidad frutos secos.....	22
Tabla 3.1 Características del alimentador por vibración.....	35
Tabla 3.2 Consumo de flujo de aire por equipo.....	43
Tabla 3.3 Descripción del esquema neumático.....	44
Tabla 3.4 Componentes con potencia y voltaje.....	48
Tabla 3.5 Sistemas de la máquina.....	50
Tabla 3.6 Costos de la materia prima.....	51
Tabla 3.7 Costos de equipos y accesorios.....	51
Tabla 3.8 Costo estimado.....	52
Tabla A. 1 Densidades de los frutos a embolsar (Cookitsimply, 2020).....	62
Tabla A. 2 Dimensiones de la tolva principal.....	63
Tabla A. 3 Dimensiones de las tolvas de pesaje y descarga.....	65
Tabla A. 4 Selección de actuador lineal de compuerta.....	67
Tabla A. 5 Selección del actuador lineal de movimiento vertical.....	68
Tabla A. 6 Selección de actuador lineal de 90 [mm].....	69
Tabla A. 7 Selección del actuador fijo.....	69
Tabla A. 8 Selección del actuador de giro.....	70
Tabla A. 9 Selección de pinzas de vacío.....	71
Tabla A. 10 Selección de actuadores lineales.....	74
Tabla A. 11 Consumo de flujo de aire por equipo.....	75
Tabla A. 12 Cargas sobre la estructura.....	76
Tabla C. 1 Programación del PIC (Iza & Medina, 2013).....	87
Tabla C. 2 Variables de programación ladder.....	88
Tabla C. 3 Programación del PLC en lenguaje ladder.....	91

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	Vista isométrica de la máquina
PLANO 2	Dimensiones de la máquina
PLANO 3	Vista en explosión de sistemas y componentes internos
PLANO 4	Tolva principal
PLANO 5	Tapa a la salida de tolva principal
PLANO 6	Ensamble de tolva de pesaje
PLANO 7	Ensamble de tolva de descarga
PLANO 8	Tolva de pesaje y tolva de descarga
PLANO 9	Extensión de tolva
PLANO 10	Tapa de compuerta
PLANO 11	Uniones y eslabones de la tolva de pesaje
PLANO 12	Uniones y eslabones de la tolva de descarga
PLANO 13	Estructura tolva de descarga – estructura principal
PLANO 14	Ensamble de manipulación de fundas
PLANO 15	Placa pinza de succión
PLANO 16	Unión pistón – actuador giratorio
PLANO 17	Ensamble del dispensador de fundas
PLANO 18	Placa del dispensador
PLANO 19	Placa ajustable derecha
PLANO 20	Placa ajustable izquierda
PLANO 21	Ensamble de selladora
PLANO 22	Soporte de selladora
PLANO 23	Mordaza
PLANO 24	Aislante de selladora
PLANO 25	Bandeja de salida
PLANO 26	Paneles de policarbonato - cubierta de máquina
PLANO 27	Estructura - Plano principal
PLANO 28	Estructura - vista auxiliar B
PLANO 29	Estructura - vista auxiliar C
PLANO A	Entradas y salidas del PLC

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición del Problema

La empresa Bioalimentos se dedica a la producción y empaque de alimentos como: frutos secos, frutos deshidratados, conservas, especias, granos secos, lácteos, aceites, vinagres, entre otros. Esta ha presentado un crecimiento en la demanda de frutos secos y deshidratados en los últimos años, debido a la tendencia a consumir alimentos sanos y ecológicos. Por tanto, la empresa ha visto la necesidad de aumentar la producción de estos frutos, a fin de abastecer a sus clientes, sin embargo, esto ha resultado difícil, porque el embolsado se realiza manualmente y el espacio designado para el área de empaque es limitada.

1.2 Justificación del proyecto

Para lograr el aumento de la producción las empresas en el Ecuador realizan proyectos que les ayuden a automatizar los procesos, reduciendo el tiempo de fabricación de los productos; estos proyectos consisten en la implementación de diferentes máquinas, que en su gran mayoría son fabricadas en el exterior, sin embargo, la empresa ha tenido dos intentos fallidos con máquinas extranjeras para sus líneas de conservas, las cuales no lograron ser implementadas por diversos fallos que presentaban las máquinas y por la falta de estudio previo para seleccionar la máquina adecuada.

Por ello, la empresa apuesta por una máquina diseñada localmente, específicamente con sus requerimientos y para satisfacer sus necesidades. Empezando de esta forma su proyecto de automatización de las líneas de producción en el área de empaque de frutos secos y deshidratados. Con esto en mente y la necesidad de generar conocimiento ingenieril a nivel local son motivantes para el desarrollo de este proyecto.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una máquina embolsadora por peso automatizada que optimice el proceso de empaquetado de frutos secos y deshidratados con fundas tipo doypack, utilizando herramientas de modelado 3D, simulación y análisis de elementos finitos.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Desarrollar el diseño de detalle de la máquina embolsadora.
2. Analizar los mecanismos pertinentes con el método de elementos finitos.
3. Modelar en 3D la máquina embolsadora.
4. Realizar un código de programación para el funcionamiento de la máquina.
5. Simular el mecanismo de la máquina.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Industria alimenticia

Las personas recolectaban y almacenaban sus alimentos en recipientes fabricados con hojas, cuero, intestinos de animales, entre otros. Estos empaques cumplían la función de agrupar unidades de alimentos similares para que su almacenaje y su traslado sea más sencillo. Debido al aumento de la población, misma que necesitaba alimento; surgió la agricultura. Asimismo, se generaron muchos cambios, pero ninguno tan notable como el que ocasionó la revolución industrial, que por consiguiente llevó a la creación de la industria alimenticia, misma que se encarga de la preparación, conservación y envasado de los alimentos para el consumo humano. (Erickson, 1990)

Las máquinas fueron llegando poco a poco a las diferentes empresas de alimentos, principalmente a las que necesitaban procesar los alimentos de alguna forma. Luego con los años se fue extendiendo la mecanización a

otras áreas de la industria, como el área de empaque, esto ayudo a todas las industrias de alimentos incluyendo las que no utilizaban la maquinaria para procesar los alimentos, como lo es la industria de frutos secos y deshidratados, que hasta entonces realizaban todo este trabajo manualmente. (Tecnología para la industria, 2018)

1.4.2 Industria de frutos secos y deshidratados

Con la llegada de las máquinas a este rubro, fue aumentando la producción a fin de abastecer la demanda de estos alimentos, la cual aumento a nivel mundial debido a que ayudan a mantener una dieta saludable a la vez que reduce la fatiga, estrés, entre otros beneficios y debido la tendencia de consumir alimentos ecológicos en los últimos años. (FAO, 2016)

Es común llamar frutos secos al conjunto de frutos secos y deshidratados, pero cada uno posee sus características propias, esto influye en el tipo de máquina que necesita para su producción, por ejemplo, los frutos secos contienen alrededor de un 50% menos agua que los demás frutos, también poseen una cascara de dureza intermedia (Ruiz, 2020), por tanto, los frutos secos no emplean maquinaria antes del empaquetado a menos que se requiera dar algún atributo distintivo.

En cambio, los frutos deshidratados son frutos que pasan por un proceso de secado para extraer cierta cantidad de agua sin disminuir sus beneficios, por esto es más frecuente encontrar maquinaria antes del empaquetado, que le ayude a secar el fruto (Peña Gutiérrez, 2017).

A nivel mundial ha aumentado el consumo de estos alimentos y Ecuador no es la excepción, esto se comprueba con las cifras de importación, de enero a octubre de 2018 se importó 3.9 millones de dólares de estos alimentos y para el mismo periodo del siguiente año la cifra aumento a 4.7 millones (BCE, 2019). Estas cifras indican el aumento del consumo de frutos secos sin contar los dos últimos meses del año, donde el consumo aumenta debido al tipo de comida que se prepara en la época navideña (Zambrano, 2019). Este aumento de consumo también beneficia a las

empresas locales de este rubro, las cuales al tener mayor demanda deben aumentar su producción, abriendo las puertas a la mecanización de las empresas locales.

1.4.3 Proceso de empaque

Este proceso se realiza en un área designada, donde los equipos ayudan a empacar en diferentes presentaciones, éstas pueden tener diferentes dimensiones, dependiendo de las propiedades físicas del alimento a empacar.

Los empaques más comunes que podemos encontrar en el rubro alimenticio son las fundas plásticas (polietileno de baja densidad), debido a la simplicidad de darle forma, sin embargo, se dañan con facilidad. Con el pasar de los años los productores buscaron un empaque más llamativo y resistente para sus productos, dando paso a las fundas tipo doypack, que son de polipropileno que poseen mayor resistencia, brillo y también brindan la capacidad de mantenerse en pie por sí solo, dando un aspecto llamativo al producto (Grupo Polytec, 2018).

Al comienzo de la mecanización de esta área, se empleó el trabajo manual junto con máquinas para labores específicas, como las selladoras de fundas, codificadoras, las llenadoras y selladoras de cajas al final del proceso. Luego, con los años se buscó que estas máquinas operen en conjunto, para ello se emplearon sistemas para transportar el producto de una máquina a otra, reduciendo la intervención humana y mejorando la producción.

Una vez logrado el funcionamiento de la línea de empaque se buscó reducir el espacio que esta línea representaba en la fábrica, con lo que surgieron máquinas más pequeñas que cumplían dos labores o más, así fueron sumando tareas a una máquina hasta llegar a una que realice gran parte del proceso en un espacio reducido, a este tipo de máquina de empaque se le conoce como máquina embolsadora. (Tecnología para la industria, 2018)

En la empresa Bioalimentos, el proceso de empaque comienza con el traslado de materia prima (frutos secos, frutos deshidratados y las fundas) al área designada. Luego, se imprime una codificación a las fundas para ser reconocidas fácilmente, principalmente se le coloca el código y fechas de elaboración y vencimiento. Luego, se pesa el producto en la cantidad deseada con una balanza digital y se coloca dentro de la funda correspondiente. Una vez llena la funda, se cierra y se sella el extremo abierto de la funda, finalmente se guarda el producto terminado en cajas que son llevadas a sus bodegas.

1.4.4 Máquina embolsadora

Es un equipo que se ha vuelto cada vez más necesario en el rubro, debido a que este disminuye el tiempo de empackado de un producto con respecto al realizado manualmente. Esto es válido tanto para fluidos como sólidos granulados, sin embargo, se hace énfasis en sólidos granulados. Para describir su forma de operar, se deben describir sus componentes principales.

Sistema de dosificado

Parte del punto de almacenaje, el cual consta de una tolva que almacena y descarga la materia prima que ingresa a la máquina. Existen varios tipos (ver figura 1.1).

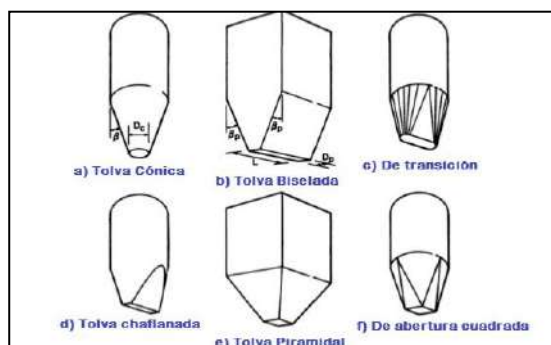


Figura 1.1 Tipos de tolva de almacenamiento (Paredes, 2017)

Luego, la materia prima pasa por un alimentador, el cual traslada la materia prima hasta el punto de llenado, esta puede tener varios cabezales (ver Figura 1.2 y Figura 1.3). Tener más cabezales contribuye a una mejor

precisión y exactitud en poco tiempo, por lo cual se tiene mayor velocidad con grandes pesos respecto al de un cabezal.

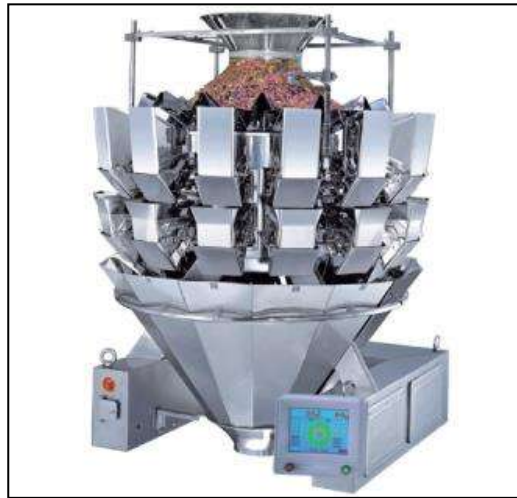


Figura 1.2 Dosificador multicabezal (Enipack, s.f.)



Figura 1.3 Dosificador unicabezal (GRAVIPES, s.f.)

Según las propiedades físicas del material a trasladar se tienen varias formas de accionar el alimentador, para productos granulados y polvos se emplea la vibración como medio de traslado. El alimentador por vibración consta de un ducto o canal y un actuador de vibración, se clasifican según el tipo de energía que emplean:

- Neumática

Existen tres tipos: de pistón, de bola y de turbina. Su principio de funcionamiento es mediante el aire que ingresa y mueve el pistón,

una esfera metálica o múltiples esferas, lo que produce la vibración (ver figura 1.4). Necesita un chequeo constante y su instalación debe incluir otros componentes como filtros de aire. (Fideva, s.f.)



Figura 1.4 Tipos de vibrador neumático (Fideva, s.f.)

- Electromagnética

La energía eléctrica invierte los polos en un electroimán interno lo cual mueve una placa, esto produce la vibración (ver figura 1.5). No necesita mantenimiento por largos periodos de tiempo y puede operar sin componentes adicionales. (TARNOS, s.f.)



Figura 1.5 Vibrador electromagnético (TARNOS, s.f.)

- Mecánica

Funciona mediante un sistema mecánico que aprovecha la vibración causada por sus componentes (ver figura 1.6). Se utiliza en alimentadores vibratorios de gran flujo y en su mayoría para materiales pesados. (SOMAI, s.f.)



Figura 1.6 Vibrador mecánico (SOMAI, s.f.)

Por último, llega al punto de dosificado, donde se pesa el producto y se suelta la cantidad indicada en la funda de empaque. Para obtener el peso se emplea celdas de carga. Luego de obtener el peso, se suelta en una tolva con compuerta (garra) (ver figura 1.7) que al soltar el producto en la funda de empaque ayuda en la apertura de ésta y es accionada con actuadores neumáticos.

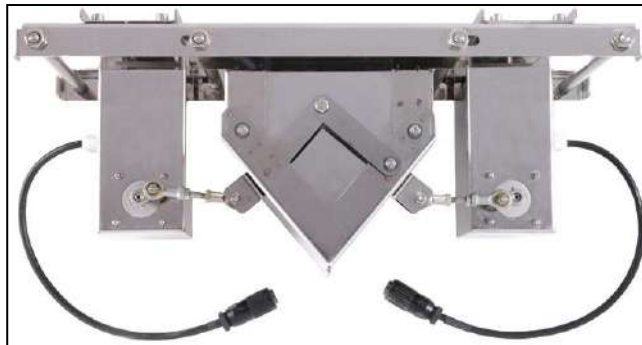


Figura 1.7 Garra dosificadora (Zhongshan Weighlin Packaging Machinery, 2018)

Sistema de manipulación de la funda de empaque

Es el encargado de agarrar el empaque en todos los procesos, funcionando con varios motores o actuadores para que tenga los grados de libertad necesarios para efectuar su movimiento. Para fundas tipo doypack se tiene 3 formas distintas clasificadas según la ruta que sigue ésta:

- Estático

Se refiere a que todo el proceso de embolsado lo realiza en el mismo sitio, es decir la apertura de la funda, dosificación y sellado es uno a uno en un mismo lugar.



Figura 1.8 Embolsadora estática (ALLIEDFLEX, s.f.)

- Horizontal

Este hace los procesos apertura de la funda, dosificación y sellado de forma independientes, debido a esto su producción es mayor con respecto al estático en un tiempo específico. Es horizontal ya que su ruta es lineal.

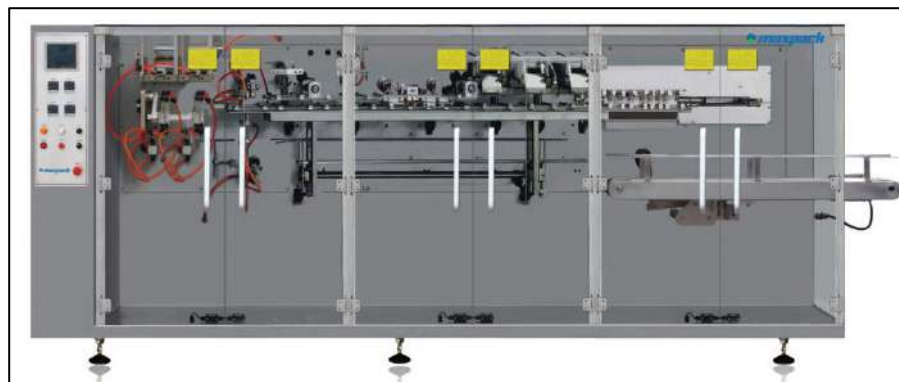


Figura 1.9 Embolsadora horizontal (Maxpack, s.f.)

- Rotativo

Éste es similar al horizontal, debido a que cada proceso es independiente del otro, su diferencia es que este no es lineal sino circular.



Figura 1.10 Embolsadora rotativa (Maxpack, s.f.)

Sistema de sellado

Este proceso se realiza con calor y presión, su función es sellar envases termoplásticos, entre estos está el polietileno, polipropileno y policloruro de vinilo. Se debe tener en cuenta que la temperatura sea la ideal para el tipo de empaque en el respectivo intervalo de tiempo. (Moreno, 2010)

Existen varios sistemas de sellado, entre los más usados están:

- Mordazas

También conocido como sellador de barra caliente, consiste en colocar la sección a sellar entre 2 matrices o barras calientes para luego aplicar presión.

- De banda continua

Ésta consta de correas móviles que están sobre los elementos que proporcionan el calor.

- Ultrasónico

Este sellado también es por calor, sin embargo, el calor se genera internamente en el material de empaque.

Control de operación

Es el conjunto de dispositivos con los que se logra controlar toda una máquina, esto lo realiza con la respectiva coordinación de sensores y microcontroladores, como por ejemplo PLC, Arduino Uno o PIC.

Controla que los componentes en todos los procesos se activen o paren cuando sea requerido, en el dosificado controlará el flujo másico de la materia prima, mediante el control de la vibración y el pesado del producto; en la manipulación de fundas, controlará el accionamiento de los diferentes componentes que involucran en este sistema; y en el sistema de sellado controlara la temperatura con la que se sella la funda. Los sensores que son empleados para un correcto funcionamiento son: temperatura, celdas de carga, sensores ópticos, entre otros.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño Conceptual

2.1.1 Objetivos y restricciones de diseño

Se tienen 4 objetivos principales de la máquina: la funcionabilidad, que sea adaptable, bajo costo y seguridad. Teniendo en cuenta cada uno de los objetivos principales, se realizó el siguiente árbol de objetivos, en el cual se ordenan los medios de primer y segundo orden necesarios para lograr el cumplimiento del objetivo principal, los cuales fueron expuestos por la empresa.

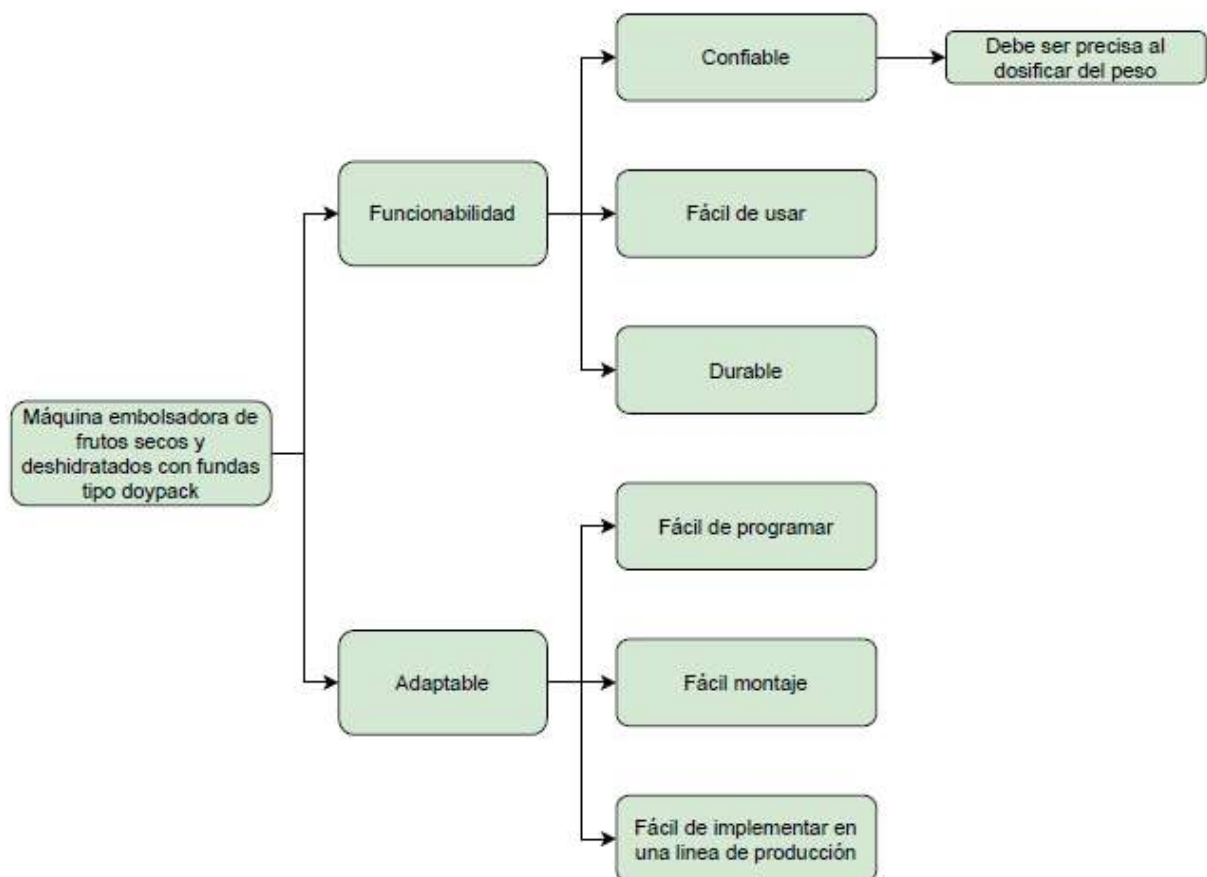


Figura 2.1 Árbol de objetivos y medios 1-2

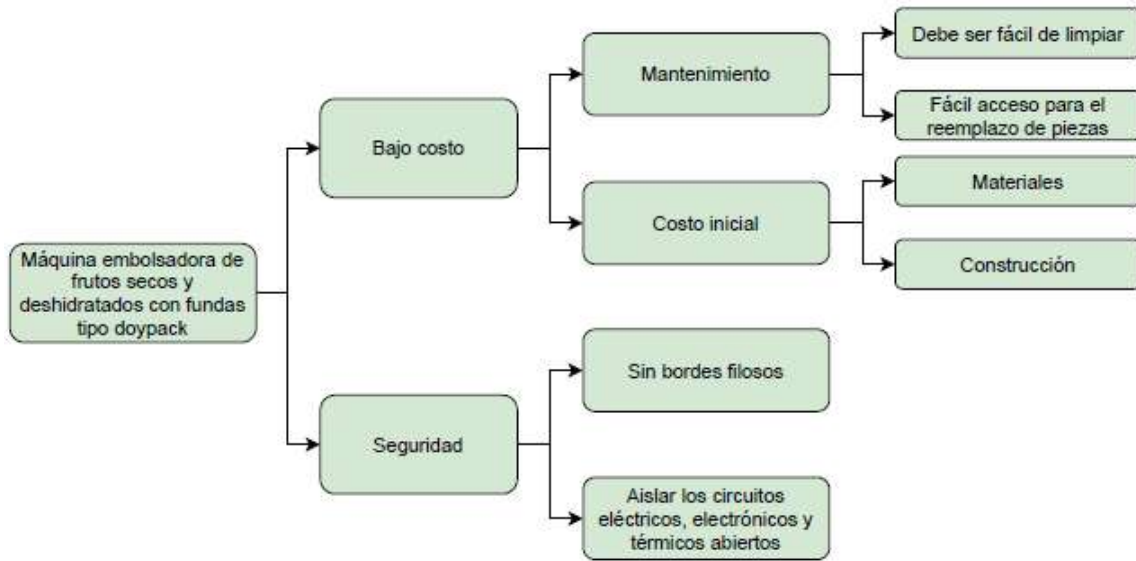


Figura 2.2 Árbol de objetivos y medios 2-2

Las restricciones de diseño de la máquina presentadas por el cliente son:

- La altura máxima de 3 m
- Debe usar fundas doypack prefabricadas
- El costo inicial de la máquina debe ser menor a \$10 000

2.1.2 Funciones de diseño, caja negra y caja transparente

La máquina posee 4 funciones: dosificación, manipulación de fundas, sellado de funda de empaque y control de operación de todo el equipo. Teniendo en cuenta lo anterior y los objetivos presentados en la figura 2.1, se realizó el flujograma de diseño, donde se enlista los diferentes mecanismos, sistemas y componentes a diseñar o seleccionar.

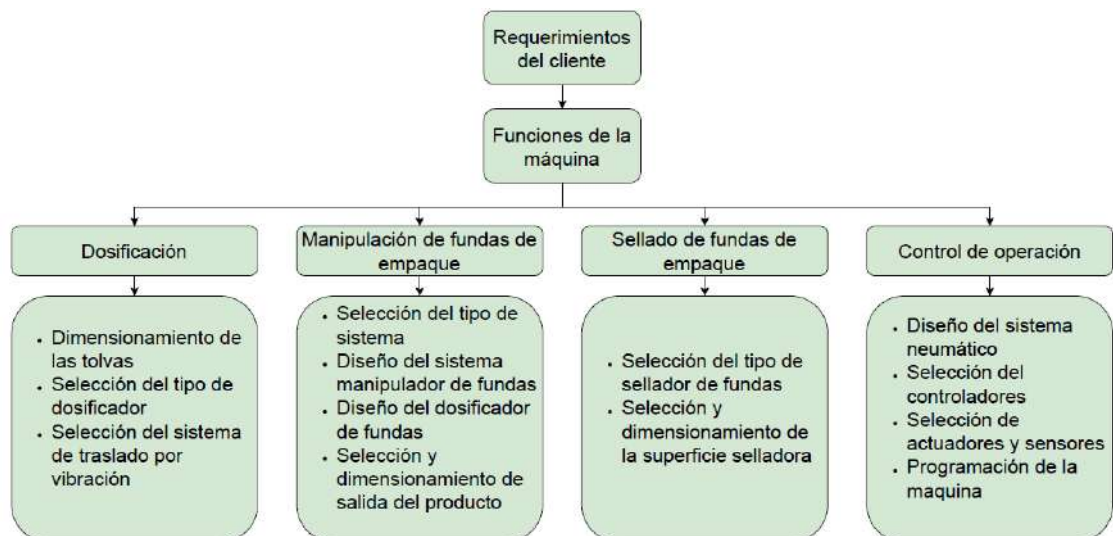


Figura 2.3 Flujograma de diseño

Mediante los diagramas de caja negra y transparente se visualiza mejor el proceso que deberá cumplir la máquina, mostrando entradas y salidas, para obtener los frutos secos y deshidratados embolsados en las fundas tipo doypack.

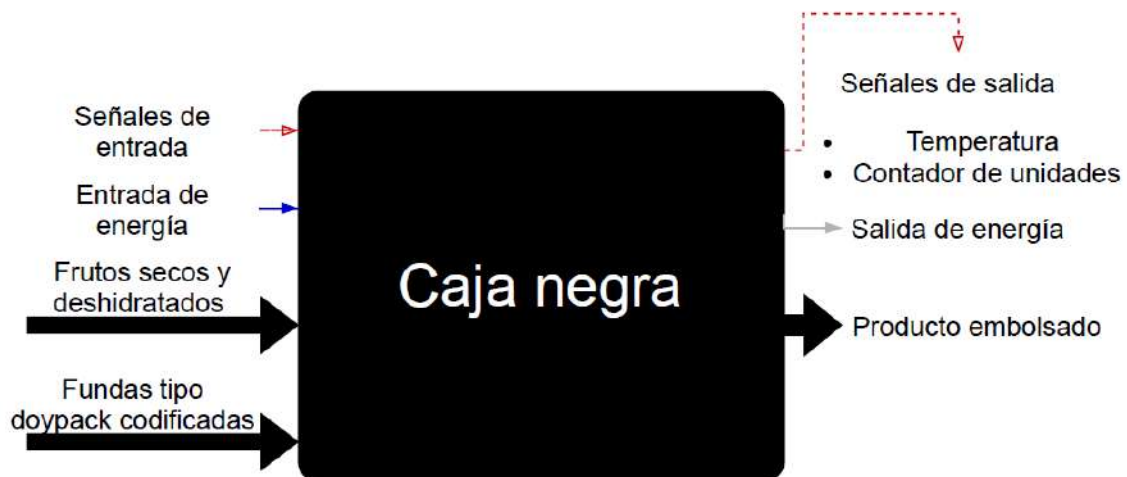


Figura 2.4 Caja negra

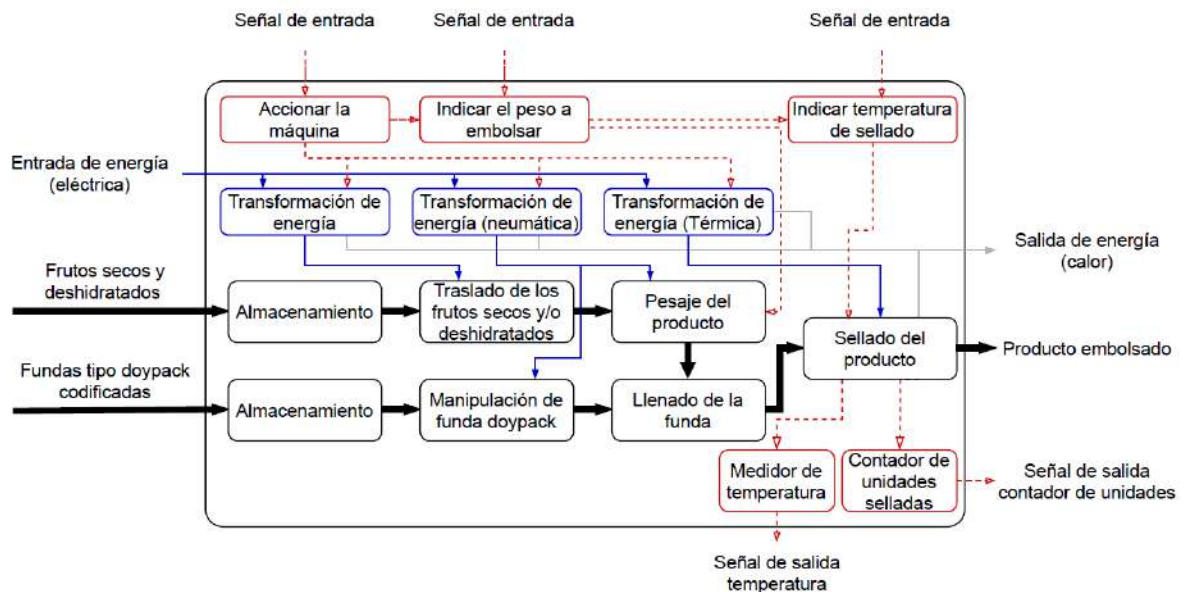


Figura 2.5 Caja transparente

2.1.3 Análisis y selección de la solución

Requerimientos y criterios de diseño

Partiendo de los objetivos y las funciones expuestas, se plantearon los siguientes requerimientos y criterios que servirán para evaluar y seleccionar la mejor alternativa.

Tabla 2.1 Requerimientos y criterios de diseño

Criterio	Descripción
Costo	Valor monetario inicial que representa la implementación del conjunto de mecanismos y componentes de una alternativa.
Mantenimiento	Representa la facilidad de limpieza y facilidad del acceso en la máquina para el reemplazo de piezas.
Implementable en una línea de producción	Facilidad con la que la máquina se pueda acoplar a una línea de producción.
Confiabilidad	Representa la precisión para dosificar el peso deseado.
Facilidad de montaje	Representa la facilidad con la que se puede armar el conjunto de mecanismos y componentes en la posición indicada.

Tabla 2.2 Escala de importancia para la comparación entre pares

Escala	Criterio de selección entre A y B
1	A es absolutamente menos importante que B
3	A es menos importante que B
5	A es igual de importante que B
7	A es más importante que B
9	A es absolutamente más importante que B

Tabla 2.3 Tabla de comparación por pares entre criterios de diseño

Criterio	Costo	Mantenimiento	Implementable en una línea de producción	Confiabilidad	Facilidad de montaje	Total individual	Peso Relativo
Costo	---	5	7	5	9	26	26,0%
Mantenimiento	5	---	7	3	7	22	22,0%
Implementable en una línea de producción	3	3	---	5	7	18	18,0%
Confiabilidad	5	7	5	---	5	22	22,0%
Facilidad de montaje	1	3	3	5	---	12	12,0%
Total						100	100%

Mediante la comparación entre pares, tabla 2.3, se obtuvo los pesos relativos, para cada uno de los criterios de diseño presentados, usando la escala presentada en la tabla 2.2.

Tabla morfológica

Mediante las funciones presentadas en el flujograma de diseño en la figura 2.3, se estableció 6 nuevas funciones y componentes con sus respectivos medios a seleccionar, los cuales son explicados en el capítulo 1.

Tabla 2.4 Tabla morfológica de funciones y medios.

Funciones	Medios		
Manipulación de fundas	Estático	Horizontal	Rotativo
Traslado del producto por vibración	Neumática	Electromagnética	Mecánica
Dosificado	Unicabezal	Multicabezal	---
Sellado del producto	De mordaza	Ultrasonido	De banda continua
Tipo de controlador	PIC	PLC	Arduino Uno
Salida del producto	Conducto	Banda transportadora	Directo a la caja

Con los medios planteados para las funciones y componentes involucrados, se establecieron 3 posibles soluciones detalladas a continuación:

- Alternativa A: consta de un sistema de manipulación de fundas tipo estático, un actuador de vibración neumático (1) con dosificación multicabezal (2); el sellado es con mordazas (3), la salida del producto es por una banda transportadora (4) y es controlada por medio de un Arduino Uno.

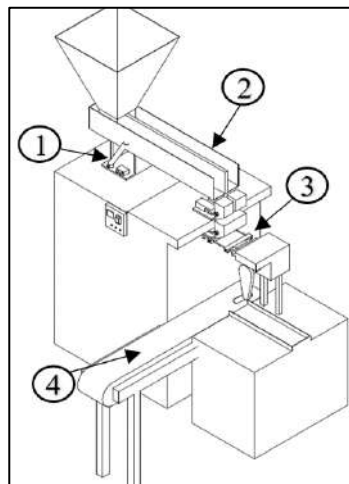


Figura 2.6 Alternativa A

- Alternativa B: consta de un sistema de manipulación de fundas tipo estático, un actuador de vibración electromagnético (1) con dosificación unicabezal (2); el sellado es con mordazas (3), la salida del producto es por medio de un conducto (4) y es controlada por medio de un PLC.

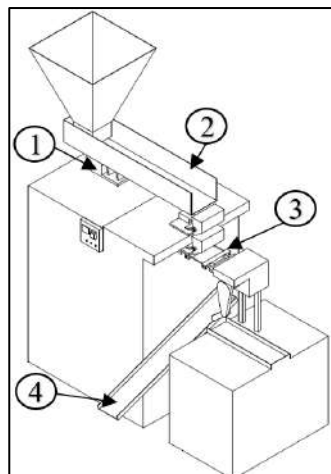


Figura 2.7 Alternativa B

- Alternativa C: consta de un sistema de manipulación de fundas tipo horizontal, un actuador de vibración electromagnético (1) con dosificación unicabezal (2); el sellado es con banda continua (3), la salida del producto es por medio de un conducto (4) y es controlada por medio de un PLC.

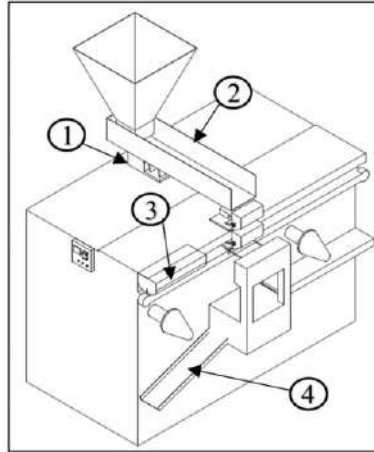




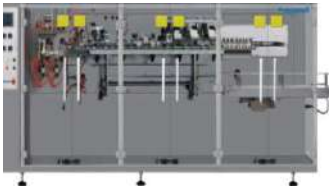












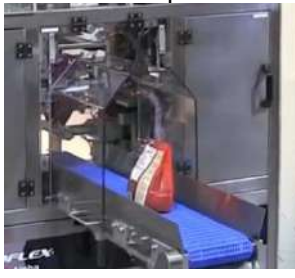


Figura 2.8 Alternativa C

Tabla 2.5 Métrica para evaluar las alternativas.

Criterio	Métrica
Costo	Del 1 al 5. Donde 5 representa el menor costo inicial y 1 el mayor costo inicial.
Mantenimiento	Del 1 al 5. Donde 5 representa la opción con mayor facilidad de mantenimiento y 1 la más complicada.
Confiabilidad	Del 1 al 5. Donde 5 representa la opción más precisa, y 1 la opción menos precisa.
Facilidad de montaje	Del 1 al 5. Donde 5 representa la opción más fácil de montar y 1 la opción más complicada de montar.
Implementable en una línea de producción	Del 1 al 5. Donde 5 representa la opción más fácil de acoplar y 1 la opción más complicada de acoplar.

En la siguiente tabla 2.6 se muestra con mayor detalle los componentes a ser seleccionados:

Tabla 2.6 Tabla de alternativas

Funciones	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C
Manipulación de fundas	<p>Estático</p> 	<p>Estático</p> 	<p>Horizontal</p> 
Traslado del producto por vibración	<p>Neumática</p> 	<p>Electromagnética</p> 	<p>Electromagnética</p> 
Dosificado	<p>Multicabezal</p> 	<p>Unicabezal</p> 	<p>Unicabezal</p> 
Sellado del producto	<p>De mordaza</p> 	<p>De mordaza</p> 	<p>De banda continua</p> 
Tipo de controlador	<p>Arduino Uno</p> 	<p>PLC</p> 	<p>PLC</p> 
Salida del producto	<p>Banda transportadora</p> 	<p>Conducto</p> 	<p>Conducto</p> 

Para evaluar las alternativas se empleó el peso relativo obtenido de la tabla 2.3 y la métrica expuesta en la tabla 2.5, en donde se establece una escala del 1 al 5 que describe su desempeño respectivo, a continuación, se muestra la matriz de decisión.

Tabla 2.7 Matriz de decisión

	Costo	Mantenimiento	Confiabilidad	Implementable en una línea de producción	Facilidad de montaje	Peso relativo
	Ponderación					
Alternativas	26,0%	22,0%	22,0%	18,0%	12,0%	/5
A	3	2	5	5	4	3.70
B	4	5	4	4	5	4.34
C	3	3	4	4	4	3.52

La alternativa B tiene un muy buen puntaje en mantenimiento, porque el actuador de vibración electromagnético necesita menos mantenimiento y la selladora de mordaza con el dosificador unicabezal en un sistema estático, son de fácil acceso lo que facilita la limpieza y el desmontaje para su mantenimiento, por lo tanto, también se lleva el máximo puntaje en facilidad de montaje. Tiene un buen puntaje en costo, ya que usa conductos y posee un solo cabezal; buen puntaje en confiabilidad, porque al ser un solo cabezal se demorará más tiempo en el pesado que el multicabezal. Por último, Implementable en una línea de producción es buena pero no excelente, porque cuando se emplee la máquina en una línea de producción, se deberá reducir la pendiente del conducto de salida para que pueda caer el producto embolsado en una banda transportadora o en su defecto considerar la implementación de un elevador de cangilones.

2.2 Diseño de forma

Mediante el diseño conceptual se obtuvo una selección de sistemas y componentes de la máquina, tal como se muestra en la figura 2.9.

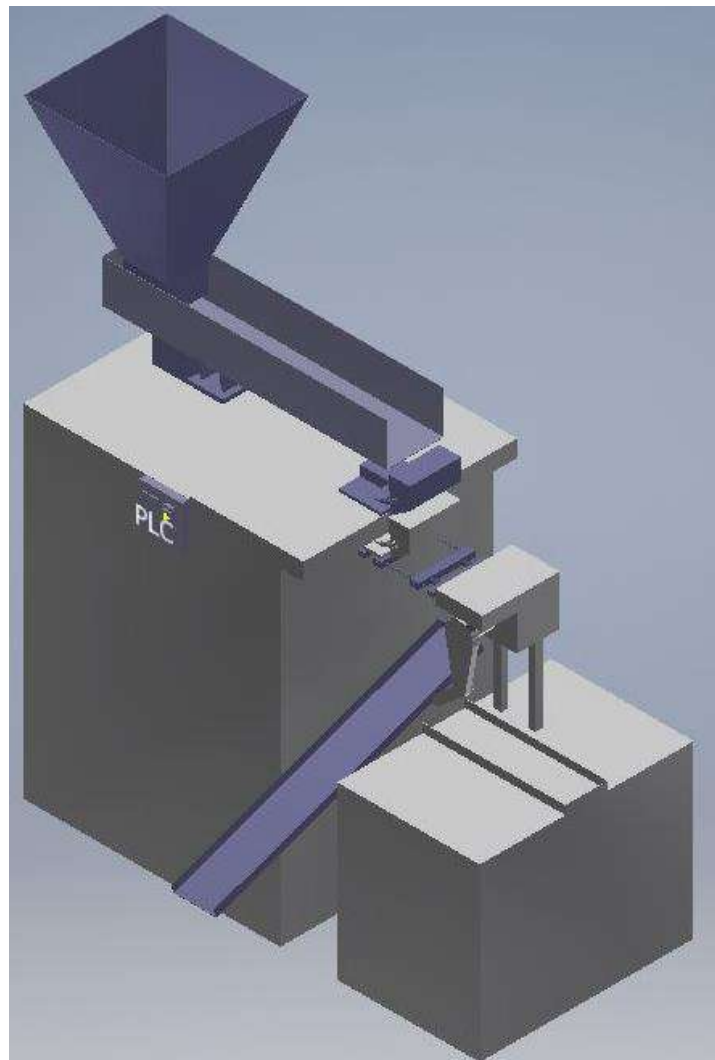


Figura 2.9 Diseño de forma

2.3 Diseño detallado

Para el diseño de la máquina se consideró los 10 frutos que la empresa comercializa, cuyas densidades se muestran en la Tabla 2.8.

