

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

TEMA:

“DOSIFICADORA PARA ARROZ ENFOCADA A MICROEMPRESAS”

AUTOR: OROZCO VILLA HENRY JOEL

DIRECTOR: ING. COSME DAMIÁN MEJÍA Echeverría, MSC.

ASESOR: ING. DAVID ALBERTO OJEDA PEÑA, PHD.

IBARRA- ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	040194366-7		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Orozco Villa Henry Joel		
DIRECCIÓN:	Juan Ramón Jiménez y Gabriela Mistral, Tulcán		
EMAIL:	hjorozcov@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		**TELÉFONO MÓVIL:**	0994648027

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DOSIFICADORA PARA ARROZ ENFOCADA A MICROEMPRESAS"
AUTOR (ES):	Orozco Villa Henry Joel
FECHA DE APROBACIÓN: DD/MM/AAAA	15/02/2024
PROGRAMA:	☐ **PREGRADO** ☐ **POSGRADO**
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, MSc

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 15 días del mes de febrero de 2024

EL AUTOR:

(Firma).....

Nombre: Orozco Villa Henry Joel

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 15 de febrero de 2024

Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de titulación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Unidad Académica de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.

Firmado electrónicamente por:
COSME DAMIAN MEJIA ECHEVERRIA

(f) ……

Ing. Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría MSc

C.C.: 1002641288

Agradecimientos

Agradezco a mi familia, mis padres Luis Fernando Orozco y Nancy Villa por su continuo apoyo y ayuda en este camino; a mis hermanos Lenin Fernando y Sebastián, sin su apoyo, cariño y complicidad esto no sería posible; mis abuelitos por siempre tenerme presente y a mi familia en general.

A las amistades creadas dentro y fuera de la universidad, a mi amigo Miguel que mantengo desde bachillerato que siempre me brindo cariño y ayuda, y a los nuevos encontrados en la universidad, los “Ratotas”, con los que he compartido grandes momentos; y fa cada persona que me hizo crecer en este proceso que de una u otra manera me han marcado y han ayudado en mi crecimiento personal.

También agradezco a mi tutor Ing. Cosme Mejía y a mi asesor Ing. David Ojeda por la ayuda en el cumplimiento del trabajo de Grado.

Dedicatoria

Para mis queridos padres y hermanos,

Su inquebrantable apoyo y amor han sido el faro que iluminó mi camino a lo largo de este arduo viaje académico. Su confianza en mí me ha dado fuerzas para superar cualquier obstáculo y perseguir mis sueños con determinación.

A través de su sacrificio y ejemplo, he aprendido el valor del trabajo arduo, la perseverancia y la dedicación. Vuestra presencia constante ha sido mi mayor inspiración y motivación para alcanzar este logro.

Agradezco profundamente cada sacrificio que han hecho para brindarme la oportunidad de educarme y crecer. Esta tesis es el resultado de su amor incondicional y el fruto de su infinito apoyo.

A ustedes, mis pilares fundamentales, les dedico este trabajo con todo mi cariño y gratitud. Sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible.

Con amor y admiración,

Henry

Resumen

El arroz, fundamental en la dieta ecuatoriana con un consumo promedio de 50 kg por persona al año, representa un elemento esencial en la canasta básica. Las microempresas, sustentadas por la venta al por menor, enfrentan el desafío de empaquetar arroz en productos de 1 libra hasta 1 kilogramo, cumpliendo rigurosos estándares de calidad. La investigación abarca el diseño y construcción de una máquina dosificadora, especialmente orientada a microempresas que buscan un estándar de calidad en sus productos, con énfasis en la accesibilidad económica. La determinación de los parámetros necesarios para construir máquinas destinadas a pequeñas empresas guía la investigación, seguida por el diseño del sistema de dosificación, la implementación del sistema mecatrónico diseñado y la validación del dispositivo. La metodología adoptada se estructura en una investigación documental, explorando el estado del arte y conceptos de diseño; una investigación analítica, orientada a la selección de elementos electrónicos y materiales; y una investigación ingenieril para el diseño de la dosificadora. La dosificadora final es compacta, precisa, de bajo costo y fácil mantenimiento. Se configura como una dosificadora gravimétrica por ganancia de peso, integrando deposición, transporte, medición y dosificación en un solo proceso. La precisión alcanzada es excepcional, con un 98,47% para libras y 99,73% para kilogramos, destacando una moda de errores de ±0,02 libras. Este trabajo no solo responde a las necesidades específicas de las microempresas en la industria del arroz, sino que también ofrece una solución eficiente y económicamente viable.

Abstract

Rice, a fundamental element in the Ecuadorian diet with an average consumption of 50 kg per person per year, holds a crucial position in the basic basket of goods. Microenterprises, reliant on retail sales, encounter the challenge of packaging rice in products ranging from 1 pound to 1 kilogram, adhering to rigorous quality standards. The research encompasses the design and construction of a dosing machine, specifically tailored for microenterprises seeking a quality standard in their products, with a focus on economic accessibility. The determination of parameters necessary for building machines targeted at small businesses guides the research, followed by the design of the dosing system, the implementation of the designed mechatronic system, and the validation of the device. The adopted methodology is structured into a documentary investigation, exploring the state of the art and design concepts; an analytical investigation, oriented towards the selection of electronic elements and materials; and an engineering investigation for the dosing machine design. The final dosing machine is compact, precise, cost-effective, and easy to maintain. Configured as a gravimetric dosing machine by weight gain, it integrates deposition, transportation, measurement, and dosing into a single process. The achieved precision is exceptional, with 98,47% for pounds and 99,73% for kilograms, featuring a mode of errors of ±0,02 pounds. This work not only addresses the specific needs of microenterprises in the rice industry but also provides an efficient and economically viable solution.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos I
Dedicatoria IV
Resumen V
Abstract VI
ÍNDICE GENERAL VII
Introducción XIII
Problema XIII
Objetivos XIII
Objetivo general XIII
Objetivos específicos XIII
Justificación XIV
Alcance XIV
Estructura del documento. XIV
Capítulo 1 1
1. Marco Referencial 1
1.1. El Arroz y microempresas 1
1.2. Dosificadores. 1
1.2.1. Dosificadores volumétricos 2
1.2.2. Dosificadores gravimétricos 4
1.3. Variables de diseño de dosificadores 5
1.3.1. Dispositivo de deposición. 6
1.3.2. Dispositivos de transporte. 9
1.3.3. Sensores y actuadores. 12

1.3.4. Controladores y microcontroladores 17
Capítulo 2 19
2. Marco Metodológico. 19
2.1. Modelos de Investigación 19
2.2. Diseño de la investigación 20
2.2.1. Fase 1: Revisión Literaria. 20
2.2.2. Fase 2: Diseño electrónico y Mecánico. 20
2.2.3. Fase 3: Construcción e Implementación. 21
2.2.4. Fase 4: Validación. 21
3. Resultados y Discusión 22
3.1. Criterios de diseño. 22
3.1.1. Características del arroz. 22
3.1.2. Selección de dispositivo de deposición. 23
3.1.3. Selección de dispositivo de transporte. 23
3.1.4. Materiales de construcción 27
3.2. Diseño electrónico – Selección de elementos 28
3.2.1. Selección de Sensores – Celdas de Carga. 28
3.2.2. Actuadores. 30
3.2.3. Selección de Periféricos de entrada y Salida. 34
3.2.4. Selección de Microcontrolador/Placa de Desarrollo. 37
3.2.5. Código 41
3.3. Diseño Mecánico 46
3.3.1. Dispositivo de deposición: Tolva 46
3.3.2. Diseño de la Estructura 55
3.3.3. Diseño sistema dosificador 61
3.4. Análisis de esfuerzos 74
3.4.1. Análisis de esfuerzos tolva y estructura 74

3.4.2. Análisis de esfuerzos sistema de 4 barras. 79
3.5. Implementación 83
3.5.1. Sistema electrónico 83
3.5.2. Sistema Mecánico 88
3.6. Validación 89
3.6.1. Calibración 89
3.6.2. Pruebas de funcionamiento sin carga 91
3.6.3. Pruebas de tolva y estructura 91
3.6.4. Pruebas de funcionamiento integrado 91
3.6.5. Tiempo de dosificación 95
3.6.6. Costos 96
Capítulo 4 98
4. Conclusiones, recomendaciones 98
5. Bibliografía 100

Índice de Figuras

Figura 1.1 *Clasificación de métodos de dosificación* 2

Figura 1.2 *Dosificador volumétrico de vasos telescópicos* 2

Figura 1.3 *Dosificador Gravimétrico* 4

Figura 1.4 *Flujo a) tubular y b) masico* 8

Figura 1.5 *Tolvas de flujo másico* 8

Figura 1.6 *Tolvas de flujo tubular* 9

Figura 1.7 *Tolva vibrante giratoria* 10

Figura 1.8 *Diseño en 3D de una tolva vibratoria de torbellino* 10

Figura 1.9 *Alimentador de banda.* 11

Figura 1.10 *Alimentador de canal vibrante* 12

Figura 1.11 *Modulo Hx711* 14

Figura 1.12 *Motor AC* 15

Figura 1.13 *Motor DC* 15

Figura 1.14 *Motores Paso a Paso.* 16

Figura 1.15 *Servomotor digital* 16

Figura 1.16 *Modulo Relé* 17

Figura 1.17 *Placa de desarrollo Arduino Uno R3* 18

Figura 3.1 *Control de alimentación del canal vibrante.* 27

Figura 3.2 *Micro servo digital* 32

Figura 3.3 *Voltaje y Corriente máxima de salida del canal vibrante*. 33

Figura 3.4 *Modulo relé* 33

Figura 3.5 *Teclado matricial 4x4 y arreglo de pulsadores* 35

Figura 3.6 *Modulo I2C conectado a pantalla LCD 16x2* 37

Figura 3.7 *Diagrama de Flujo de la función calibration().* 43

Figura 3.8 *Diagrama de Flujo de la función readFloatFromKeypad()* 44

Figura 3.9 *Diagrama de flujo general del proceso de dosificación.* 45

Figura 3.10 *Límites entre flujo masico y tubular en tolva en forma de embudo para un ángulo de rozamiento de 19,29°* 48

Figura 3.11 *Medidas de la tolva* 49

Figura 3.12 *Geometría y notación de presiones* 52
Figura 3.13 *Cargas en la Tolva* 52
Figura 3.14 *Estructura del dosificador.* 55
Figura 3.15 *Ensamble de estructura, tolva y canal vibrante.* 55
Figura 3.16 *Cargas ejercidas en la barra horizontal de la estructura* 56
Figura 3.17 *Diagrama de cuerpo libre de la barra lateral de la estructura* 57
Figura 3.18 *Diagrama de cargas internas de la barra lateral - plano ZY* 58
Figura 3.19 *Diagrama de cargas internas de la barra lateral - plano XY* 58
Figura 3.20 *Momentos flectores que actúan en la barra lateral* 59
Figura 3.21 *Medias del sistema de dosificación.* 62
Figura 3.22 *Diseño del sistema de dosificación.* 63
Figura 3.23 *Simplificación del sistema de 4 barras* 63
Figura 3.24 *Medidas sistema de 4 barras* 64
Figura 3.25 *DCL barra BC* 65
Figura 3.26 *Cargas barra BC* 67
Figura 3.27 *Representación del área transversal del eslabón BC.* 68
Figura 3.28 *DCL barra AB* 69
Figura 3.29 *Diagramas de cargas internas barra AB.* 70
Figura 3.30 *Cargas estudiadas para el esfuerzo en barra AB* 71
Figura 3.31 *Apertura máxima de la compuerta del mecanismo dosificador.* 73
Figura 3.32 *Cargas y restricciones de simulación de la tolva y estructura* 75
Figura 3.33 *Gráfica de convergencia de malla de la tolva.* 76
Figura 3.34 *Gráfica de convergencia de malla de la estructura* 76
Figura 3.35 *Simulación de esfuerzos y desplazamientos de la tolva.* 77
Figura 3.36 *Simulación de esfuerzos de la estructura* 78
Figura 3.37 *Gráfica de convergencia de malla del eslabón AB* 80
Figura 3.38 *Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón AB* 80
Figura 3.39 *Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón real AB* 81
Figura 3.40 *Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón BC.* 82
Figura 3.41 *Posterior de la compuerta del gabinete.* 86
Figura 3.42 *Parte interna del gabinete.* 86

Figura 3.43 *Control de voltaje del canal vibrante acoplado a la estructura.* 87
Figura 3.44 *Sistema electrónico de la compuerta de dosificación* 87
Figura 3.45 *conexión de fuentes de alimentación en la regleta* 87
Figura 3.46 *Ensamblaje mecánico e implementación eléctrica* 88
Figura 3.47 *Peso referencial para la calibración medido en balanza comercial* 89
Figura 3.48 *Deposición de la masa referencial para la calibración* 89
Figura 3.49 *Tolva bajo carga máxima* 91

Introducción

Problema

En la actualidad gran parte de los alimentos son distribuidos en empaques, proporcionando seguridad al cliente de que recibirá un producto de calidad [1]. El empaquetado sucede previamente a una dosificación del producto, pero, actualmente solo grandes y medianas empresas son las que tienen procesos automáticos o semiautomáticos de empaquetado, marginando a microempresas que no cuentan con los recursos necesarios debido a los altos costos y tamaño de máquinas que existen en el mercado [2].

Debido a esto se observa un problema de ausencia de un sistema de dosificación para microempresas las cuales buscan expandirse y ofrecer un producto que refleje una mayor calidad. Para pequeñas empresas la dosificación y empaquetado manual son su única opción, por lo que existe el riesgo de contaminar el producto y desperdiciarlo, sin mencionar el tiempo que le toma a esta al ser tan ineficiente.

Observando el problema se busca dar solución a este al diseñar y construir una máquina dosificadora orientada a microempresas que buscan un estándar de calidad en sus productos, tomando en cuenta un bajo costo accesible a pequeñas empresas.

En definitiva, se propone diseñar y prototipar una máquina dosificadora basados en buscar un estándar de calidad en productos de microempresas.

Objetivos

Objetivo general

- Desarrollar una máquina dosificadora de arroz para microempresas.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros necesarios para la construcción de máquinas enfocadas a las pequeñas empresas.
- Diseñar el sistema de dosificación.
- Implementar el sistema mecatrónico diseñado.
- Validar el dispositivo

Justificación

El siguiente proyecto tiene como objetivo diseñar y construir una máquina dosificadora enfocada microempresas que necesitan un sistema de dosificación confiable que permita incrementar la productividad. Además, dar confianza tanto al productor como al consumidor de que el producto cumple con estándares de calidad.

El proyecto se basa en la ineficiencia de la dosificación manual y la poca confianza que genera este, ya que existe el error humano no solo en la medición del producto, sino también en condiciones higiénicas, por lo que el proyecto busca mejorar dichos aspectos.

Alcance

Se realizará el diseño y prototipado de un dosificador de arroz enfocado a microempresas. Dicha máquina comprenderá etapas tales como:

a) Deposición del producto a dosificar en una tolva.
b) Transporte del producto.
c) Control por peso.

La máquina permitirá seleccionar el peso deseado dentro de los parámetros comúnmente usados por los microempresarios en el sistema de unidades a elección del usuario y llevará el conteo de productos. El enfoque de esta no toma en cuenta el sellado y etiquetado de los productos empacados.

Estructura del documento.

El documento dividirá en 3 capítulos, el 1 es una revisión literaria que permite determinar variables a considerar en el diseño de la dosificadora, el 2 nos presenta la metodología seguida en el diseño de la dosificadora, el 3 presenta el proceso de diseño y pruebas realizadas en la dosificadora.

Capítulo 1

1. Marco Referencial

1.1.El Arroz y microempresas

El arroz, cuyo nombre científico es oryza sativa, es uno de los alimentos indispensables de la canasta básica de los ecuatorianos, llevando un promedio de 50 kg de arroz al año por persona con estadísticas del 2021 [3]. Esto debido a un moderado costo y a su alto valor nutricional,

Debido a su alto consumo, la producción de arroz es alta, siendo en Ecuador la provincia de los Ríos y Guayas las que contemplan el 87% de producción nacional de arroz, pero en contraposición, la región andina del país es la que lidera en el consumo de arroz en el país, no obstante, el consumo se da en todo el país, sin importar el estrato social o cultura [4].

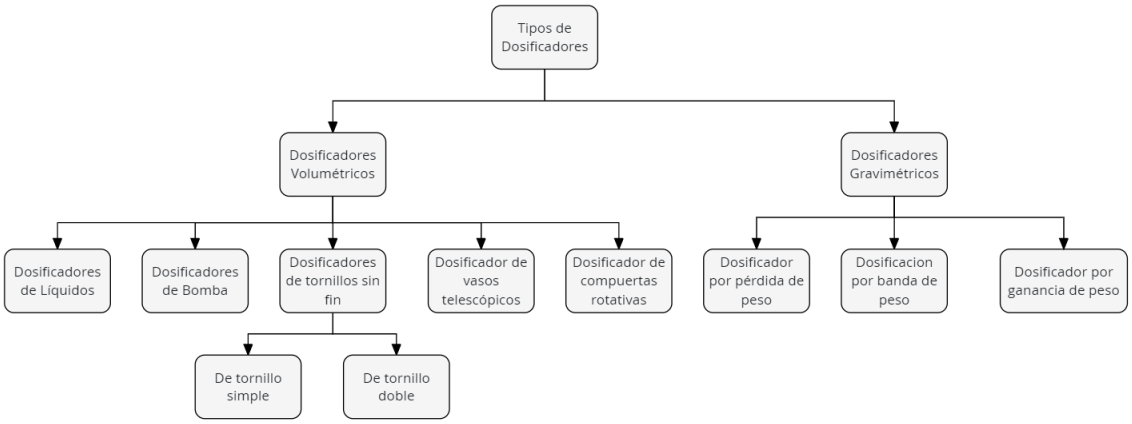
La importancia del arroz en microempresa se basa en su venta, más no en su producción, en promedio en un comercio mediano se vende 3 quintales de arroz en 15 días, 50 kg cada 5 días aproximadamente. Por lo que para maximizar ganancias es factible comprar arroz por quintales y dosificar manualmente para así tener un mayor rango de ganancia vendiéndolo por libra. Coloquialmente, el concepto de quintal puede referirse a varias medidas, pero en el arroz se denomina quintal a 100 lb o a 50 kg del producto.

1.2.Dosificadores.

Los dosificadores de alimentos son dispositivos que se utilizan para medir y controlar la cantidad de alimentos o ingredientes que se dispensan en un proceso de producción. Estos dosificadores pueden ser manuales o automáticos, y su función principal es garantizar la precisión y la consistencia en la dosificación, lo que resulta en una producción de mayor calidad y eficiencia en el uso de los recursos. Hay diferentes tipos de dosificadores de alimentos, cada uno con sus propias características y aplicaciones, incluyendo dosificadores de volumen y de peso [5].

Figura 1.1

Clasificación de métodos de dosificación



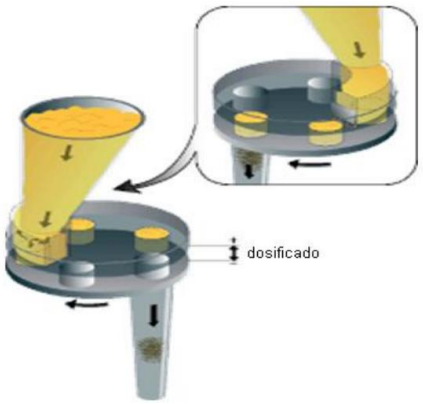
Nota: información obtenida de [6],[7],[8],[9].

1.2.1. Dosificadores volumétricos

En estos dosificadores la cantidad de material que se libera se obtiene almacenando el producto en un volumen previamente definido y posteriormente dosificándolo. Se usan para dosificar productos homogéneos según características físicas, forma, tamaño y peso. Por ejemplo, algunos cereales o granos, polvos y líquidos. Estos dosificadores constan de tolvas equipadas con agitadores para garantizar una alimentación uniforme y evitar la formación de cúmulos y vacíos en el producto [10].

Figura 1.2

Dosificador volumétrico de vasos telescópicos



Nota: Obtenido de [11].

a. Dosificadora de Líquidos.

Los dosificadores líquidos pretenden medir la cantidad de material en centímetros cúbicos, litros o gramos. El sistema de dosificación por volumen se basa en llenar un recipiente de tamaño fijo y vaciarlo las veces necesarias para alcanzar la cantidad deseada. Al conocer el peso específico en relación con el volumen desplazado, se puede calcular la cantidad de centímetros cúbicos medidos [5].

b. Dosificadores de bomba:

Los dosificadores de bombas permiten medir y controlar la cantidad de líquido o material que se dispensa en un proceso. Funcionan mediante el uso de una bomba que permite la transferencia controlada de líquidos o materiales a través de una tubería o manguera [5].

c. Dosificador de tornillos sin fin:

Los dosificadores de tornillo sin fin usan un tornillo sin fin para medir y controlar la cantidad de material o líquido que se dispensa en un proceso por el control de revoluciones del tornillo. El tornillo sin fin es un elemento mecánico que consiste en un hilo o tornillo enrollado en una forma cilíndrica que se mueve dentro de un canal o tolva para transferir material de un extremo a otro. Los dosificadores de tornillo sin fin se utilizan para transferir una amplia variedad de materiales, incluyendo granos, polvos, líquidos y pastas, y se caracterizan por su capacidad para manejar materiales de alta viscosidad y su precisión en la dosificación [5].

d. Dosificador de vasos telescópicos:

Un dosificador de vasos telescópicos es aquel que utiliza un conjunto de vasos que se ajustan entre sí para medir y controlar la cantidad de material o líquido que se dispensa en un proceso. Estos vasos se componen de un conjunto de recipientes de tamaño decreciente que se insertan uno dentro del otro y se ajustan para medir una cantidad específica de material. El material se coloca en el vaso exterior y se desliza hacia el interior a medida que se van ajustando los vasos, permitiendo así una dosificación precisa [5].

e. Dosificador de compuerta rotativa.