Tabla 2.8 Densidad frutos secos.

Frutos secos y deshidratados	Densidad [kg/m ³]
Nueces	625
Almendras	583
Nueces macadamia	558
Nueces pecana	417
Pistachio	625
Pasas	667
Ciruelas Pasas	521
Damasco	792
Dátiles	729
Coco Rallado	250

Fuente: Elaboración propia

El material de las fundas doypack es polipropileno, éste es resistente al calor y ligera debido a que tiene la densidad más baja entre los polímeros comerciales. Su temperatura de fusión es de 171 [°C], sin embargo, se recomienda que la temperatura debe oscilar entre 120 [°C] y 170 [°C] para un buen sellado. (Tetsuya, Ishiaku, Mizoguchi, & Hamada, 2005)

Las dimensiones de los empaques usados en la actualidad en la empresa son las siguientes:

- Presentación de 100 gramos (figura 2.10): 17x15 [cm]
- Presentación de 200 y 250 gramos: 19x15 [cm]
- Presentación de 500 gramos: 25x20 [cm]
- Presentación de 1000 gramos: 29x23 [cm]



Figura 2.10 Funda de empaque doypack, presentación de 100 [g]

Cada lámina tiene un espesor de 0.1125 [mm], sin embargo, por el zipper del sellado hermético este espesor llega a 2.75 [mm].

Cabe resaltar que las presentaciones que más se producen son las de 100, 200 y 250 [g]; y las presentaciones de 500 y 1000 [g] no se producen continuamente y estas aún no poseen fundas doypack, sin embargo, se consideró las dimensiones de sus fundas de polietileno de baja densidad (fundas plásticas). Se tomó la presentación de 250 [g] como límite de diseño para el volumen de las tolvas, sin embargo, para las otras funciones de la máquina se tomó la presentación de 1000 [g], para que un futuro solo sea necesario cambiar las tolvas secundarias y no todo el sistema.

2.3.1 Sistema de dosificado

El sistema está compuesto por una tolva de almacenamiento, un alimentador por vibración, una tolva de pesaje, una tolva de descarga y cuatro actuadores lineales, que abren y mueven a las dos últimas tolvas.

Dimensionamiento de la tolva principal

Para dimensionar la tolva se siguieron las recomendaciones establecidas en la norma UNE-ENV 1991-4 (); donde se establece un ángulo de

inclinación mayor a 50° respecto a la horizontal, para obtener un flujo másico sin atascos en tolvas tipo piramidal.

Se dimensiona para una capacidad promedio de 45 [kg/h] que representa 180 fundas de la presentación de 250 [g], para ello se obtuvo un volumen de diseño (ecuación 2.1), donde se utilizó la densidad promedio debido a la cantidad de frutos.

$$V_d = \frac{m}{\bar{\rho}} \quad (2.1)$$

Donde:

V_d : volumen de diseño [m³]

m : masa [kg]

$\bar{\rho}$: densidad promedio [kg/m³]

Se iteró dando valores a la altura y el lado de la tolva (figura 2.11) hasta obtener un volumen mayor al volumen de diseño, limitando la altura a un máximo de 1 [m], debido a las restricciones de diseño; y priorizando un ángulo de inclinación mayor a 50°.

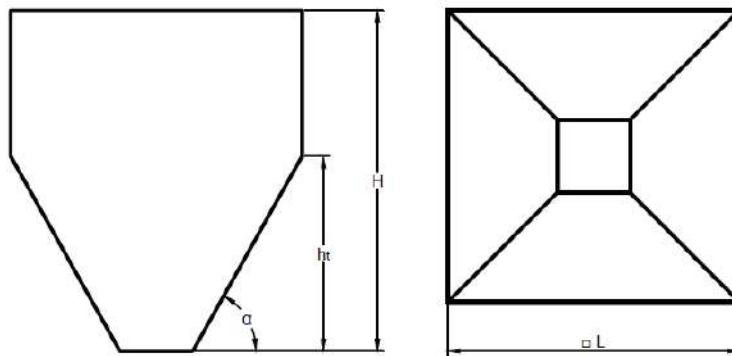


Figura 2.11 Variables de tolva tipo piramidal

Selección del alimentador por vibración

Consta de un actuador electromagnético, un variador de frecuencia y un canal por donde se trasladan los frutos secos y deshidratados (figura 2.12). Se selecciona mediante la capacidad de flujo másico [kg/h] que debe mover

hacia la tolva de pesaje. Para seleccionar su capacidad se realizaron mediciones en la fábrica, donde se obtuvo que un trabajador puede embolsar una presentación de 100 [g] en 1 minuto aproximadamente.



Figura 2.12 Alimentador por vibración (Machinery Xinxiang Dongzhen, s.f.)

Dimensionamiento de las tolvas de pesaje y de descarga

Al igual que para la tolva principal, se siguió las recomendaciones de la norma UNE-ENV 1991-4, para obtener un flujo másico sin atascos. Ambas tolvas (pesaje y descarga) tienen las mismas dimensiones, las cuales se calculan con el mayor volumen, este volumen se produce para 250 [g] del fruto menos denso (coco rallado), en un ciclo de llenado, mediante la ecuación 2.1.

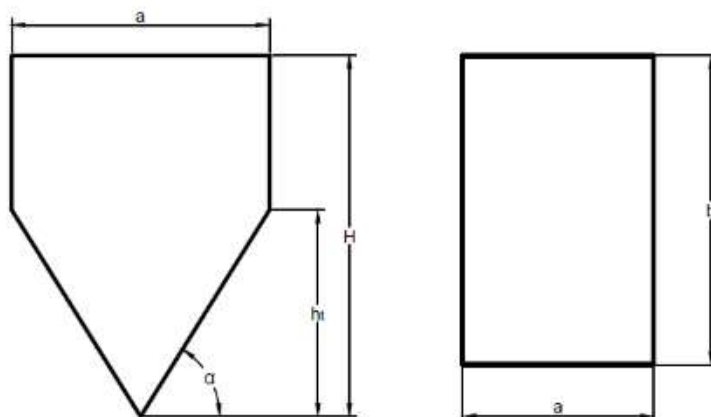


Figura 2.13 Variables de las tolvas tipo bisel

Antes de iterar, se obtuvo las dimensiones máximas (70x40 [mm]) de la apertura de la funda más pequeña (100 [g]), dejando libre solo la variable de altura para la iteración, la forma de la tolva es tipo bisel (figura 2.13), debido a que la tolva de descarga debe ingresar parcialmente dentro de la funda de empaque y su forma facilita su ingreso.

Ambas tolvas cuentan con un actuador lineal que abre y cierra sus compuertas; y para el caso de la tolva de descarga, cuenta con dos actuadores lineales extra que permiten un desplazamiento vertical hacia la funda de empaque.

2.3.2 Sistema de manipulación de fundas

Consta de un sistema de pinza por vacío (figura 2.14), actuadores neumáticos y un dispensador de fundas de empaque. Al generar el vacío la funda queda enganchada y se traslada de un punto "A" (dispensador) a un punto "B" (debajo de la tolva de descarga), por medio de un actuador giratorio y dos actuadores lineales.



Figura 2.14 Pinza por vacío (Festo, s.f.)

Se seleccionó el material de la ventosa y su diámetro, tomando en cuenta la temperatura de trabajo (140 [°C]), el menor tamaño de las fundas usadas por la empresa (170x150 [mm]), el peso máximo soportado por los actuadores cuando se embolsan las presentaciones de 1000 [g] y la fuerza

de succión necesaria para evitar el desprendimiento de la funda, obtenida mediante las siguientes ecuaciones, extraídas del sitio web Festo FAQ - Técnica de vacío. (Festo, s.f.)

1er caso: pinza de vacío en posición horizontal con movimiento vertical.



Figura 2.15 1er caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)

$$F_H = m(g + a) * S \quad (2.2)$$

2do caso: pinza de vacío en posición horizontal con movimiento horizontal.



Figura 2.16 2do caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)

$$F_H = m \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S \quad (2.3)$$

3er caso: pinza de vacío en posición vertical con movimiento horizontal.



Figura 2.17 3er caso de fuerza de succión (Festo, s.f.)

$$F_H = \left(\frac{m}{\mu}\right) (g + a) * S \quad (2.4)$$

Donde:

F_H : fuerza de succión [N]

m : masa a soportar [kg]

μ : coeficiente de fricción

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

a : aceleración del movimiento $\left[\frac{m}{s^2}\right]$

S : factor de seguridad; movimiento lineal=1.5 y movimiento rotativo=2.

Las pinzas por vacío llevan un cartucho que genera el vacío bajo el efecto Venturi (figura 2.18), es decir, que en un ducto cerrado la presión disminuye cuando aumenta la velocidad del flujo al pasar por una sección de menor área. Se selecciona por el vacío que genera (vacío de trabajo de las pinzas de vacío) mediante la presión brindada.

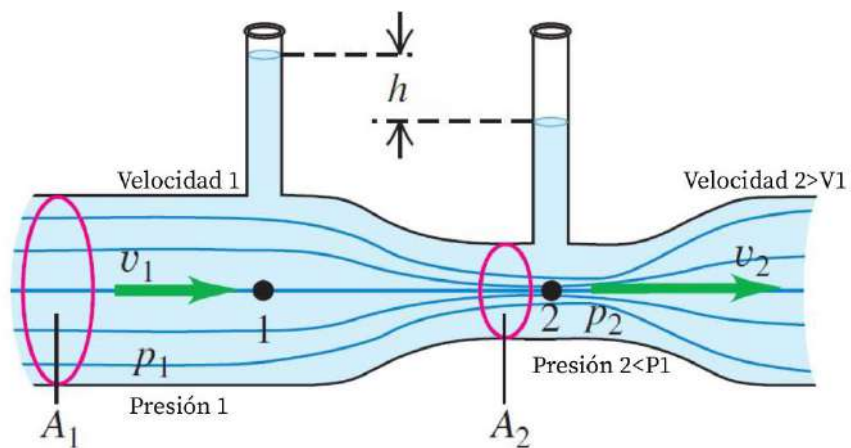


Figura 2.18 Efecto Venturi (Young, Freedman, Flores, Flores, & Sears, 2009)

Dispensador de fundas de empaque

Se diseñó para una capacidad de 180 unidades con dimensiones variables que van desde 150x150 [mm] hasta 290x290 [mm], consta de 2 resortes a tensión para que las fundas estén siempre en un extremo y así desde ese extremo sea tomada por el sistema manipulador de fundas, para los siguientes procesos.

2.3.3 Sistema de sellado

Consta de tres factores importantes: calor, tiempo y presión. Este sistema está compuesto por 2 mordazas con resistencia eléctrica para elevar su temperatura, 2 actuadores lineales para juntar y separar ambas mordazas, y un soporte.

Selección de la resistencia eléctrica

Para poder fabricar una resistencia se requiere la potencia, dimensiones físicas y el voltaje que ésta va a usar. Para obtener la potencia se definió el tiempo en que las mordazas deben alcanzar la temperatura deseada, esta temperatura es proveniente del calor transmitido por la resistencia. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$Q = m * c * \frac{\Delta T}{\Delta t} \quad (2.5)$$

Donde:

Q : potencia de la resistencia eléctrica [W]

m : masa de la mordaza [kg]

c : calor específico [$J/kg.k$]

ΔT : variación de temperatura [$^{\circ}C$]

Δt : intervalo de tiempo [s]



Figura 2.19 Resistencia de cartucho (SG Electro Industrial, s.f.)

2.3.4 Control de operación

Sistema de aire comprimido

Este consta de un compresor y una unidad de mantenimiento para un correcto funcionamiento de los equipos neumáticos. La selección del compresor es en base a la presión de operación y al flujo de aire necesario para cubrir la demanda. El consumo de aire para actuadores de doble efecto (BUENACHE, 2010) es:

$$Q = n \frac{P_w + P_a}{P_a} \pi \frac{2D_e^2 - D_v^2}{4} e \quad (2.6)$$

Donde:

Q : consumo de aire [m^3/min]

n : número de ciclos por min

P_w : presión de trabajo [bar]

P_a : presión atmosférica [bar]

D_e : diámetro del émbolo [m]

D_v : diámetro del vástago [m]

e : carrera [m]

Selección de actuadores neumáticos

Los actuadores lineales (figura 2.20) fueron seleccionados principalmente mediante la carrera, para ello fue necesario la realización del modelado 3D, de esta forma se obtuvo una mejor aproximación a los desplazamientos que requiere la máquina. Luego, se selecciona el diámetro del émbolo en base a la fuerza de avance para el peso a movilizar (ecuación 2.7). También se seleccionan las electroválvulas acorde al flujo de aire, diámetro del ducto de entrada de aire y voltaje con que el contralador envía la señal para su manipulación.



Figura 2.20 Actuador lineal, pistón neumático (Festo, 2020)

$$w = ((\sum m) + a)g \quad (2.7)$$

Donde:

w : peso total sobre el actuador con la funda llena [N]

$\sum m$: masa total de las piezas soportadas por el actuador [kg]

a : masa máxima añadida [kg]

0 – actuadores lineales de las mordazas

0.25 - actuadores lineales en tolvas.

1 - actuadores lineales en sistema manipulador de fundas.

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

Selección y programación del PLC

Para la selección del PLC se considera las entradas y salidas que tiene el sistema, como entradas contabilizamos los sensores y pulsadores, para las salidas se enumeran la cantidad de electroválvulas y relés que la máquina tiene (figura 2.21); además, se selecciona la salida que debe tener el PLC en base al voltaje necesario para activar las electroválvulas. El formato de programación se elige en base a la complejidad del sistema.



Figura 2.21 Entradas y salidas de un PLC

2.3.5 Diseño de estructura

Se diseñó una estructura para juntar todos los componentes y equipos. Considerando que se aplican las cargas por el peso de los componentes, la presión que ejerce la pared vertical de la tolva sobre la estructura y una sobrecarga del 25%, que representan equipos no dibujados en el modelado 3D, como: electroválvulas, fuentes AC/DC, tablero eléctrico, entre otros.

Dimensionamiento de la salida del producto

Se dimensionó en base a las medidas que tiene una funda llena y abarcando la mayor área posible debajo del sistema de manipulación de fundas (adaptándolo a la estructura), de forma que no haya riesgo de caída del producto al suelo y a su vez, este canal debe ser fácil de retirar.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Sistema de dosificado

Tolva

Las dimensiones de la tolva dependen de la densidad promedio de los frutos $577[\text{kg}/\text{m}^3]$, con la cual se obtuvo un volumen de diseño de $0.078[\text{m}^3]$, luego de varias iteraciones se obtuvo las dimensiones mostradas en la figura 3.1. El material seleccionado para la construcción de este elemento fue acero inoxidable AISI 304, debido a estar constantemente en contacto con los alimentos (Moerman & Partington, 2014), el espesor seleccionado fue $2[\text{mm}]$ para facilitar la soldadura, éste no fallará debido a la alta resistencia del material y las bajas cargas.

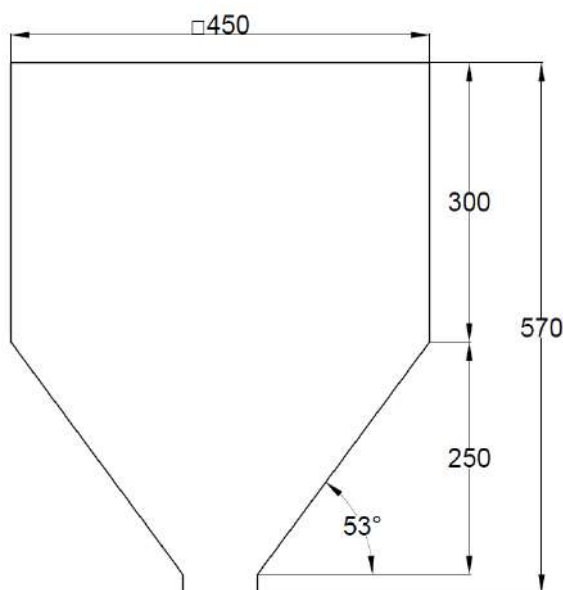


Figura 3.1 Dimensiones en [mm] de la tolva principal

Las dimensiones principales son la altura de $570[\text{mm}]$ y ángulo de 53° , con las dimensiones mostradas (figura 3.1) se obtiene un volumen de $0.0796[\text{m}^3]$, mayor al volumen de diseño. El análisis de la tolva fue realizado en ANSYS Workbench, donde fue analizada bajo una presión hidrostática, ejercida a las paredes interiores, debido al fruto de mayor densidad $792[\text{kg}/\text{m}^3]$.

El mayor esfuerzo en la tolva (Figura 3.2), fue de 1.56[MPa], dando un factor de seguridad de 113 y una deformación máxima de 0.04[mm] (Figura 3.3), por lo que no fallará bajo las condiciones normales del diseño.

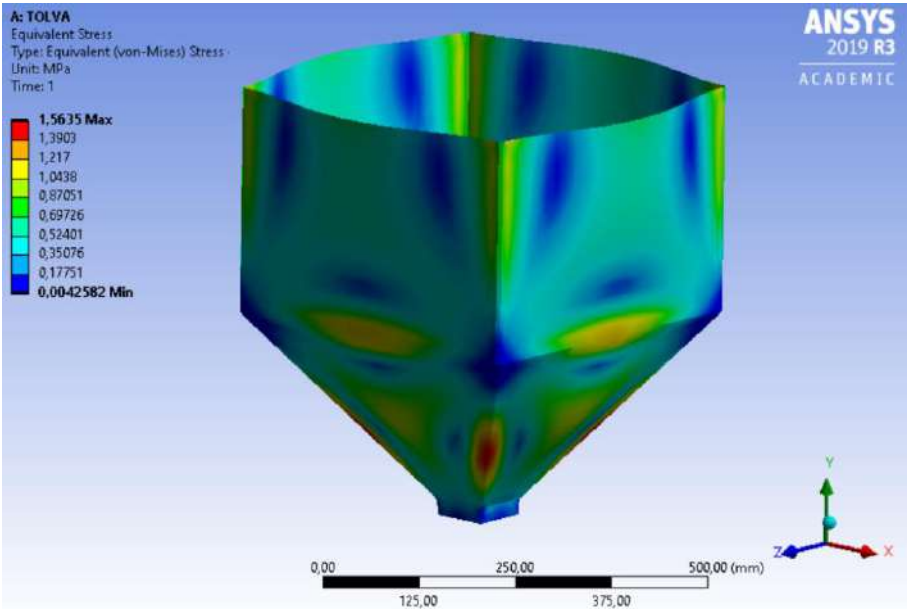


Figura 3.2 Análisis de esfuerzos en la tolva principal

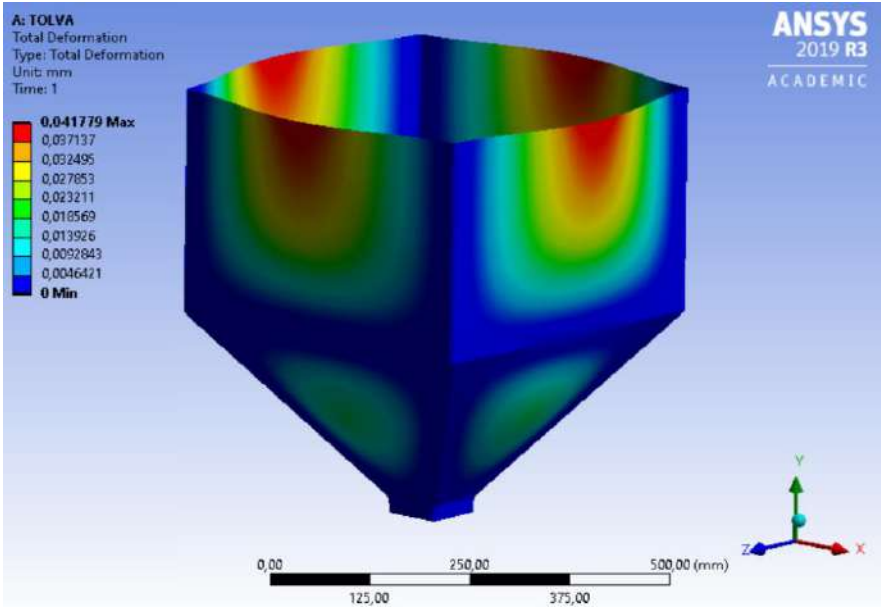


Figura 3.3 Análisis de deformación en la tolva principal

Selección del alimentador

Se seleccionó una capacidad de fundas por minuto, para triplicar la operación de un trabajador en el mismo tiempo. Por ello la capacidad que debe mover es 0.3[t/h]. Con esto se seleccionó el alimentador con las siguientes características:

Tabla 3.1 Características del alimentador por vibración

Especificaciones técnicas	
Modelo	GVZ2
Marca	Xinxiang Dongzhen Machinery
Capacidad [t/h]	0.5
Doble amplitud [mm]	1.5
Frecuencia [Hz]	50/60
Voltaje [V]	220V
Potencia [W]	8
Peso [kg]	7

Su capacidad es de 0.5[t/h], sin embargo, esta puede ser regulable mediante su variador de frecuencia integrado.

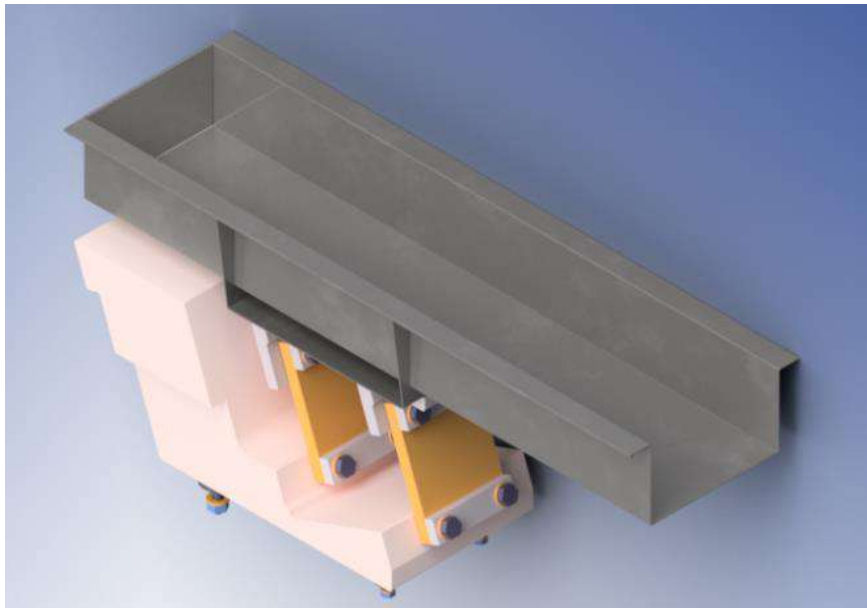


Figura 3.4 Alimentador por vibración

Dimensionamiento de tolva de pesaje y de descarga

Al igual que la tolva principal, se siguió las recomendaciones de la norma UNE-ENV 1991-4, se obtuvo un volumen de diseño de $0.001[\text{m}^3]$, con el fruto menos denso (coco rallado) con la mayor presentación que es de $250[\text{g}]$, tras varias iteraciones se obtuvo las dimensiones mostradas en la figura 3.5, cuyo volumen es de $0.00114[\text{m}^3]$. El material seleccionado fue acero inoxidable AISI 304, por estar en contacto con alimentos (Moerman & Partington, 2014), con espesor de $2[\text{mm}]$ para facilitar su soldadura y para optimizar los recursos. Para el caso de estas tolvas no se realizó un análisis de elementos finitos, debido a las bajas cargas a las que es sometido (menor a $1 [\text{kg}]$).

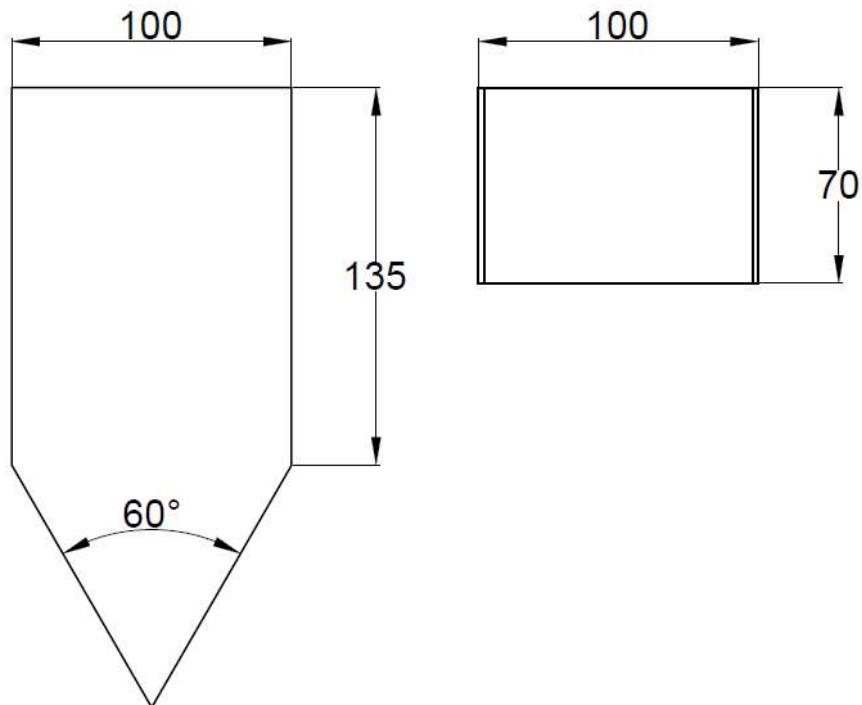


Figura 3.5 Dimensiones en [mm] de las tolvas de pesaje y descarga

Tanto la tolva de pesaje como la de descarga tienen compuertas que se accionan mediante un actuador lineal de doble efecto (figura 3.6 y figura 3.7) de carrera de $20[\text{mm}]$ de marca Festo. Además, la tolva de pesaje cuenta con un movimiento vertical, que se realiza mediante dos actuadores lineales de carrera de $45 [\text{mm}]$ de la marca Festo.



Figura 3.6 Tolva de pesaje

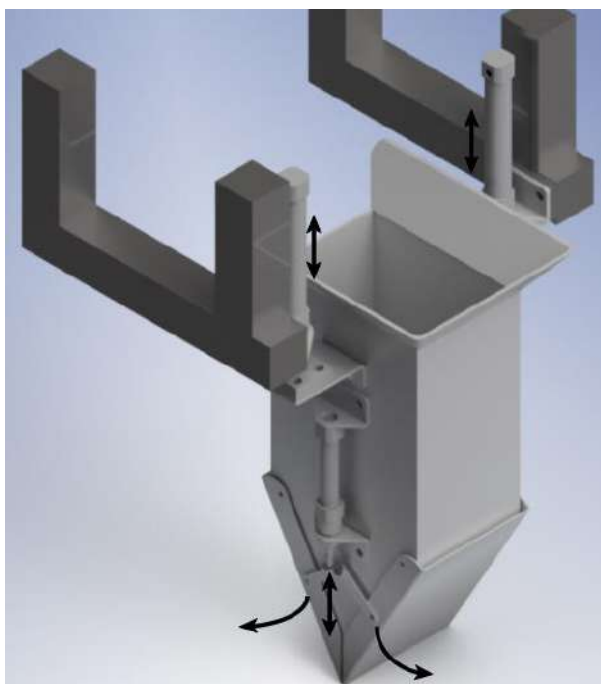


Figura 3.7 Tolva de descarga

3.2 Sistema de manipulación de fundas

Para este sistema se seleccionó un actuador giratorio de 90° y dos actuadores lineales de diferente carrera (figura 3.8), de 90[mm] y 40[mm] de la marca

Festo. Para la selección de la pinza de vacío, la fuerza de succión necesaria es de 49 [N], que es distribuida en 8 ventosas de la marca Festo, 4 sujetas en cada actuador lineal, con un cartucho generador de vacío para cada 4 ventosas, el material de la ventosa es silicona por su temperatura máxima de trabajo de 180°C, superior a los 140°C de la selladora.



Figura 3.8 Sistema de manipulación de fundas

Dispensador de fundas de empaque

Las dimensiones del dispensador son 70[cm] de largo con una altura máxima de 35[cm] y un ancho máximo de 29[cm]. Tanto la altura como el ancho son variables, la altura se modifica mediante la base inferior (que no es fija) y las láminas laterales que cuentan con 5 aberturas para colocar sobre ella la base inferior. El ancho varía mediante las láminas laterales, que están sobre un eje guía fijo y un tornillo de potencia con paso de 5[mm/rev], al girar una vuelta completa reduce o aumenta en 10[mm] (espacio entre placas). El ajuste es mediante una llave Allen de 6[mm].

Para que estas placas se deslicen sobre el eje guía se seleccionó 2 rodamientos lineales para disminuir la fricción. Además, el tornillo de potencia fue montado sobre 2 rodamientos radiales. El dispensador cuenta con una placa deslizante que mantiene las fundas en un extremo del dispensador mediante resortes de acero AISI 1086 con longitud que va desde 141[mm] a 508[mm] y carga máxima de 20.4[N]. No se realizó el análisis de los

rodamientos debido a las bajas cargas (menor a 3 [kg]). El material del dispensador es aluminio liso ASTM A 1200, ya que no se corroe, es ligero y no está en contacto directo con los alimentos.



Figura 3.9 Dispensador de fundas

3.3 Sistema de sellado

Mordaza

Las dimensiones de las mordazas (figura 3.10) dependen de las medidas de la funda de empaque, debido a esto su longitud es de 320[mm], con una altura de sellado de 10[mm]. El material seleccionado, debido a estar cerca de alimentos, fue de acero inoxidable AISI 304.

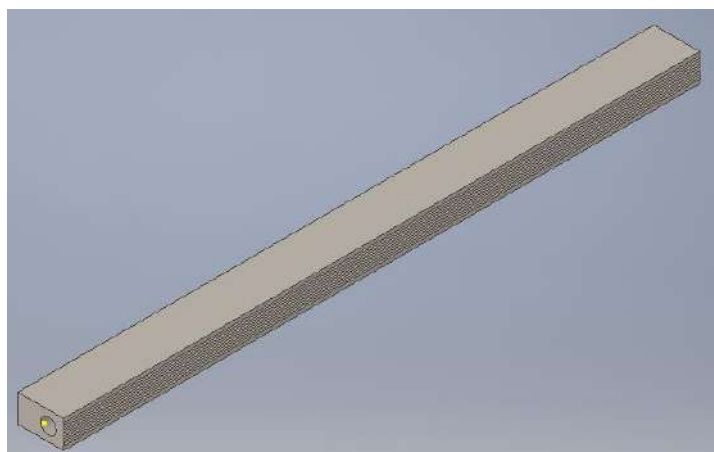


Figura 3.10 Mordaza

Resistencia Eléctrica

La temperatura que deben tener las mordazas es de 140°C , para lograr esta temperatura se obtuvo los parámetros necesarios para fabricar una resistencia eléctrica y un sistema de control para mantenerla en ese valor.

Es de cartucho de alta concentración, ya que son versátiles por ser tubular y se encuentran en el mercado local. Se escogió 8 [mm] de diámetro, con 300 [mm] de longitud y voltaje de 220[V]. El tiempo que se espera que las mordazas alcancen los 140°C es de 2.5[min], debido a esto la potencia es de 316.9[W], a este valor ya se le ha considerado un 20% por pérdidas superficiales y eficiencia de la resistencia eléctrica.

El tiempo mínimo que deben las mordazas estar en contacto con la funda de empaque es de 0.3[s], esto se lo realizó en Autodesk Inventor con el complemento Nastran que aplica el método de elementos finitos (figura 3.11 y figura 3.12), se consideró una lámina de la funda de polipropileno que estaba expuesto a una temperatura de 140°C y se escogió el tiempo seleccionado cuando alcanzó el equilibrio térmico.

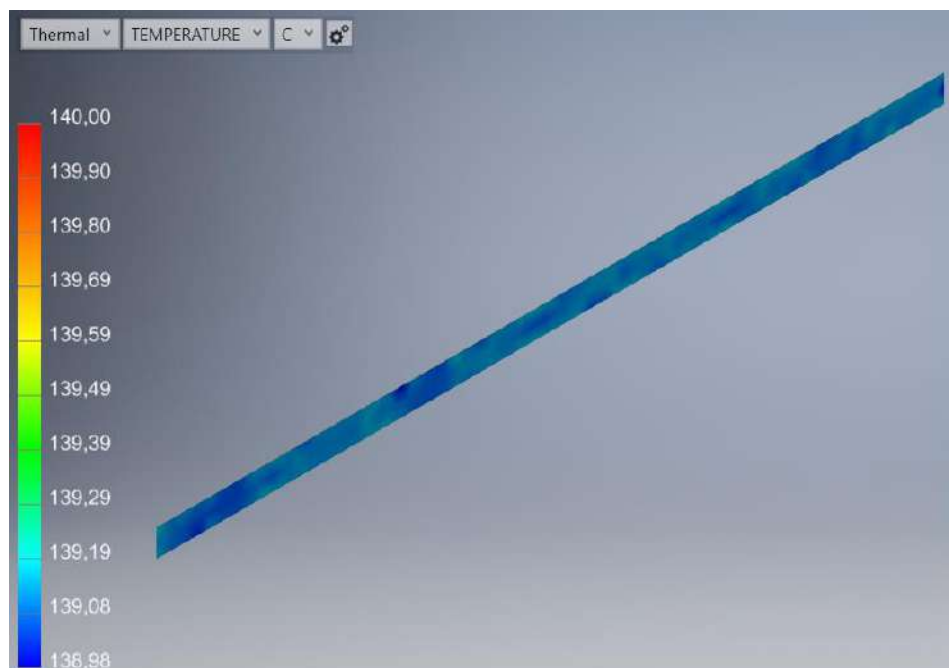


Figura 3.11 Análisis térmico funda de empaque

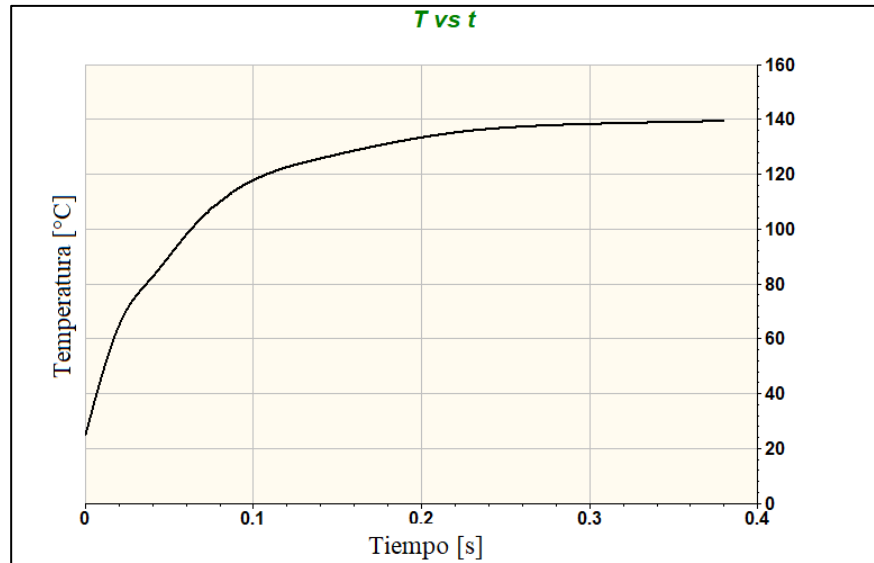


Figura 3.12 Temperatura vs tiempo del análisis térmico de la funda de empaque

Aislante Térmico

Para el dimensionamiento del elemento aislante se realizó una simulación en ANSYS Workbench, donde el dato esperado era la longitud, su forma es cilíndrica y de material PTFE (teflón), el material fue escogido por su baja conductividad térmica y por su rango de temperatura de trabajo, que va desde los $-200[^\circ\text{C}]$ hasta los $260[^\circ\text{C}]$, dentro de este rango no desprende gases nocivos y está avalado por la FDA (Administración de medicamentos y alimentos) (polymerland, 2019). El diámetro exterior del aislante es de $14[\text{mm}]$ con rosca interior de $\text{M}8 \times 1.25$. Al iterar la longitud se llegó a una óptima, siendo de $30[\text{mm}]$, en la siguiente gráfica se ve el contorno de temperatura del elemento.

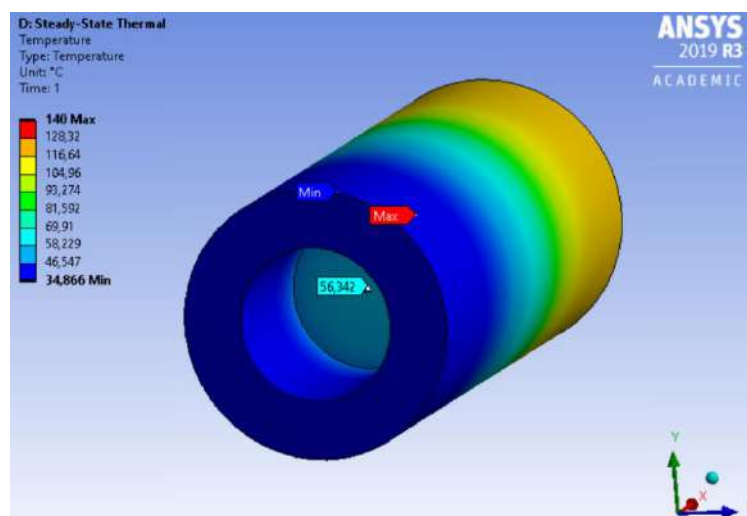


Figura 3.13 Contorno de temperatura del aislante de las mordazas

Se observó que la temperatura más baja es de 34.8[°C], sin embargo, la temperatura de contacto con el soporte va desde ese valor a 56.3[°C], considerada bastante aceptable debido a que disminuye en un factor de 3 la temperatura de la mordaza.

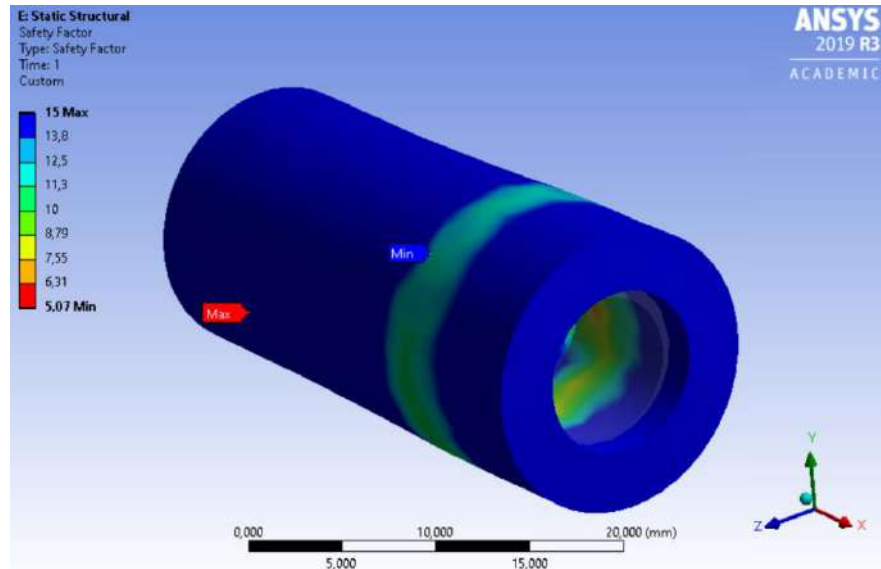


Figura 3.14 Factor de seguridad del aislante.

Luego, se verificó el factor de seguridad siendo este de 5, considerando el peso de la mordaza y manteniendo el contorno de temperatura debido a que la resistencia del material depende de su temperatura.

Cada mordaza es accionada con un actuador lineal (figura 3.15), ambos con carrera de 100 [mm] de la marca Festo. Además, se colocó una placa aislante debajo de las mordazas para proteger las fundas de empaque, debido a que mantienen contacto antes de iniciar el respectivo sellado.

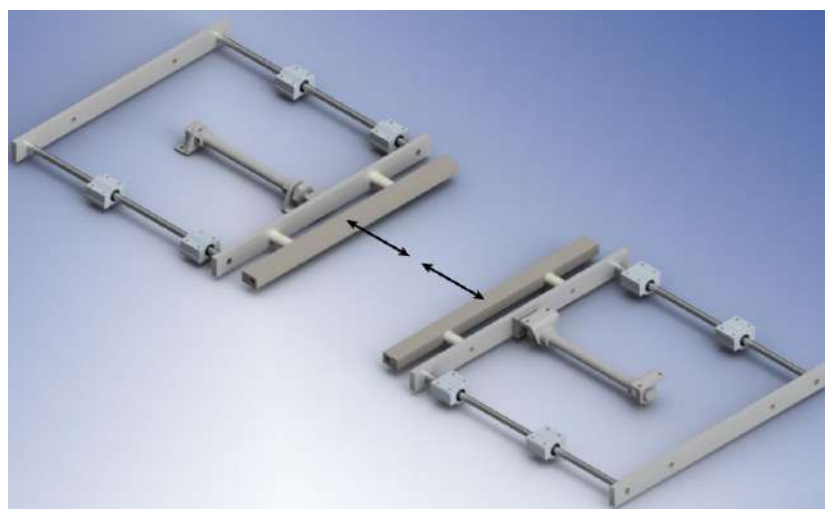


Figura 3.15 Sistema de sellado

3.4 Control de operación

Control de dosificación

La dosificación por peso emplea una celda de carga ubicada en la parte posterior de la tolva de pesaje (figura 3.16), este al sufrir deflexión envía una señal a un microcontrolador, cuando éste identifica que se ha alcanzado el peso se envía una señal al PLC deteniendo el alimentador y activando el resto de los componentes.