Un dosificador de compuerta rotativa es aquel que dosifica en base a una compuerta con una serie de paletas que almacenan el material y lo depositan, tienen el funcionamiento parecido a sistema de tornillo sin fin, pero este es menos preciso [8].

1.2.2. Dosificadores gravimétricos

En los dosificadores gravimétricos el control de la cantidad de material se lleva a cabo mediante la medición de su peso, que requieren una báscula para su funcionamiento. Estos ofrecen una mayor precisión en la dosificación que los dosificadores volumétricos y también permiten documentar el contenido de material en el producto final. Conocidos también como dosificadores por peso, son ideales para la dosificación de material a granel en procesos continuos [12].

Figura 1.3

Dosificador Gravimétrico



Nota: Obtenido de [9].

a. Dosificador por pérdida de peso.

Un dosificador de pérdida de peso es aquel que se utiliza para medir continuamente el peso en la entrada, ya sea en tolva o una bomba de pistón, o en el caudal. Por lo que el peso se calcula mediante la disminución del peso en la tolva, este tipo de dosificadores se usan para aplicaciones que requieren un confinamiento del producto [13].

b. Dosificador por ganancia de peso

Este tipo de pesaje es lo contrario al anterior, este realiza la medición del producto a la salida del dosificador. Estos se usan en procesos de dosificación discontinua de productos a granel, es decir, no es necesario un confinamiento del producto [13].

c. Dosificador por banda de peso.

Este es un tipo de dosificador por ganancia de peso, ya que el peso a dosificar se mide a lo largo de la banda transportadora que se mueve sobre una báscula, este tipo de dosificador calcula la velocidad de la banda comparando el peso real y el peso de consigna manteniendo así un caudal constate y obtener la dosis deseada [13].

1.3.Variables de diseño de dosificadores

Un sistema de dosificación consta de varios subsistemas que funcionando en conjunto realizan la acción de dosificar, las características de un dosificador varían según el tipo y la aplicación, pero en general constan de los subsistemas mostrados en la tabla 1.1.

Tabla 1.1

Subsistema de un dosificador

Subsistema	Descripción
Dispositivo de deposición	Recipiente donde se almacenará el material a dosificar.
Mecanismo dosificador	Este se encarga de dispensar la cantidad requerida del material.
Dispositivos de transporte	Se encarga de llevar el material al sistema de dosificación, en ocasiones este puede ser omitidos y el material a dosificar es enviado directamente al mecanismo dosificador.
Sensores	Los sensores permiten medir la cantidad de material a dosificar, ya sean sensores de peso, control de revoluciones en caso de

	usar tornillos sin fin, sensores de nivel, entre otros.
Actuadores	Transforman señales eléctricas en acciones mecánicas, por lo que son los encargados de realizar las acciones necesarias para la dosificación.
Controladores	En pocas palabras serian el cerebro de la dosificadora, es el que procesa la información adquirida por los sensores y entradas y envía las señales para que los actuadores funcionen según lo requerido.
Panel de control	Este permite controlar la dosificadora, donde el operador definirá la cantidad a dosificar o el número de empaques deseados, este puede variar de funciones dependiendo de la utilidad.

Nota: Obtenido de [14],[15]

1.3.1. Dispositivo de deposición.

Los dispositivos de deposición dependen enteramente del material a dosificar, ya que cada material tiene un distinto flujo que ayuda o perjudica en el proceso de dosificación por lo que es necesario tener dispositivos que ayuden en el flujo del material [7].

Un dispositivo que ayuda en el flujo de material es la tolva, en la cual se deposita el material.

a. Tolvas

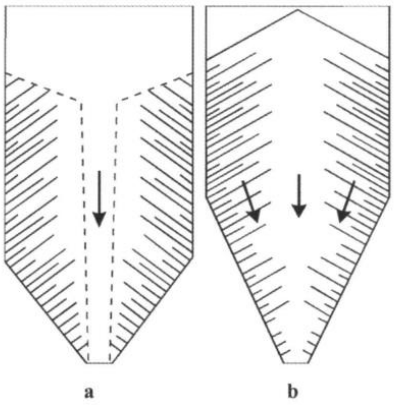
Una tolva es un recipiente de almacenamiento diseñado para contener y almacenar grandes cantidades de materiales a granel como granos, polvos, líquidos, etc. Las tolvas suelen tener una forma cilíndrica o rectangular y están fabricadas con materiales enfocados a su área de aplicación. La tolva también puede incluir características adicionales como agitadores, compuertas de descarga, sensores de nivel y otros componentes para mejorar la eficiencia y la precisión en el manejo y almacenamiento de materiales [16].

La característica principal de las tolvas es que a medida que se retire material por ayuda de la gravedad el material se desplaza y se repone para así tener un flujo constante, en las cuales existen dos tipos de flujos que dependen directamente del material a depositar en estas y de la geometría de la tolva [17]. Los tipos de flujo son:

- **Flujo tubular:** También conocido como flujo interno, este flujo se denomina así ya que se genera un canal entre la superficie del material y la salida de la tolva debido a que el material es poco cohesivo, lo que provoca que a medida que se crea el canal el material a su alrededor se va desmoronando, y en ciertas ocasiones al ser muy cohesivo el material puede quedarse estático en las paredes de la tolva las cuales se denominan zonas muertas [17].
- **Flujo másico:** El flujo masico es aquel donde el material se mueve a la vez durante la descarga, evitando que el material que está pegado a las paredes se quede estático y fluya directamente con todo el material, esto es debido a una baja cohesión provocando un flujo uniforme y de fácil control [17].

Figura 1.4

Flujo a) tubular y b) masico



Nota: Obtenido de *[17]*.

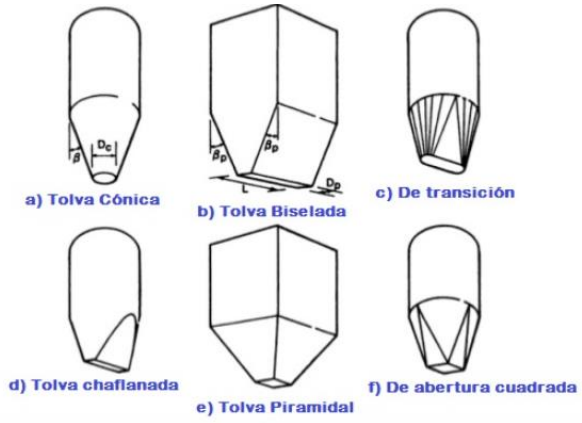
Los diferentes tipos de tolvas en base al tipo de flujo son:

Flujo masico

- Tolva cónica.
- Tolva biselada.
- Tolva de transición.
- Tolva chaflanada.
- Tolva piramidal.
- Tolva de aventura cuadrada.

Figura 1.5

Tolvas de flujo másico



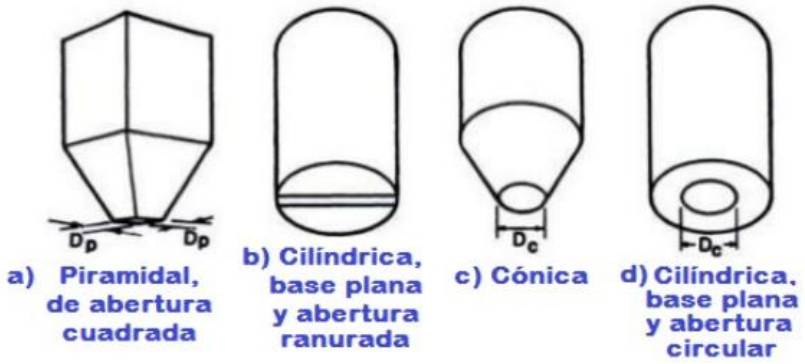
Nota: Obtenido de [18],[19].

Flujo tubular

- Piramidal de abertura cuadrada.
- Cilíndrica de base plana y abertura ranurada.
- Cónica.
- Cilíndrica de base plana y abertura circular [20].

Figura 1.6

Tolvas de flujo tubular



Nota: Obtenido de [18],[19].

1.3.2. Dispositivos de transporte.

También conocidos como dispositivos de flujo, son aquellos que ayudan al transporte del producto los cuales se dividen en tolvas y alimentadores, e incluso pueden combinarse entre estas dos, es decir, una tolva puede considerarse un dispositivo de transporte, los cuales se encargan de transportar producto de un punto a otro. Estos alimentadores son los siguientes: tolvas vibratorias, alimentadores de tornillo sin fin, alimentadores de banda, alimentadores de banco y alimentadores vibratorios [2].

b. Tolvas vibratorias

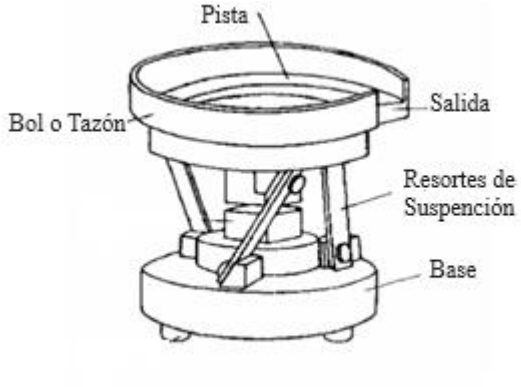
Las tolvas vibratorias son máquinas que permiten orientar a ciertos productos que suelen ser pequeños, como tapas de botellas, esferos, productos farmacéuticos, tornillos entre otros. Estas tienen como función principal suministrar a una determinada velocidad un producto [21].

Existen 2 tipos de tolvas vibratorias, entre estas están:

- **Tolva giratoria: aplicada perpendicular al canal de flujo.**

Figura 1.7

Tolva vibrante giratoria



Nota: Obtenida de [22].

- **Tolva de torbellino:** la cual eleva una parte de la tolva y mediante vibraciones envía el producto a un lado de la tolva [2].

Figura 1.8

Diseño en 3D de una tolva vibratoria de torbellino



Nota: obtenida de [2].

c. Alimentadores de tornillo sin fin

Un alimentador de tornillo sin fin es un equipo utilizado para mover materiales a granel o polvos de un lugar a otro. Funciona usando un tornillo sin fin, dentro de un tubo o conducto, que gira sobre su eje y mueve el material hacia adelante por la superficie interior del conducto. Son conocidos por su fiabilidad, eficiencia y versatilidad, lo que los hace una opción popular en muchos procesos de producción [5].

d. Alimentadores de banda

Este tipo de alimentador permite transportar material desde una tolva hasta el resto del sistema de forma continua ya sea de forma horizontal o ascendentemente, este permite el transporte de alimentos a granel, pero está especializado en transporte de productos de granulometría continua y homogénea como arenas, gravas o arcillas [23].

Figura 1.9

Alimentador de banda.



Nota: Obtenida de [24].

e. Alimentador de Canal Vibrante

Este tipo de alimentador es parecido a la tolva vibrante, ya que tiene el mismo funcionamiento, la diferencia es que este tipo de alimentador usa la inducción electromagnética para vibrar. Este es ampliamente usado en industria ligera o química, usado en procesos de producción alimentaria de materiales en polvo o a granel. La principal característica de estos son su tamaño pequeño y estructura simple [25].

Figura 1.10

Alimentador de canal vibrante



Nota: Obtenida de [25].

1.3.3. Sensores y actuadores.

Los sensores y actuadores son los elementos físicos que permiten la interacción del sistema con el mundo real. Los sensores son aquellos que miden una magnitud física y convierte su variación en señales eléctricas, y los actuadores permiten realizar acciones usando estas señales eléctricas [26].

A continuación, se mostrarán sensores y actuadores comúnmente usados en el proceso de dosificación de alimentos.

a. Sensores

- Celdas de Carga

Las celdas de carga son un transductor que convierte la fuerza en una salida eléctrica, existen varias versiones de estas pero las principales son hidráulicas, neumáticas y de calibrador de tensión siendo esta la más usada actualmente [27].

- Celdas de Carga hidráulicas y neumáticas.

La celda de carga hidráulica y neumáticas funcionan con el principio de equilibrio de fuerza los cuales miden el peso en base al cambio de presión de un fluido, la diferencia es que los neumáticos se usan para medir pesos relativamente pequeños y se aplican en ambientes que necesitan limpieza, la desventaja es que los hidráulicos son más rápidos que los neumáticos [27].

- Celdas de carga de calibrador de tensión.

Estas de igual forma convierten una diferencia de presión en una carga eléctrica, esta se realiza mediante el uso de galgas extensiométricas denominados en este conjunto calibradores, estos están unidos a un elemento estructural. Su funcionamiento comienza cuando se aplica una presión al elemento estructural, que lo deforma, la galga extensiométrica unida a este también se deforma variando su resistividad y la tensión varia dentro de esta. Esta variación de tensión es la señal eléctrica que lleva los datos del peso aplicado a la galga [27]. Existen celdas de carga de diferentes formas, pero las principales de las que divergen sus diferentes versiones son.

Tabla 1.2

Tipos de Celdas de carga de calibrador de tensión

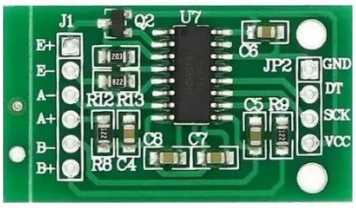
Tipo	Imagen	Descripción
Celdas de carga de Compresión (o botón)		Su diseño es como el de un botón utilizada en aplicaciones de ambientes cerrados o pequeños
Celdas de carga de Compresión/tensión		Este es usado en aplicaciones donde la carga pasa de tensión a compresión, su uso es ideal para espacios restringidos.
Celdas de carga tipo S		En este la carga también puede ser a tensión y a compresión, la diferencia es que esta rechaza cargas laterales.
Celda de carga de viga flexible		Este tipo de celdas tiene usos como medición de peso de tanques, pero también a escalas pequeñas, teniendo un rango de 100g hasta los 50kg, dependiendo de la celda.

Nota: Información obtenida de [27].

La señal generada por la celda de carga de calibrador por tensión es una señal analógica, por lo que es necesario un conversor análogo digital para usar esta señal en un controlador. En general, estas celdas de carga usan el módulo Hx711, un transmisor entre la celda de carga y microcontroladores. Este permite la comunicación mediante un conversor ADC de 24 bits [28].

Figura 1.11

Modulo Hx711



Nota: obtenido de [28].

La celda de carga consta de 4 cables, de los cuales 2 son de excitación positiva y negativa (E+, E-), y los otros dos amplifican la señal positiva y negativamente (A+, A-), posteriormente la señal se envía al microcontrolador mediante la interfaz serial DT y SCK, los cuales actúan como envió de datos y reloj respectivamente [28].

b. Actuadores

Los actuadores en la construcción de dosificadoras pueden tener varias aplicaciones, como trasporte, accionamiento de compuertas, o accionamiento de circuitos. Los tipos de actuadores son neumáticos, hidráulicos y eléctricos [29].

Neumáticos.

Un actuador neumático son cilindros los cuales convierten la presión del aire en un movimiento mecánico lineal o rotativo [30].

Hidráulicos.

Igual que los neumáticos, pero usan fluidos para accionar cilindros, con la diferencia que estos son de mayor exactitud, respuesta, con alto índice de potencia y desempeño suave a bajas velocidades [29].

Eléctricos

Dentro de estos se tienen varios tipos, en su general son motores, estos son

- Motor de corriente Alterna: El motor de corriente alterna usa la corriente eléctrica para generar energía mecánica de rotación o par, esto mediante la interacción entre campos magnéticos y eléctricos [31].

Figura 1.12

Motor AC



Nota: Obtenido de [32].

- Motor de corriente continua: Un motor de corriente continua, es una máquina que transforma energía eléctrica en movimiento mecánico utilizando una corriente eléctrica. Se compone de un rotor con bobinas de alambre y un estator con imanes que generan un campo magnético. Al aplicar corriente al rotor, se establece un campo magnético que interactúa con el campo del estator, provocando el giro del rotor. Estos motores permiten control preciso de la velocidad y el par, además de un arranque gradual [33].

Figura 1.13

Motor DC



Nota: Obtenido de [34].

- Motor paso a paso: Un motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte pulsos eléctricos en movimientos discretos angulares. Se compone de un rotor con dientes y un estator con bobinas electromagnéticas. Al enviar impulsos eléctricos a las bobinas, el rotor se desplaza en pasos precisos. Se utiliza en impresoras, máquinas CNC, robótica y automatización industrial debido a su capacidad para controlar el movimiento con alta precisión y repetibilidad [33].

Figura 1.14

Motores Paso a Paso.



Nota: Obtenido de [35]

- Servomotor: Un servomotor es un dispositivo que controla la posición, velocidad y aceleración de manera precisa. Utiliza una señal de retroalimentación para ajustar su movimiento y posición. Se emplea en robótica industrial, automatización de procesos, sistemas de control de movimiento en aeronáutica y equipos médicos debido a su capacidad para ejecutar tareas precisas y repetibles con control avanzado [33].

Figura 1.15

Servomotor digital



Electrónicos

- Relés: Es un interruptor accionado eléctricamente mediante señal digital, su principio se basa en el uso de una potencia baja para activar un circuito que trabajará con mayor potencia. Existen varios tipos de relés dependiendo de la aplicación [26].

Figura 1.16

Modulo Relé



1.3.4. Controladores y microcontroladores

Los controladores y microcontroladores permiten el manejo de la información brindada por los sensores y envían las señales a los actuadores para realizar las tareas de dosificación. Si bien los dos realizan la misma función el uso de uno u otro depende del contexto de operación [36].

A continuación, se mostrará un breve resumen de que son los controladores, microcontroladores y sus tipos.

c. Controladores

Cuando se mencionan controladores para dosificadores se enfoca principalmente en controladores lógicos programables (PLC). Los PLC se considera un tipo de computadora que comúnmente se usa en ambientes industriales, la diferencia de estas con computadoras convencionales son su uso, el hardware y software necesario para sus tareas. La tarea del PLC es monitorear las entradas y otros valores variables y en base a las entradas tomar decisiones en base a programas almacenados en la memoria y así controlar las salidas para automatizar procesos o máquinas [37].

Existen varios modelos de PLC, pero todos cumplen la misma función, variando en capacidad y marca, entre las cuales las más conocidas son Allen Bradley, Siemens, ABB, Omron, etc. [38].

d. Microcontroladores y Placas de desarrollo.

Un microcontrolador es un componente electrónico similar a un circuito integrado, exhibiendo una estructura similar a la de un ordenador. Esto abarca puertos o terminales para entrada y salida, y una memoria que abarca almacenamiento y control reprogramable. El funcionamiento de los microcontroladores implica considerar que el hardware está contenido en un solo chip, y para usar un microcontrolador, es necesario especificar su operatividad por medio de software mediante código que detallen las instrucciones que el microcontrolador ejecutará [39].

Aunque los microcontroladores comprenden el chip, existen placas de circuitos impresos donde se conecta a los microcontroladores las cuales permiten una mayor accesibilidad a las entradas/salidas del microcontrolador permitiendo la reprogramación sin necesidad de desensamblar el chip del circuito, así como la conexión de sensores y actuadore a estas placas de circuitos impresos, las cuales se denominan placas de desarrollo, dentro de las más populares se encuentran las placas Arduino, Raspberry Pi, Esp32, Onion [39],[40].

Figura 1.17

Placa de desarrollo Arduino Uno R3



Nota: Obtenida de [41].

Capítulo 2

2. Marco Metodológico.

2.1. Modelos de Investigación

Para determinar el diseño final de la dosificadora se consideró modelos investigativos que permitan definir los parámetros de diseño considerando elementos relevantes en el contexto de las microempresas. Dentro de estos se tiene investigación documental, analítica e ingenieril.

Métodos de investigación usados

- Investigación Documental: Permite comprender modelos, tecnologías o regulaciones de diseño existentes enfocadas a máquinas con un diseño específico sobre la base de un análisis del estado del arte. En el caso de la dosificadora se aplicó este método para determinar los diferentes tipos de sistemas dosificadores, diseño, funcionamiento, partes, sistemas principales, normas de diseño de tolvas para materiales a granel, esto para generar un diseño conceptual.
- Investigación analítica: Implica descomponer el problema en componentes y sobre la base de esto realizar un análisis detallado para resolver el problema. Si hablamos de la dosificadora este método de investigación se usa en la selección de materiales en cada parte de la dosificadora y en la selección de los componentes de los diferentes subsistemas dosificadores.
- Investigación Ingenieril: Permite desarrollar la solución a un problema utilizando diferentes áreas de conocimiento, destrezas y puntos de vista. Para la dosificadora se realizó un diseño primordial basado en la investigación documental y analítica, y se aplicaron herramientas de diseño CAD para analizar esfuerzos para definir el primer prototipo de la dosificadora.

2.2. Diseño de la investigación

Este diseño investigativo define las actividades para cumplir los objetivos planteados, así estructurando la metodología para el cumplimiento del objetivo general.

2.2.1. Fase 1: Revisión Literaria.

La fase 1 del presente proyecto se basa en la revisión literaria que comprenden ámbitos como características del producto, estudio del arte existente de diferentes dosificadoras, sus tipos, componentes y funcionamiento.

Actividad 1: Análisis del arroz y las microempresas; Permite un conocimiento general del consumo de arroz teniendo como enfoque principal las microempresas.

Actividad 2: Identificación de dosificadoras; Análisis de los tipos de dosificadores existentes, características principales de cada tipo, ya sean gravimétricas o volumétricas, y funcionamiento general.

Actividad 3: Investigación de tecnologías existentes; Se determina cuales son los componentes y sistemas comúnmente usados en el sistema de dosificación, ya sean dispositivos de disposición, transporte, sensores, actuadores y controladores.

2.2.2. Fase 2: Diseño electrónico y Mecánico.

Actividad 4: Definición de parámetros; Se definen los parámetros de diseño a seguir en base a las características del estudio del arte y a los requisitos necesarios para ser enfocada a microempresas, generando un diseño conceptual que muestra las etapas a seguir en el proceso de dosificación.

Actividad 5: Diseño electrónico; Se realiza una comparativa de los posibles componentes a usar, ya sean sensores, actuadores y el controlador a usar y se integran en un solo circuito eléctrico.

Actividad 6: Diseño de software: Basados en la selección de componentes, se realiza la programación necesaria del controlador a usar para el proceso de dosificación.