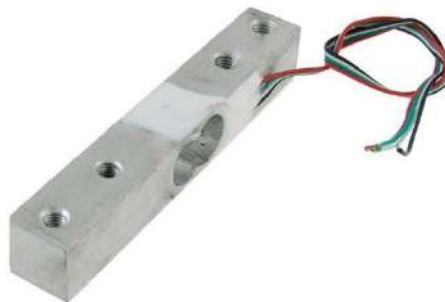


Figura 3.16 Celda de carga (IPower Electronics, s.f.)

Sistema de aire comprimido

En la tabla 3.2 se enlistan los equipos que necesitan de este sistema para poder funcionar, con su respectivo consumo de aire.

Tabla 3.2 Consumo de flujo de aire por equipo

Cantidad	Marca	Descripción	Presión de trabajo [bar]	Flujo de aire [l/min]
2	Festo	Actuador DSNU-8-20-P-A	6	0.099
2	Festo	Actuador DSNU-12-45-P-A	6	0.499
2	Festo	Actuador DSNU-12-100-P-A	6	1.108
1	Festo	Actuador DSNU-20-40-P-A	6	0.647
1	Festo	Actuador DSNU-20-90-P-A	6	1.457
1	Festo	Actuador DRVS-16-90-P	6	0.800
8	Festo	Cartucho de generador de vacío VN-10-L	41.5 l/min c/u	83.00
Subtotal				87.61
Total (Subtotal + 30%)				113.39

El compresor debe tener la capacidad de suministrar 113.39[l/min] a 6[bar], por ello se seleccionó un compresor silencioso de la marca Porten con capacidad máxima de 196[l/min], potencia de 2HP a 120[V]. El compresor se une al sistema neumático mediante una unidad de mantenimiento que cuenta con un filtro separador de agua, regulador de presión, manómetro y lubricador. A continuación, se muestra el diagrama esquemático del sistema neumático realizado en FluidSIM 5 (DEMO).

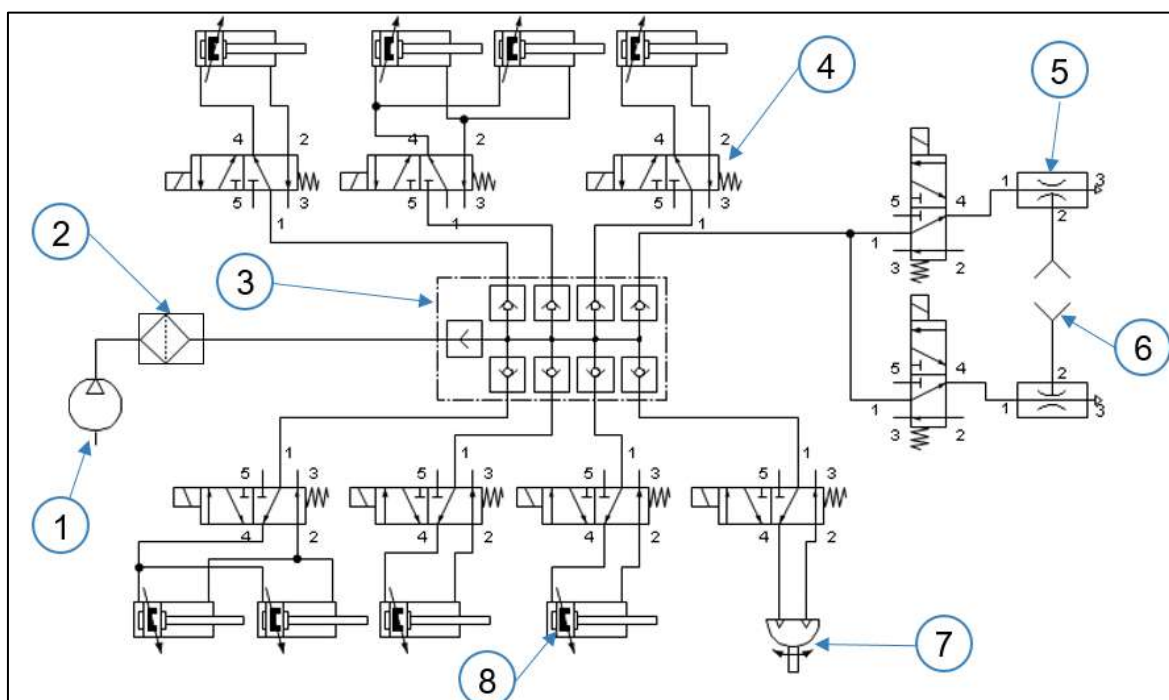


Figura 3.17 Diagrama esquemático del sistema neumático.

Tabla 3.3 Descripción del esquema neumático

Ítem	Nombre
1	Compresor
2	Unidad de mantenimiento
3	Distribuidor
4	Electroválvula
5	Tobera
6	Pinza de vacío
7	Actuador giratorio
8	Actuador lineal

Control del sistema neumático

La máquina cuenta con 8 actuadores lineales, un actuador giratorio de 90° y 8 pinzas. Para el funcionamiento del sistema se seleccionaron nueve electroválvulas de 5/2 (5 vías y 2 posiciones) monoestables con retorno por muelle de la marca SMC (figura 3.18), éstas son las encargadas de controlar la dirección del flujo de aire mediante señales eléctricas enviadas por el PLC.



Figura 3.18 Electrovalvulas de 5/2 (RS Components, s.f.)

Control de temperatura de las mordazas

Se utilizó controles de temperatura ON/OFF, estos permiten ingresar y estabilizar el valor de la temperatura deseada según el material de la funda de empaque, para ello se seleccionó un kit de control, que cuenta con un termopar tipo K con un rango de 0 [°C] a 400 [°C], un relé de estado sólido y un controlador PID de temperatura REX-C100. A continuación, se muestra el diagrama de bloque del sistema de control de temperatura.

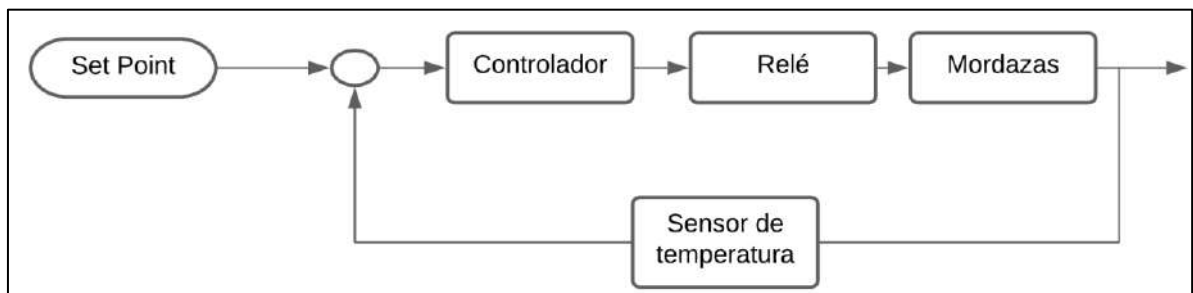


Figura 3.19 Diagrama de bloques del control de temperatura

En el diagrama de bloque se muestra que se empieza con una temperatura esperada, siendo esta el punto fijo (set point) y una retroalimentación dada por el sensor de temperatura. El controlador recibe la señal del sensor, mientras la temperatura sea inferior a la esperada, el relé permite que el voltaje en la resistencia sea 220[V] caso contrario será 0[V].



Figura 3.20 Kit de control de temperatura (IPower Electronics, s.f.)

Selección del Controlador Lógico Programable (PLC)

La máquina posee 7 entradas y 12 salidas. Usando el catálogo de Siemens se seleccionó un PLC de la serie S7-1200 (modelo: 1214C-6ES7214-1AG40-0XB0), que posee 14 entradas y 10 de salida a 24VCC, además se seleccionó un módulo de 8 salidas digitales (S7-1200-SM1222), para conectar el resto de los componentes.



Figura 3.21 PLC S7-1200 (SIEMENS, s.f.)

Alimentación eléctrica

A continuación, se enlista los elementos y su voltaje de funcionamiento.

Tabla 3.4 Componentes con potencia y voltaje

Cant	Componente	110 [VAC]	220 [VAC]	24 [VDC]	Potencia Unitaria [W]	Potencia Total [W]
1	PLC (relé, electroválvulas)			X		33
1	Controlador de temperatura REX C100		X		9	9
2	Resistencia eléctrica de cartucho		X		325	650
1	Alimentador vibratorio GZV1		X		8	8
2	Ventilador 22W-ZXHAO		X		22	44
1	Compresor Porten silencioso 2HP	X			1500	1500
Total						2200

3.5 Análisis de la estructura

El perfil seleccionado fue tubo cuadrado 25x1.2[mm] y ángulos de 40x3[mm] (figura 3.23), de acero galvanizado SAE J 403 1008 y acero AISI 304 respectivamente. Sus uniones están soladas con electrodos E6011, por su excelente penetración y dejar poca escoria.

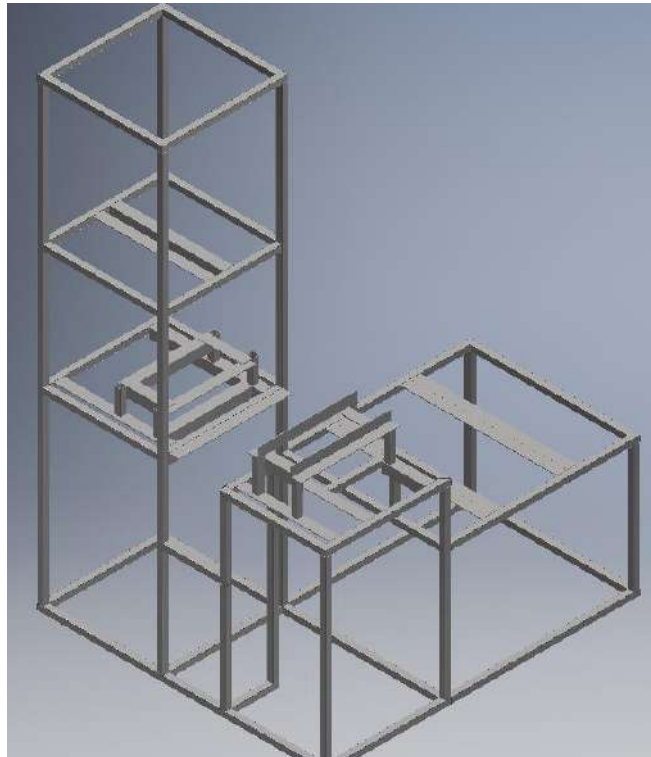


Figura 3.23 Estructura

El análisis fue realizado en Autodesk Inventor, dando una deformación máxima de 0.12[mm] (figura 3.24), con un esfuerzo máximo de Von Mises de 24.5[MPa] (figura 3.25), lo cual es bajo respecto a la resistencia del material de la estructura.

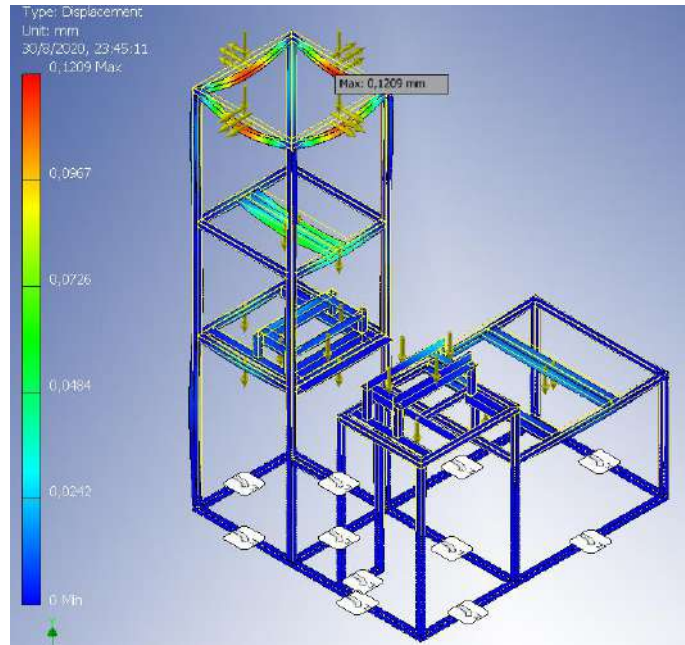


Figura 3.24 Análisis de deformación de la estructura

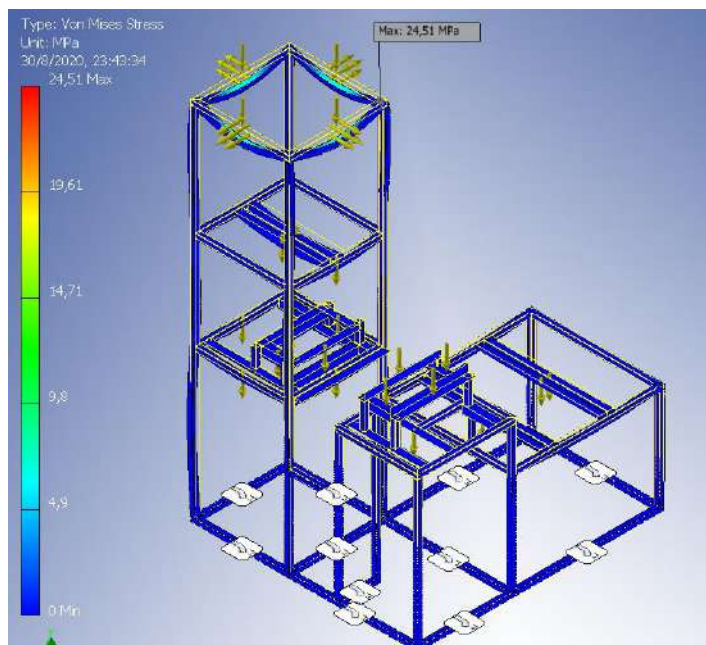


Figura 3.25 Esfuerzo Von Mises de la estructura

Mediante la unión de todos los sistemas analizados, se obtuvo el diseño de la máquina embolsadora (figura 3.26), la cual, debido a su altura total emplea una escalera para que el operario pueda cargar la tolva principal. Además, se cubrió la maquina con paneles de policarbonato para la seguridad del operario y de los frutos.

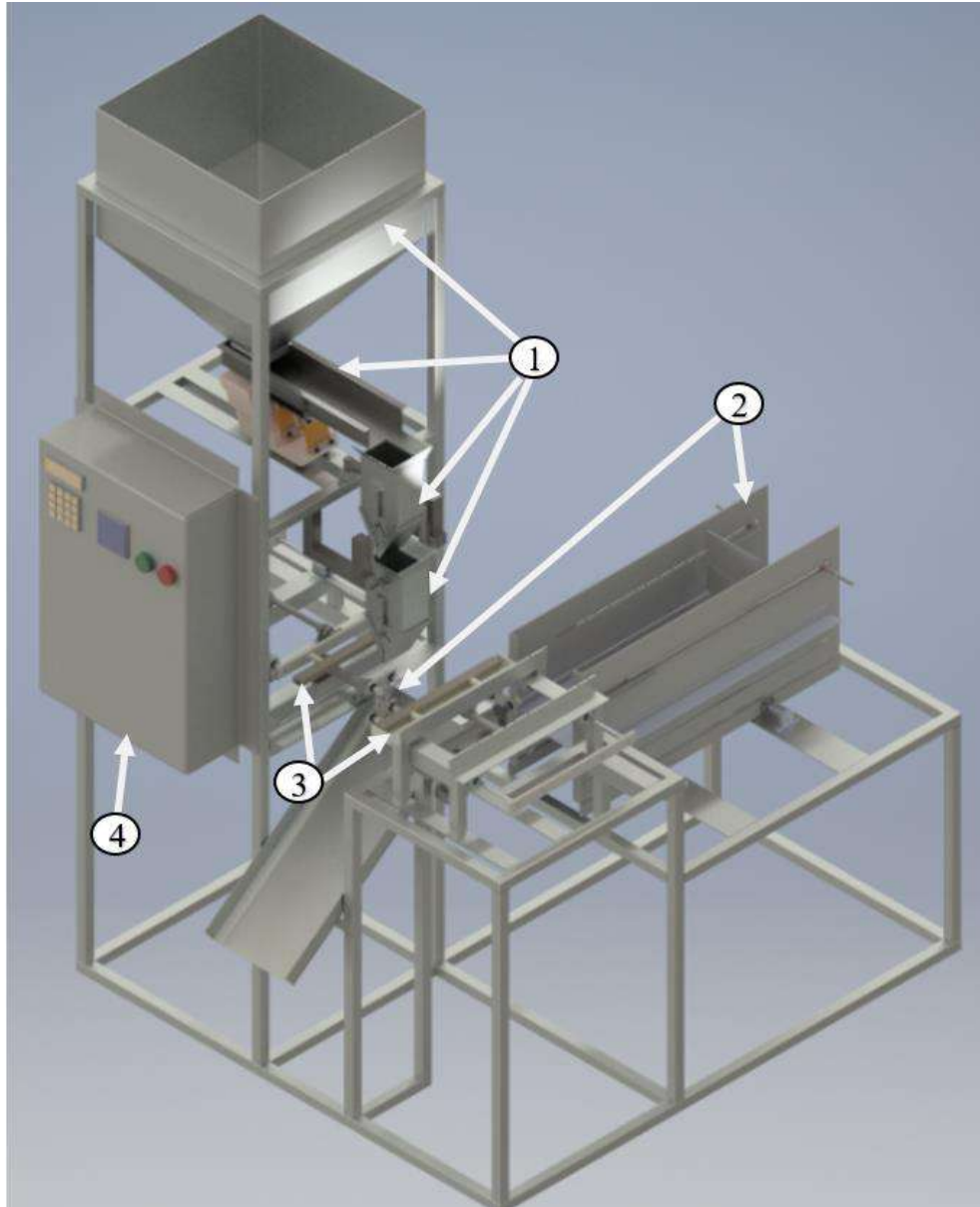


Figura 3.26 Máquina embolsadora, diseño final

Tabla 3.5 Sistemas de la máquina

Ítem	Descripción
1	Sistema de dosificación
2	Sistema de manipulación de funda
3	Sistema de sellado
4	Panel de control

Dimensionamiento de la salida del producto

Luego de dibujar la estructura en 3D, se obtuvo que las dimensiones optimas del canal, para evitar la caída del producto, son las siguientes: 220 x 50 [mm], con un largo de 1000[mm].

3.6 Análisis de costos

Se obtuvo el costo estimado de la máquina embolsadora (tabla 3.7).

Tabla 3.6 Costos de la materia prima

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
1	Plancha acero inoxidable 304-2B e=2 mm	\$ 182.60	\$ 182.60
5	Tubo cuadrado galvanizado 25mm x e=1.2 mm	\$ 5.75	\$ 28.75
2	Ángulo 40 mm x 3 mm	\$ 12.06	\$ 24.12
1	Plancha acero inoxidable 304-2B e=0.6 mm	\$ 56.80	\$ 56.80
1	Plancha aluminio liso ASTM A 1200 e=3 mm	\$ 111.32	\$ 111.32
1	Eje AISI 10183/8" 1kg	\$ 1.59	\$ 1.59
1	Barra cuadrada 25.4 mm acero inoxidable 304	\$ 114.70	\$ 114.70
3	Policarbonato e=2mm	\$ 70.00	\$ 210.00
1	Eje acero inoxidable 304 8 mm 3m	\$ 9.40	\$ 9.40
1	Eje de teflón d=20 mm, L=100 mm	\$ 4.00	\$ 4.00
1	Lámina de teflón 100x500 e=2 mm	\$ 7.00	\$ 7.00
Total			\$ 750.28

Tabla 3.7 Costos de equipos y accesorios

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Precio total
2	Resistencia de cartucho 220V - 325 W	\$ 50.00	\$ 100.00
1	Kit Controlador De Temperatura Rex C100	\$ 55.00	\$ 55.00
8	Rodamiento lineal sc8uu 8mm	\$ 4.70	\$ 37.60
2	Rodamiento lineal LMK10UU 10mm	\$ 10.00	\$ 20.00
1	Rodamiento Kp001 12mm	\$ 7.00	\$ 7.00
1	Rodamiento Kp08 8mm	\$ 4.00	\$ 4.00
2	Resorte a tensión de acero, 20.4N D=17.45mm	\$ 7.00	\$ 14.00
2	Actuador lineal, DSNU-S-8-20-P-A	\$ 55.00	\$ 110.00
2	Actuador lineal, DSNU-12-45-P-A	\$ 75.00	\$ 150.00
2	Actuador lineal, DSNU-12-100-P-A	\$ 70.00	\$ 140.00
1	Actuador lineal, DSNU-20-40-P-A	\$ 94.00	\$ 94.00
1	Actuador lineal, DSNU-20-90-P-A	\$ 97.00	\$ 97.00

Cantidad	Descripción (Continuación)	Precio unitario	Precio total
1	Actuador rotativo, DRVS-16-90-P	\$ 200.00	\$ 200.00
8	Pinza por vacío redonda, ESG-15-SS-HA-QS	\$ 60.00	\$ 480.00
8	Fijación por pies para actuadores	\$ 9.00	\$ 72.00
2	Cartucho de generador de vacíoVN-10-L	\$ 55.00	\$ 110.00
1	Compresor Porten Silencioso De 2hp	\$ 160.00	\$ 160.00
1	Unidad De Mantenimiento Neumática	\$ 50.00	\$ 50.00
1	Transformador 220V-120V	\$ 80.00	\$ 80.00
1	MODULO DE 8 SALIDAS DIGITALES S7-1200	\$ 120.00	\$ 120.00
1	PLC Siemens S7-1200 1214C 6ES7214-1AG40-0XB0	\$ 600.00	\$ 600.00
1	Alimentador vibratorio GZV1	\$ 400.00	\$ 400.00
1	Celda de carga 5kg con transmisor HX711	\$ 10.00	\$ 10.00
1	PIC 49f877a microchip	\$ 5.00	\$ 5.00
1	Pantalla LCD funda azul	\$ 4.00	\$ 4.00
1	Teclado de membrana de 4x4	\$ 1.50	\$ 1.50
2	Botón ON/OFF	\$ 1.50	\$ 3.00
9	Electroválvula 5/2 serie SYJ7000 con solenoide/resorte 24V	\$ 90.00	\$ 810.00
2	Distribuidor de aire múltiple QSLV4-G1/8	\$ 18.00	\$ 36.00
1	Distribuidor de aire múltiple FR-9-G1/8	\$ 30.00	\$ 30.00
1	Fuente De Poder 24V/10A	\$ 40.00	\$ 40.00
1	Transformador 250Vac -24Vdc	\$ 40.00	\$ 40.00
2	Ventilador (Fan) 220V 22W-ZXHAO	\$ 25.00	\$ 50.00
Subtotal			\$ 4,130.10
Instalación de equipos y accesorios (15%)			\$ 619.52
Total			\$ 4,749.62

Tabla 3.8 Costo estimado

Costo de Materia Prima	\$ 750.28
Mano de obra	\$ 1,200.00
Costo de Equipos y accesorios	\$ 4,749.62
Subtotal	\$ 6,699.90
Costo de Diseño (30%)	\$ 2,009.97
Total	\$ 8,709.87

El costo estimado es de \$8,709.87, luego, se buscó equipos localmente y en el extranjero, sin embargo, localmente solo se encontró de una capacidad superior, de 50 bolsas por minuto por un costo de \$58,000 y en el extranjero a \$8,300 con capacidad de 8 bolsas por minuto, sin embargo, se debe tomar en cuenta los costos de flete, seguro, aranceles y demás impuestos, por lo que su valor aumenta un 50%, es decir a \$12,450.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se realizó el diseño de detalle, para esto se dividió en 4 funciones principales: dosificación, manipulación de funda de empaque, sellado y control de operación. Resultando una máquina de fácil uso, ya que solo se debe colocar los frutos secos o deshidratados en la tolva principal, colocar las fundas tipo doypack en el dispensador, indicar el peso e indicar temperatura; con capacidad de embolsar hasta 180 fundas por hora, independientemente de la presentación, con un límite de 250 [g], esto debido a la programación, la cual es por secuencia de tiempo y no por sensores de posición. Además, las fundas doypack pueden ser de diferentes tamaños que van desde 150x150 [mm] hasta 290x290 [mm].
- Para el estudio de la tolva principal se empleó el análisis de elementos finitos con el programa ANSYS Workbench para conocer los esfuerzos y deformaciones que tiene con un material de acero AISI 304 con espesor de 2 [mm], por estar en contacto con alimentos. Mediante el análisis se obtuvo un esfuerzo máximo de 1.56 [MPa] y una deformación de 0.04 [mm], debido a la baja carga de 45 [kg]. También se realizó este método en Autodesk Inventor para el análisis de la estructura donde se obtuvo un factor de seguridad de 7, debido a la alta resistencia del material y las bajas cargas.
- Para el estudio térmico se utilizó el programa de Autodesk Inventor con el complemento Nastran para obtener el tiempo mínimo de sellado el cual es de 0.3 [s] a una temperatura de 140 [°C] y ANSYS Workbench para la longitud del elemento aislante siendo de 30 [mm], seleccionando teflón como material, logrando reducir a 58 [°C] la temperatura de las mordazas en contacto con el soporte, además, se realizó un análisis estático para ver si este fallaba debido a la temperatura, dando como factor de seguridad de 5.

- El modelado 3D se realizó en paralelo con el diseño detallado, con la finalidad de seleccionar la carrera de los actuadores para el movimiento de los elementos, para optimizar el espacio utilizado por la máquina y tener una referencia para la altura que no debía exceder los 3 [m], resultando esta de 2.02 [m]. Una vez finalizado el diseño se realizó los respectivos planos, siendo estos claves para su construcción.

- El código de programación fue realizando en el lenguaje ladder, con la finalidad de facilitar su réplica en cualquier programa. Con esto se obtuvo la secuencia de los diferentes componentes de la máquina por tiempo de funcionamiento, obteniendo de esta forma un código que se puede modificar dependiendo de los requerimientos de la empresa.

- Se realizó una simulación del funcionamiento de la máquina donde se aprecia la secuencia de los movimientos internos de ésta y el tiempo que le toma embolsar una funda, el cual fue de 18 [s].

- La máquina tiene una cubierta de policarbonato para evitar que agentes nocivos ingresen y poder observar cualquier fallo de forma rápida. La estructura mide 1.85x1.25x2.02 [m], esto no era una restricción, sin embargo, las dimensiones indican que la máquina se puede transportar de forma sencilla, es decir, su construcción puede ser externa y llevarla a la fábrica preensamblada. Requiere una potencia máxima de 2.2 [kW-h]. El costo estimado es de \$8 709.87, siendo este inferior a la que se encuentra localmente y en el extranjero, aunque estos 2 últimos tienen mayor capacidad estarían sobre las necesidades actuales de la empresa.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda calibrar la celda de carga a fin de obtener la incertidumbre de forma experimental, testeando diferentes pesos y probando diferentes frecuencias del alimentador a fin de optimizar el proceso de embolsado.

- Colocar sensores para obtener el tiempo exacto en cada movimiento de la funda de empaque, es decir, usar sensor en vez de una secuencia fija por intervalos de tiempos para optimizar los tiempos dependiendo de cada fruto.
- Aplicar galvanizado en frío luego de soldar la estructura para no perder las propiedades anticorrosivas.
- Colocar una tapa en la tolva durante la operación de la máquina para evitar que agentes nocivos ingresen y afecten la producción.
- Si se desea utilizar la máquina para la presentación superiores a 250 [g] de forma continua se recomienda cambiar las tolvas de pesaje y descarga por unas de mayor tamaño para optimizar el tiempo de producción por funda embolsada, además regular el variador de frecuencia del alimentador por vibración.
- Incorporar un detector de metales a la salida del producto.
- Una mejora de la máquina sería incorporar una codificadora para no depender de otro equipo.
- Colocar adhesivos indicando superficie caliente y riesgo de caída (escalera).

Recomendaciones de mantenimiento

- Limpiar la tolva principal y canal de vibración cada vez que se intercambien de frutos secos o deshidratados.
- Purgar la unidad de mantenimiento del compresor cada tres meses.
- Dar mantenimiento a los actuadores neumáticos cada año.

- No limpiar el vástago de los actuadores, debido a que este posee una lubricación especial colocada por el fabricante.
- Renovar el aislante térmico una vez al año.
- Realizar el mantenimiento preventivo del compresor cada 6 meses.
- Chequear la alineación de los actuadores, que estén trabajando en conjunto.
- Limpiar tolva de pesaje y descarga al finalizar la jornada.
- Renovar los resortes cada 2 años.
- Limpiar el tablero eléctrico cada tres meses.
- Chequear el buen funcionamiento del controlador de peso, llevando un registro del peso de los productos obtenidos de la máquina, al menos 4 productos al día.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLIEDFLEX. (s.f.). *FLX Machinery*. Recuperado el 20 de junio de 2020, de ALLIEDFLEX: <https://alliedflex.com/affiliates/flx-machinery/>
- BCE. (2019). *Banco Central del Ecuador*. Obtenido de EVOLUCIÓN DE LA BALANZA COMERCIAL: <https://www.bce.fin.ec/index.php/component/k2/item/299-evoluci%C3%B3n-de-la-balanza-comercial/>
- Bergman, T. L., & Incropera, F. P. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer*. Hoboken, NJ: Wiley.
- BUENACHE, A. (2010). *TECNOLOGÍA NEUMÁTICA: TEORÍA, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE COMPONENTES Y CIRCUITOS PARA LA DOCENCIA VÍA Web*. MADRID: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID.
- BULK-MAN 3D. (s.f.). *Pillow Block Mounted Bearing*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de Aliexpress: <https://es.aliexpress.com/item/33059227701.html>
- Century Spring Corp. (s.f.). *Csc Catalog Web*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Century Spring Corp: https://www.centuryspring.com/wp-content/uploads/2015/12/csc_catalog_web.pdf
- CNCCANEN Store. (s.f.). *Linear Motion ball slide units series*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de Aliexpress: <https://es.aliexpress.com/item/4000593702305.html>
- Cookitsimply. (10 de Junio de 2020). *Cookitsimply*. Obtenido de measurements: <http://www.cookitsimply.com/measurements>
- DuPont Fluoroproducts. (s.f.). *Teflon PTFE*. Wilmington, Delaware. Recuperado el 1 de agosto de 2020, de DuPont Fluoroproducts: http://hep.ucsb.edu/LZ/ptfe_handbook.pdf
- Duran, J. (2000). *Sands, Powders, and Grains: An Introduction to the Physics of Granular Materials*. New York: Springer.
- Electroni Lab. (noviembre de 2017). *Electronilab*. Obtenido de AVIA SEMICONDUCTOR: <https://electronilab.co/wp-content/uploads/2017/11/HX711.pdf>
- Enipack. (s.f.). *Dosificadores multicabezal*. Recuperado el 10 de junio de 2020, de Enipack: <http://www.enipack.com/>

- Erickson, D. R. (1990). Proceedings of the World Conference on Edible Fats and Oils Processing: Basic Principles and Modern Practices. *World Conference on Edible fats and Oils*. Champaign, Illinois: American Oil Chemists Society.
- EURO-BEARINGS LTD. (s.f.). *LINEAR MOTION PRODUCTS*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de EURO-BEARINGS LTD: <https://www.euro-bearings.com/eurocatonline.pdf>
- FAO. (Noviembre de 2016). *Food and Agriculture Organization of United Nations*. Obtenido de <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
- Festo. (junio de 2020). *Cilindros redondos DSNU/ESNU*. Obtenido de Festo: https://www.festo.com/cat/es-co_co/data/doc_es/PDF/ES/DSNU_ES.PDF
- Festo. (s.f.). *Actuadores giratorios DRVS*. Recuperado el 20 de agosto de 2020, de Festo: https://www.festo.com/cat/en-gb_gb/data/doc_ES/PDF/ES/DRVS_ES.PDF
- Festo. (s.f.). *Cartucho de generador de vacío*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de Festo: https://www.festo.com/cat/es_loc/xDKI.asp
- Festo. (s.f.). *Técnica de vacío*. Recuperado el 05 de Agosto de 2020, de Festo: https://www.festo.com/cms/es-ar_ar/9814.htm#
- Fideva. (s.f.). Obtenido de Como funcionan los vibradores neumáticos Fideva: <https://www.vibradoresneumaticos.com.mx/instalaci%C3%B3n/>
- GRAVIPES. (s.f.). *DOSIFICADOR BRABENDER CANAL vibrante por pérdida de peso*. Recuperado el 10 de junio de 2020, de GRAVIPES: <http://gravipes.com/portfolio-items/dosificador-brabender-canal-vibrante/>
- Grupo Polytec. (Abril de 2018). *VENTAJAS DEL USO DE BOLSAS DOYPACK*. Obtenido de Grupo Polytec: <https://www.polytec.com.gt/es/blog/ventajas-del-uso-de-bolsas-doypack>
- Haiyang, Z., Haiyang, A., Yongli, W., & Quan, Q. (2017). *DEM modeling on stress profile and behavior in granular matter*. Powder Technology. doi:10.1016/j.powtec.2017.10.006
- IPower Electronics. (s.f.). *Celda De Carga*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de IPower Electronics: <http://ipowerelectronics.com/sensores/274-celda-de-carga-1kg.html>
- IPower Electronics. (s.f.). *Kit Pirómetro Digital Rex-c100 Control De Temperatura SSR40A*. Recuperado el 10 de agosto de 2020, de IPower Electronics: <http://ipowerelectronics.com/temperatura/2542-kit-pirometro-digital-rex-c100-control-de-temperatura-ssr40aa.html>

- Iza, M., & Medina, A. (2013). *Diseño y construcción de una maquina dosificadora y empacadora controlada por PLC para la línea de producción de snacks de la empresa Ecuamex S.A.* Sangolqui: ESPE.
- Machinery Xinxiang Dongzhen. (s.f.). *GZV1, GZV2, GZV3, GZV4, GZV5, GZV6 alimentador vibratorio pequeño.* Recuperado el 25 de julio de 2020, de Alibaba: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/gzv1-gzv2-gzv3-gzv4-gzv5-gzv6-magnetic-vibrating-feeder-small-vibrating-feeder-machine-60066444648.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.74338484wh1Kjt>
- Maxpack. (s.f.). *Maxpack MFSG Series.* Recuperado el 20 de junio de 2020, de Maxpack: <https://www.maxpackmachinery.com/es/catalogo-maxpack-machinery-maquinaria-de-ensado-vertical-horizontal-rotativa-doypack/>
- Moerman, F., & Partington, E. (2014). MATERIALS OF CONSTRUCTION FOR FOOD PROCESSING EQUIPMENT AND SERVICES: REQUIREMENTS, STRENGTHS AND WEAKNESSES. *Journal of Hygienic Engineering and Design*, 6, 10-37. doi:10.1016/j.tifs.2006.11.025
- Moreno, E. (2010). *Diseño de una máquina empacadora dosificadora y selladora de fundas para arroz.* Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Paredes, A. (31 de enero de 2017). *DISEÑO MECÁNICO DE TOLVAS INDUSTRIALES.* Recuperado el 10 de junio de 2020, de Mecanotecnia: <http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/01/disenio-mecanico-de-tolvas-industriales.html>
- Peña Gutiérrez, K. (2017). *Los frutos secos, alternativa de diversificación en el Ecuador y su desarrollo comercial en el periodo 2012-2016.* Guayaquil: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- polymerland. (2019). *polymerlandstore.* Obtenido de PTFE (Teflón): https://www.polymerlandstore.com/pdf/plasticos_ingenieria/SABIC_CHILE_PTFE_HOJA_TECNICA.pdf
- RS Components. (s.f.). *Electroválvula neumática SMC, Serie SYJ7000.* Recuperado el 15 de agosto de 2020, de RS Components: <https://es.rs-online.com/web/p/valvulas-de-control-accionado-por-solenoide-piloto-neumaticas/3886835/>
- Ruiz, D. (2020). Los frutos secos, de los cuales se recomienda un consumo diario de unos 50 gramos, aportan, además, sabor y color a la cocina española. *El diario montañés.*

- Sanmetal S.A. (20 de agosto de 2020). *Sanmetal S.A.* Obtenido de Termoplasticos: <http://www.sanmetal.es/productos/termoplasticos/polipropileno-pp/18>
- SG Electro Industrial. (s.f.). *RESISTENCIAS TIPO CARTUCHO*. Recuperado el 01 de agosto de 2020, de SG Electro Industrial: <http://www.sgelectroindustrial.com/resistencias-tipo-cartucho>
- SIEMENS. (s.f.). *Mall Industry SIEMENS*. Recuperado el 02 de Agosto de 2020, de 6ES7214-1AG40-0XB0: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>
- SOMAI. (s.f.). Obtenido de Internal electric vibrators: <https://pdf.directindustry.com/pdf/somai/beyond-vibrators/11956-453131.html>
- TARNOS. (s.f.). Obtenido de Vibradores y accionamientos electromagnéticos: <https://www.tarnos.com/wp-content/uploads/2017/11/Vibradores-y-accionamientos-electromagn%C3%A9ticos.pdf>
- Tecnología para la industria. (28 de Septiembre de 2018). *Evolución de la automatización en la industria alimentaria*. Obtenido de Tecnología para la industria: <https://tecnologiaparalaindustria.com/evolucion-de-la-automatizacion-en-la-industria-alimentaria/>
- Tetsuya, I., Ishiaku, U., Mizoguchi, M., & Hamada, H. (2005). The effect of heat sealing temperature on the properties of OPP/CPP heat seal. I. Mechanical properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 97, 753-760. doi:10.1002/app.21320
- Young, H., Freedman, R., Flores, R., Flores, V., & Sears, F. (2009). *Física universitaria*. México: Addison-Wesley.
- Zambrano, L. (18 de diciembre de 2019). *Los precios de frutos secos se mantienen y ganan mercado*. Recuperado el 11 de junio de 2020, de Diario Expreso: <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/precios-frutos-secos-mantienen-ganan-mercado-1674.html>
- Zhongshan Weighlin Packaging Machinery. (23 de marzo de 2018). *High Quality OEM ODM Parts*. Recuperado el 20 de julio de 2020, de <http://www.weighlin.com/index.php?m=wap&c=index&a=show&catid=25&id=38>

APÉNDICES

APÉNDICE A

Cálculos representativos

Sistema de dosificado

Cálculo del volumen de diseño para tolva principal

Debido a la ausencia de datos específicos, la densidad de cada uno de los frutos se obtiene mediante una variación de la ecuación 2.1. Se usó los valores de masa contenidos en un volumen en una taza americana ($V=240$ [cc]) obtenidos del sitio Cookitsimply. Con dichos valores se obtuvo la densidad promedio para obtener el volumen de diseño.

$$\rho = \frac{m_{\text{masa contenida en una taza de 240cc}}}{V_{\text{taza americana}}}$$

Cálculo representativo considerando coco rallado:

$$m=60 \text{ [g]}$$

$$V=240 \text{ [cc]}$$

$$\delta_{\text{coco rallado}} = \frac{60 \text{ gr}}{240 \text{ cc}} * \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 \frac{\text{g}}{\text{cc}}}$$

$$\delta_{\text{coco rallado}} = 250 \text{ [Kg/m}^3\text{]}$$

Tabla A. 1 Densidades de los frutos a embolsar (Cookitsimply, 2020)

Frutos secos y deshidratados	Masa [g] Contenida en 240cc	Densidad [Kg/m ³]
Nueces	150	625
Almendras	140	583
Nueces macadamia	134	558
Nueces pecana	100	417
Pistachio	150	625
Pasas	160	667
Ciruelas Pasas	125	521
Damasco	190	792
Dátiles	175	729
Coco Rallado	60	250
Promedio ($\bar{\rho}$)		577

Para calcular el volumen de diseño se utilizó la densidad promedio y se proyectó para una producción de 45 [kg] de un fruto durante una hora, utilizando la ecuación 2.1:

$$V_d = \frac{m}{\bar{\rho}}$$

$$V_d = \frac{45 \text{ kg}}{577 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.078 \text{ m}^3$$

Con el volumen de diseño se itera dando dimensiones a la tolva, hasta obtener un volumen mayor al volumen de diseño. La única variable limitada es la altura debido a la restricción de altura y se recomienda un ángulo mayor a 50° para evitar atascos, según la norma UNE-ENV 1991-4.