Actividad 7: Diseño de elementos mecánicos; Selección de materiales a usar y diseño de estructura elementos mecánicos basados en el diseño conceptual contando con partes como elementos de deposición, y sistema de dosificación.

2.2.3. Fase 3: Construcción e Implementación.

Se realiza el ensamble mecánico y se implementa el circuito electrónico para componer la dosificadora en su totalidad.

Actividad 8: Ensamble de circuito electrónico; Se ensambla el circuito electrónico para posteriores pruebas.

Actividad 9: Ensamble mecánico: Se manufacturan los elementos mecánicos necesarios para la dosificadora y se ensamblan en base al diseño.

Actividad 10: Integración mecánico, electrónico; Se integran los sistemas electrónico y mecánico para conformar la totalidad de la máquina.

2.2.4. Fase 4: Validación.

Actividad 11: Pruebas de funcionamiento; se realiza un censo de 30 dosificaciones del cual se obtendrán datos de su funcionamiento, rango de error de las mediciones y posibles errores electrónicos.

Actividad 12: Corrección de errores; basados en los datos obtenidos en las pruebas de funcionamiento se procede a la corrección de posibles errores encontrados.

3. Resultados y Discusión

3.1.Criterios de diseño.

En el capítulo uno se mostraron las variables de diseño para la construcción de la dosificadora, por lo que en este capítulo se seleccionan las mejores alternativas para construirla y se diseña según los requerimientos de la máquina. Dentro de estos están.

- Tamaño compacto para su uso en microempresas.
- Dosificar productos a granel como el arroz.
- Dosificación precisa.
- De bajo costo.
- Fácil mantenimiento.
- Reutilización para diferentes tipos de materiales a granel.
- No usar elementos hidráulicos o neumáticos ya que las microempresas no cuentan con los sistemas necesarios.

El propósito de esta máquina se menciona en el capítulo 1, por lo que en base al propósito y los criterios de diseño se conceptualiza un diseño inicial el cual consta de:

- Un sistema de deposición el cual contendrá el material a dosificar y proporcionará material al mecanismo de transporte.
- Un sistema de transporte que enviará material de manera continua y uniforme al mecanismo dosificador
- Un mecanismo dosificador de compuerta, donde se realizará la medición y posterior dosificación a un embudo el cual redireccionará el producto a un envase sostenido por el operario.
- Un panel de control que permita seleccionar la cantidad a dosificar y su sistema de medida, ya sea en kilogramos o libras.

3.1.1. Características del arroz.

La característica principal para el diseño mecánico es la densidad del arroz. El arroz que es apto para el consumo humano es el arroz blanqueado, basado en la bibliografía mostrada en la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) [42], la densidad del arroz es de entre 800 a 850 kg/m^3.

Para corroborar la información local se midió la densidad de arroz blanqueado, con una densidad de 0,835 g/cm^3, convertido a kg/m^3, 835 kg/m^3.

3.1.2. Selección de dispositivo de deposición.

Para la selección del dispositivo de deposición se toman en cuenta los aspectos mencionados en la sección 2.3.1, la cual, para recapitular menciona los tipos de flujo en tolvas y silos, flujo masico o tubular.

El flujo del material depende de la geometría de la tolva y del tipo de partícula que la atravesará, por lo que es necesario una máquina de cizalla que mide la fluidez de un material, se puede definir como conocimiento empírico, pero para efectos prácticos, los datos se basarán en la bibliografía que presenta estudios del tipo de flujo del arroz en tolvas y silos.

Según Zuriguel [16], Presentó un estudio de comportamiento de diferentes partículas a granel en silos mostró como resultado que la influencia de las propiedades del grano tiene efecto en el tipo de fujo, demostrando que, al usar partículas no esféricas en el interior de los silos se crea un flujo interno. En la investigación se denomina flujo interno al fujo tubular. Sabiendo que la geometría del arroz no es esférica y que en la misma investigación se aclara que el arroz tiene una forma de elipsoide de revolución, donde la longitud es 3 veces mayor al radio de revolución, concluyendo que el flujo producido por el arroz es tubular.

Teniendo en cuenta que el arroz presenta un flujo tubular, en la sección 2.3.1. Se presentan los diferentes tipos de tolva para cada flujo, donde se escoge la piramidal de abertura cuadrada, por su fácil manufactura, además de que esta tolva también está presente en los tipos de tolva de flujo másico, y puede reutilizarse para otro tipo de productos.

3.1.3. Selección de dispositivo de transporte.

Para la selección del dispositivo de transporte se tomaron en cuenta los siguientes criterios de diseño en base al peso de este. Además de tomar en cuenta los siguientes parámetros

- El envasado completo toma 60 segundos (Tomando en cuenta tiempo de sellado)
- La cantidad de cada empaque es variable, pero con un máximo de 1 kg.

- El tiempo de transporte del producto de la tolva al sistema dosificador es de 20 segundos para su capacidad máxima de 1 kg.

Tomando en cuenta esto la capacidad se calcularía con la siguiente ecuación:

$$Capacidad = \frac{masa\ \ a\ dosificar}{tiempo} \quad (1)$$

Entonces, tomando en cuenta que el tiempo de transporte es 20 segundos para una masa máxima de 1 kg la capacidad de este será.

$$Capacidad\ = \frac{1000\ g}{20\ s} = 50\ g/s$$

$$50\ g/s\ \ = 0{,}180 t/h$$

Basado en el manual de diseño de transportes helicoidales de Martin [43], se concluye que para un transportador helicoidal de una capacidad de 0,4t/h de una longitud de 0,5 m, 6 in de diámetro a una velocidad de rotación teórica de 26 rpm era necesario un motor de potencia de 0,1 hp.

En base a los valores teóricos se define un motor comercial con características similares dando como resultado el motor reductor monofásico ortogonal de la marca Acorn modelo FCNDK, de los cuales su comparativa se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.1

Comparativa motores

Característica	Valores teóricos	Valores comerciales
Potencia (hp)	0.1	0.25
RPM	26	17
Torque (Nm)	104,7	652
Precio		378,55 $

Entonces definida la capacidad máxima se definen los criterios de selección.

- Capacidad: Peso del 30%; Se busca una capacidad de 0,18 t/h.
- Precio: Peso del 30%; Se busca que sea lo más barato posible.
- Disponibilidad: Peso del 20%; Se busca que sea fácil su obtención.

- Dimensiones: Peso del 15%; Se busca que sea compacto y pequeño.
- Manufactura: Peso del 5%; De ser necesario se construirá o se comprará.

Definidos los criterios, se define la matriz de priorización tomando en cuenta los datos definidos en la tabla de criterios

Tabla 3.2

Criterios de Selección del sistema trasportador

	Capacidad (T/h)	**Precio** ($)	**Disponibilidad**	**Dimensiones**	**Manufactura**
Tolvas Vibratorias	3,6	700 a 900	Importación	Sobrepasa un metro cubico	No
Alimentador de Tornillo Sin Fin	0,4	378.55 solo el motor	Construcción/Compra	0.5m x Ø6in	Si/No
Alimentador de Banda	x	272	Construcción/Compra	1500 mm x 200mm	Si/No
Alimentador de Canal Vibrante	0,05 a 8	80 a 400	Importación	200mm x 740mm	No

Nota: Datos obtenidos de [25], [43],[44], [45].

Tabla 3.3

Matriz de Priorización de los sistemas de transporte

Criterio Opción	**Capacidad**	**Peso**	**Total**	**Precio**	**Peso**	**Total**	**Disponibilidad**	**Peso**	**Total**	**Dimensiones**	**Peso**	**Total**	**Manufactura**	**Peso**	**Total**	**Total**
Tolvas Vibratorias	5	35%	1,75	3	25%	0,75	3	20%	0,6	1	15%	0,15	5	5%	0,25	3,5
Alimentador de Tornillo Sin Fin	5	35%	1,75	4	25%	1	4	20%	0,8	3	15%	0,45	4	5%	0,2	4,2
Alimentador de Banda	3	35%	1,05	5	25%	1,25	4	20%	0,8	3	15%	0,45	4	5%	0,2	3,75
Alimentador de Canal Vibrante	5	35%	1,75	4	25%	1	3	20%	0,6	5	15%	0,75	5	5%	0,25	**4,35**

Basándose en la matriz de priorización, se observa que el alimentador de canal vibrante es el mayor puntuado, por lo que se selecciona dicho alimentador.

Para el canal vibrante el proveedor ofrece una tabla con la capacidad de transporte.

Tabla 3.4

Modelos de canal vibrante.

Model	**GZV0.5**	**GZV1**	**GZV2**	**GZV3**	**GZV4**	**GZV5**	**GZV6**	**GZV8**
Capacity (t/h)	0,05	0,1	0,5	1	2	4	6	8
Frecuency (r/min)	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
Voltaje (V)	220	220	220	220	220	220	220	220
Power (W)	3.5	5	8	20	25	30	50	100
Weight (kg)	5 kg	5 kg	7 kg	13 kg	20 kg	23 kg	53 kg	70 kg
Double Amplitude (mm)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Nota: Obtenido de [25].

De la tabla se puede definir que el modelo de canal vibrante que mejor se adapta a las necesidades es el GZV2, con capacidad de 0,5 t/h, superior a los 0,18 t/h necesarias, cuyo precio es de 306$ considerando el envío. Por lo que se elige el canal vibrante GZV2 que consta de un control de alimentación de voltaje que permite variar el voltaje enviado al bobinado con un potenciómetro determinando la velocidad de transporte.

Figura 3.1

Control de alimentación del canal vibrante.



3.1.4. Materiales de construcción

Para el diseño de la máquina hay que considerar los materiales a usar, ya que no todos son aptos para estar en contacto con alimentos de consumo humano. Entre ellos se encuentran polímeros, vidrio, cauchos, madera, aceros inoxidables, etc.

Se usará el acero inoxidable AISI 304, debido a su alta resistencia a la corrosión y propiedades mecánicas que facilitan su maquinabilidad, y así tener un estándar alto de pureza y calidad [46].

Las propiedades mecánicas básicas del AISI 304 son:

Tabla 3.5

Propiedades Mecánicas básicas del acero inoxidable AISI 304.

Propiedades en placas de acero, hojas y tiras.	
Resistencia a la tracción (Su)	515 MPa
Resistencia a la fluencia (Sy)	205 MPa
Módulo de elasticidad (E)	193 GPa

Nota: Obtenido de [46]

No toda la máquina estará construida en acero inoxidable AISI 304, ya que se busca abaratar costos, por lo que la estructura se construirá con tubo estructural cuadrado de acero con calidad SAEJ 403 1008. Este tubo se usa en trabajos de montaje de estructuras pesadas y livianas.

Tabla 3.6

Propiedades mecánicas del tubo estructural cuadrado.

Propiedades de tubo cuadrado estructural.	
Resistencia a la tracción (Su)	340 MPa
Resistencia a la fluencia (Sy)	250 MPa
Módulo de elasticidad (E)	200 GPa

Nota: Obtenido de [46]

3.2.Diseño electrónico – Selección de elementos

Para el diseño electrónico se definen los elementos electrónicos a usar como sensores, actuadores, dispositivos de entrada y salida de datos. En base a los elementos seleccionados se definirá el microcontrolador a usar. Se usa un microcontrolador para abaratar costos, ya que el uso de un PLC es excesivo y no es necesario para una máquina que está enfocada a microempresas.

3.2.1. Selección de Sensores – Celdas de Carga.

Para el diseño de la dosificadora se usa una celda de carga de calibrador de tensión, esto gracias a su adaptabilidad a cualquier espacio de trabajo, facilidad de uso, bajo costo y alta sensibilidad, se descartan directamente las celdas de carga hidráulicas y neumáticas ya que el diseño primordial de la dosificadora no contempla el uso de elementos neumáticos e hidráulicos.

La celda de carga a seleccionar se basa en la cantidad máxima de dosificación de 1kg, también teniendo en cuenta el peso del sistema de dosificación que es aproximadamente 1,5 kg, ya que este estará suspendido gracias al soporte de la celda. Por estas características, se necesita una celda de 2,5 kg, pero también se tuvieron en cuenta posibles fallas de medición u errores del operario, por lo que se decidió sobredimensionar los requerimientos y cuadruplicar la capacidad a 10 kg.

Los criterios de selección de las celdas de carga son los siguientes

- Precio: Peso del 30%; Económico
- Disponibilidad: Peso del 30%; Disponible en el mercado cercano
- Capacidad: Peso del 25%; Que cumpla la capacidad de mínimo 10 kg
- Dimensiones: Peso del 25%; Dimensiones pequeñas para usarlo en el sistema de compuerta.

Tabla 3.7

Criterios de Selección de la celda de carga de calibrador de tensión

	Modelo / Marca	Precio ($)	Disponibilidad	Capacidad	Dimensiones
De compresión o botón	GLOGLO Wq13okvip 64-11	50	Importación	22 lb/10 kg	12 x 6 x 4 cm
De compresión/ tensión	DYMH 103	68	Importación	22 lb/10 kg	x
Tipo S	CALT DYLY 103	48	Importación	10 kg	3 x 0.75 x 2 in.
Viga Flexible	Comercial	10	Mercado Local/Tienda Online	10 kg	12 x 12 x150 mm

Nota: Datos obtenidos de [47], [48], [49].

En base a los criterios de selección se realiza la matriz de priorización dando como resultado la tabla 3.8

Tabla 3.8

Matriz de Priorización de las celdas de carga

Criterio / Opción	Precio	Peso	Total	Disponibilidad	Peso	Total	Capacidad	Peso	Total	Dimensiones	Peso	Total	Total
De compresión o botón	3	30%	0,9	2	30%	0,6	5	25%	1,25	4	25%	1	3,75
De compresión/ tensión	1	30%	0,3	2	30%	0,6	5	25%	1,25	3	25%	0,75	2,9
Tipo S	3	30%	0,9	2	30%	0,6	5	25%	1,25	3	25%	0,75	3,5
Viga Flexible	5	30%	1,5	4	30%	1,2	5	25%	1,25	4	25%	1	**4,95**

Para la selección de la celda también se toma en cuenta que las celdas de carga de calibrador de tensión generan una señal continua, analógica, debido a que la celda de carga consta de un puente de Wheatstone, por lo que para leer la señal con un microcontrolador se tiene que convertir esta señal en digital, se usa el módulo Hx711, un

conversor Análogo digital de 24 bits que envía información mediante un protocolo serial con los pines DT y SCK.

A partir de la tabla 3.8, el sensor seleccionado es una celda de carga de calibrador de viga flexible debido a su disponibilidad y a sus pequeñas dimensiones, necesarias para la dosificadora. El sensor seleccionado tiene una capacidad de 10 kg que usará el módulo Hx711 para comunicarse entre la celda de carga y el microcontrolador, del que se necesitarán 2 entradas analógicas y 5V.

3.2.2. Actuadores.

Como actuador se considera al sistema de transporte y al mecanismo dosificador, pero como ya se seleccionó un canal vibrante para el sistema de transporte, en el que el actuador es un bobinado de inducción electromagnética que permite la vibración del canal, en esta sección se definen los actuadores que controlan el sistema de compuerta del mecanismo dosificador, y un relé que activará y desactivará el canal vibrante.

a. Selección de Actuadores.

Para el mecanismo dosificador se considera una compuerta, que se accionará por 2 actuadores que controlen la apertura y cierre de la compuerta con un sistema de 4 barras.

La elección del servomotor depende del torque que puede generar este. En la posterior sección 3.3.2 se define el momento máximo generado por la compuerta.

$$M_{max} = 152{,}62\ Nmm$$

$$152{,}62\ Nmm = 1.556\ kg \cdot cm$$

Para la selección de los actuadores de la compuerta se toma en cuenta los siguientes criterios

- Torque: Peso del 40%; La suficiente potencia para mantener la compuerta cerrada con el material a dosificar con un torque mínimo de 1,556 kg·cm
- Precio: Peso del 20%; Barato para minimizar costos
- Controlabilidad: Peso del 20%; De fácil control para activar y desactivar la compuerta
- Disponibilidad: Peso del 20%; Facilidad de Adquisición.

Tabla 3.9

Criterios de Selección de Actuadores para la compuerta Dosificadora

	Modelo/ Marca	Precio (USD)	Disponibilidad	Controlabilidad	Torque
Motor DC pequeño	JGB37-520	17,99	Mercado Local /Tienda online	Velocidad Si/ Posición No	13 kg·cm
Micro Servomotor	S1500M	11,30	Mercado local / Importación	Velocidad SI /Posición SI	15 kg·cm
Motor Paso a Paso	PAP bipolar 200 pasos fase Nema17	36,50	Tienda online	Control de velocidad y posición mediante controladores bipolares externos	3.7 kg·cm

Nota: Datos obtenidos de [34], [50], [35].

Considerando los criterios de selección se define la matriz de priorización.

Tabla 3.10

Matriz de Priorización de Actuadores para la compuerta Dosificadora

Criterio Opción	**Precio**	**Peso**	**Total**	**Disponibilidad**	**Peso**	**Total**	**Controlabilidad**	**Peso**	**Total**	**Torque**	**Peso**	**Total**	**Total**
Motor DC pequeño	4	20%	0,8	5	20%	1	3	20%	0,6	4	40%	1,6	4
Micro Servo	5	20%	1	2	20%	0,4	5	20%	1	5	40%	2	4,4
Motor paso a paso	3	20%	0,6	5	20%	1	4	20%	0,8	3	40%	1,2	3,6

El motor seleccionado basado en la matriz de priorización es el S1500M con un torque de 15 kg·cm, esto debido a la seguridad, por si un motor falla pueda realizar la tarea con sobrecarga. Además, de no tomar en cuenta la masa de la compuerta y los eslabones a mover en el cálculo del momento.

Los servomotores cuentan de 3 cables los cuales se muestran en la tabla 3.11.

Tabla 3.11

Señales usadas por los servomotores digitales.

	Vcc	GND	Señal de control
Color del cable	Rojo	Negro	Blanco
Valor	5 V a 7,4 V	0 V	-
Detalles	La fuente de voltaje debe ser externa ya que la corriente brindada de microcontroladores es de entre 40 a 60 mA, mientras que la corriente necesaria por los servomotores ronda en el rango de los 700 mA.	El GND de la fuente externa y el brindando por el microcontrolador deben estar puenteados para evitar ruidos y mal funcionamiento del servomotor.	La seña debe estar conectados a pines digitales PWM, estos permiten simular una señal analógica mediante señales digitales las cuales permiten regular el ancho de pulso de la señal y por ende la posición del servomotor.

Nota: Obtenido de [51].

Para la posterior selección de microprocesador y diseño mecánico hay que considerar que se necesitan 2 entradas PWM para los servomotores con una fuente de voltaje externa de 5 V a 7,4 V y que sus dimensiones serán de 40,6·20,2·36,6 mm.

Figura 3.2

Micro servo digital



Nota: Obtenida de [52].

b. Selección de Módulos relé.

Para el accionamiento del canal vibrante se usa un relé, para esto se toma en cuenta las características del canal vibrante, su voltaje y corriente máxima.

Figura 3.3

Voltaje y Corriente máxima de salida del canal vibrante.



La corriente máxima del canal vibrante es de 4 A y el voltaje de 220 VAC, por lo que se necesita un relé que supere estas características.

Para la selección solo se tomó una opción, ya que es la más conocida y simple de usar, por lo que no es necesario un análisis exhaustivo. Se selecciona un módulo relé el cual soporta una corriente máxima de 10 A y un voltaje AC de 250V, el cual tiene un costo de 4 USD y se muestra en la figura 3.4

Figura 3.4

Modulo relé



El módulo relé consta de 3 pines de entrada los cuales son Vcc, GND y la señal de activación del relé, y 3 salidas, las cuales son el canal común y los contactos normalmente abierto NA y normalmente cerrado NC.

3.2.3. Selección de Periféricos de entrada y Salida.

Al referirse a periféricos de entrada y salida se refiere a la forma en la que se ingresarán datos que condicionarán el proceso de dosificación y como se mostrarán al operario. Para el diseño de la dosificadora se permitirá seleccionar el sistema de unidades a usar, ya sea kilogramos o libras, y se permitirá seleccionar la cantidad a dosificar, por lo que se necesita un teclado alfanumérico donde ingresar los valores a dosificar y el sistema de unidades a seleccionar.

a. Selección de KeyPad o teclado matricial

Para el ingreso se datos se usa un keyPad o teclado matricial, el funcionamiento de este consta en un arreglo de pulsadores en filas y columnas, el cual por cada fila y columna necesita una entrada digital.

En el mercado existen varios tipos de teclados matriciales de varias composiciones, para el caso de la dosificadora es necesario un teclado matricial que permita ingresar el valor de la dosificación y que tenga apartados extra para la selección del del sistema de unidades a usar y la tara de la balanza. En estas opciones existen 2 que son casi similares en funcionamiento, pero lo que varía en su construcción.

Tabla 3.12

Criterios de Selección de teclado matricial

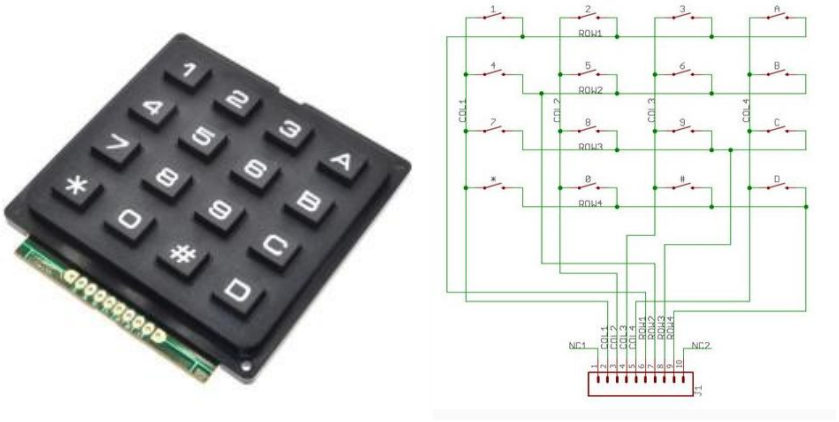
Criterio / Opción	Precio (USD)	Construcción	Imagen
Teclado Matricial tipo Membrana	2	En plástico tipo flexible	
Teclado Matricial Solido	6	Teclado de plástico rígido y pulsadores	

Nota: Obtenido de [53].