Tabla A. 2 Dimensiones de la tolva principal

Altura Total de la tolva	H _t	mm	570
Altura de la sección superior	h ₁	mm	300
Altura de la sección inferior	h ₃	mm	20
Altura de la pirámide	h ₂	mm	250
Lado de la sección superior	a	mm	450
Lado de la sección inferior	b	mm	80
Volumen	V_t	m³	0,0796

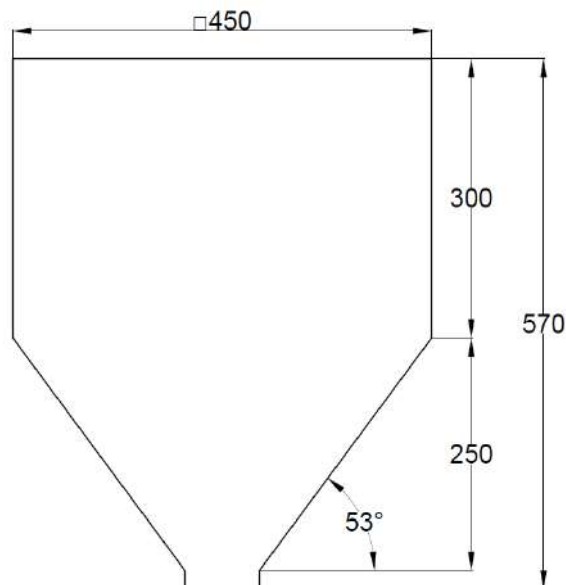


Figura A. 1 Tolva principal

Con las dimensiones se obtiene el volumen de la tolva:

$$\begin{aligned}V_t &= V_1 + V_2 + V_3 \\V_1 &= a^2 h_1 \\V_2 &= \frac{h_2}{3} (a^2 + b^2 + \sqrt{a^2 * b^2}) \\V_3 &= b^2 h_2\end{aligned}$$

Donde:

V_t : Volumen total [m^3]

V_1 : Volumen de la sección rectangular superior [m^3]

V_2 : Volumen del tronco de pirámide [m^3]

V_3 : Volumen de la sección rectangular inferior [m^3]

Obtenemos un volumen total:

$$V_t = 0.0796 m^3 > V_d$$

Debido a que la tolva estará constantemente en contacto con los alimentos se seleccionó como material al acero inoxidable AISI 304 (Moerman & Partington, 2014), con un espesor de 2 [mm], para facilitar su soldadura. No fue realizado el análisis de espesor de chapa porque se trata de una tolva de baja capacidad y el material a utilizarse se caracteriza por su alta resistencia mecánica y a la corrosión.

La simulación de la tolva fue realizada en ANSYS Workbench y se consideró como si estaba expuesta a una presión hidrostática, es decir, como si en ésta estuviese un fluido, pero, es material granulado y presenta una variación ya que su presión deja de aumentar cuando alcanza una cierta altura (Haiyang, Haiyang, Yongli, & Quan, 2017) (ver figura A.2). Esta consideración es conservadora y útil por tener poca altura de la tolva.

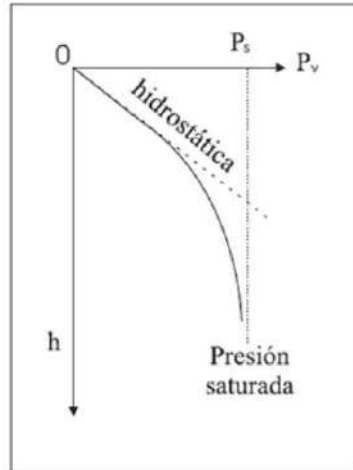


Figura A. 2 Distribución de presión en función de la altura (Duran, 2000)

Dimensionamiento de la tolva de pesaje y de descarga

Para calcular su volumen de diseño se utilizó el fruto de menor densidad (coco rallado). Se dimensiona para una capacidad máxima de 250 [g]. Mediante la ecuación 2.1, obtenemos el volumen de diseño:

$$V_d = \frac{m}{\bar{\rho}} = \frac{0.25 \text{ kg}}{250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_d = 0.001 [\text{m}^3]$$

Con el volumen de diseño se itera dando dimensiones a la tolva, hasta obtener un volumen mayor. Para este caso se tiene dos variables limitadas por la apertura de la funda. Estas dimensiones límite fueron obtenidas midiendo la funda más pequeña, dando unas dimensiones máximas de 70x50 [mm].

Luego de la iteración se obtuvo las siguientes dimensiones (tabla A.3) para las tolvas de pesaje y descarga (figura A.5)

Tabla A. 3 Dimensiones de las tolvas de pesaje y descarga

Profundidad	Z	mm	70
Base del triángulo	B	mm	100
Altura del cuadrado	H ₁	mm	135
Altura del triángulo	H ₂	mm	86,60
Área lateral	A _L	m ²	0,00433
Volumen total	V _t	m ³	0,00125

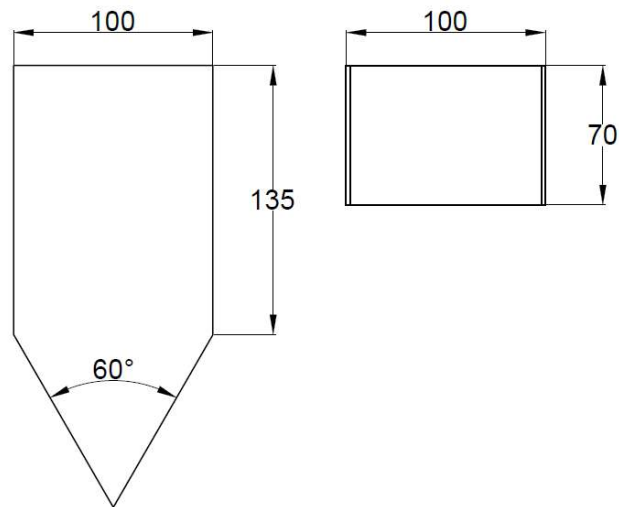


Figura A. 3 Tolva de pesaje y Tolva de descarga

Obtenemos un volumen total:

$$V_t = 0.00125 \text{ m}^3 > V_d$$

Ambas tolvas activan sus compuertas mediante actuadores lineales de igual carrera, pero la tolva de pesaje tiene una mayor apertura, esto se logra colocando eslabones un poco más largos en la compuerta. Además, la tolva de descarga posee dos actuadores lineales, que le permiten bajar hasta donde se encuentra la funda de empaque.

Selección del alimentador

Se requiere que 250 [g] sean transportados en 3[s], a continuación, se muestra la conversión a [t/h]

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{masa}}{\text{tiempo}}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{250 \text{ [g]}}{3 \text{ [s]}} * \frac{1 \text{ [kg]}}{1000 \text{ [g]}} * \frac{3600 \text{ [s]}}{1 \text{ [h]}}$$

$$\text{Capacidad} = \frac{250 \text{ [g]}}{3 \text{ [s]}} = 300 \text{ [kg/h]} * \frac{1 \text{ [t]}}{1000 \text{ [kg]}}$$

$$\text{Capacidad} = 0.3 \text{ [t/h]}$$

Se requiere una capacidad de 0.3 [t/h], por eso se escogió el modelo GZV2 del siguiente catálogo:

Technical Specification :

Model	GZV	GZV2	GZV3	GZV4	GZV5	GZV6
Capacity(t/h)	0.1	0.5	1	2	4	6
Double amplitude (mm)	1.5					
Frequency(r/min)	3000					
Voltage(V)	220					
Power(W)	5	8	20	25	30	50
Weight(Kg)	4	7	12	18	27	45

Figura A. 4 Catálogo del alimentador (Machinery Xinxiang Dongzhen, s.f.)

Selección de actuadores

Para el caso de las compuertas de las tolvas se seleccionó una carrera de 20 [mm] y se obtuvo un peso a soportar menor a 1 [kg] a favor del movimiento, por ello se escoge el de menor diámetro de émbolo, el cual soportará sin problemas la carga, ya que esta carga se divide por el mecanismo utilizado que cuenta con eslabones tanto en la parte frontal como posterior.

Tabla A. 4 Selección de actuador lineal de compuerta

Actuador de compuerta		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DSNU-8-20-P-A	
Carrera	20	mm
Masa de piezas soportadas	0.341	kg
Masa con tolva llena	0.591	kg
Peso	5.798	N
Fuerza soportada por el actuador	2.899	N

Para el caso de los actuadores de desplazamiento vertical de la tolva de descarga se seleccionó de igual forma, sin embargo, en esta ocasión se optó por colocar dos

actuadores lineales con diámetro de embolo 12 [mm], debido a un desbalance en caso de colocar solo uno.

Tabla A. 5 Selección del actuador lineal de movimiento vertical

Actuador de movimiento vertical		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DSNU-S-12-45-P-A	
Carrera	45	mm
Masa de piezas soportadas	1,38	kg
Masa con tolva llena	1,63	kg
Peso	16,0	N
Fuerza de avance	68	N
Fuerza de retroceso	51	N
Fuerza transversal	5	N

Tanto para la obtención de las fuerzas mostradas en las Tablas A.4 y A.5 de empleó la ecuación 2.7, con una masa añadida $a=0.25$:

$$w = \left(\left(\sum m \right) + a \right) g$$

Sistema de manipulación de fundas

Selección de actuadores

Una vez dibujado los sistemas, se diseñó la manipulación de fundas para llevar la funda justo debajo de la tolva de descarga, para lo cual fue seleccionado tres actuadores, dos lineales de diferente carrera y uno giratorio.

El actuador lineal de 90 [mm] tiene unido a su vástago una pinza por vacío, la fuerza transversal que soporta será variable, el caso crítico será cuando esté completamente extendido, en ese momento la carga será con la pinza, la funda de empaque vacía (2.9 [N]) y la fuerza trasversal teórica, del actuador con émbolo de 20 [mm] es de 5 [N] por lo que se utiliza dicho actuador.

Tabla A. 6 Selección de actuador lineal de 90 [mm]

Actuador lineal de 90 mm		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DSNU-20-90-P-A	
Carrera	90	Mm
Masa de piezas soportadas	0,3	Kg
Masa con funda llena	1,3	Kg
Peso con funda vacía	2,9	N
Peso con funda llena	6,3765	N
Fuerza de avance	189	N
Fuerza de retroceso	158	N
Fuerza transversal con vástago extendido	5	N
Fuerza transversal con vástago contraído	17,5	N

El sistema cuenta con un actuador fijo de carrera 40 [mm], al cual se seleccionó su diámetro de émbolo en base al anterior actuador, de forma que ambos puedan sostener 1kg de forma independiente, para este actuador el caso crítico es cuando la funda está llena y se encuentra extendido en su totalidad, dando un peso con funda llena de 6.37 [N] frente a 12 [N] que resiste el actuador.

Tabla A. 7 Selección del actuador fijo

Actuador fijo		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DSNU-20-40-P-A	
Carrera	40	mm
Masa de piezas soportadas	0,3	kg
Masa con funda llena	1,3	Kg
Peso sin funda	2,943	N
Peso con funda llena	6,3765	N
Fuerza de avance	189	N
Fuerza de retroceso	158	N
Fuerza transversal con vástago extendido	12	N
Fuerza transversal con vástago contraído	17,5	N

El actuador de giro fue seleccionado mediante el ángulo necesario (90°) y la fuerza axial soportada, este actuador deberá soportar una fuerza axial de 12.75 [N], la cual es menor a la máxima indicada por el fabricante.

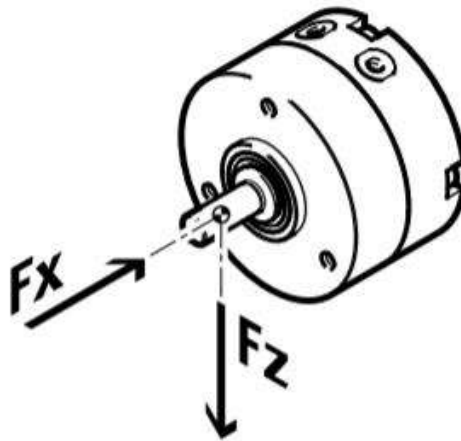


Figura A. 5 Referencia para las fuerzas sobre el actuador giratorio (Festo, s.f.)

Tabla A. 8 Selección del actuador de giro

Actuador de giro		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DRVS-16-90-P	
Angulo de giro	90	Mm
Masa de piezas soportadas	0,3	Kg
Masa con funda llena	1,3	Kg
Peso a movilizar sin funda	2,943	N
Peso con funda llena	12,753	N
Fuerza axial Fx	25	N
Fuerza radial Fz	30	N

La cantidad de ventosas en las pinzas de vacío se calculó mediante la ecuación 2.4, debido a que en el caso 3 se tiene el caso más crítico; la cual indica la fuerza de succión necesaria para que el objeto sostenido no se suelte.

$$F_H = \left(\frac{m}{\mu} \right) (g + a) * S$$

Donde:

F_H : fuerza de succión [N]

m : masa del objeto a soportar = 1 [kg] (máxima capacidad)

μ : coeficiente de fricción del material = 0.4 (Sanmetal S.A., 2020)

g : gravedad = $9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right]$

a : aceleración del movimiento $\left[\frac{m}{s^2} \right] = 0$ (se moverá cuando la funda está vacía)

S : factor de seguridad = 2 (valor dado en la web de Festo para movimientos rotativos)

$$F_H = \left(\frac{1}{0.4}\right)(9.81) * 2$$

$$F_H = 49.05N$$

Se seleccionó ventosas de 15 mm de diámetro, para tener más de 3 puntos de succión por cada lado de la funda, su material es de silicón (resistente a la temperatura de trabajo de la resistencia eléctrica, que se encuentra a centímetros de las ventosas).

$$F_H = \frac{49.05}{8.5} \approx 6$$

Para mayor seguridad se utiliza 8 ventosas, 4 de cada lado para poder movilizar y abrir las fundas de empaque, ubicadas en un área de 70x50 [mm], para poder ser centradas en la funda de menor tamaño.

Tabla A. 9 Selección de pinzas de vacío

Pinzas de vacío		Unid
Marca	Festo	
Modelo	ESG-15-SS-HA-QS	
Masa a soportar	1	Kg
Fuerza a soportar, total	49,1	N
Fuerza para cada ventosa	6,1	N
Fuerza teórica	8,5	N

Sistema de sellado

Potencia requerida de la resistencia eléctrica

Se usó la ecuación 2.6 para lo obtención de la potencia y se asume un 20% por perdidas superficiales. Se asume una temperatura ambiental de 25[°C]

Datos

$$m=0.689[\text{kg}]$$

$$C=500 [\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})]$$

$$\Delta t=150[\text{s}]$$

$$Q = m * c * \frac{\Delta T}{\Delta t}$$

$$Q = 0.689 * 500 * \frac{(140 - 25)}{150}$$

$$Q = 264.1 [W]$$

$$Q = 1.2 * 264.1 [W]$$

$$Q = 316.9 [W]$$

Análisis del aislante

El elemento aislante es cilíndrico diámetro 14 [mm], este valor se lo hizo coincidir con la altura de las mordazas. La rosca interior es M8x1.25, este valor fue tomando arbitrariamente por ser menor, este estará roscado para poder unirse a la mordaza y al soporte.

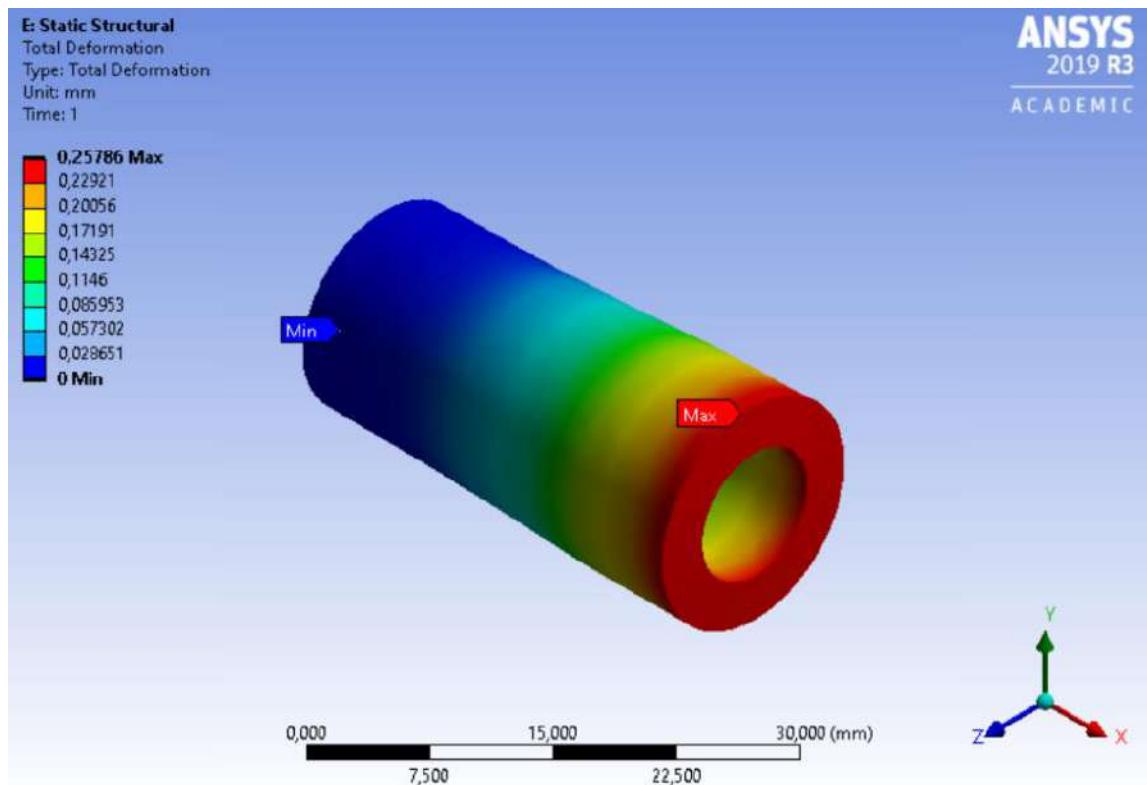


Figura A. 6 Deformación del aislante - Simulación Ansys Workbench

Las propiedades físicas del aislante fueron proporcionadas por Ansys Workbench. Este análisis fue en estado estable considerando que la superficie en contacto con la mordaza se mantenía a temperatura constante, es decir, 140 [°C] y este al estar expuesto tendrá

convección natural con el aire. El coeficiente de convección considerado fue de 15 [W/m²] (Bergman & Incropera, 2011). Se tendrá 2 extractores de calor situados cerca de cada resistencia eléctrica para que el calor circundante no afecte al funcionamiento de la máquina. Estos extractores son ventiladores de 12x12 [cm] de 22 [W]. A continuación, se muestra el esfuerzo y deformación del aislante bajo la temperatura que éste mantiene y la carga debido al peso de la mordaza. (Estos datos son adicionales, que no fueron colocados en el apartado de resultados)

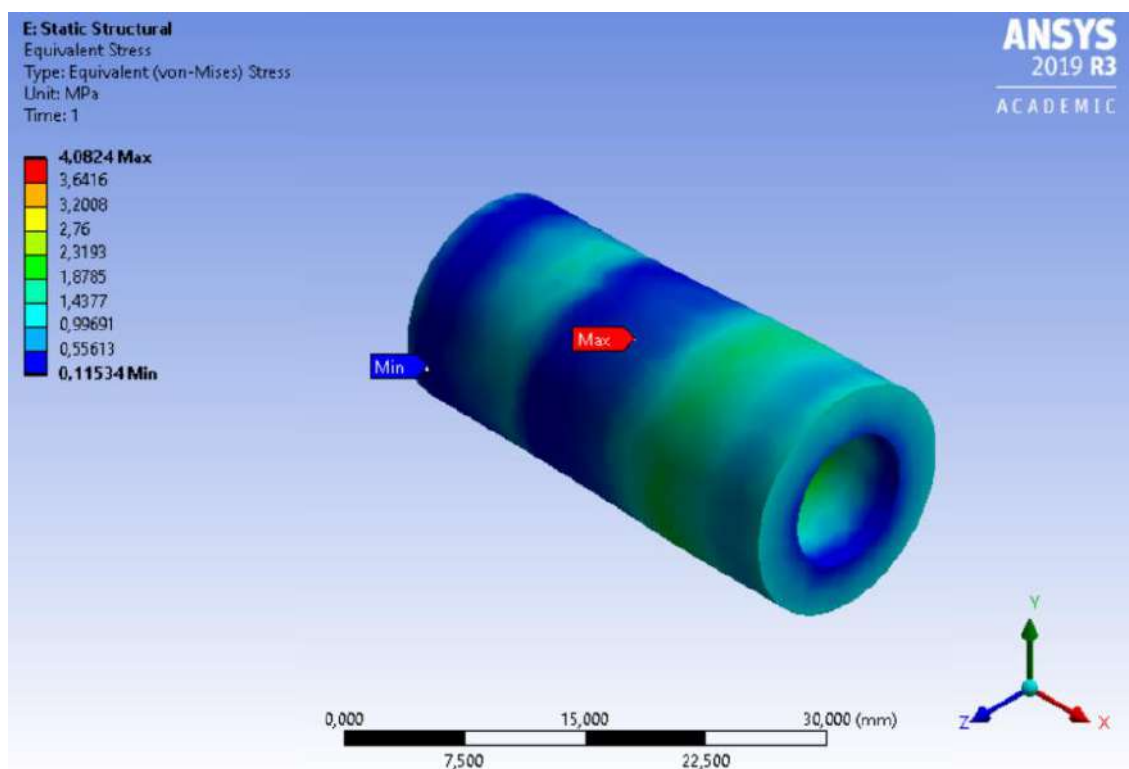


Figura A. 7 Esfuerzos sobre el aislante - Simulación Ansys Workbench

Selección de actuadores

Luego de dibujar el modelado 3D se seleccionó un actuador con carrera de 100 [mm] para realizar el recorrido de las mordazas, debido a que está sometido a una carga transversal que excede el valor soportado, se optó colocar 4 rodamientos lineales para que sirvan de apoyo, de esta forma se puede usar el actuador con un émbolo pequeño, también ayuda para que las mordazas no se desfasen.

Tabla A. 10 Selección de actuadores lineales

Actuadores de la selladora		Unid
Marca	Festo	
Modelo	DSNU-12-100-P-A	
Carrera	100	Mm
Masa de piezas soportadas	1,294	Kg
Masa con tolva llena	N/A	
Peso	12,7	N
Fuerza de avance	68	N
Fuerza de retroceso	51	N
Fuerza transversal	2,5	N
Fuerza con soportes	0	N

Resumen de los actuadores seleccionados y consumo de aire

Usando la ecuación 2.6, se obtiene el consumo de aire de los actuadores de doble efecto, sin embargo, para las ventosas es dado por el cartucho generador de vacío y para el giratorio lo proporciona el fabricante.

Cálculo representativo del consumo de aire, se tomará en cuenta el Actuador DSNU-8-20-P-A. Se usó la ecuación 2.6, como se muestra a continuación.

$$Q = n \frac{P_w + P_a}{P_a} \pi \frac{2D_e^2 - D_v^2}{4} e$$

Datos:

$n = 4$ ciclos por min

$P_w = 6$ [bar]

$P_a = 1$ [bar]

$$D_e = 0.008 \text{ [m]}$$

$$D_v = 0.004 \text{ [m]}$$

$$e = 0.02 \text{ [m]}$$

$$Q = 4 \frac{6 + 1}{1} \pi \frac{2 * (0.008)^2 - (0.004)^2}{4} 0.02$$

$$Q = 0.000099 \text{ [m}^3\text{/min]} * 1000 \text{ [lt/m}^3\text{]}$$

Ahora convirtiendo a [l/min].

$$Q = 0.099 \text{ [l/min]}$$

Tabla A. 11 Consumo de flujo de aire por equipo

Cantidad	Marca	Descripción	Presión de trabajo [bar]	Carrera [mm]	Ciclos por min	Diámetro del émbolo [mm]	Diámetro del vástago [mm]	Flujo de aire [l/min]	
2	Festo	Actuador DSNU-8-20-P-A	6	20	4	8	4	0.099	
2	Festo	Actuador DSNU-12-45-P-A	6	45	4	12	6	0.499	
2	Festo	Actuador DSNU-12-100-P-A	6	100	4	12	6	1.108	
1	Festo	Actuador DSNU-20-40-P-A	6	40	4	20	8	0.647	
1	Festo	Actuador DSNU-20-90-P-A	6	90	4	20	8	1.457	
1	Festo	Actuador DRVS-16-90-P	6		4			0.800	
8	Festo	Cartucho de generador de vacío VN-10-L	41.5 l/min c/u						83.00
Subtotal								87.61	
Total (Subtotal + 30%)								113.39	

Análisis de estructura

Este análisis se realizó en Autodesk Inventor una vez obtenidas las cargas (tabla A.12) y su ubicación. Mediante el análisis de elementos finitos se obtuvo un factor de seguridad de 8.5 (figura A.8), donde fueron colocadas las cargas marcadas con verde.

Tabla A. 12 Cargas sobre la estructura

Diseño de la estructura			
Dimensiones			
Altura	H	mm	1800
Lado	L	mm	475
Espacio 1 entre marcos	E_1	mm	635
Espacio 2 entre marcos	E_2	mm	425
Tubo cuadrado de Acero Galvanizado		mm	25x25x1.25
Cargas sobre la estructura			
Peso de la tolva principal	W_T	kg	14
Peso del alimentador	W_A	kg	7
Peso de tolva de pesaje	W_t	kg	1.775
Peso de la tolva de descarga	W_td	kg	5.313
Peso de la selladora	W_s	kg	5
Peso de la manipulación de fundas en la estructura	W_mf	kg	2.7
Peso máximo de carga en la tolva	W_c	kg	64
Peso de la plancha de policarbonato	W_pa	kg	15
Peso total sobre la estructura	W	kg	115.1
Cargas sobre el perímetro del marco superior			
Carga de la materia ensilada	q_mat	N/m	332.26
Carga del peso de la tolva	q_prop	N/m	72.28
Carga peso de la estructura	q_est	N/m	-
Carga debido a la presión de la materia ensilada	q_press	N/m	23
Carga Vertical	q_v	N/m	405
Carga horizontal normal al perímetro del marco	q_h	N/m	23
Cargas sobre el perímetro del marco intermedio			
Carga del alimentador lleno	q_alim	N/m	46.47
Carga sobre el eslabón frontal debido a la tolva de pesaje	F_t	N	17.41
Carga sobre el eslabón frontal debido a la tolva de descarga	F_td	N	26.1
Cargas sobre el perímetro del marco inferior			
Carga extra de otros equipos	q_ext	N/m	178
Carga de la selladora	q_s	N/m	49.05
Carga de la manipulación de fundas	F_mf	N	26.49
Carga del dispensador			
Carga del dispensador de fundas lleno	q_disp		21.2

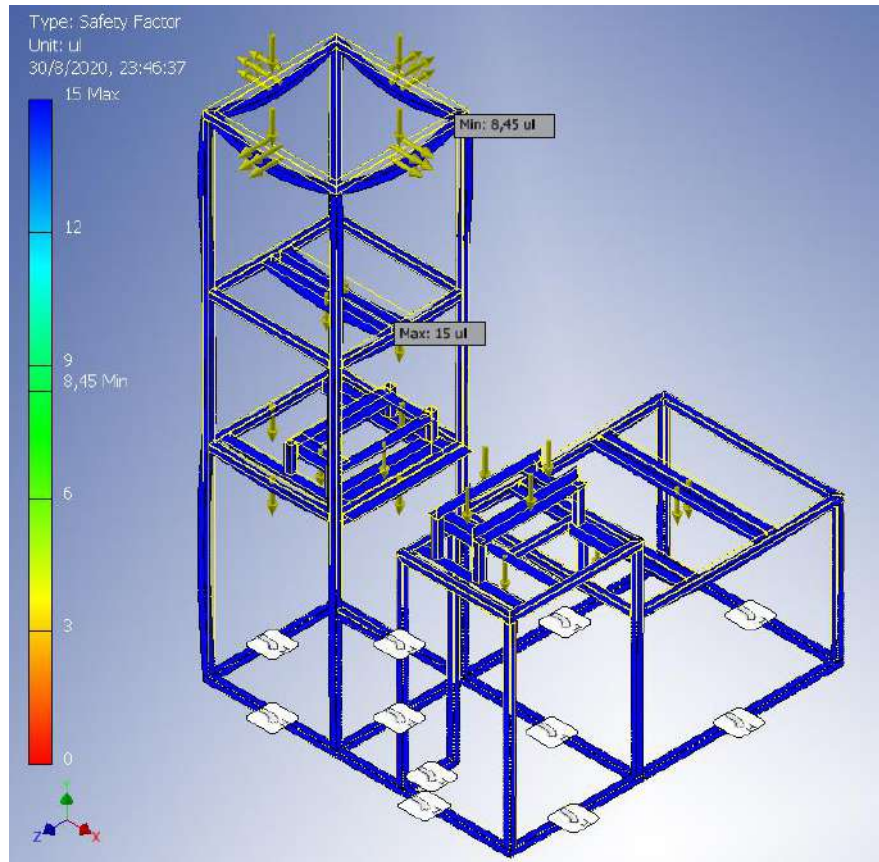


Figura A. 8 Factor de seguridad de la estructura

Análisis estático de uniones

Para la verificación de las uniones, tapas y eslabones pequeños, fue realizado un análisis de elementos finitos en Autodesk Inventor donde todos resultaron con un factor de seguridad mayor a 1.

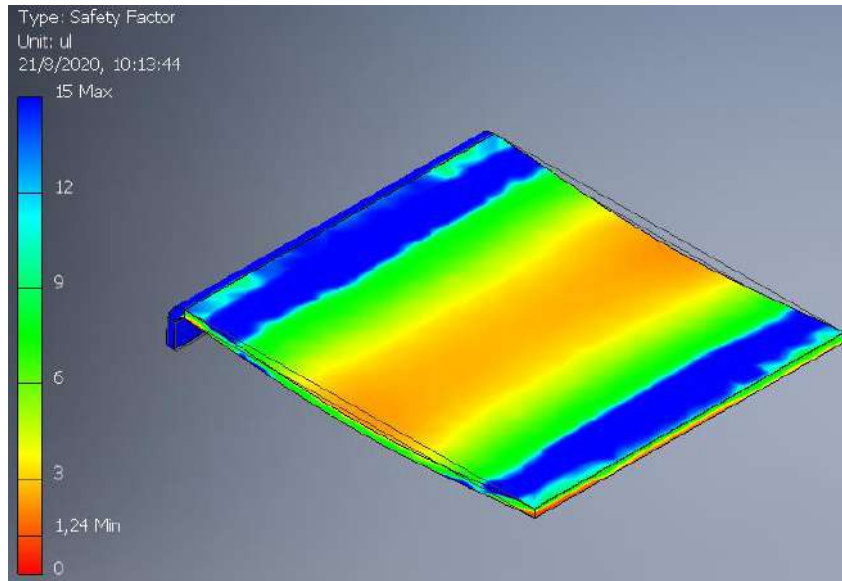


Figura A. 9 Factor de seguridad de la tapa inferior de tolva principal

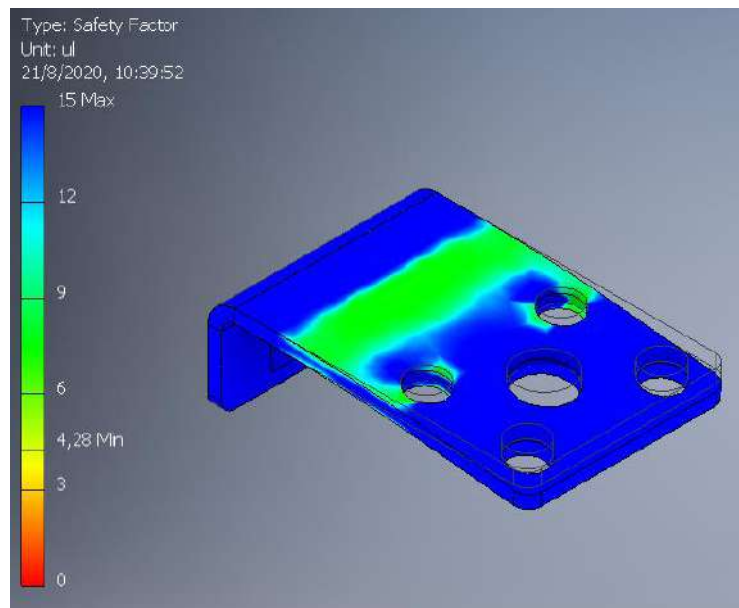


Figura A. 10 Factor de seguridad de unión tolva de descarga

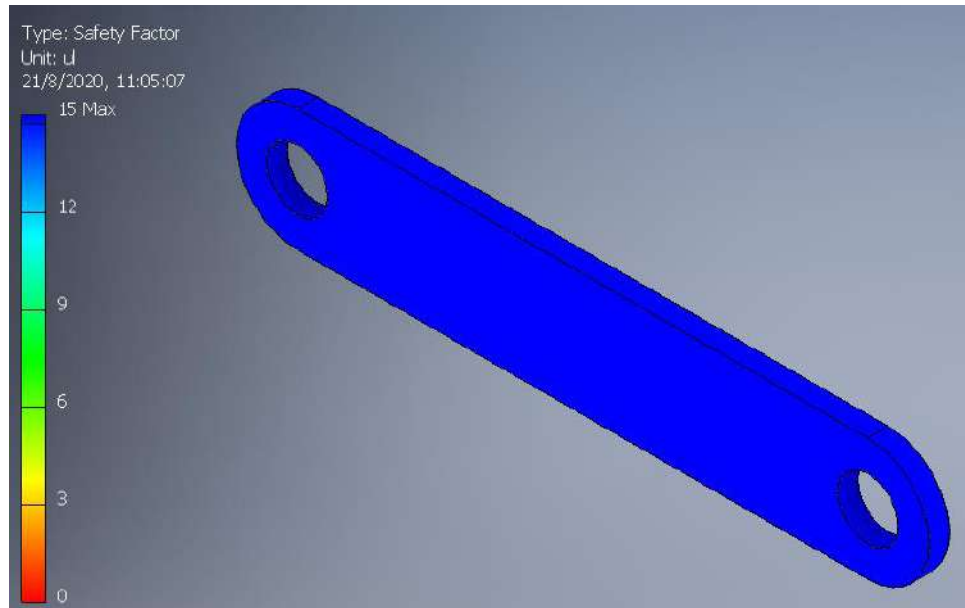


Figura A. 11 Factor de seguridad de eslabones de compuerta

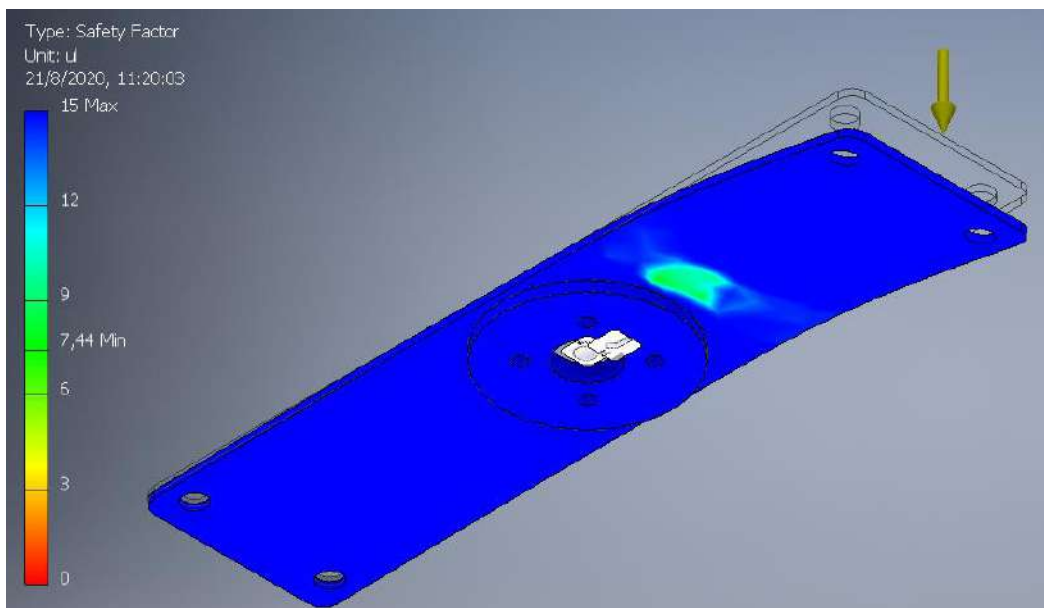



Figura A. 12 Factor de seguridad de unión actuador giratorio

Catálogos usados

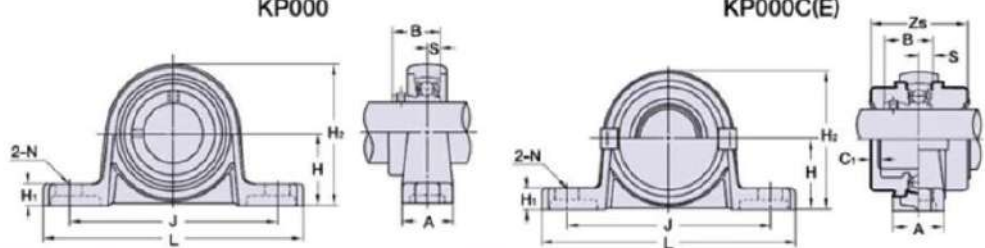
LMK



PART	d	D	L	Df	Dp	Circuits	C (N)	C ₀ (N)	Weight (g)
LMK 8 UU	8	15	24	32	24	4	274	392	37
LMK 10 UU	10	19	29	40	29	4	372	549	72
LMK 12 UU	12	21	30	42	32	4	510	784	76
LMK 16 UU	16	28	37	48	38	5	774	1180	120
LMK 20 UU	20	32	42	54	43	5	882	1370	180
LMK 25 UU	25	40	59	62	51	6	980	1570	340
LMK 30 UU	30	45	64	74	60	6	1570	2740	470
LMK 40 UU	40	60	80	96	78	6	2160	4020	1060

Figura A. 13 Catálogo rodamientos lineales LMK (EURO-BEARINGS LTD, s.f.)

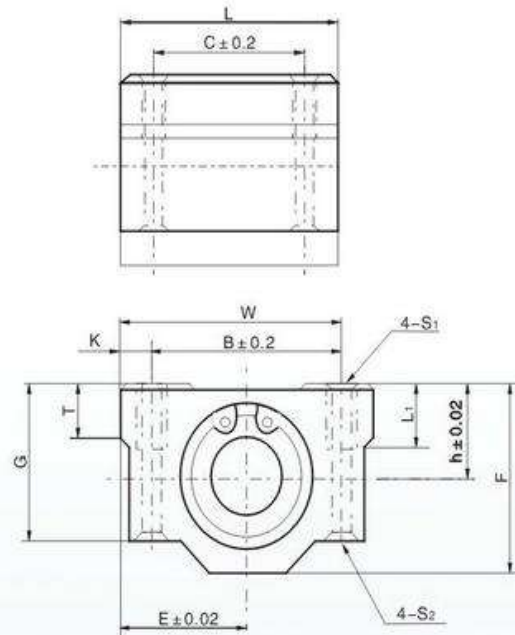
KP000 **KP000C(E)**



Unit No.	Shaft Dia. (mm)	Dimensions (mm)								Bolt Size mm	Bearing No.	Housing No.	Weight (kg)
		H	L	J	A	H1	H2	N	S				
KP008	8	15	55	42	13	5	29	4.8	3.5	M4	K008	P008	0.029
KP000	10	18	67	53	16	6	35	7	4	M6	K000	P000	0.059
KP001	12	19	71	56	16	6	38	7	4	M6	K001	P001	0.071
KP002	15	22	80	63	16	7	43	7	4.5	M6	K002	P002	0.096
KP003	17	24	85	67	18	7	47	7	5	M6	K003	P003	0.127
KP004	20	28	100	80	20	9	55	10	6	M8	K004	P004	0.200
KP005	25	32	112	90	20	10	62	10	6	M8	K005	P005	0.259
KP006	30	36	132	106	26	11	70	13	6.5	M10	K006	P006	0.359

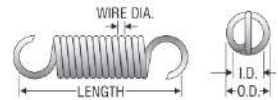
Figura A. 14 Catálogo rodamientos radiales (BULK-MAN 3D, s.f.)

▶▶ Linear motion ball slide units series
SCS...UU



Unit Designation	Dimensions(mm)													Slide Bush			Weight (g)
	T	H	E	W	L	F	G	B	C	K	S1	S2	L1	Designation	Basic Load Rating		
	Dynamic CN	Static CoN															
SCS 6UU	6	9	15	30	25	18	15	20	15	5	M4	3.4	8	LM 6UU	206	265	34
SCS 8UU	6	11	17	34	30	22	18	24	18	5	M4	3.4	8	LM 8UU	274	392	52
SCS 10UU	8	13	20	40	35	26	21	28	21	6	M5	4.3	12	LM 10UU	372	549	92
SCS 12UU	8	15	21	42	36	28	24	30.5	26	5.75	M5	4.3	12	LM 12UU	510	784	102
SCS 13UU	8	15	22	44	39	30	24.5	33	26	5.5	M5	4.3	12	LM 13UU	510	784	120
SCS 16UU	9	19	25	50	44	38.5	32.5	36	34	7	M5	4.3	12	LM 16UU	774	1180	200
SCS 20UU	11	21	27	54	50	41	35	40	40	7	M6	5.2	12	LM 20UU	882	1370	255
SCS 25UU	12	26	38	76	67	51.5	42	54	50	11	M8	7	18	LM 25UU	980	1570	600
SCS 30UU	15	30	39	78	72	59.5	49	58	58	10	M8	7	18	LM 30UU	1570	2740	735
SCS 35UU	18	34	45	90	80	68	54	70	60	10	M8	7	18	LM 35UU	1670	3140	1100
SCS 40UU	20	40	51	102	90	78	62	80	60	11	M10	8.7	25	LM 40UU	2160	4020	1590
SCS 50UU	25	52	61	122	110	102	80	100	80	11	M10	8.7	25	LM 50UU	3820	7940	3340
SCS 60UU	30	58	66	132	122	114	94	108	90	12	M10	10.7	25	LM 60UU	4700	10000 0	4270

Figura A. 15 Catálogo rodamientos lineales SCS (CNCCANEN Store, s.f.)



O.D.		CENTURY STOCK NUMBER	LENGTH		RATE		INITIAL TENSION		SUGG. MAX. DEFL.		SUGG. MAX. LOAD		WIRE DIA.		MAT'L	F N S R
Inches	mm		Inches	mm	Lbs./In.	N/mm	Lbs.	N	Inches	mm	Lbs.	N	Inches	mm		
0.500	12.70	B5-41	3.75	95.3	2.1	.36	2	7	4.0	103	9.9	44	0.054	1.37	SST	N
0.500	12.70	416	3.75	95.3	2.5	.44	2	7	3.5	89	10	47	0.054	1.37	SPR	Z
0.500	12.70	5881	3.75	95.3	5.3	.93	3	14	2.6	66	17	76	0.063	1.60	SPR	Z
0.500	12.70	481	3.80	96.4	.10	.02	.1	.6	24	617	2.7	12	0.030	0.76	MW	Z
0.500	12.70	476	3.84	97.6	2.5	.43	2	7	3.6	91	10	47	0.054	1.37	HD	Z
0.500	12.70	5157	3.88	98.4	1.1	.20	.9	4	5.6	143	7.2	32	0.047	1.19	HD	Z
0.500	12.70	12352	3.91	99.2	4.3	.75	3	13	3.0	75	15	69	0.061	1.55	SPR	Z
0.500	12.70	5446	4.00	101.6	.11	.02	.1	.6	24	611	2.7	12	0.030	0.76	MW	Z
0.500	12.70	80655	4.00	101.6	.30	.05	.4	2	15	376	4.8	22	0.037	0.94	MW	N
0.500	12.70	80709	4.50	114.3	2.3	.40	1	6	5.7	145	14	64	0.055	1.40	MW	N
0.500	12.70	80709S	4.50	114.3	2.0	.34	1	5	4.5	114	9.9	44	0.055	1.40	SST	N
0.500	12.70	5878	4.50	114.3	2.3	.40	2	9	4.3	109	12	52	0.056	1.42	SPR	N
0.500	12.70	5935	4.50	114.3	2.8	.48	2	10	3.9	100	13	58	0.058	1.47	SPR	Z
0.500	12.70	92	4.50	114.3	4.1	.73	3	13	3.2	81	16	72	0.062	1.57	HD	Z
0.500	12.70	6059	4.50	114.3	4.6	.81	3	14	4.2	107	23	101	0.063	1.60	MW	Z
0.500	12.70	80722	4.50	114.3	4.8	.84	2	8	4.1	103	21	95	0.063	1.60	MW	N
0.500	12.70	80722S	4.50	114.3	4.1	.71	2	7	3.2	82	15	65	0.063	1.60	SST	N
0.500	12.70	80734	4.50	114.3	6.7	1.2	4	16	3.5	89	27	120	0.067	1.70	MW	N
0.500	12.70	80734S	4.50	114.3	5.7	1.0	3	13	2.8	70	19	83	0.067	1.70	SST	N
0.500	12.70	80747	4.50	114.3	7.8	1.4	2	10	3.3	83	28	123	0.069	1.75	MW	N
0.500	12.70	80747S	4.50	114.3	6.6	1.2	2	8	2.6	65	19	84	0.069	1.75	SST	N
0.500	12.70	80760	4.50	114.3	12	2.1	3	12	2.5	63	33	147	0.075	1.91	MW	N
0.500	12.70	80760S	4.50	114.3	10	1.8	2	10	1.9	49	22	100	0.075	1.91	SST	N
0.500	12.70	S-584	4.75	120.7	1.6	.28	2	7	5.3	134	9.9	44	0.054	1.37	SST	N
0.500	12.70	6024	4.75	120.7	3.6	.63	3	14	3.6	92	16	72	0.063	1.60	SST	N
0.500	12.70	5938	4.75	120.7	4.4	.77	3	15	3.3	83	18	80	0.064	1.63	SPR	Z
0.500	12.70	B6-55	4.75	120.7	3.9	.69	3	15	3.5	89	17	76	0.064	1.63	SST	N
0.500	12.70	S-585	4.75	120.7	7.5	1.3	5	24	2.4	60	23	104	0.072	1.83	SST	N
0.500	12.70	5461	4.88	123.8	3.8	.67	3	13	3.5	88	16	72	0.062	1.57	SPR	Z
0.500	12.70	80657	5.00	127.0	.20	.04	.4	2	22	564	4.8	22	0.037	0.94	MW	N
0.500	12.70	80657S	5.00	127.0	.17	.03	.3	2	18	445	3.3	15	0.037	0.94	SST	N
0.500	12.70	80670	5.00	127.0	.40	.07	.5	2	15	382	6.5	29	0.041	1.04	MW	N
0.500	12.70	80670S	5.00	127.0	.34	.06	.4	2	12	302	4.5	20	0.041	1.04	SST	N
0.500	12.70	80684	5.00	127.0	.70	.12	.7	3	11	287	8.6	38	0.045	1.14	MW	N
0.500	12.70	80684S	5.00	127.0	.60	.10	.6	3	8.9	227	5.9	26	0.045	1.14	SST	N

Figura A. 16 Catálogo resortes (Century Spring Corp, s.f.)

Cilindro redondo DSNU

Hoja de datos

Velocidades [mm/s]		Diámetro del émbolo						
		16	20	25	32	40	50	63
Velocidad con movimiento sin tirones, posición horizontal, sin carga, con 6 har	S10	10 ... 100			8 ... 100			5 ... 100
Velocidad mínima en avance	S11	2,7	5,3	<1 ¹⁾				
Velocidad mínima en retroceso	S11	3,2	4,7	<1 ¹⁾				

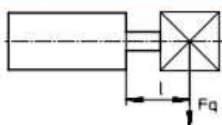
1) No se efectuaron medidas con velocidades inferiores a 1 mm/s

Fuerzas [N] y energía de impacto [J]		Diámetro del émbolo									
		8	10	12	16	20	25	32	40	50	63
Fuerza teórica a 6 bar, avance		30	47	68	121	189	295	483	753	1178	1870
Fuerza teórica a 6 bar, retroceso		23	40	51	104	158	247	415	633	990	1682
Energía de impacto en las posiciones finales para amortiguación elástica ¹⁾		0,03	0,05	0,07	0,15	0,20	0,30	0,40	0,70	1,00	1,30

Figura A. 17 Catálogo de actuadores lineales, modelos DSNU (Festo, 2020)

Hoja de datos

Carga transversal máx. F_q en función del voladizo l



DSNU-...

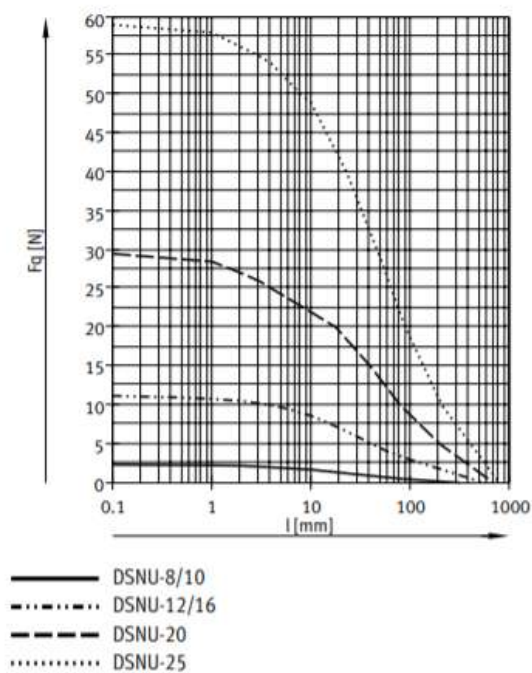


Figura A. 18 Catálogo de DSNU (continuación), (Festo, 2020)

Fuerzas y momentos de giro		6	8	12	16	25	32	40
Tamaño								
Momento de giro teórico								
con 6 bar	[Nm]	0,15	0,35	1	2	5	10	20
por bar	[Nm]	0,025	0,058	0,166	0,33	0,83	1,66	3,33
Radio admisible entre topes r	[mm]	10	10	15	17	21	28	40
Fuerza de impacto admisible F	[N]	15	30	90	160	320	480	650
Fuerza axial dín. máx. adm. $F_1^{(1)}$	[N]	10	10	20	25	40	75	120
Fuerza radial dín. máx. adm. $F_2^{(1)}$	[N]	15	20	25	30	60	200	350
Momento de inercia máx. admisible de la masa	[kgm ² x10 ⁻⁴]	6,5	13	50	100	120	200	350

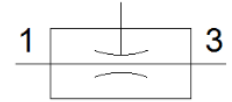
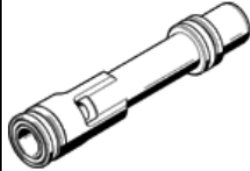
Figura A. 19 Catálogo actuadores giratorios, modelo DRVS (Festo, s.f.)

cartucho de generador de vacío VN-10-L

Número de artículo: 547698

FESTO

Para generadores de vacío VN, gran caudal de aspiración.



Hoja de datos

Característica	Valor
Diámetro nominal de la tobera Laval	0,95 mm
Posición de montaje	indistinto
Característica del eyector	Estándar Volumen de aspiración elevado
Presión de funcionamiento	1 ... 8 bar
Presión nominal de funcionamiento	6 bar
Caudal de aspiración máx. contra atmósfera	41,5 l/min
Tiempo de ventilación a presión de funcionamiento nominal	0,66 s
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre los fluidos de funcionamiento y de mando	Sin opción de funcionamiento con lubricación
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2 - riesgo de corrosión moderado
Temperatura del medio	0 ... 60 °C
Temperatura ambiente	0 ... 60 °C
Peso del producto	1,65 g
Material de las juntas	NBR
Material de la tobera colectora	POM
Material del eyector	Aleación forjable de aluminio

Figura A. 20 Datos técnicos del generador de vacío (Festo, s.f.)

Yield Strength at Various Temperatures	
Temperature, °C (°F)	Teflon® PTFE Yield Strength, MPa (psi)
-251 (-420)	131 (19,000)
-196 (-320)	110 (16,000)
-129 (-200)	79.3 (11,500)
-73 (-100)	53.1 (7,700)
-56 (-68)	26.2 (3,800)
0 (32)	12.4 (1,800)
23 (73)	9.0 (1,300)
70 (158)	5.5 (800)
121 (250)	3.4 (500)

Figura A. 21 Resistencia del teflón (DuPont Fluoroproducts)

APÉNDICE B

Guía de uso rápido

Acciones para la puesta en marcha por 1ra vez:

1. Verificar las conexiones eléctricas y electrónicas.
2. Chequear las uniones de los actuadores neumáticos.
3. Probar el deslizamiento del dispensador de fundas de empaque.
4. Limpiar todas las tolvas y el dispensador.
5. Colocar 2 [kg] de frutos secos o deshidratados en la tolva principal.
6. Colocar 10 fundas doypack en el dispensador.
7. Conectar la máquina.
8. Encender la máquina.
9. Ingresar los valores de temperatura y peso a embolsar.
10. Retirar la tapa de la tolva principal.
11. Testear el correcto funcionamiento de la máquina, embolsando presentaciones de 100[g], 200[g] y 250[g].
12. Verificar el peso del producto embolsado con una báscula digital.
13. Verificar el sellado de la funda doypack.
14. Calibrar los sensores de temperatura y peso, en caso de ser necesario.
15. Apagar la máquina.
16. Desconectar la máquina.

Acciones para la puesta en marcha:

1. Colocar los frutos secos o deshidratados en la tolva principal.
2. Colocar las fundas doypack en el dispensador.
3. Colocar un recipiente o caja a la salida de la máquina.
4. Conectar la máquina.
5. Encender la máquina.
6. Ingresar los valores de temperatura y peso a embolsar.
7. Pulsar el botón de 50[unid], 100[unid] o 150[unid]; en caso de requerir la producción máxima (180 [unid/h]) no pulsar ningún botón.
8. Retirar la tapa de la tolva principal.
9. Chequear el funcionamiento de la máquina.
10. Intercambiar el recipiente o caja a la salida de la máquina cuando esté llena.
11. Apagar la máquina cuando se acabe la producción.

APÉNDICE C

Programación

Programación del controlador de peso

El control de dosificación se realiza con un PIC16F877A, que recibe la señal de la celda de carga a través de un amplificador HX711 (figura C.1) y envía señal al PLC (figura C.2), mediante el código de programación mostrado en la tabla C.1

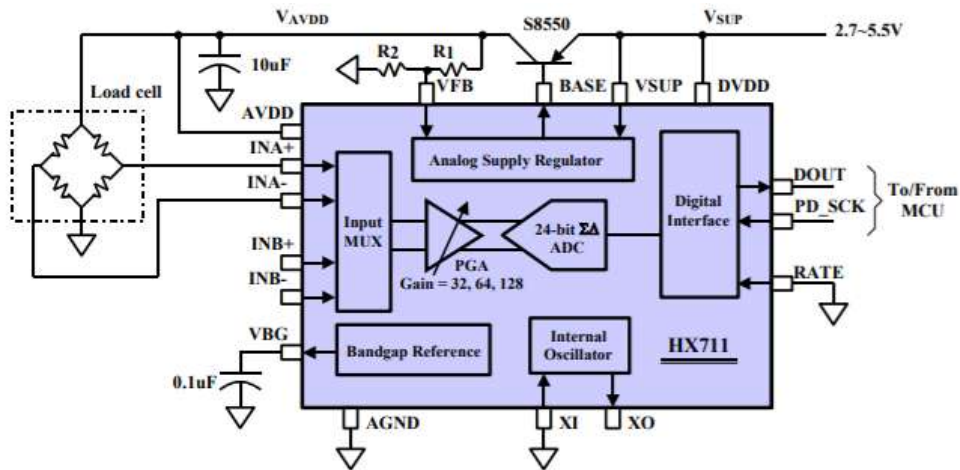


Figura C. 1 Diagrama de conexión del amplificador HX711 (Electroni Lab, 2017)

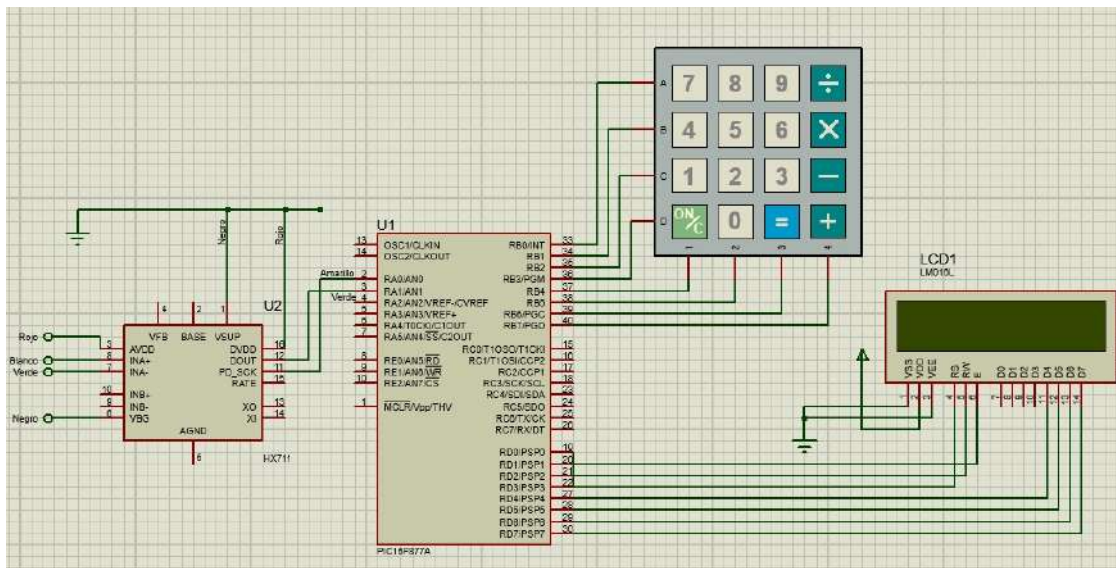


Figura C. 2 Diagrama de conexión del PIC16F877A

Tabla C. 1 Programación del PIC (Iza & Medina, 2013)

Programación
<pre> #include <16f877A.h> #device ADC=10 #fuses XT,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,PUT,BROWNOUT #use standard_io(b) #use delay(clock=2000000) #include <LCD.C> #include <kbd_lib.c> #include <STDLIB.H> float Lectura=0; float aux=0; char k,tecla; int16 unidad=0; int16 decena=0; int16 p; int16 cont=0; void Inicio(void) { set_tris_a(0xFF); setup_adc_ports(ALL_ANALOG); setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL); lcd_init(); kbd_init(); } void Pesoingresado () { cont=0; do { { tecla=kbd_getc(); if ((tecla!=0)&(cont==0)) { Icd_gotoxy(9,2); printf(lcd_putc,"%c",tecla); if((tecla!= '*')&(tecla!= '#')) decena=tecla-48; cont=1; } else if ((tecla!=0)&(cont==1)) { { Icd_gotoxy(10,2); printf(Icd_putc,"%c",tecla); if(tecla!= '*')&(tecla!= '#') unidad=tecla-48; cont=2; } } }while(tecla!= '*'); } } Llenado() { Pesoincorrecto: printf(lcd_putc,"\fIngreso peso gr:"); Pesoingresado(); p=(decena*10)+unidad; if (p>=251){ printf(lcd_putc,"\fPeso de 0-250 gr"); delay_ms(4000); goto Pesoincorrecto; } k=kbd_getc(); } void main() { Inicio(); Llenado(); Activo: Icd_putc("\fPeso:"); Icd_gotoxy(8,1); printf(Icd_putc,"%03lu gr",p); Icd_gotoxy(1,2); printf(lcd_putc,"Cambiar Peso (B)"); do {k=kbd_getc(); set_adc_channel(0); Lectura=read_adc(); aux=(Lectura*5/1024*1000+2.57)-2000; } </pre>

Programación (continuación)
<pre> set_adc_channel(1); if (aux>=p) output_high(PIN_C3); else output_low(PIN C3); } while(k!= 'B'); Llenado(); goto Activo: } </pre>

Programación del PLC

Se tienen 7 entradas:

- controlador de peso
- controlador de temperatura
- 3 pulsadores para elegir la cantidad de unidades a embolsar
- 2 pulsadores para el encendido y apagado de la máquina.

Y 12 salidas:

- 9 electroválvulas
- 4 salidas de relé, que controlan el accionamiento del alimentador, el encendido del compresor junto con el extractor de calor y el encendido de la resistencia eléctrica.

Mediante las entras y salidas, se enlistan las variables en la tabla C.2 se realizó el código en lenguaje ladder (tabla C.3) en el programa TIA Portal V15 (DEMO).

Tabla C. 2 Variables de programación ladder

Variables		
Nombre	Dirección	Comentario
Entradas		
START	%I0.0	Encendido de la máquina
STOP	%I0.1	Apagado de la máquina
TEMPERATURA	%I0.2	Sensor de temperatura
PESO	%I0.3	Sensor de peso
S1	%I0.5	Botón de 50 unid
Nombre	Dirección	Comentario

Entradas (continuación)		
S2	%I0.6	Botón de 100 unid
S3	%I0.7	Botón de 150 unid
Salidas		
ALIMENTADOR	%Q0.0	Switch del alimentador para ON/OFF
EV1	%Q0.1	Electroválvula 1, compuerta - tolva de pesaje
EV2	%Q0.2	Electroválvula 2, Pistones de desplazamiento vertical – tolva de descarga
EV3	%Q0.3	Electroválvula 3, compuerta - tolva de descarga
EV4	%Q0.4	Electroválvula 4, pistón unido al actuador giratorio
EV5	%Q0.5	Electroválvula 5, pinza de vacío unido al actuador giratorio
EV6	%Q0.6	Electroválvula 6, actuador giratorio
EV7	%Q0.7	Electroválvula 7, pistón unido a estructura
EV8	%Q1.0	Electroválvula 8, pinza de vacío unido a la estructura
EV9	%Q1.1	Electroválvula 9, selladora
S_T	%Q1.2	Switch de encendido del controlador de temperatura
S_C	%Q1.3	Switch de encendido del compresor y extractor
S_P	%Q1.4	Switch de encendido del controlador de peso
Memorias		
ON	%M0.0	Encendido de los sistemas internos
AUX1	%M0.2	Activación de EV2
STOP_ALIMENTADOR	%M0.4	Apagado temporal del alimentador
AUX4	%M0.6	Activación del Stop_Alimentador
ON2	%M1.0	Encendido total del sistema
STOP2	%M1.1	Stop por contador de unidades
Y1	%M1.2	Señal de conteo 50 unid
Y2	%M1.3	Señal de conteo 100 unid
Y3	%M1.4	Señal de conteo 150 unid
STOP3	%M1.5	Stop por contador de 50 unid
STOP4	%M1.6	Stop por contador de 100 unid
STOP5	%M1.7	Stop por contador de 150 unid
OFF	%M81.0	Apagado total de la maquina

Para una mejor ilustración ver el diagrama de conexiones (figura C.1 y figura C.2)

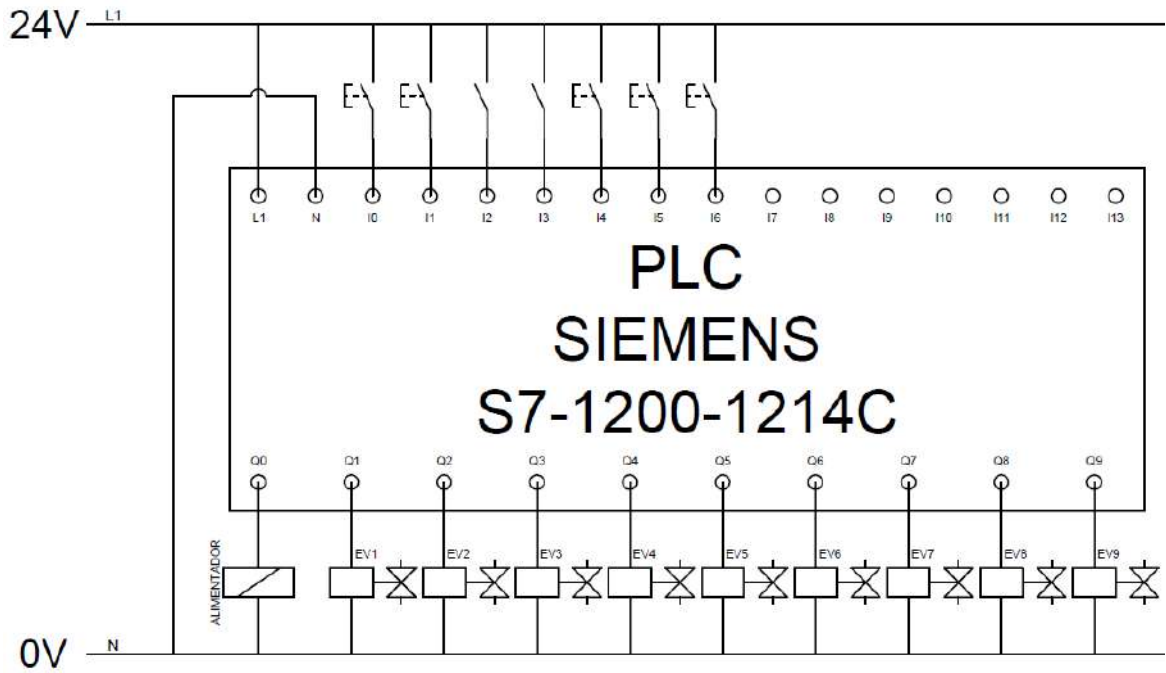


Figura C. 3 Diagrama de conexiones del PLC (entradas y salidas)

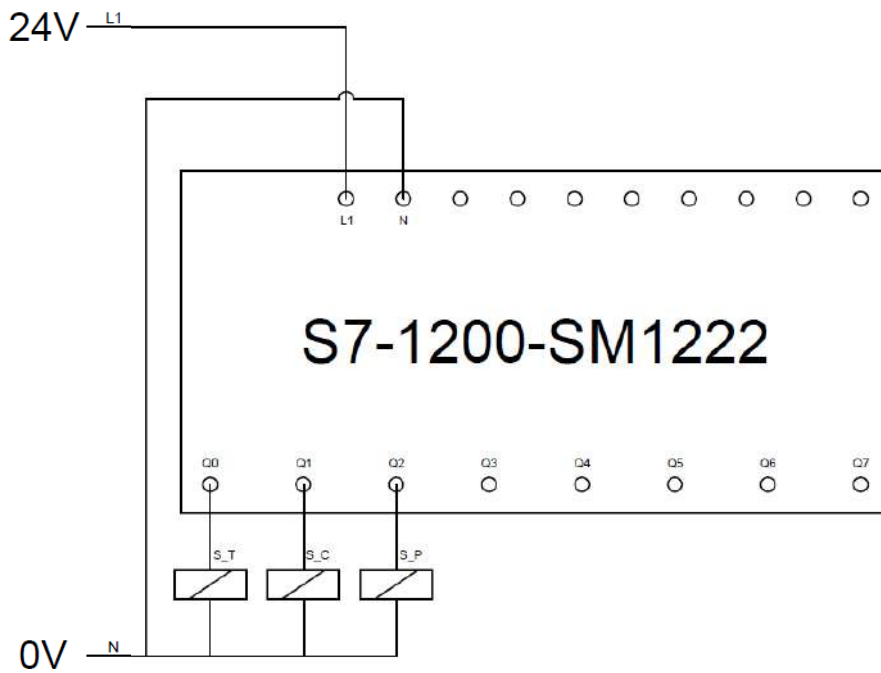
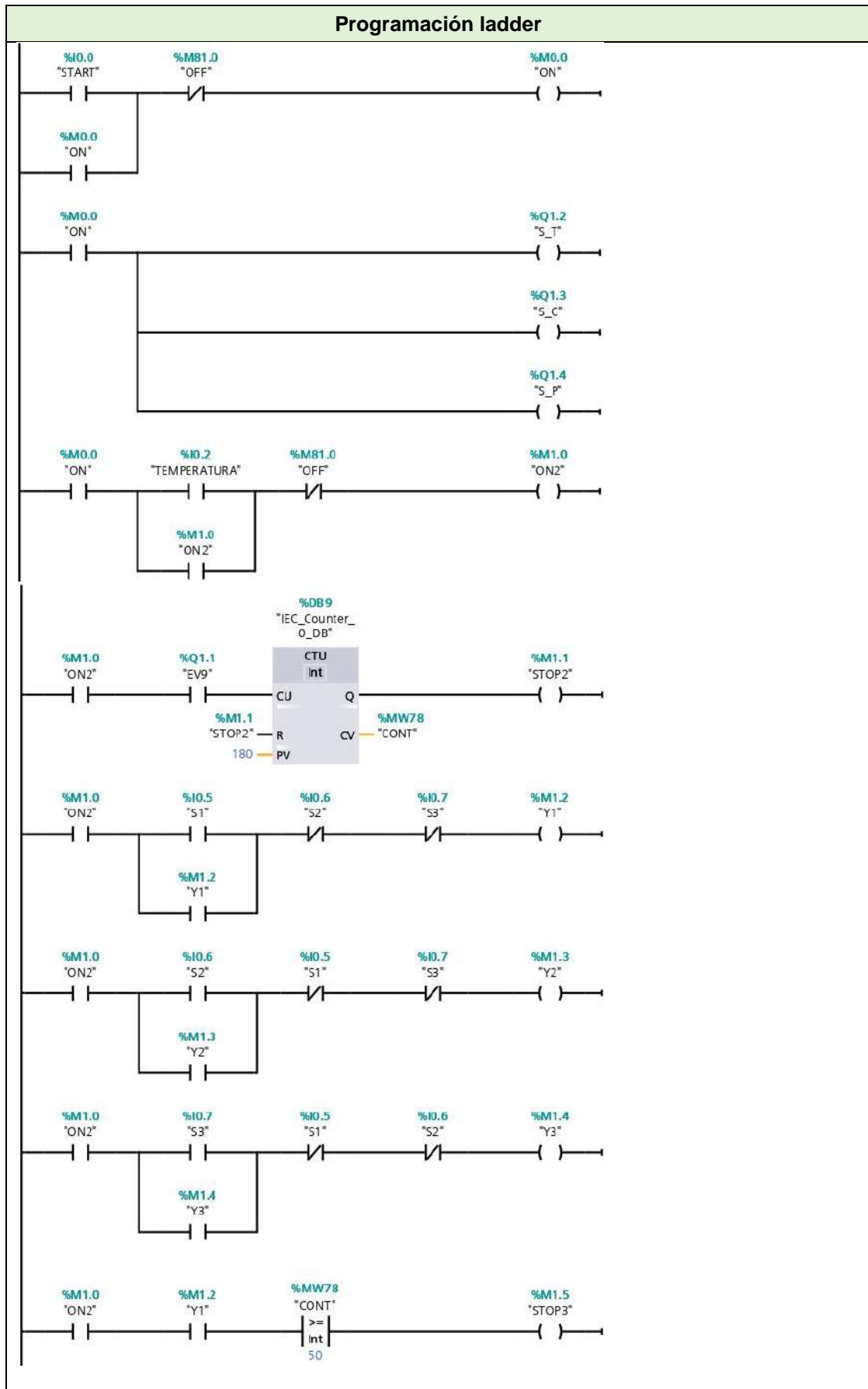
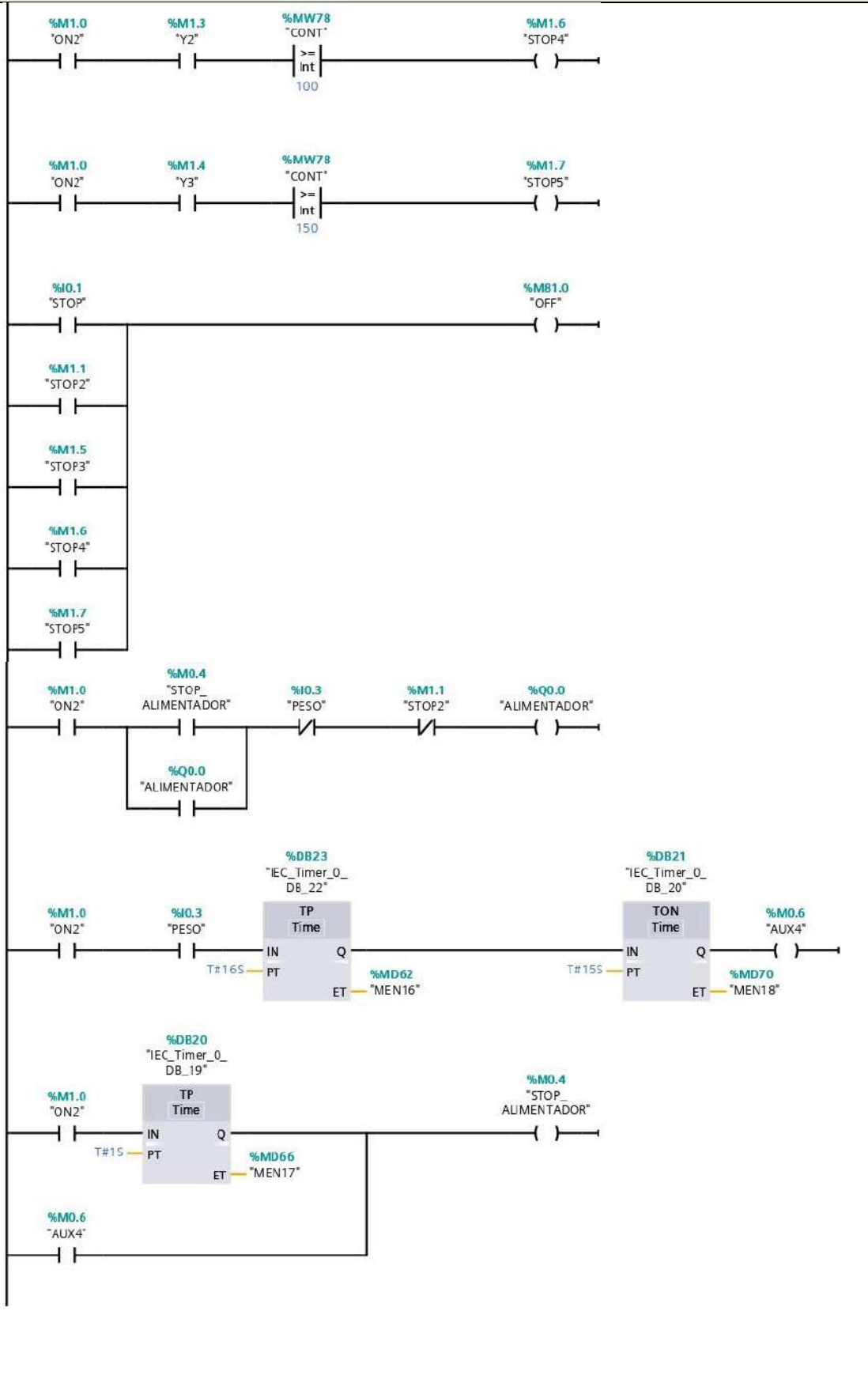


Figura C. 4 Diagrama de conexiones módulo S7-1200-SM 1222

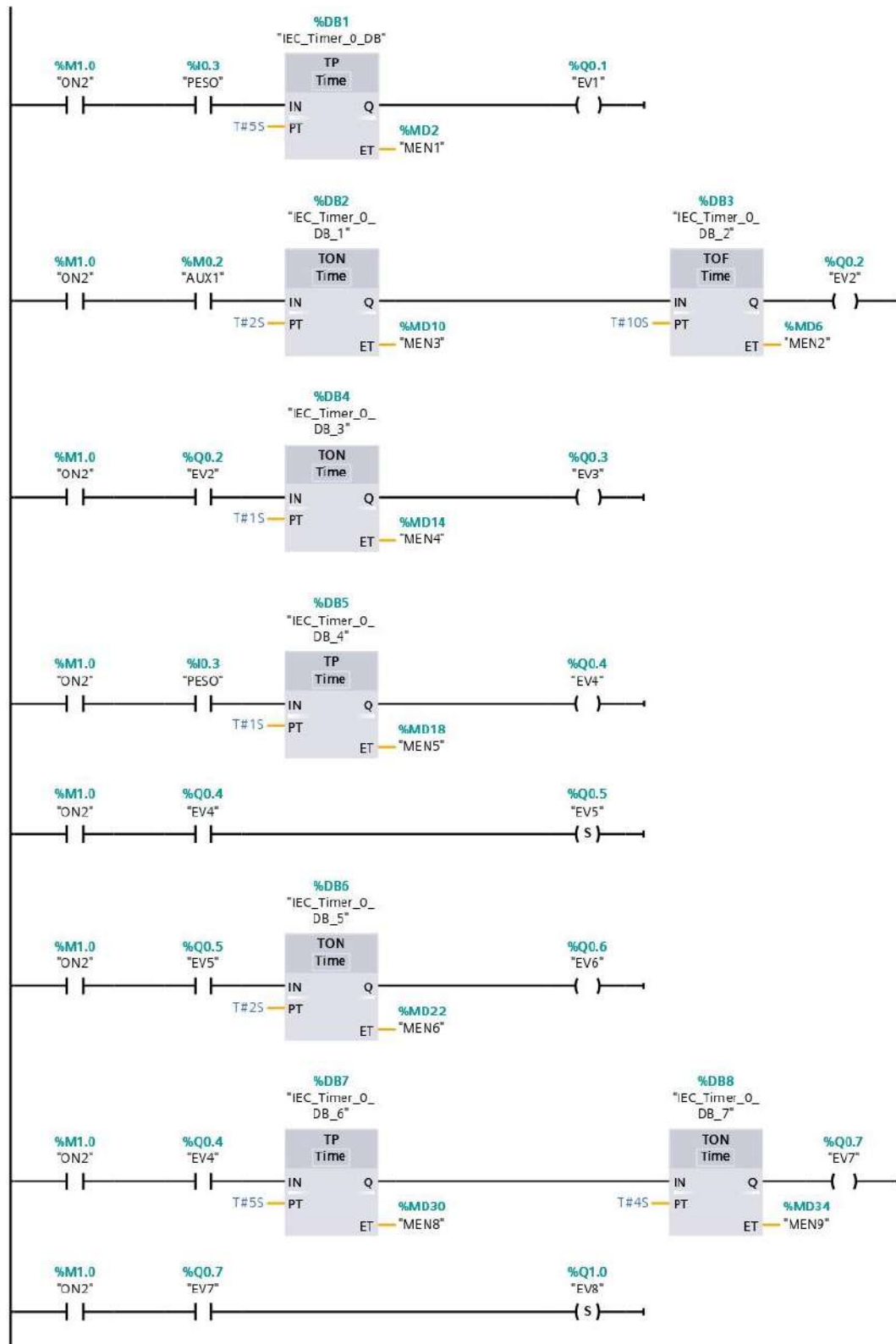
Tabla C. 3 Programación del PLC en lenguaje ladder



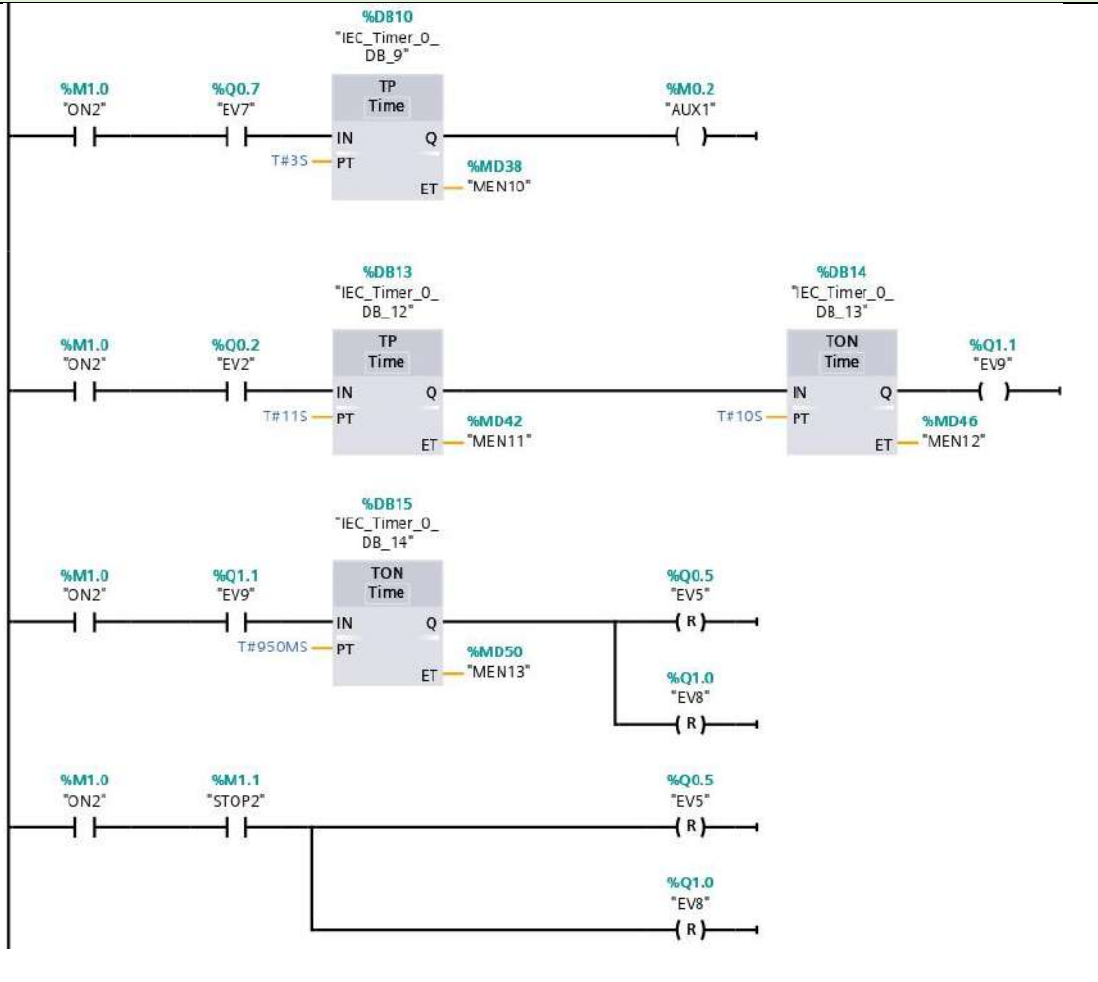
Programación ladder (Continuación)



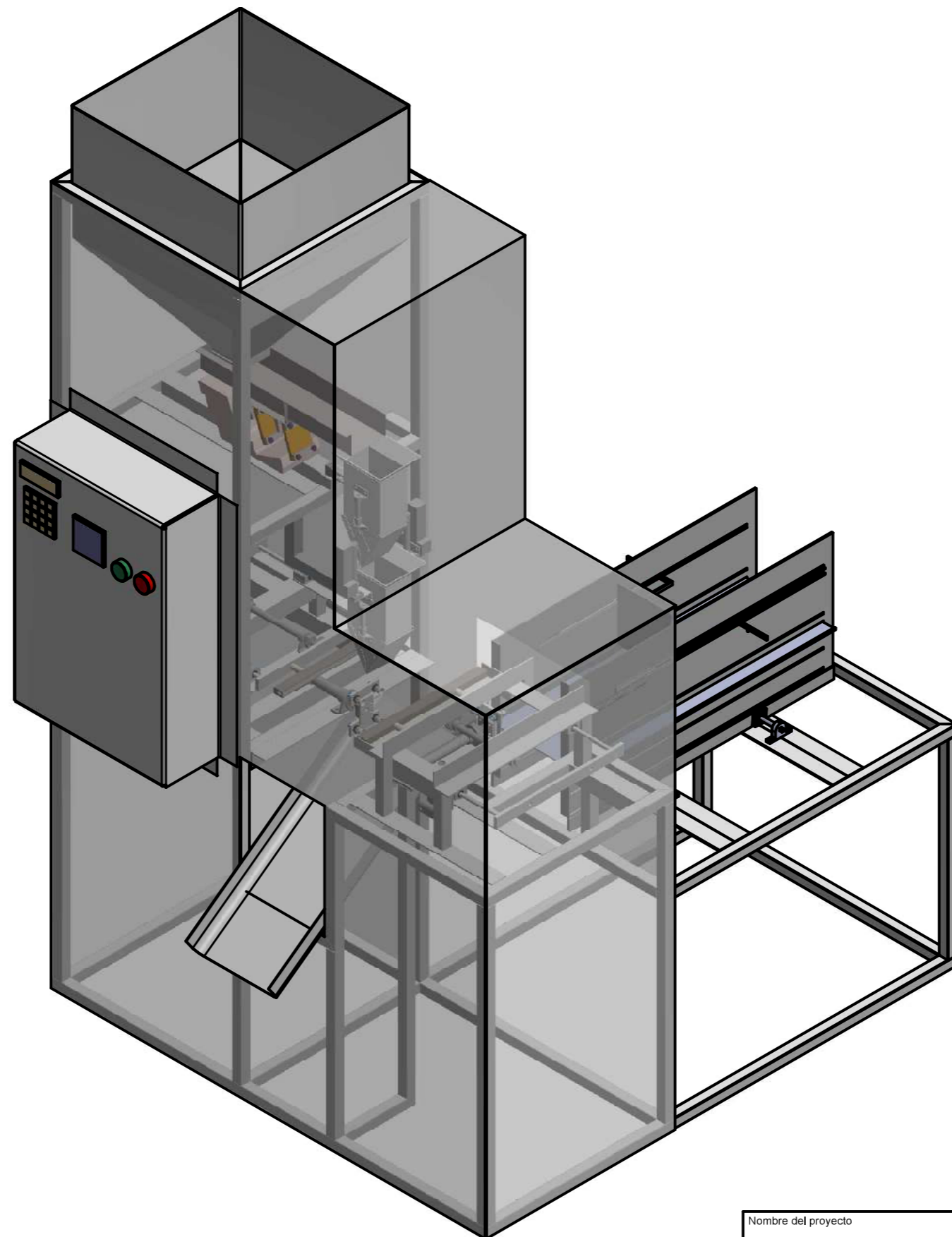
Programación ladder (Continuación)