Con base en esto, se seleccionó el teclado matricial sólido, ya que presenta mayor confiabilidad y durabilidad, y sus pulsadores son más precisos según pruebas realizadas con ambos tipos de teclados.

Figura 3.5

Teclado matricial 4x4 y arreglo de pulsadores



Nota: Obtenida de [54].

b. Selección del periférico de Salida (Pantallas)

Para la selección del periférico de salida se toman en cuenta 2 opciones, la pantalla LCD 16x2 con módulo I2C y la pantalla Oled I2C display LCD 128x64.

Los criterios de Selección de estas pantallas están.

- Precio: Peso del 20%; Bajo Precio
- Funcionalidad: Peso del 30%; Tipo de transmisión de datos
- Disponibilidad: Peso del 20%; Facilidad de Adquisición
- Resistencia: Peso del 30%; Durabilidad de la pantalla en el entorno de trabajo.

Tabla 3.13

Criterios de Selección de periférico de salida

	Precio	Funcionalidad	Disponibilidad	Resistencia
LCD 16x2 con módulo I2C	5,79	Transmisión de datos mediante protocolo I2C	Tiendas Locales / Tiendas en línea	Pantalla resistente y bien resguardada
Oled I2C display LCD 128x64.	6,50	transmisión de datos mediante protocolo I2C	Tiendas Locales / Tiendas en línea	Pantalla sensible y desprotegida

Nota: Obtenido de [53].

De acuerdo con los criterios se define la matriz de priorización.

Tabla 3.14

Matriz de Priorización de *periférico de salida*

Opción / Criterio	Precio	Peso	Total	Funcionalidad	Peso	Total	Disponibilidad	Peso	Total	Resistencia	Peso	Total	Total
LCD 16x2 con módulo I2C	5	20%	1	5	30%	1,5	5	20%	1	4	30%	1,2	**4,7**
Oled I2C	4	20%	0,8	5	30%	1,5	4	20%	0,8	3	30%	0,9	4

Se determina que la mejor opción es la pantalla LCD 16x2 con modulo I2C. Una pantalla LCD (liquid cristal displays por sus siglas en ingles), son pantallas que proyectan caracteres en 2 filas de 16 caracteres cada una, esta permite la representación de números, letras y varios caracteres. Estas pantallas generalmente constan de 16 pines, de los cuales están los de lectura y escritura, sección de registro, pines de datos, de alimentación Vcc y GND. Debido a que las entradas del microcontrolador son limitas es necesario un protocolo de comunicación que disminuya el número de entradas para así usar de un modo eficiente el microcontrolador, para esto existe el protocolo I^2C, o más conocido como I2C

el cual es un protocolo de comunicación que permite la conexión entre 2 dispositivos mediante 2 pines, los pines SDA (Seria Data) y SCL (Serial Clock), los cuales funcionan mediante comunicación serial (Parecido al módulo hx711), en los cuales el pin SDA (Seria Data) envía datos de manera serial (un bit a la vez) y el pin SCL(Serial Clock) el cual controla los tiempos de envío y entrada de datos.

Figura 3.6

Modulo I2C conectado a pantalla LCD 16x2



3.2.4. Selección de Microcontrolador/Placa de Desarrollo.

Para la selección del microcontrolador hay que tomar varios parámetros en cuenta, ya sea número de pines, voltaje de alimentación y tipo de señal. Para controlar a la dosificadora se consideran los elementos mencionados, como sensores, actuadores, periféricos, etc. Otros elementos de control a considerar son un pulsador que no se menciona, usado para la calibración de la celda de carga. De acuerdo con la tabla 3.15, se muestra el número de entradas necesarias para el microcontrolador según los diferentes elementos electrónico

Tabla 3.15

Numero de pines a usar por cada elemento electrónico usado en la dosificadora

Elemento	Número de pines	Tipo de señal	alimentación	Descripción de uso
Celda de carga (Modulo Hx711)	2	Analógica	5 V	La celda de carga permitirá el censado de peso de la dosificadora
Modulo relé	1	Digital	5 V	Permitirá el accionamiento y paro del canal vibrante
Servomotores	2	Digital PWM	6 V	Permiten el accionamiento de la compuerta en el sistema de dosificación
Teclado matricial 4x4	8	Digital	5 V	Permite el ingreso de datos que determinaran el funcionamiento de la dosificadora.
Pantalla LCD 16x2 (Modulo de comunicación I2C)	2	Analógica	5 V	Permite mostrar información al operario del proceso de dosificación
Pulsador	1	Digital	5 V	Pulsador usado para la calibración de la celda de carga (Necesario solo la primera vez)

Resumiendo, es necesario 12 puertos digitales, dos de los cuales 2 tienen que ser puertos PWM, 4 puertos analógicos y una alimentación de para elementos externos de 5 voltios. En base a esto se definen las posibles opciones para la placa de desarrollo, primero

definiendo una tabla de características de los posibles controladores y después evaluándolos en la matriz de priorización en base a los criterios de selección.

Los criterios de selección del microcontrolador y por ende la placa de desarrollo se definen como:

- Precio: Peso del 20%; No es necesario que sea barato, pero su precio no debe ser excesivo.
- Características: Peso del 30%; Debe cubrir la cantidad de entras y salidas necesarias, el voltaje de alimentación, etc.
- Disponibilidad: Peso del 20%; Debe ser fácil de conseguir en el mercado local.
- Programabilidad: Peso del 10%; La programabilidad debe ser sencilla.
- Conectividad: Peso del 20%; La conexión de elementos debe ser fácil.

Tabla 3.16

Características de las placas de desarrollo

Placa	**Dimensiones**	**Microprocesador**	**Voltaje de alimentación**	**Entradas / Salidas (I/O)**			**Frecuencia**
				Analógicas	Digitales		
				I/O	I/O	I/O PWM	
Esp32	55x27 mm	Xtensa Dual Core-32bit LX6 con 600 DMIPS	3.3 y 5 V	12	34 GPIO	16	240 MHz
Nano	43,18 × 18,54 mm	ATmega328	5 V	8	14	6	16 MHz
Uno R3	68,6x53,4 mm	ATmega328P	5 V	6	14	6	16 MHz
RaspBerri Pi4	85x56 mm	Broadcom BCM2712 Quad-core Arm Cortex-A76	5 V	28 GPIO			2,4 GHz

Nota: Obtenido de [55], [56],[57].

Aunque en el criterio de características todas cumplen, cabe resaltar que ciertas placas cumplen de manera mejor en comparación. Teniendo en cuenta esto se define la tabla de criterios de selección del microcontrolador.

Tabla 3.17

Criterios de selección de la placa de desarrollo.

	Precio (USD)	**Características**	**Disponibilidad**	**Programabilidad**	**Conectividad**
Esp32	9,50	Cumplen con las características necesarias	Mercado Local / Tienda online	Arduino IDE Micro Python Visual Studio	Wi-Fi Bluetooth Con PC: USB-serial CP2102
Arduino Nano	14,65	Cumplen con las características necesarias	Mercado Local / Tienda online	Arduino IDE	USB
Arduino Uno	19,60	Cumplen con las características necesarias	Mercado Local / Tienda online /Almacén	Arduino IDE	USB
RaspBerri Pi4	70	Cumplen con las características necesarias	Mercado Local / Tienda online	Linux	Wifi 5 Bluetooth 5,0

Nota: Obtenido de [55], [56],[57].

Basándose en la tabla de criterios se crea la matriz de priorización.

Tabla 3.18

Matriz de Priorización de placas de desarrollo.

Criterio / Opción	Precio	Peso	Total	Características	Peso	Total	Disponibilidad	Peso	Total	Programabilidad	Peso	Total	Conectividad	Peso	Total	Total
Esp 32	5	20%	1	4	30%	1,2	4	20%	0,8	4	10%	0,4	4	20%	1	4,2
Arduino Nano	4	20%	0,8	4	30%	1,2	4	20%	0,8	5	10%	0,5	4	20%	0,8	4,1
Arduino Uno	4	20%	0,8	4	30%	1,2	5	20%	1	5	10%	0,5	4	20%	0,8	**4,3**
RaspBerri Pi4	2	20%	0,4	5	30%	1,5	2	20%	0,4	4	10%	0,4	5	20%	1	3,7

Para la dosificadora se selecciona el Arduino UNO en base a la matriz de priorización, debido a varias implicancias como: estructura de la placa que cuenta con un Jack de alimentación DC, tiene acople de entradas para conectar jumpers (cables) al Arduino, como si es necesario en la placa NANO o la Esp32 las cuales tienen una priorización alta.

3.2.5. Código

La programación de las placas de Arduino se basa en un entorno de desarrollo (IDE Arduino) donde el programa se compila, envía, borra y grava en el microcontrolador. El lenguaje de programación se basa en C++, toda la información se guarda en un sketch el cual consta de 2 funciones principales, la función **setup** y **loop**, pero también se pueden crear funciones dentro del mismo sketch.

La función setup se usa para inicializar variables, definir pines de entrada o salida y definir los elementos a usar como pantallas, pulsadores, etc. Esta solo se ejecuta una vez al inicio del programa para dar paso a la función loop, la cual contiene todas las indicaciones a seguir y se ejecutara cíclicamente.

Una parte importante de la programación en Arduino son las librerías, que son una expansión del ambiente de desarrollo, que permiten la fácil manipulación de datos y módulos que facilitan el desarrollo de programas.

Para el sistema de dosificación se usarán 6 librerías para el control de los periféricos, las cuales se muestran en la tabla 3.19.

Tabla 3.19

Librerías de Arduino a usar en la dosificadora

Librería	Descripción	Uso
Wire.h	Permite la comunicación mediante protocolo I2C.	Comunicación del módulo I2C de la pantalla LCD.
EEPROM.h	Permite leer y escribir datos en los bytes en la memoria EEPROM los cuales se guardan en la placa aun cuando esta apagada, como un pequeño disco duro (1024 bits en ATmega328P).	Guardar los datos de calibración de la celda de carga y modulo Hx711.
Keypad.h	Permite la abstracción de hardware (Uso sencillo de elementos adicionales), mejorando la legibilidad del código al ocultar comandos de llamada como pinMode y digitalread, necesario para el uso de pulsadores.	Conexión de teclado matricial.
HX711.h	Permite interconectar el conversor análogo digital de 24 bits para la lectura de la celda de carga, la cual permite la obtención de	Conexión del módulo Hx711.
Servo.h	En esta biblioteca se controlan hasta 12 servomotores con temporizadores.	Permite un fácil control de los ángulos a posicionar del servomotor.
LiquidCrystal_I2C.h	La biblioteca permite controlar pantallas I2C con funciones similares a la biblioteca LiquidCrystal las cuales permiten el control de pantallas LCD mediante funciones de escritura alfanumérica en las pantallas.	Permite la conexión de la pantalla LCD, el módulo I2C y la placa Arduino.