Programación ladder (Continuación)

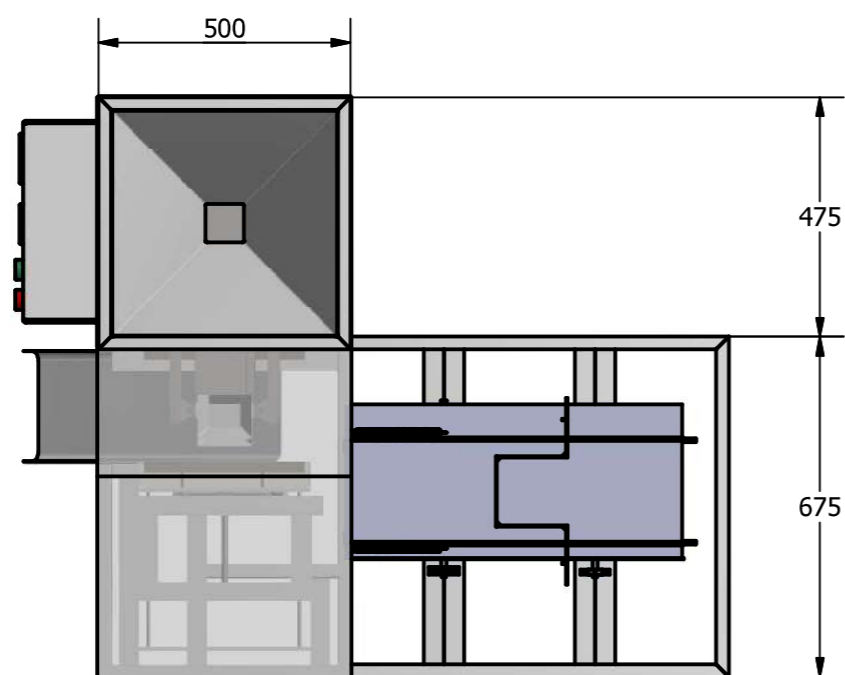
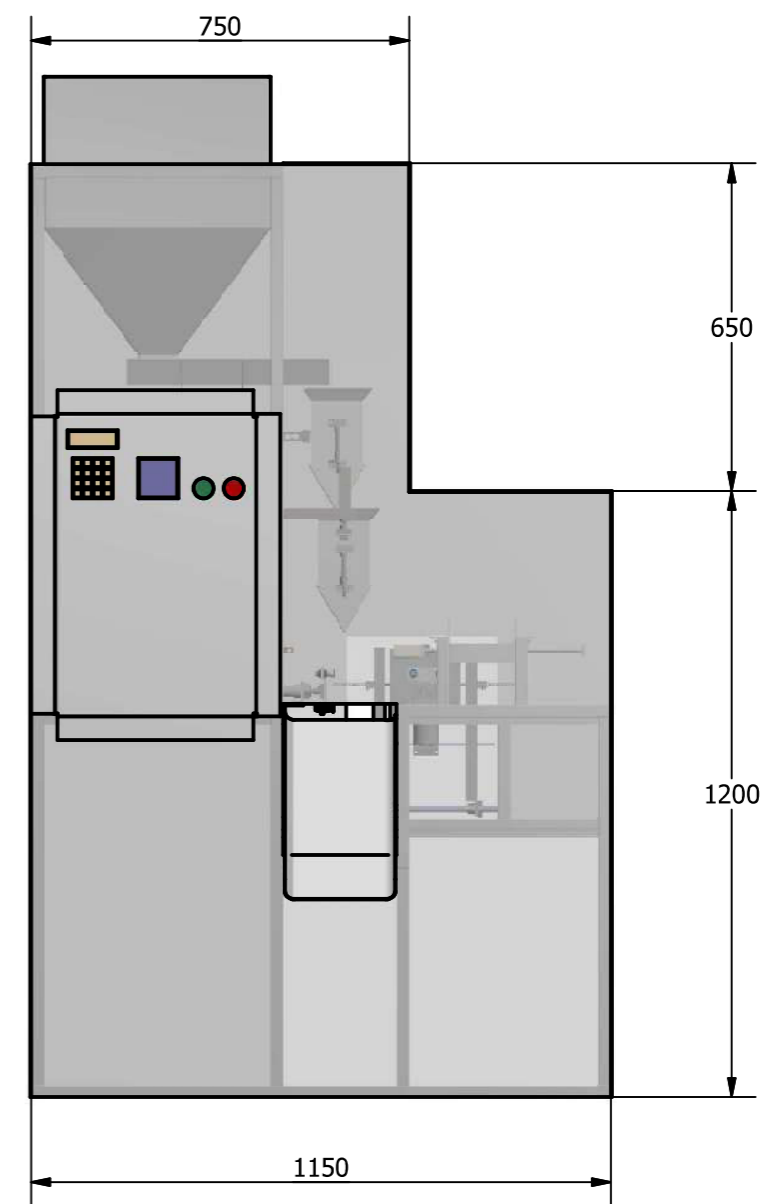
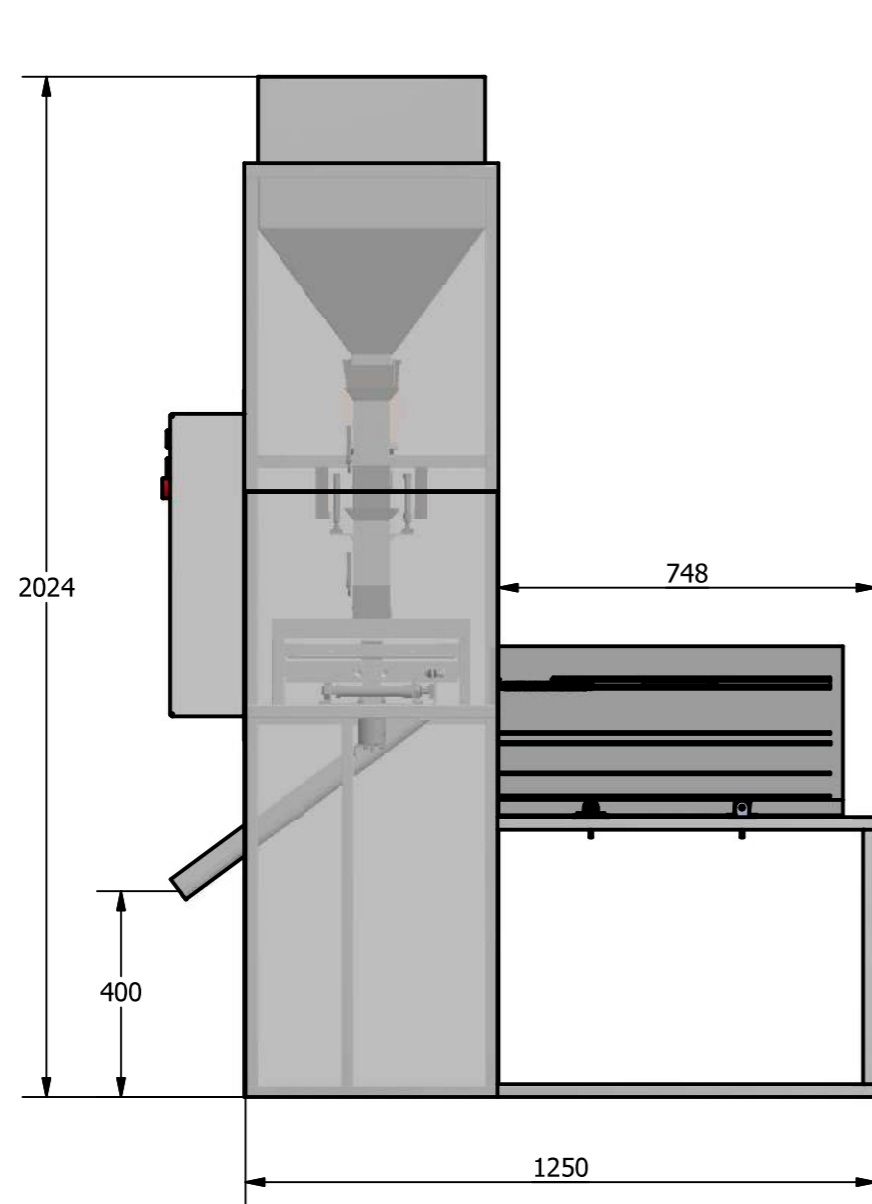


APÉNDICE D
Planos de diseño

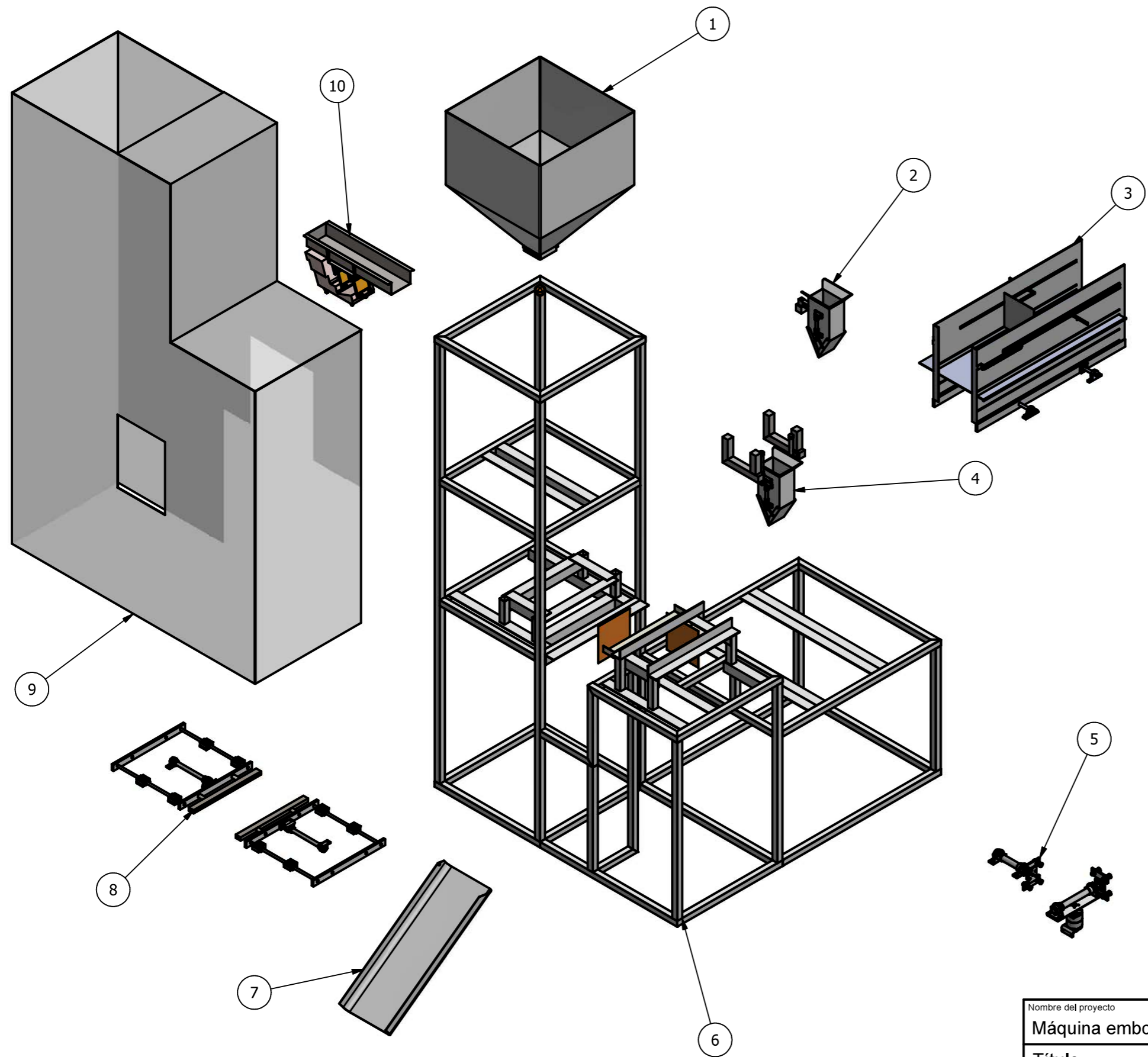


Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A3	1:10	1/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
	Fecha	25/08/20		


Vista isométrica de la máquina

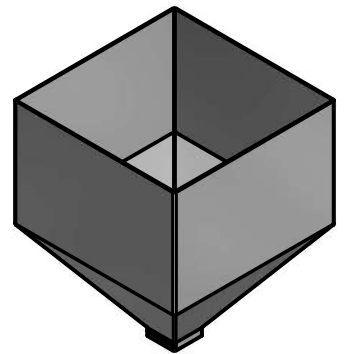
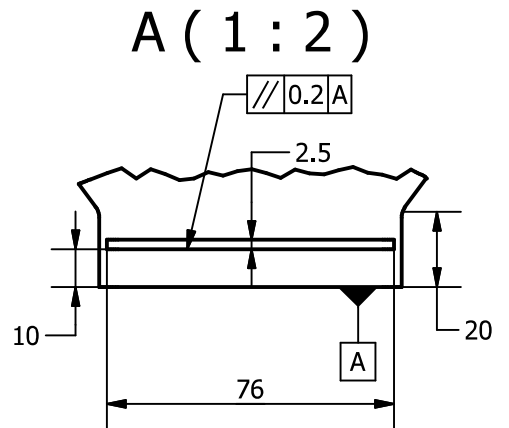
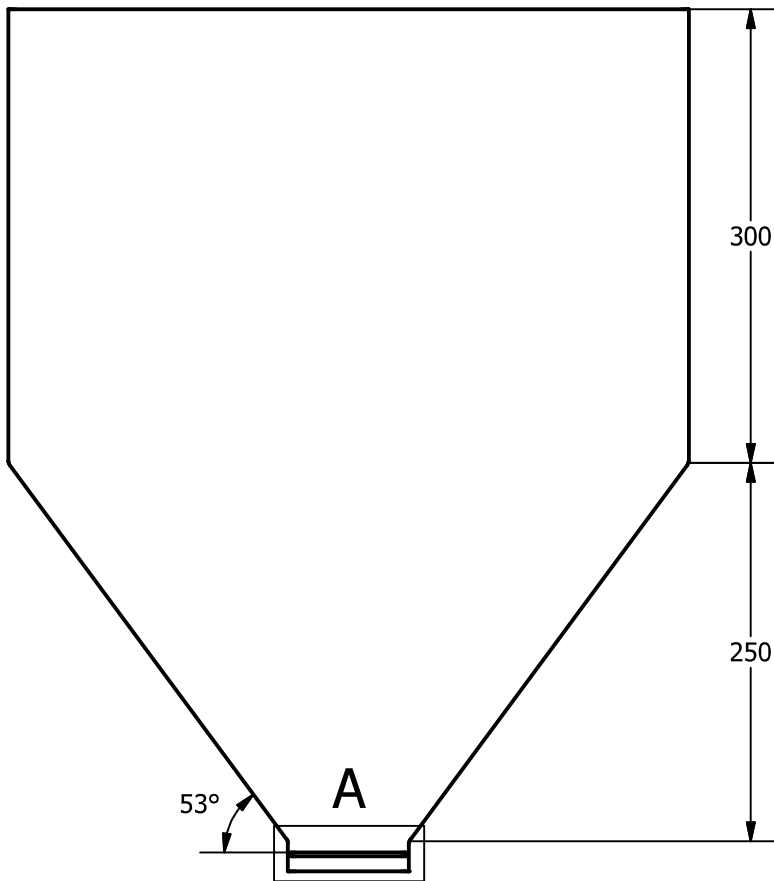
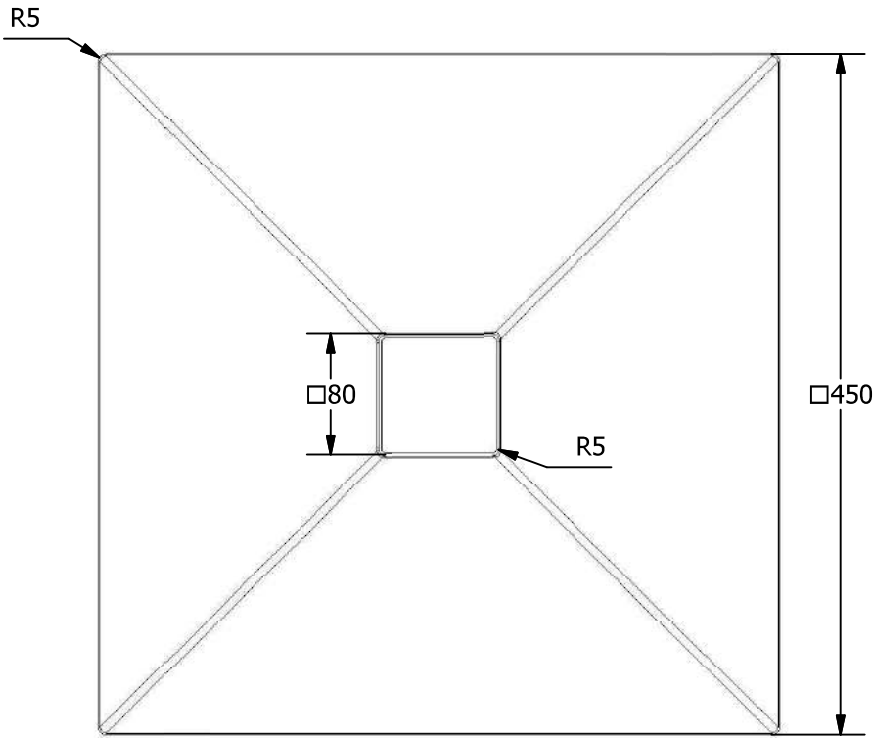


Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A3	1:15	2/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Dimensiones de la máquina	Fecha	25/08/20		



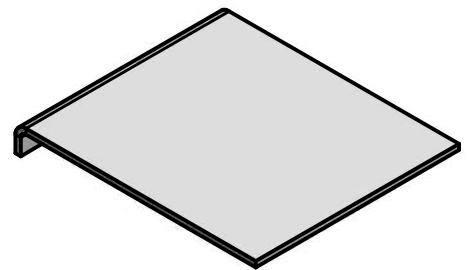
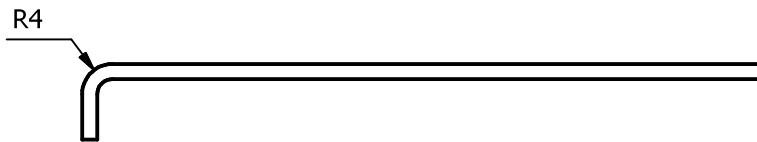
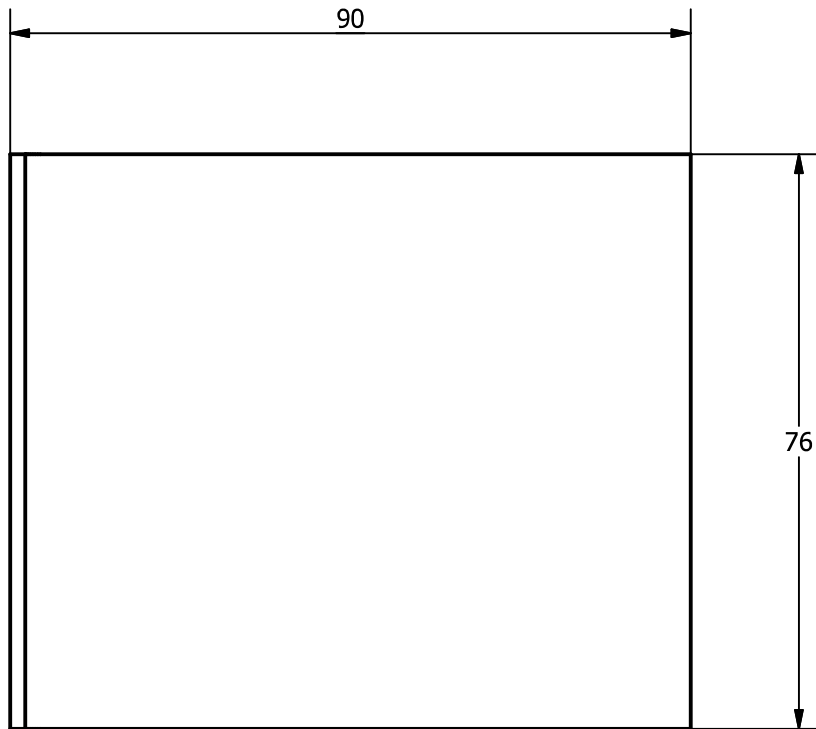
PARTS LIST	
ITEM	PART NUMBER
1	Tolva principal
2	Tolva de pesaje
3	Dispensador de fundas
4	Tolva de descarga
5	Sistema de manipulación de fundas
6	Estructura
7	Bandeja de salida
8	Sistema de sellado
9	Cubierta
10	Alimentador de vibración

Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A3	1:15	3/29	mm
Título Vista en explosión de sistemas y componentes internos		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco	
		Revisado por	MSc. G. Durazno	
		Revisado por	MSc. F. Maldonado	
		Aprobado por	MSc. R. Paz	
		Fecha	25/08/20	
				



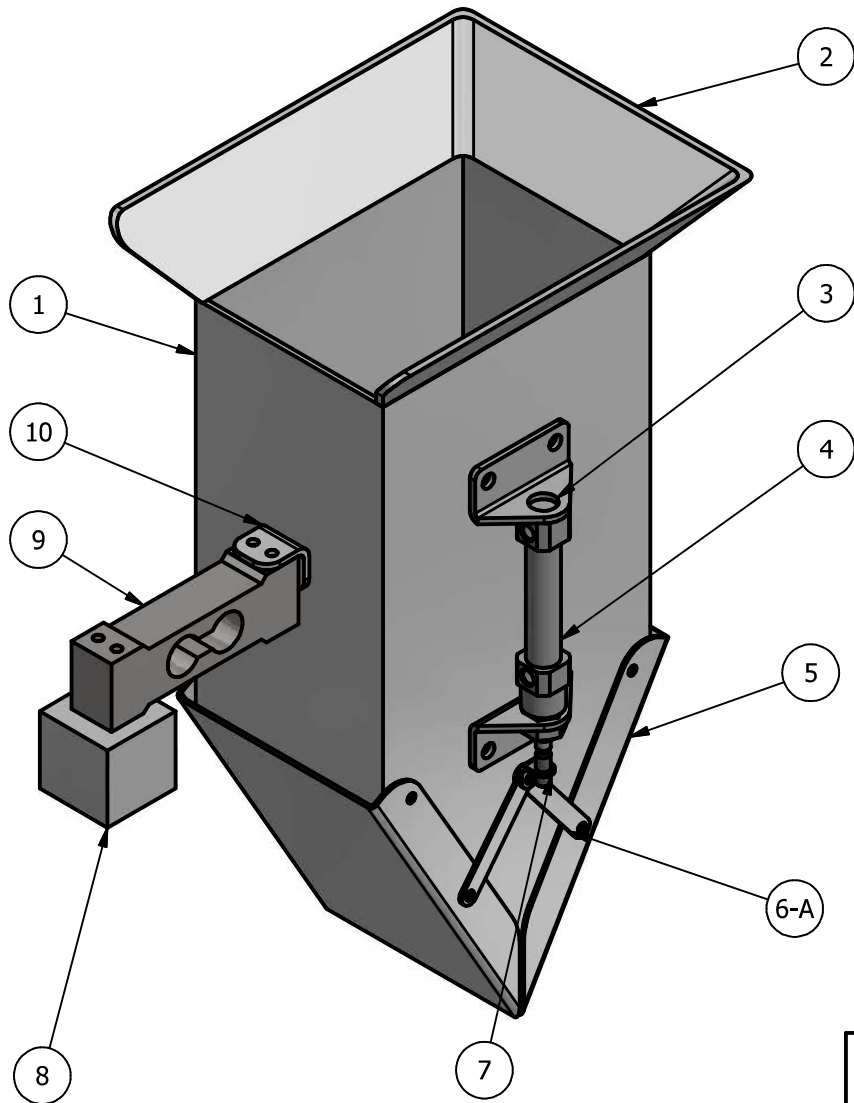
Material: acero inoxidable AISI 304
 e=2 [mm]
 Unión por soldadura con electrodo E-308L-16

Nombre del proyecto	Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	Formato	A4	Escala	1:5	N° de hoja	4/29	Unidades	mm
Título	<h1>Tolva principal</h1>	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco						
		Revisado por	MSc. G. Durazno						
		Revisado por	MSc. F. Maldonado						
		Aprobado por	MSc. R. Paz						
		Fecha	25/08/20						



Material: acero inoxidable AISI 304
e=2 [mm]

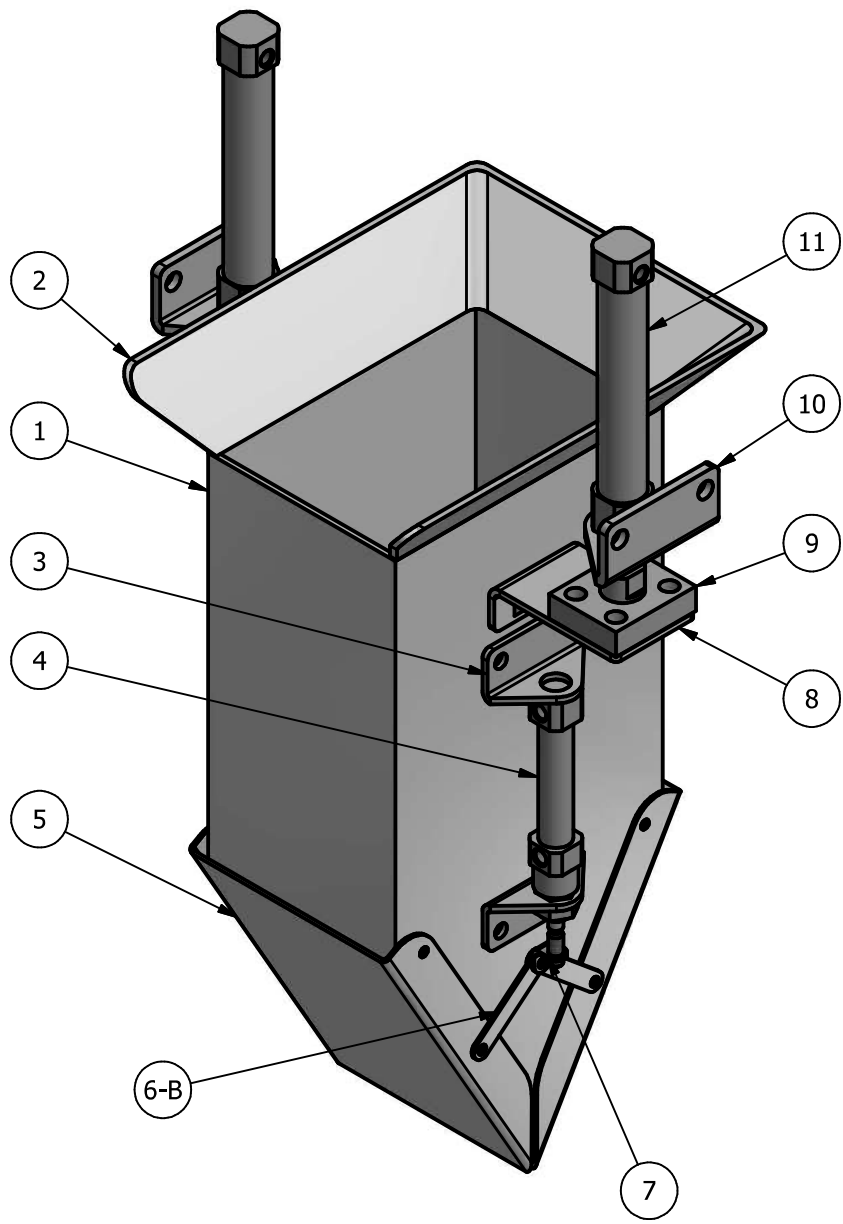
Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:1	5/29	mm
Título Tapa a la salida de tolva principal	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
	Fecha	26/08/20		



PARTS LIST

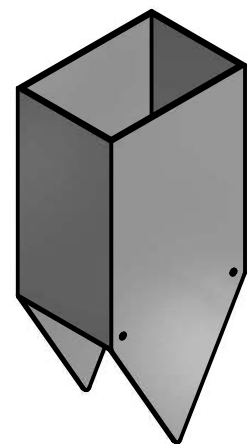
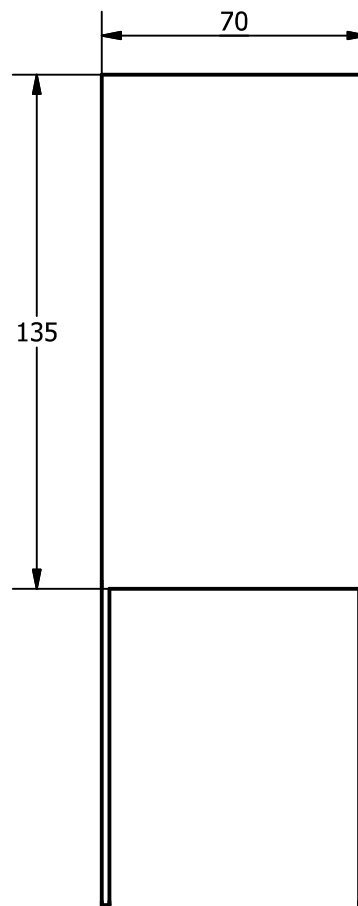
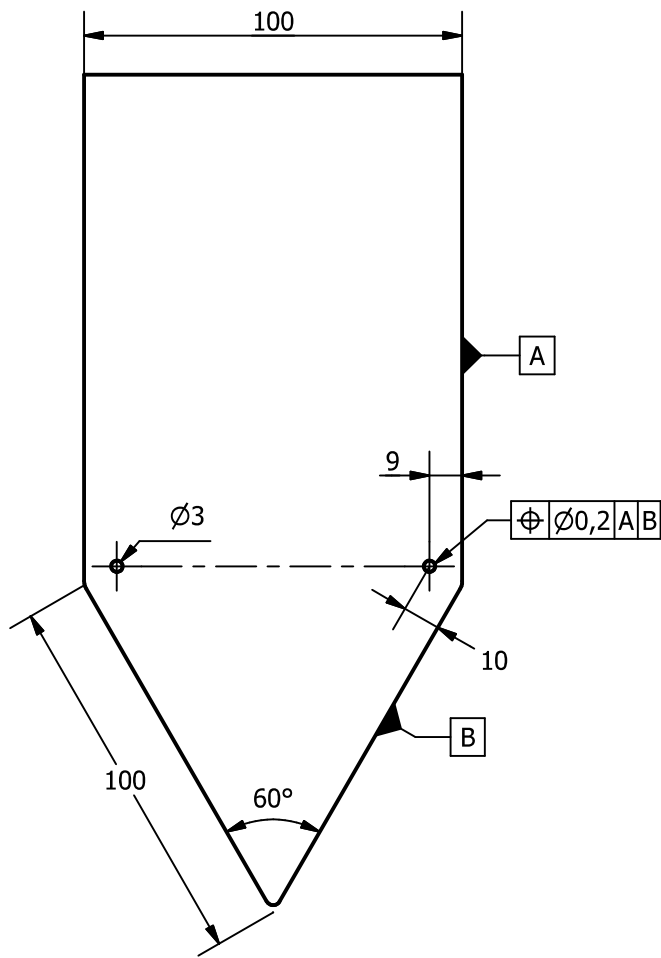
ITEM	QTY	PART NUMBER	COMMENTS
1	1	Tolva de pesaje	Acero inoxidable AISI 304
2	1	Extensión de la tolva	Acero inoxidable AISI 304
3	2	HBN-8X1	Accesorio festo - unión por pie
4	1	DSNU-8-20-P-A	Pistón neumático Festo
5	2	Tapa de compuerta	Acero inoxidable AISI 304
6-A	4	Eslabón 1	Acero inoxidable AISI 304
7	1	Eslabón 2	Acero inoxidable AISI 304
8	1	Soporte celda - estructura	Acero inoxidable AISI 304
9	1	Celda de carga	Peso maximo de 2kg
10	1	Union celda - tolva de pesaje	Acero inoxidable AISI 304

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:2	6/29	mm
Título Ensamble de tolva de pesaje		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	26/08/20		



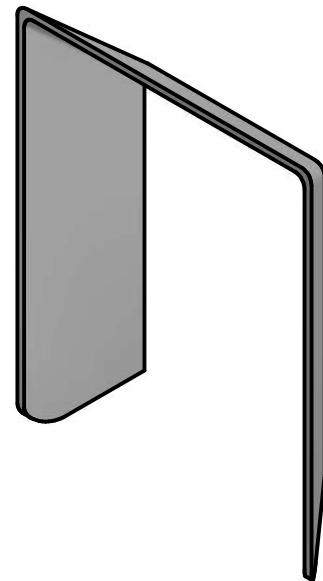
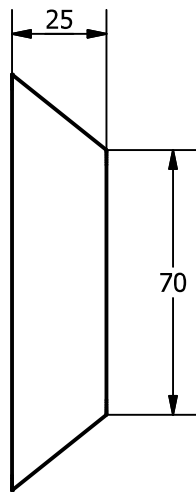
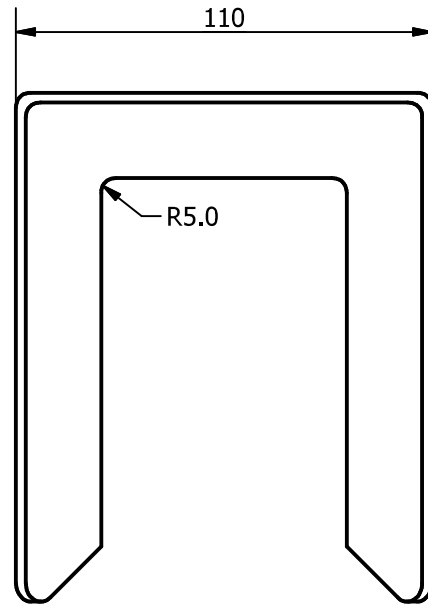
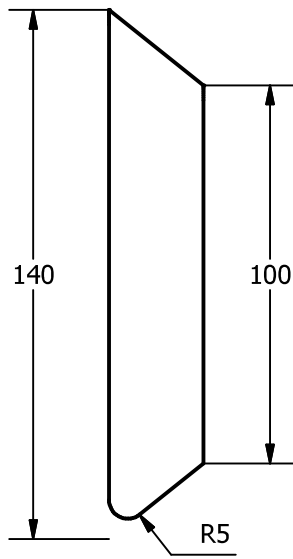
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Tolva de descarga	Acero inoxidable AISI 304
2	1	Extensión de tolva	Acero inoxidable AISI 304
3	4	HBN-8X1	Accesorio Festo - unión por pie
4	1	DSNU-8-20-P-A	Pistón neumático Festo
5	2	Tapa de compuerta	Acero inoxidable AISI 304
6-B	4	Eslabón 1	Acero inoxidable AISI 304
7	1	Eslabón 2	Acero inoxidable AISI 304
8	2	Unión tolva - pistón neumático	Acero inoxidable AISI 304
9	2	KSZ-M6	Accesorio Festo - unión de vástago
10	4	HBN-12/16X1	Accesorio Festo - unión por pie
11	2	DSNU-12-45-P-A	Pistón neumático Festo

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:2	7/29	mm
Título Ensamble de tolva de descarga		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	28/08/20		



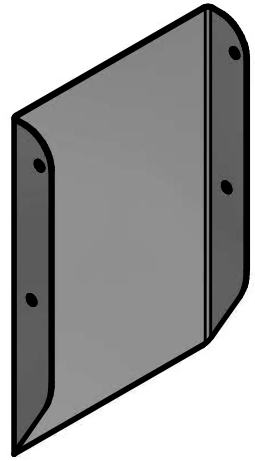
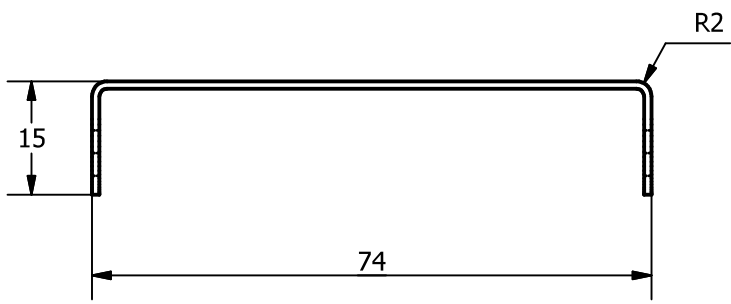
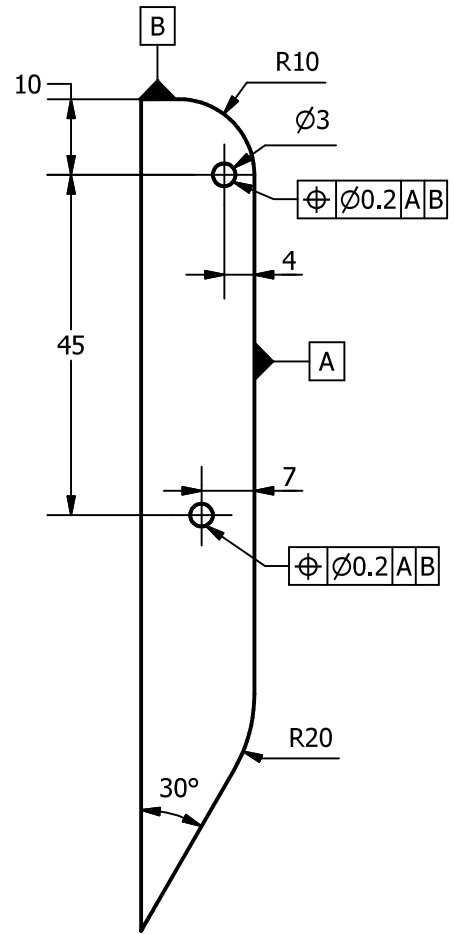
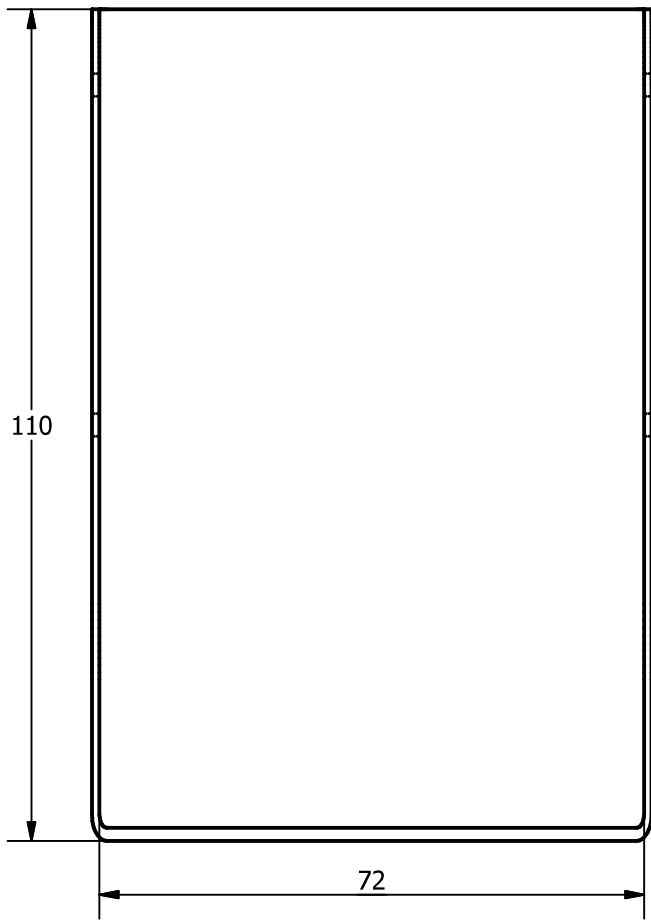
Material: acero inoxidable AISI 304
 e=2 [mm]
 Unión por soldadura con electrodo E-308L-16

Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:2	8/29	mm
Título Tolva de pesaje y tolva de descarga	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
	Fecha	28/08/20		



Material: acero inoxidable AISI 304
 e=2 [mm]
 Nota: pieza soldada a la tolva de pesaje
 y tolva de descarga con E-308L-16

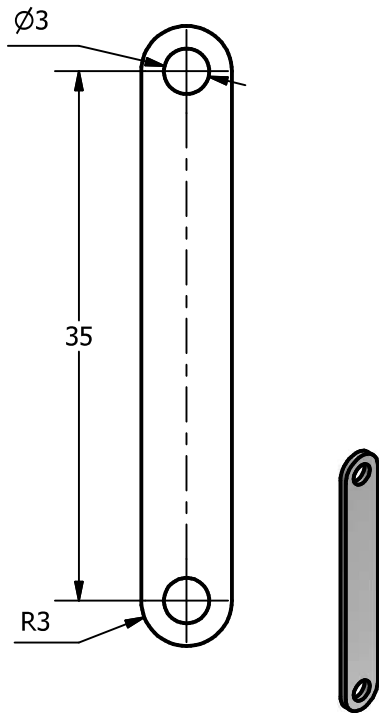
Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:2	9/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Extensión de tolva		Fecha	26/08/20		



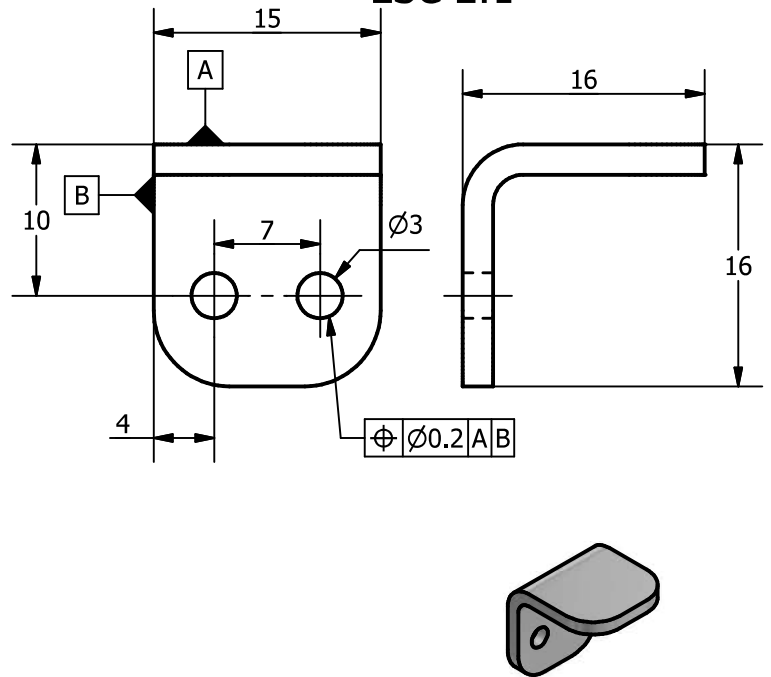
Material: acero inoxidable AISI 304
e=2 [mm]

Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:1	10/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Tapa de compuerta	Fecha	26/08/20		

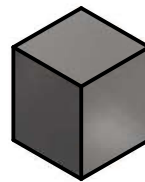
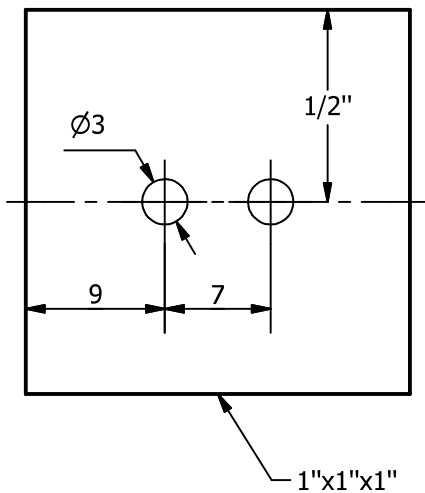
Pieza 6-A: Eslabón 1
ESC 2:1





Pieza 10: Union celda - tolva de pesaje
ESC 2:1



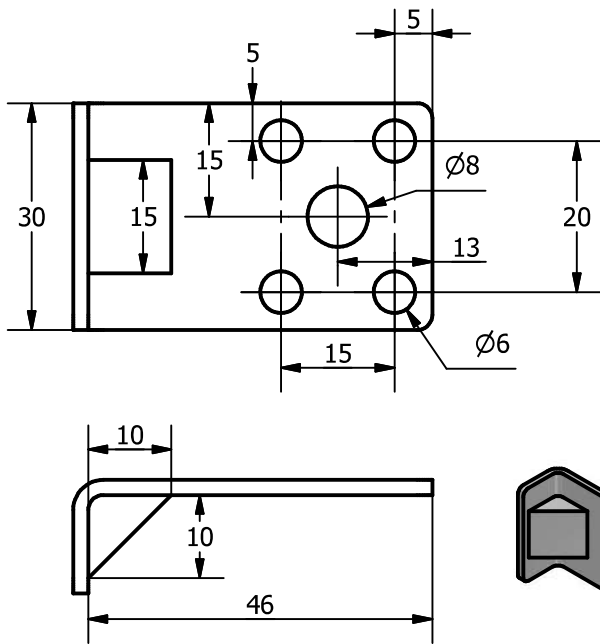
Pieza 8: Soporte celda - estructura
ESC 2:1



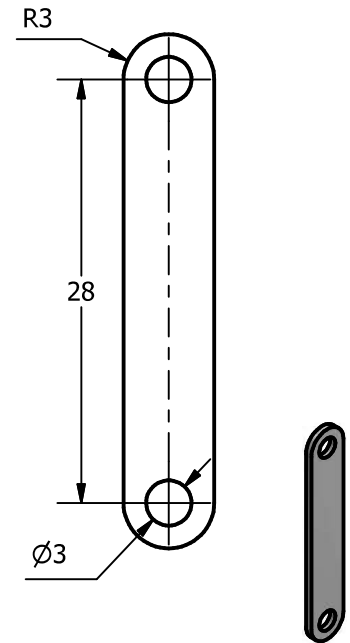
Material: acero inoxidable AISI 304
e=2 [mm]
Nota: Pieza 10 va soldada a la tolva de pesaje con E-308L-16

Nombre del proyecto	Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	Formato	A4	Escala	N/A	N° de hoja	11/29	Unidades	mm
Título	Uniones y eslabones de la tolva de pesaje		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco					
			Revisado por	MSc. G. Durazno					
			Revisado por	MSc. F. Maldonado					
			Aprobado por	MSc. R. Paz					
		Fecha	26/08/20						
									

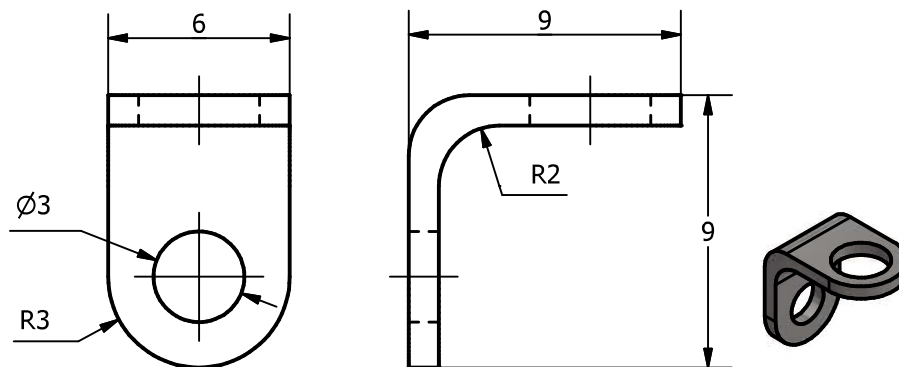
**Pieza 8: Unión tolva - pistón
neumático
ESC 1:1**



**Pieza 6-B: Eslabón 1
ESC 2:1**



**Pieza 7: Eslabón 2
ESC 4:1**





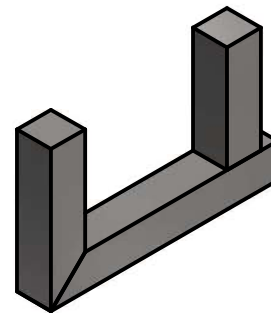
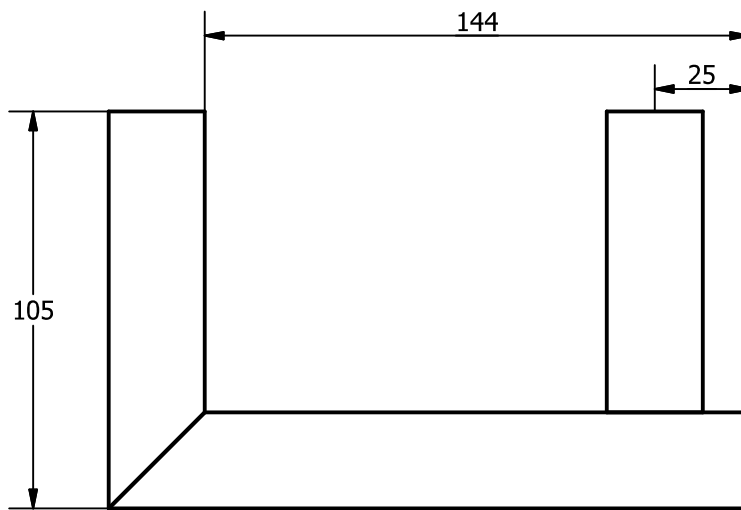
Material: acero inoxidable AISI 304

e=2 [mm]

Nota: Pieza 8 va soldada a la tolva de descarga con E-308L-16

La pieza 7 es igual para la tolva de pesaje

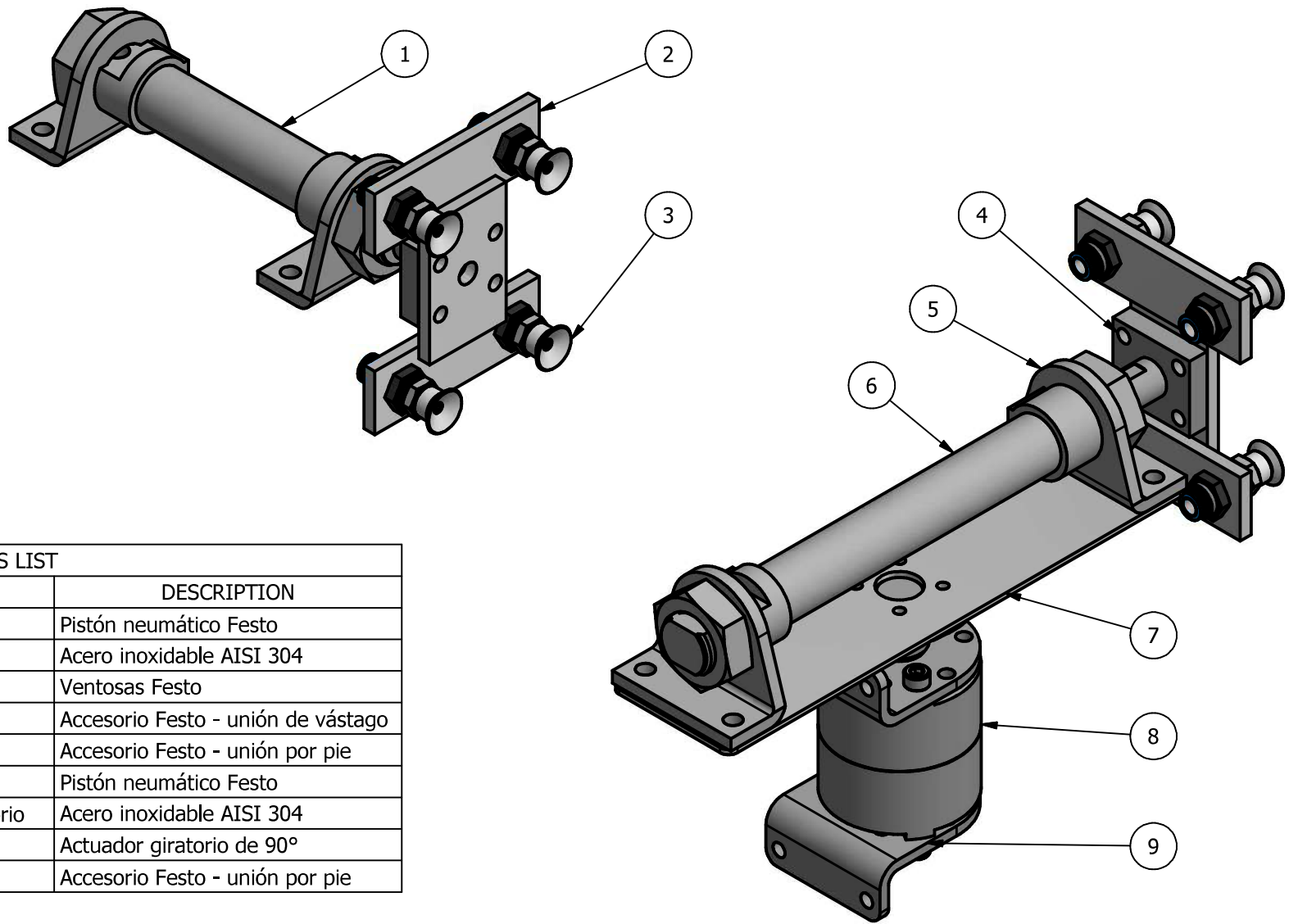
Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	N/A	12/29	mm
Título Uniones y eslabones de la tolva de descarga		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	26/08/20		
					



Material: barra cuadrada de 1" AISI 304

Nota: las uniones se realizan por soldadura con E-308L-16

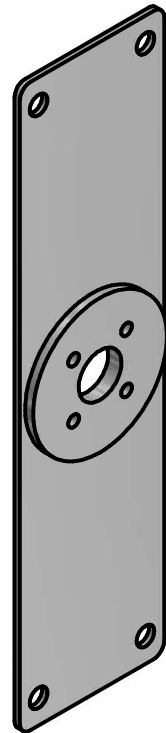
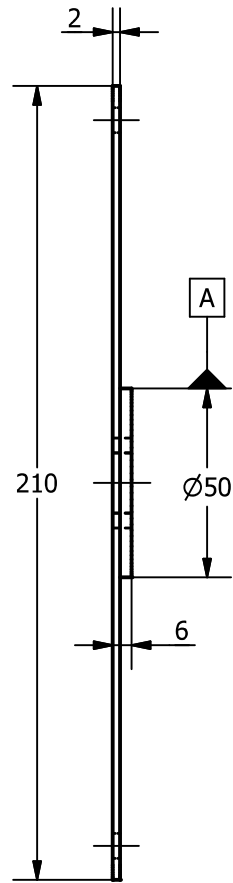
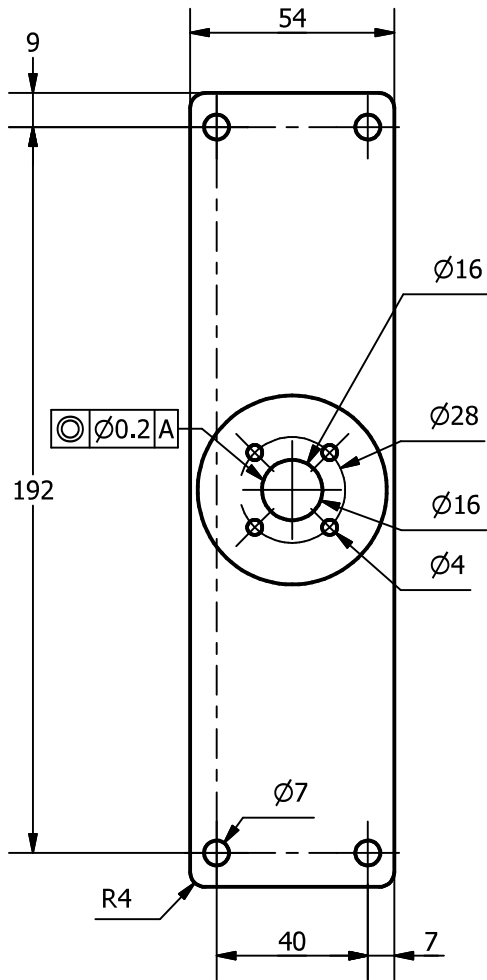
Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:2	13/29	mm
Título Estructura tolva de descarga - estructura principal	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
	Fecha	28/08/20		



PARTS LIST

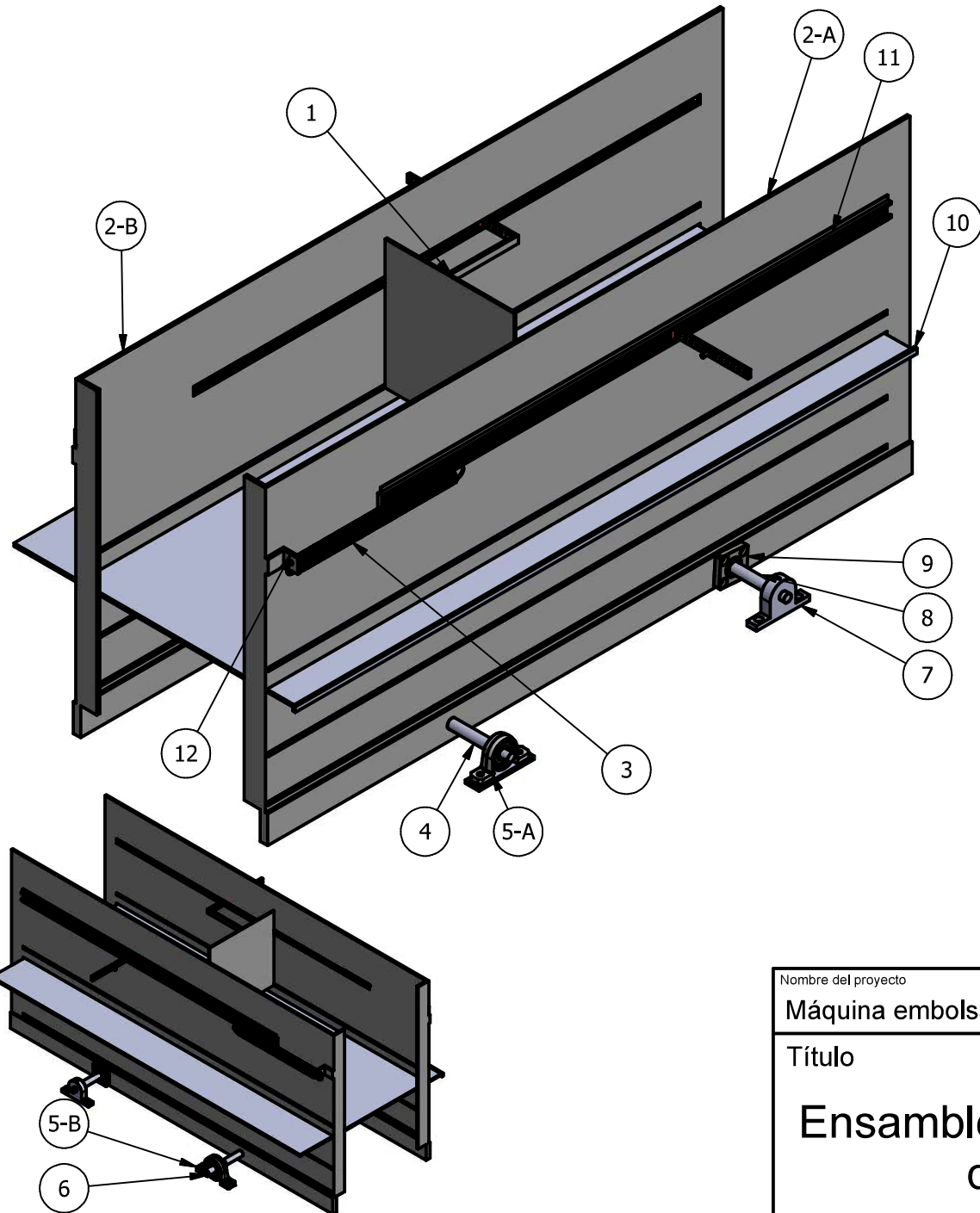
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	DSNU-20-40-P-A	Pistón neumático Festo
2	2	Placa pinza de succión	Acero inoxidable AISI 304
3	8	ESG-15-SS-HA-QS	Ventosas Festo
4	2	KSZ-M8	Accesorio Festo - unión de vástago
5	4	HBN-20/25x2	Accesorio Festo - unión por pie
6	1	DSNU-20-90-P-A	Pistón neumático Festo
7	1	Unión pistón - actuador giratorio	Acero inoxidable AISI 304
8	1	DRVS-16-90-P	Actuador giratorio de 90°
9	2	DAMH-Q12-16	Accesorio Festo - unión por pie

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:2	14/29	mm
Título Ensamble de manipulación de fundas		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	26/08/20		



Material: acero inoxidable AISI 304

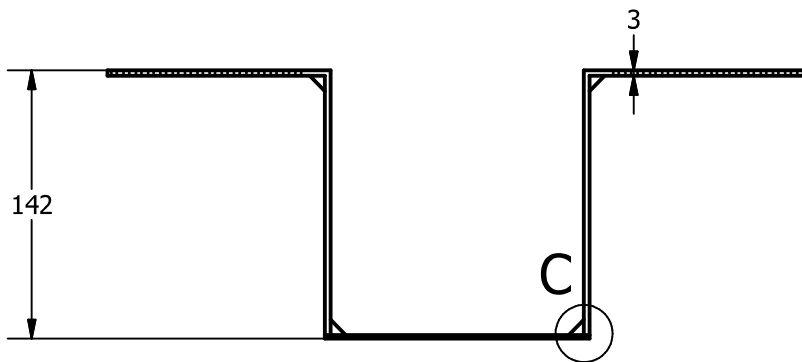
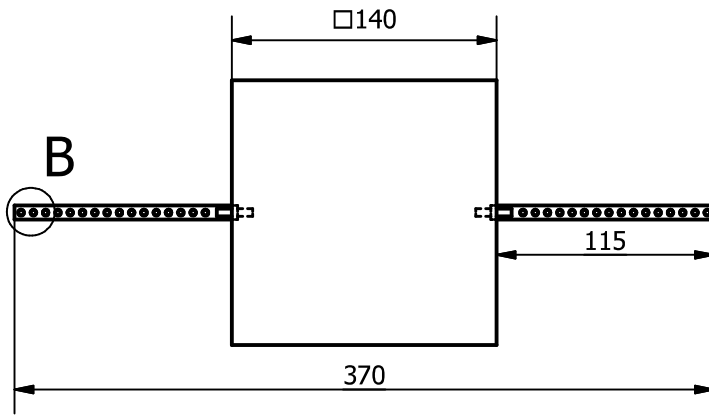
Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:2	16/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
Unión pistón - actuador giratorio	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
	Fecha	26/08/20		



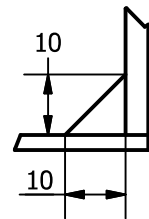
PARTS LIST

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Placa del dispensador	Aluminio ASTM A 1200
2-A	2	Placa ajustable derecha	Aluminio ASTM A 1200
2-B	1	Placa ajustable izquierda	Aluminio ASTM a 1200
3	2	Resorte	AISI 1086, L=127mm, D=12.7mm, Lmax=564mm
4	1	Tornillo de potencia	Acero A36, L=340mm, D=10mm y paso=5mm/rev
5-A	1	Rodamiento	KP08
5-B	1	Rodamiento	KP001
6	1	Hexagonal 6mm	ajuste por chaveta
7	2	Rodamiento	KP08
8	1	Guia	Acero A36, L=340mm y d=10mm
9	2	LMK10UU	Cojinete lineal
10	1	Placa soporte	Aluminio ASTM A 1200, placa 670x350x3 [mm]
11	4	Ángulo	Aluminio Fisa 1817, 6x12x0.9 [mm]
12	2	Ángulo	Acero inoxidable AISI 304, 20x20x1.2 [mm]

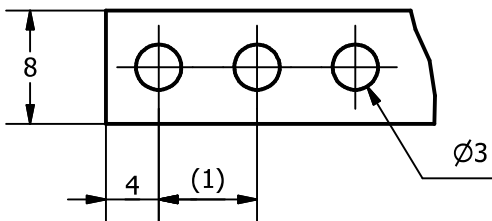
Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:5	17/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
Ensamble del dispensador de fundas		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	26/08/20		



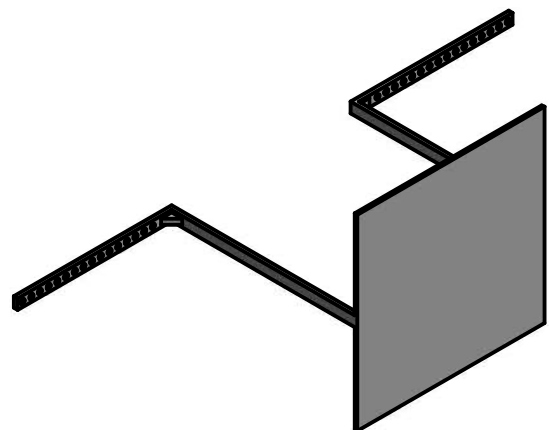
C (1 : 1)




B (2 : 1)



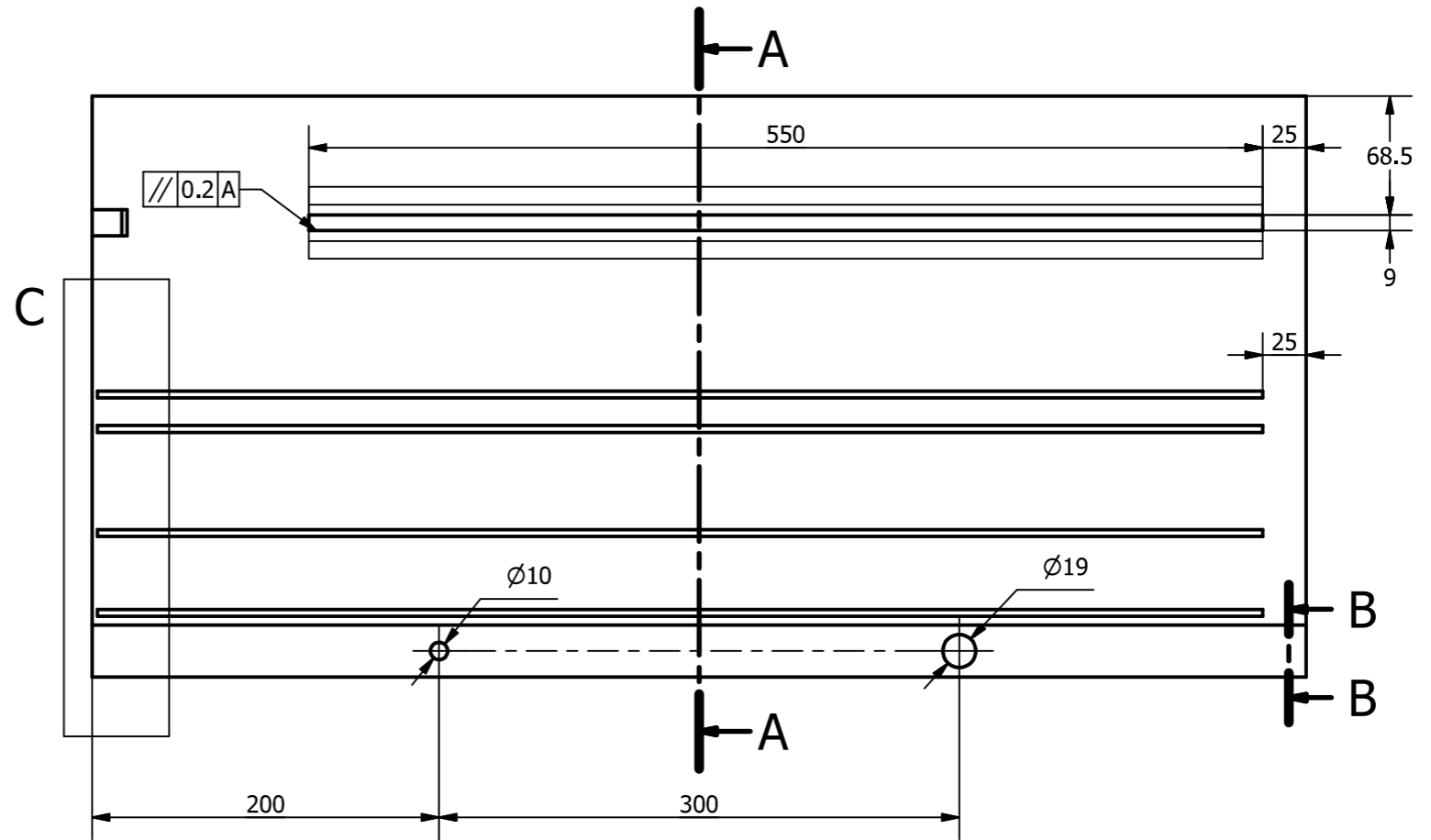
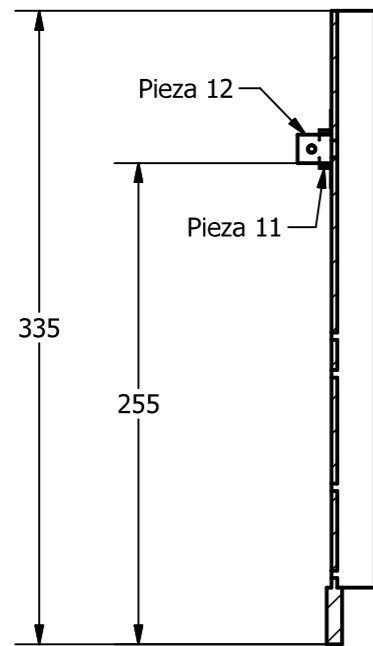
(1): Distancia entre agujeros= 6.5 mm
 N° de agujeros=16 de Ø3.0



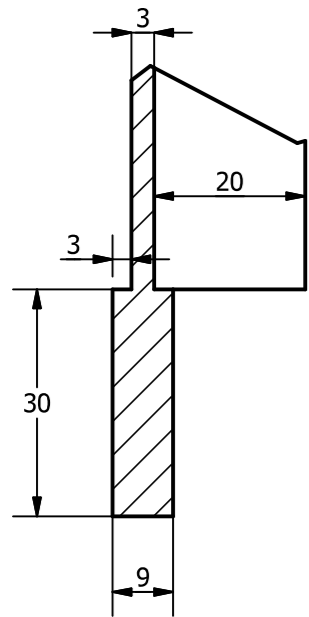
Material: aluminio ASTM A 1200
 e=3 mm

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:4	18/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Placa del dispensador		Fecha	26/08/20		
					

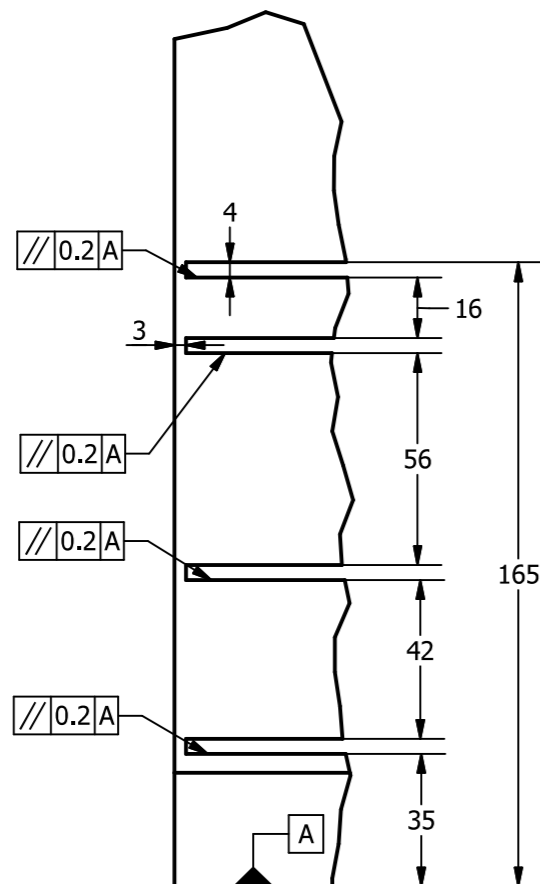
A-A (1 : 4)



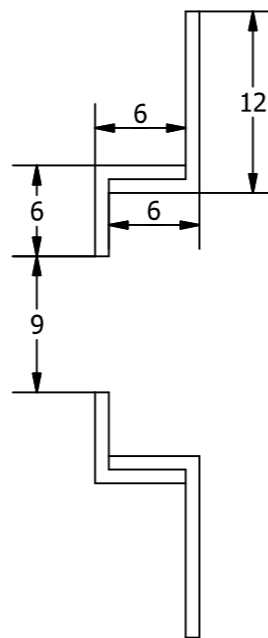
B-B (1 : 1)



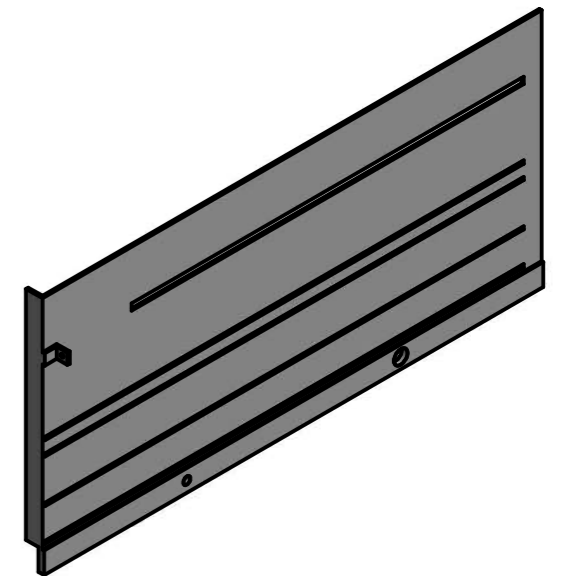
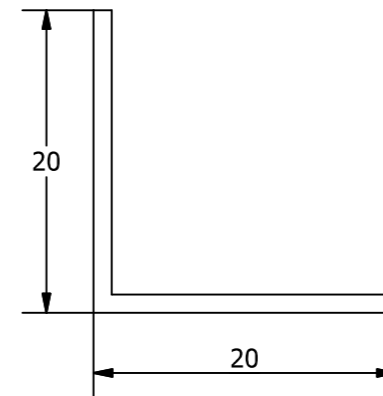
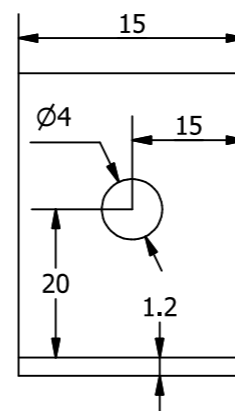
C (1 : 2)




Pieza 11 (ESC 1:1)

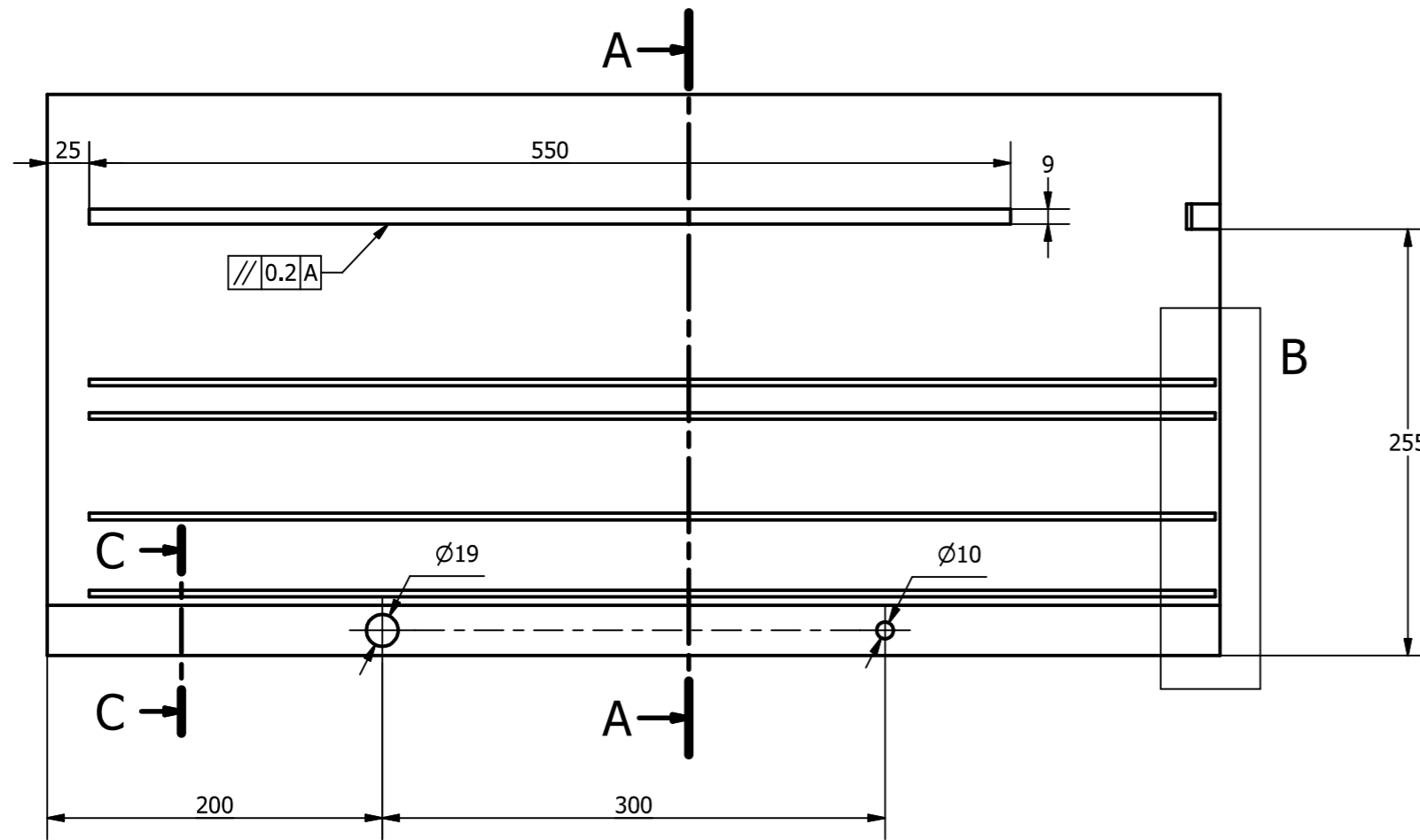


Pieza 12 (ESC 1:1)

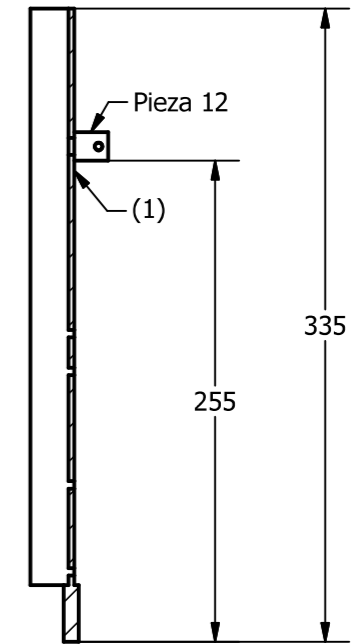


Material: aluminio ASTM A 1200
e=3 mm
Nota: piezas 11 forman un riel, unión por remache

Nombre del proyecto	Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	Formato	A3	Escala	1:4	N° de hoja	20/29	Unidades	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco							
	Revisado por	MSc. G. Durazno							
	Revisado por	MSc. F. Maldonado							
	Aprobado por	MSc. R. Paz							
Placa ajustable derecha		Fecha	26/08/20						
									

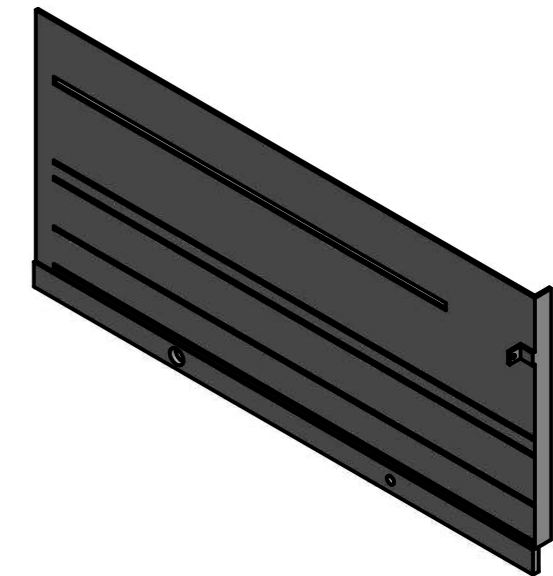
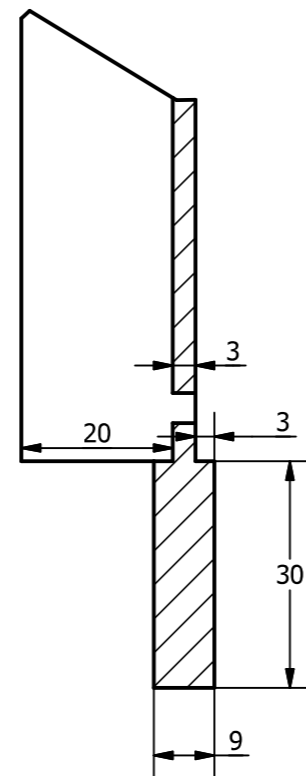
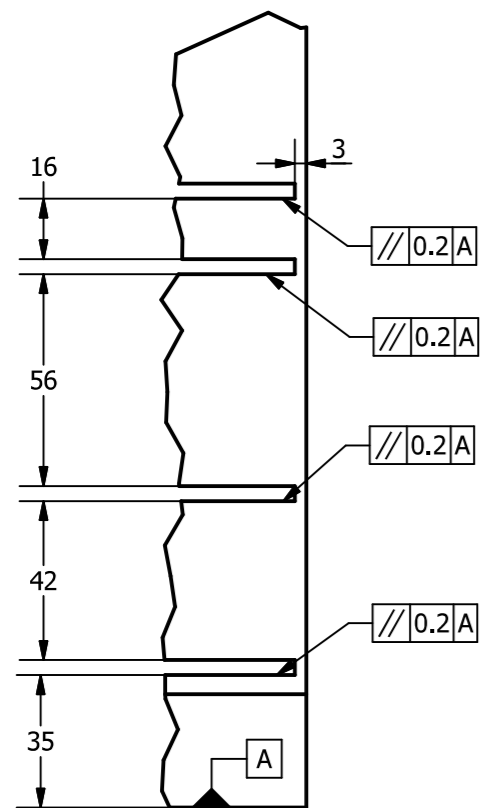


A-A (1 : 4)



B (1 : 2)

C-C (1 : 1)




Material: aluminio ASTM A 1200

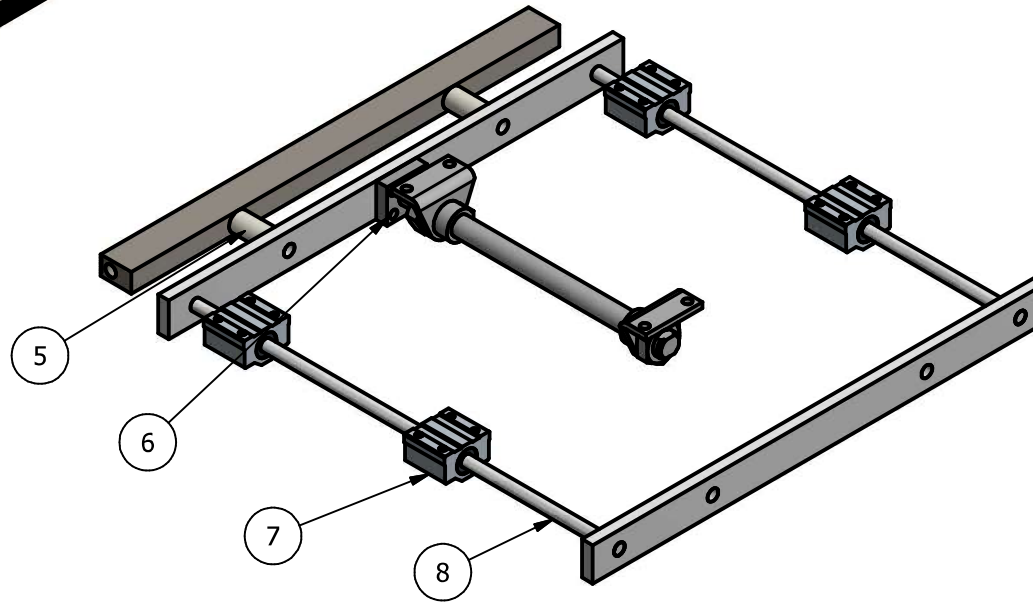
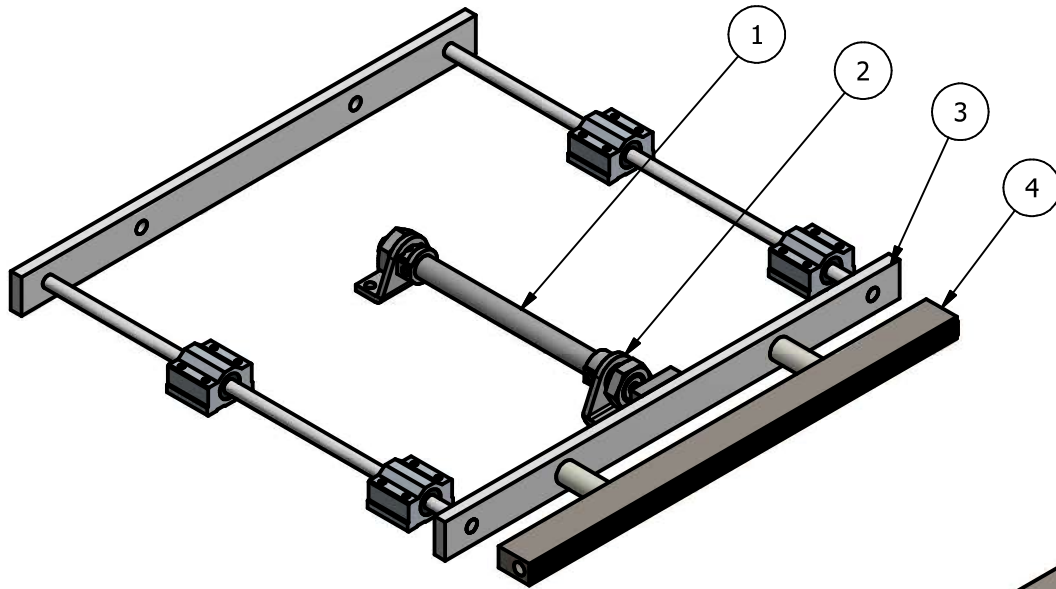
e=3 mm

Nota: Pieza 12 acotada en el plano 18

(1) Riel formado por dos ángulos, acotado en el plano 18


La pieza es espejo del plano 18

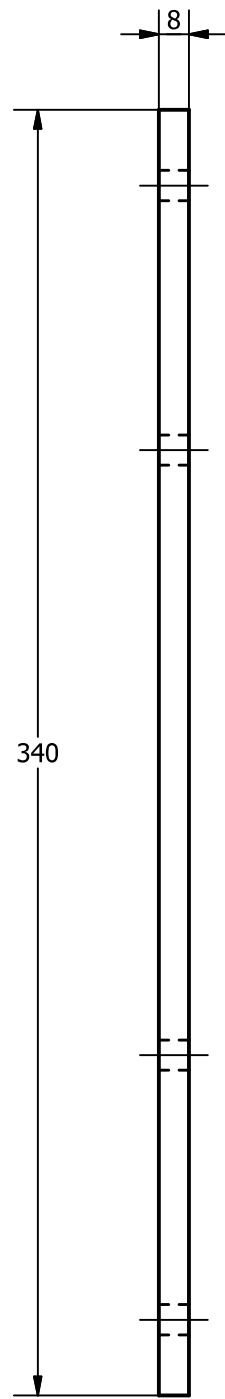
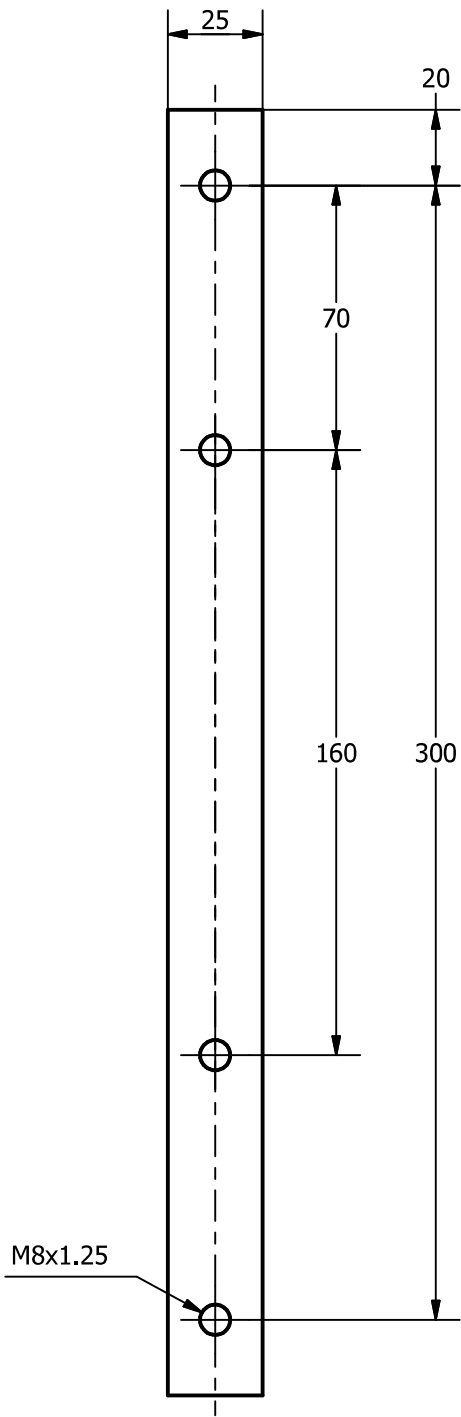
Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A3	1:4	20/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Placa ajustable izquierda	Fecha	26/08/20		
				



PARTS LIST

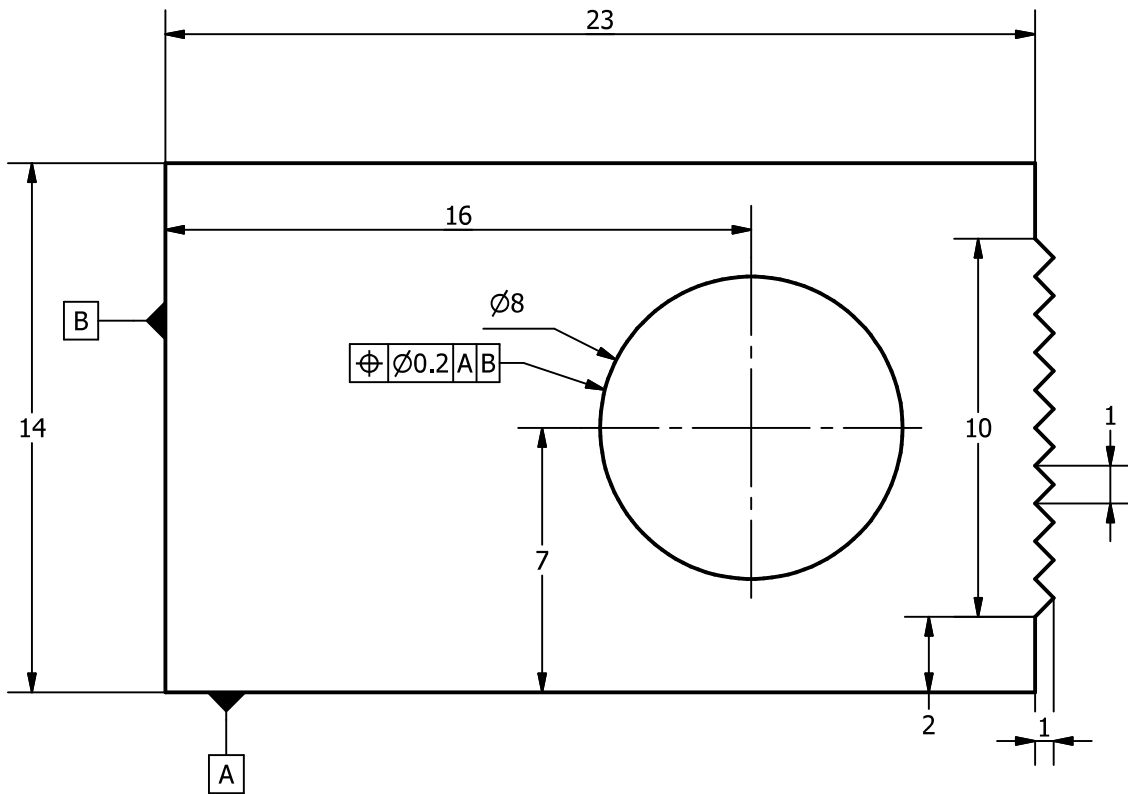
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	DSNU-12-100-P-A	Pistón neumático Festo
2	4	HBN-12/16x2	Accesorio Festo, unión por pie
3	4	Soporte de selladora	Acero inoxidable AISI 304
4	2	Mordaza	Acero inoxidable AISI 304
5	4	Aislante de selladora	Teflón
6	2	KSZ-M6	Accesorio Festo, unión de vástago
7	8	Cojinete lineal	sc8uu
8	4	Guía	D= 8mm, L=325 mm, l=12mm de rosca M8x1.25 en ambos extremos

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:4	21/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Ensamble de selladora		Fecha	26/08/20		
					



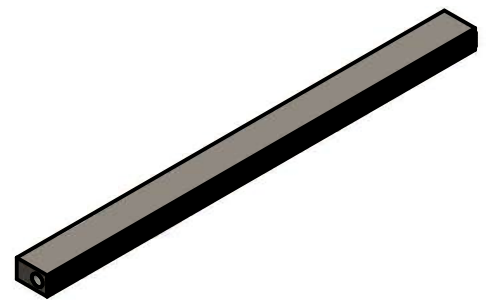
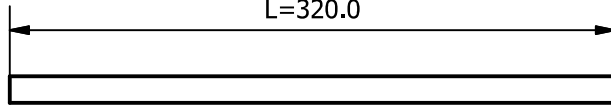
Material: acero inoxidable AISI 304
e=8 mm

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:2	22/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
		Fecha	26/08/20		
Soporte de selladora					



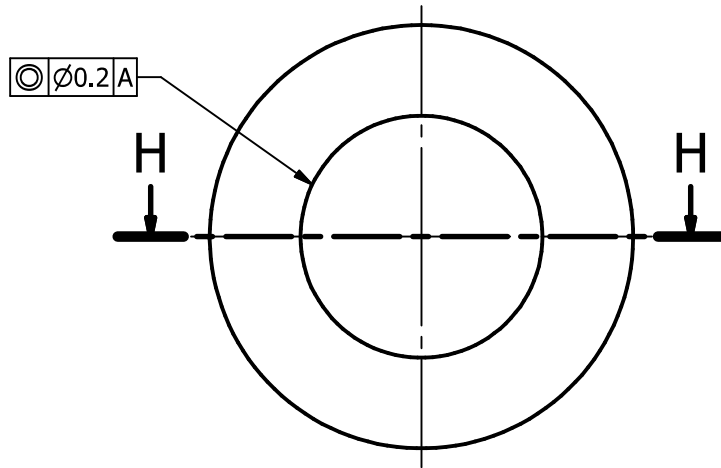
ESC 1:4

L=320.0

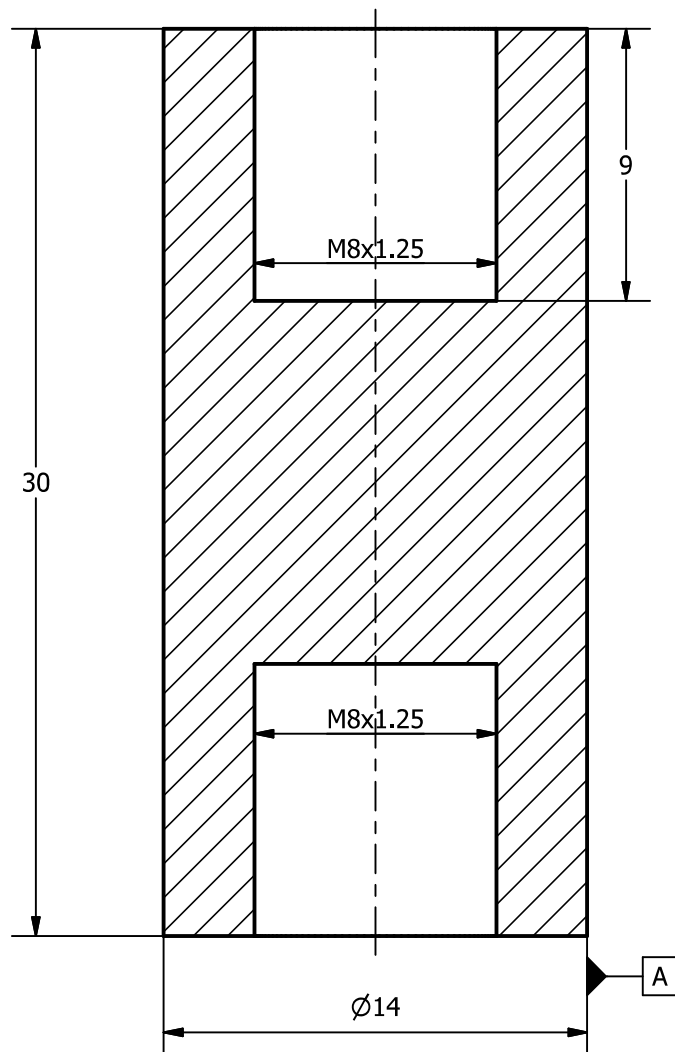


Material: acero inoxidable AISI 304

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	5:1	23/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Mordaza		Fecha	26/08/20		
				espol	

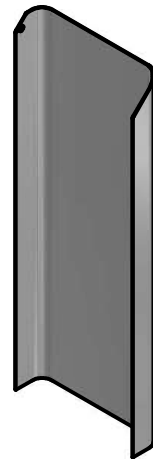
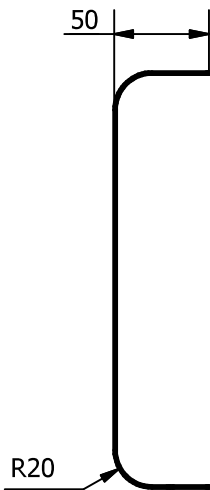
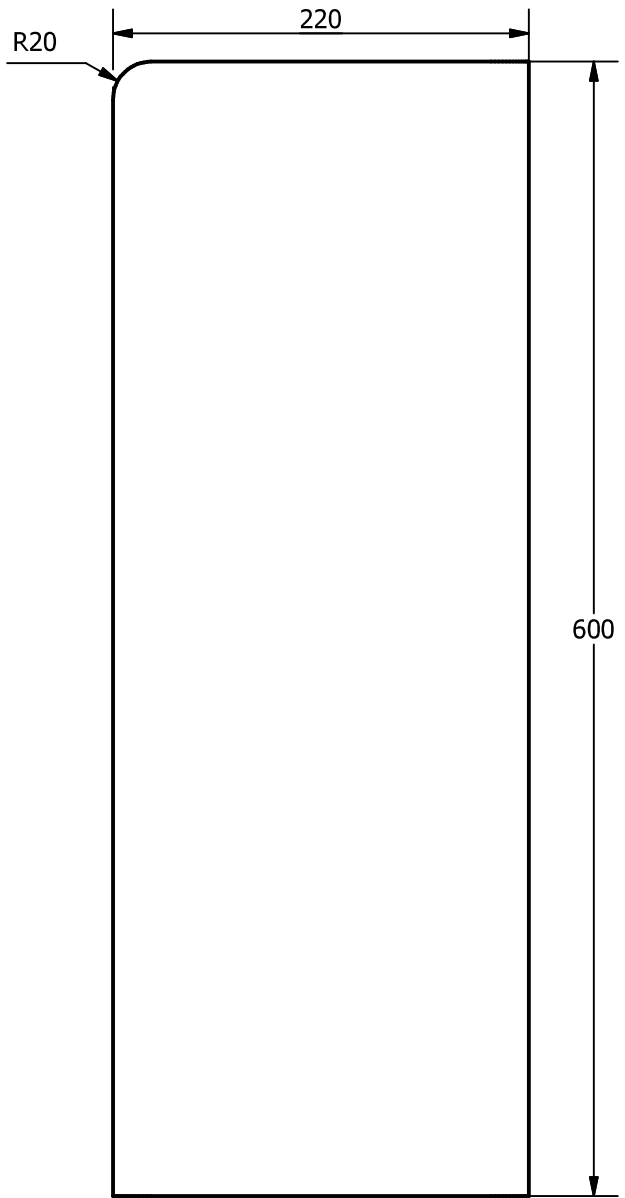
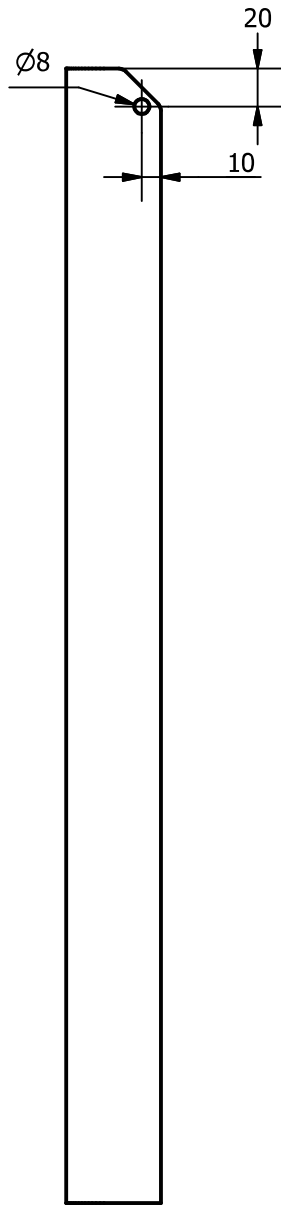


H-H (4 : 1)



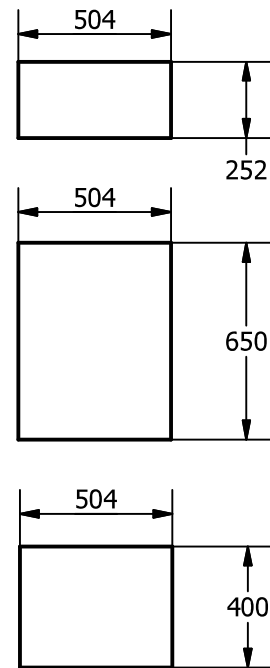
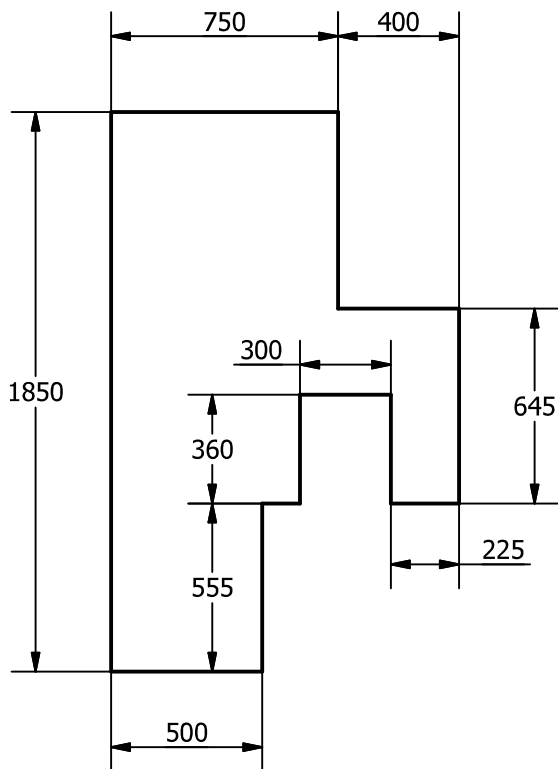
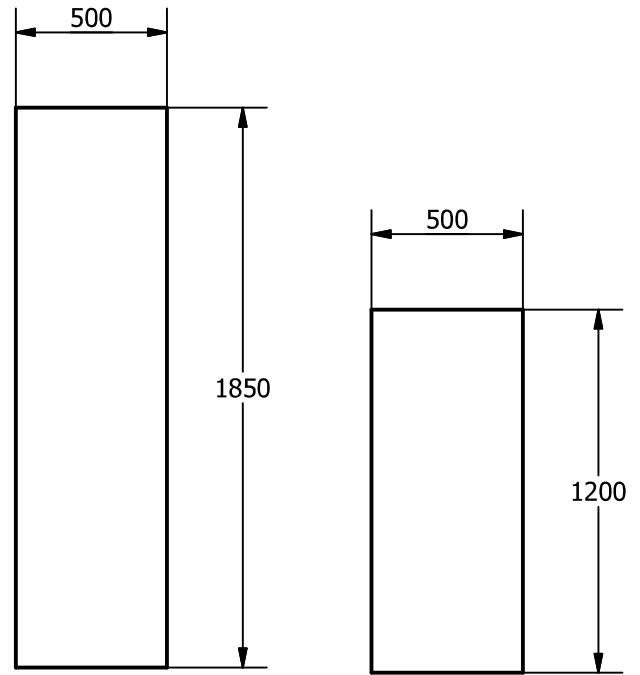
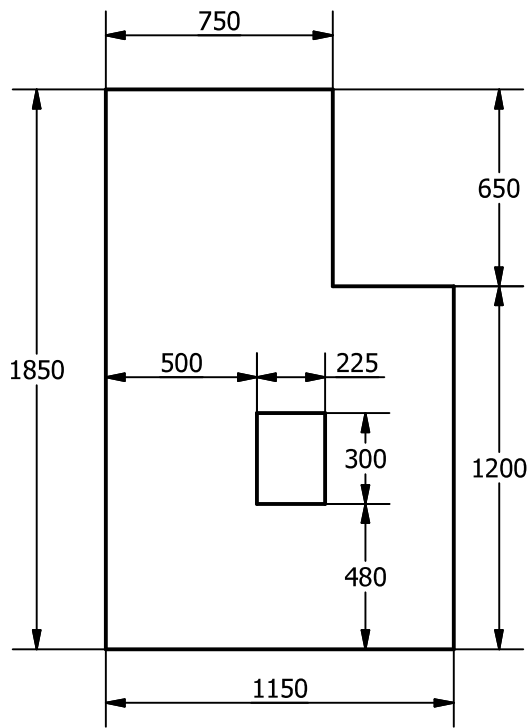
Material: Teflón (PTFE)



Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	4:1	24/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Aislante de selladora	Fecha	26/08/20		

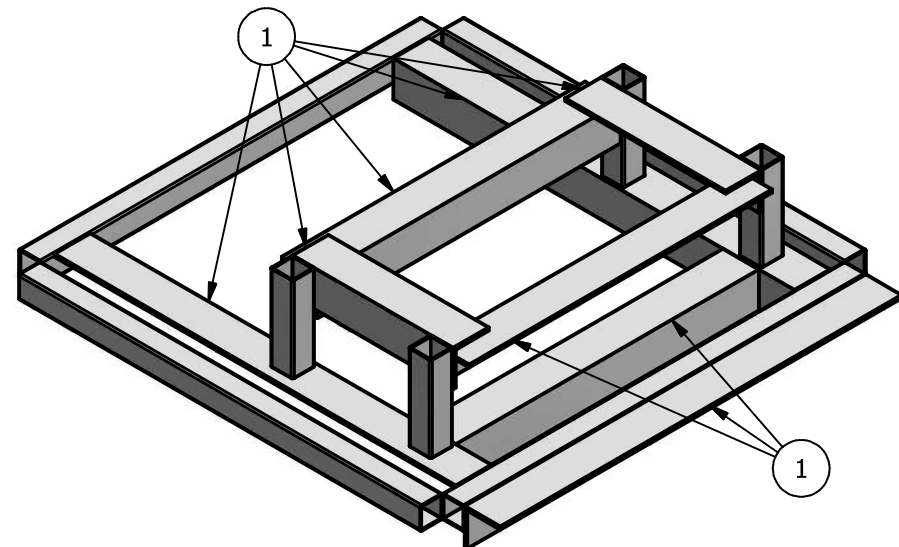
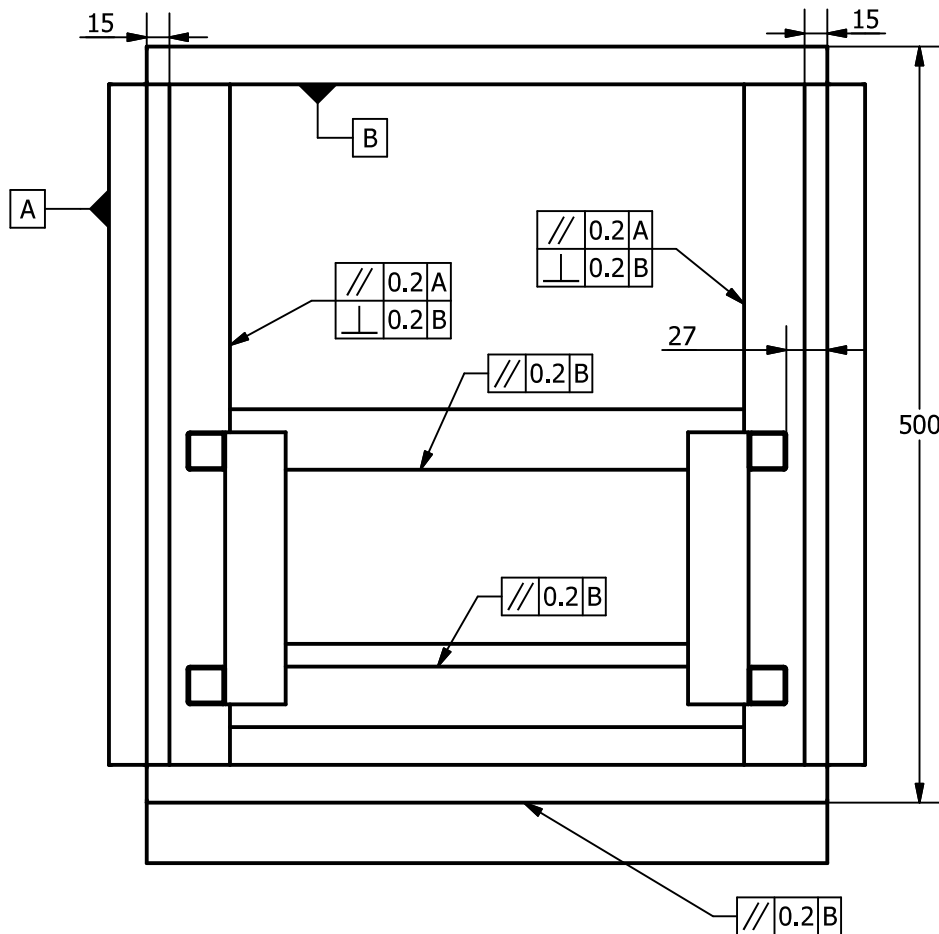
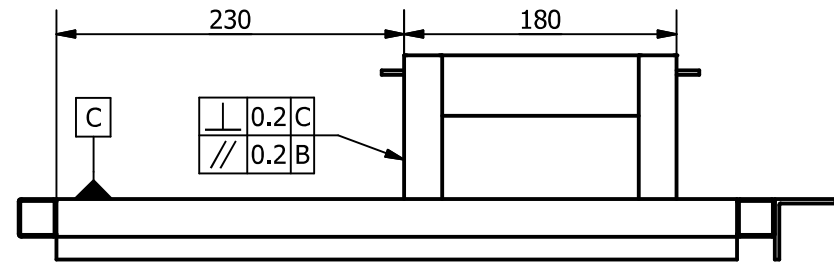
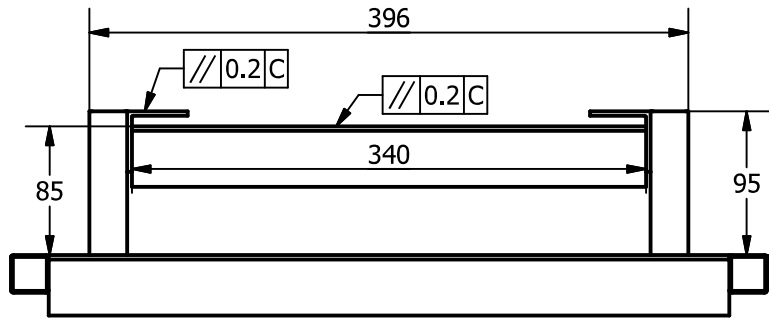


Material: acero inoxidable AISI 304


Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:4	25/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Bandeja de salida		Fecha	26/08/20		

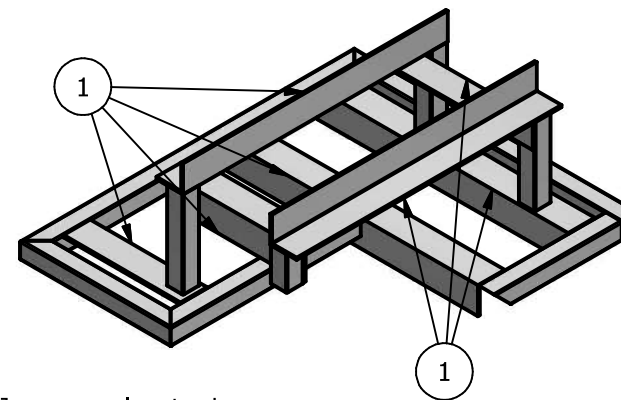
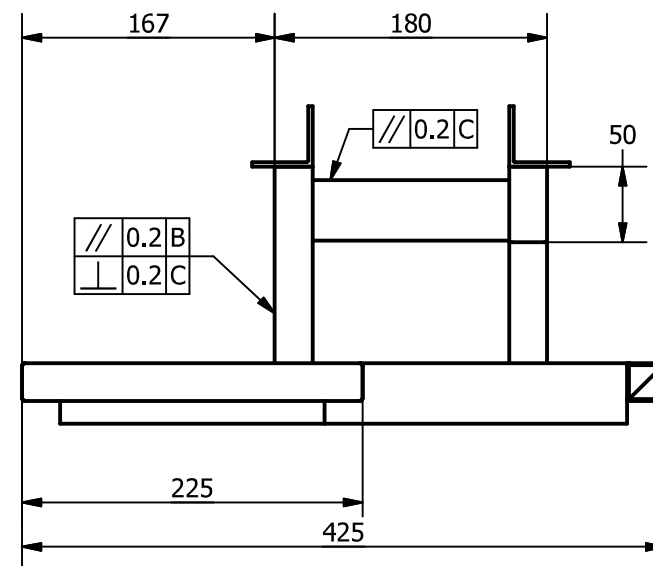
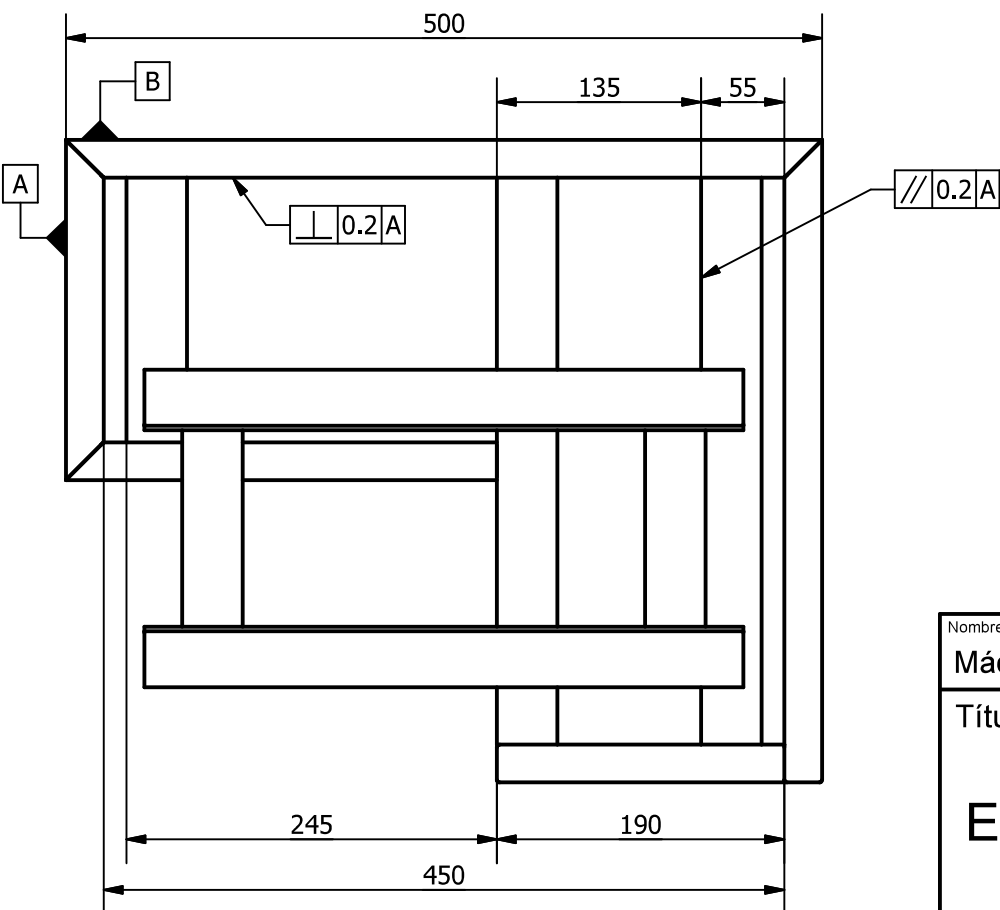
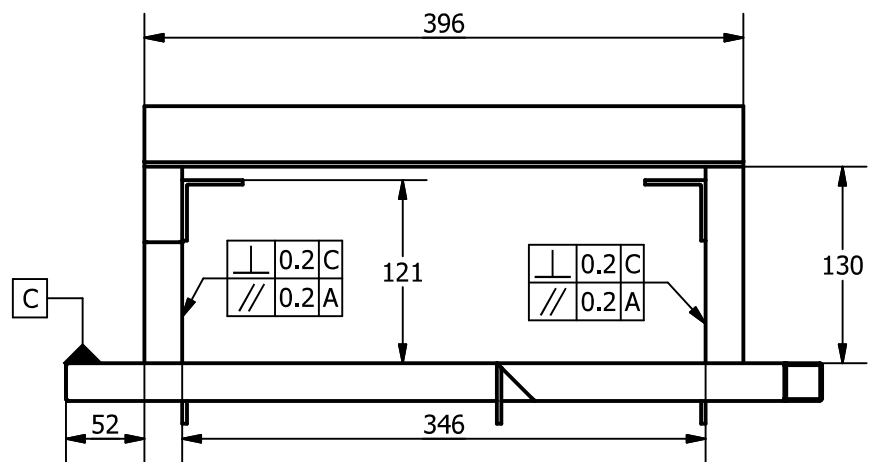


Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	1:25	26/29	mm
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Paneles de policarbonato - cubierta de maquina		Fecha	26/08/20		
					




Materiales:
 Tubo cuadrado 25x1.2 [mm], acero galvanizado
 (1) Perfil L 40x40x4 [mm]
 Unión por soldadura con E6011

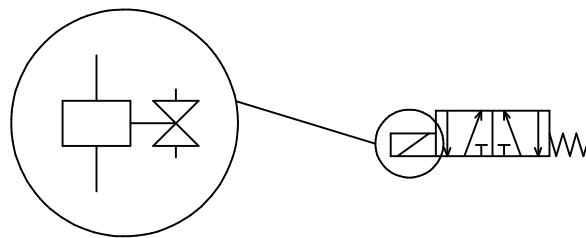
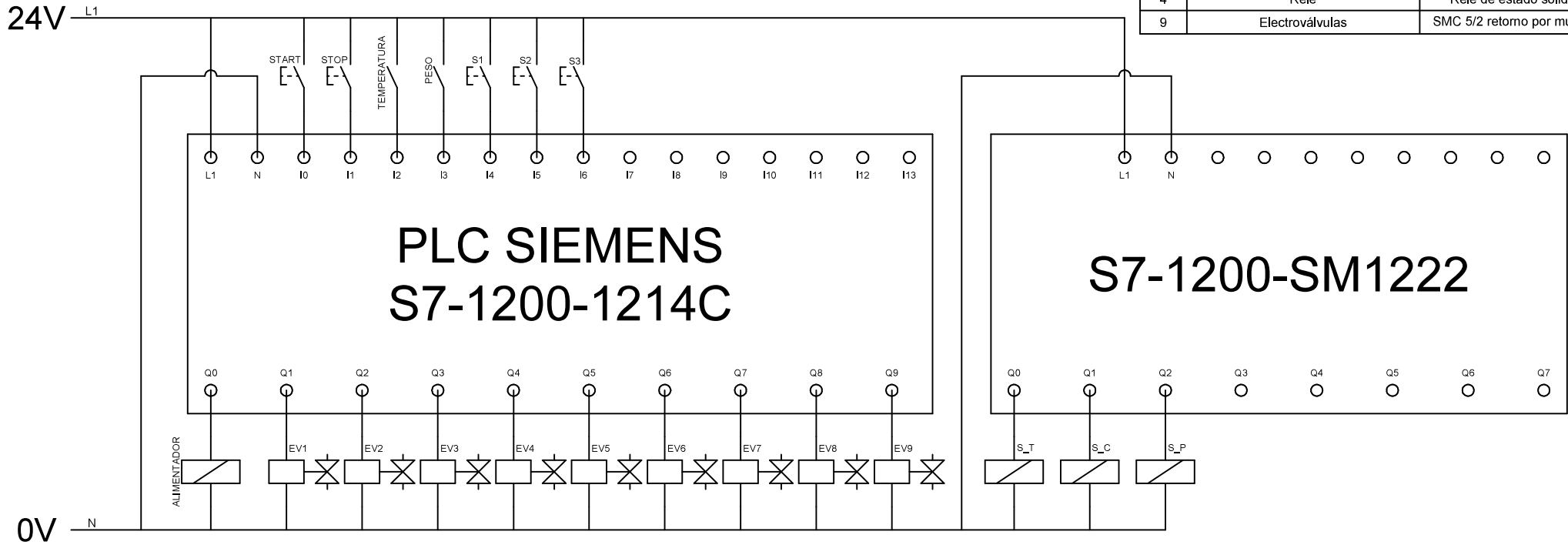
Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:5	28/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Estructura - vista auxiliar B	Fecha	26/08/20		
				



Materiales:
 Tubo cuadrado 25x1.2 [mm], acero galvanizado
 (1) Perfil L 40x40x4 [mm]
 Unión por soldadura con E6011

Nombre del proyecto	Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados	A4	1:5	29/29	mm
Título	Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
	Revisado por	MSc. G. Durazno		
	Revisado por	MSc. F. Maldonado		
	Aprobado por	MSc. R. Paz		
Estructura - vista auxiliar C	Fecha	26/08/20		
				

CANT.	NOMBRE	COMENTARIO
1	PLC S7-1200	1214C-6ES7214-1AG40-0XB0
1	S7-1200-SM 1222	Módulo de salidas digitales
5	Pulsador	
2	Contacto	
4	Relé	Relé de estado sólido
9	Electroválvulas	SMC 5/2 retorno por muelle



SIMB.	NOMBRE
	Pulsador
	Contacto
	Relé
	Solenoide
	Electroválvula

Nombre del proyecto		Formato	Escala	N° de hoja	Unidades
Máquina embolsadora de frutos secos y deshidratados		A4	N/A	A/A	N/A
Título		Elaborado por	W. Burgos y P. Charco		
		Revisado por	MSc. G. Durazno		
		Revisado por	MSc. F. Maldonado		
		Aprobado por	MSc. R. Paz		
Entradas y salidas del PLC		Fecha			
		26/08/20			