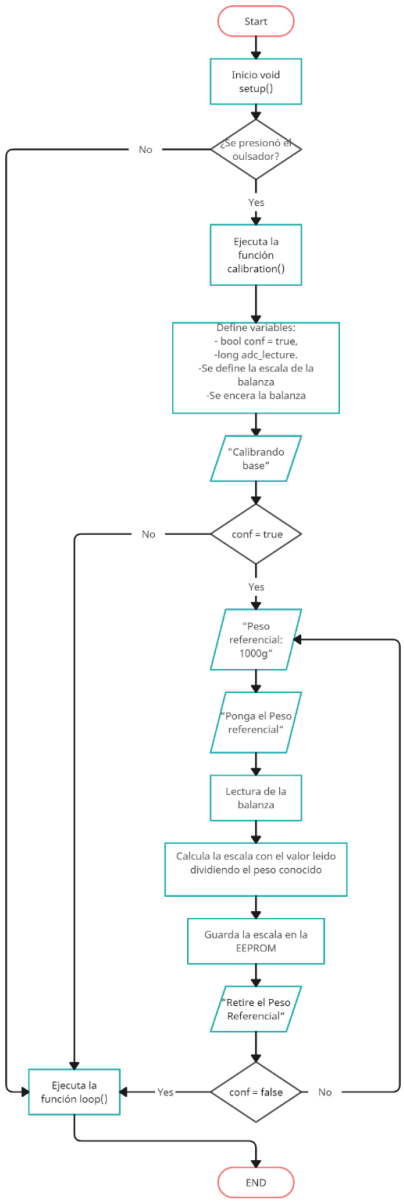
Para el desarrollo del código Arduino se hace uso de 2 funciones creadas, la cuales permiten la calibración de la celda de carga y la adquisición de datos del KeyPad.

c. Función de calibración.

Denominada **calibration()**, se usa para calibrar la celda de carga, en otras palabras, permite definir el peso de referencia del cual se basarán las mediciones posteriores. La secuencia lógica de esta función se muestra en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 3.7

Diagrama de Flujo de la función calibration().



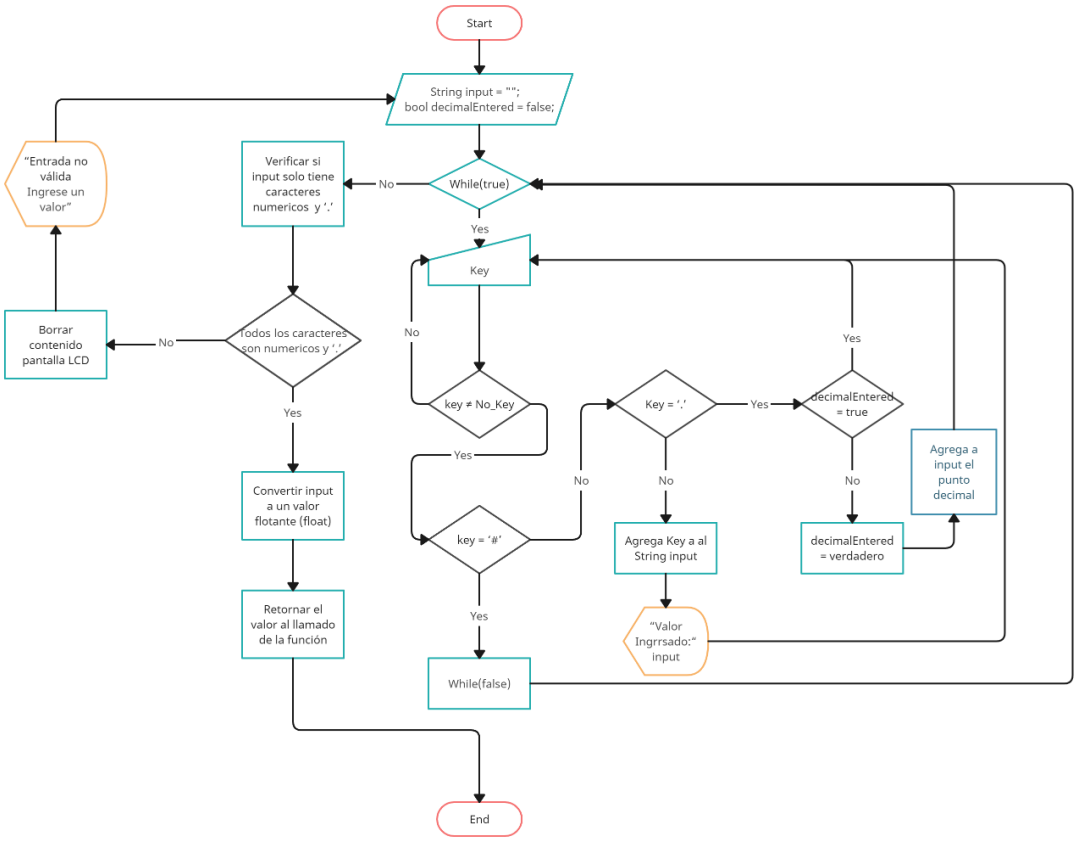
El diagrama de flujo muestra la forma en la que opera la función y los pasos a seguir, la cual consta del accionamiento del pulsador al inicio del proceso lo que da acceso a la función y permite calibrar la celda de carga en base a un peso colocado por el usuario, posteriormente este se retira y la balanza estará calibrada.

d. Función para ingreso de valores.

Denominada **readFloatFromKeypad()** permite ingresar valores mediante el keyPad, la cual permite ejecutar los comandos solo cuando sea necesario y no se ejecute durante todo el proceso, el siguiente diagrama de flujo muestra el proceso de funcionamiento de la función.

Figura 3.8

Diagrama de Flujo de la función readFloatFromKeypad()



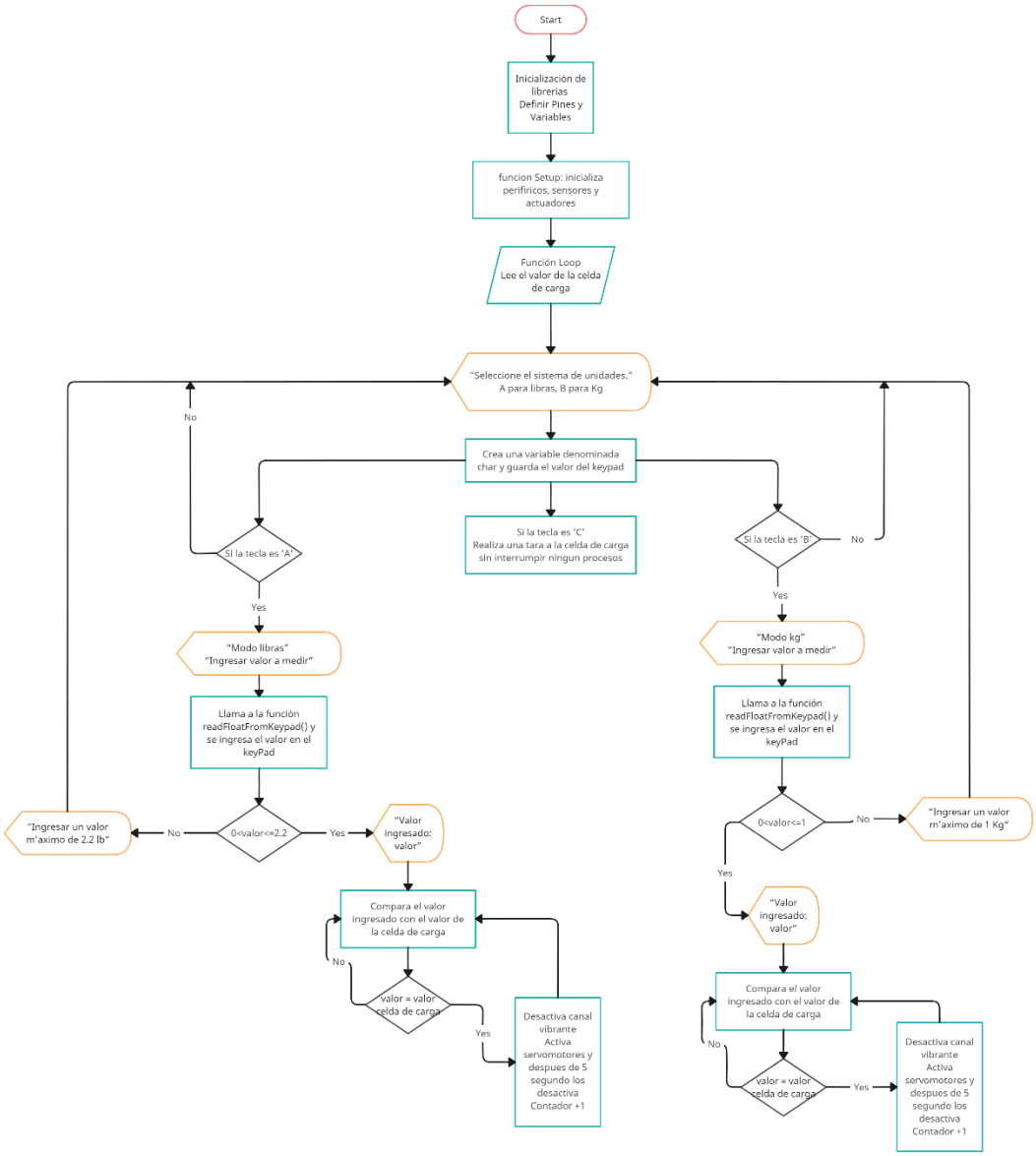
En base al diagrama de flujo se resume el uso de la función en, ingresar un valor tipo String mediante el keyPad, validar si solo se ingresaron valores numéricos y un punto decimal, y retornar como valor flotante el llamado de la función. Si el valor no es válido, se muestra un mensaje de error y se solicita nuevamente el ingreso de un nuevo valor.

e. Diagrama de flujo general

Definidos los diagramas de flujo de las funciones se procede a definir un diagrama de flujo general de todo el programa a ejecutar el proceso de dosificación.

Figura 3.9

Diagrama de flujo general del proceso de dosificación.



Resumiendo, este sistema permite al usuario elegir entre los modos de libras y kilogramos, ingresar un valor de peso deseado y realizar mediciones en función de ese valor en el modo seleccionado. Además, puede realizar una tara para ajustar la balanza al peso actual de referencia.

3.3. Diseño Mecánico

3.3.1. Dispositivo de deposición: Tolva

Para el diseño de la tolva se debe tomar la cuenta la capacidad máxima. Basados en los parámetros de elección del sistema de transporte se encuentra que cada dosificación toma un tiempo máximo de 60 segundos, es decir que en una hora se realizarán 60 dosificaciones. Para el diseño de la tolva se definirá que cada dosificación será de 1lb, por lo que se obtiene que el peso máximo de la tolva será de 60 lb o 27,27 kg que para efectos prácticos se redondea a 30 kg. El material para usar será acero inoxidable 304 con un espesor de 2mm.

a. Cálculo de ángulo de inclinación de la tolva

Para el diseño de la tolva, se considerará la norma UNE-ENV 1991-4.

Primero se define el ángulo de inclinación de la pared de la tolva (α), para determinar el ángulo se calcula el ángulo de fricción del material con la pared de la tolva (φ_w), el cual presenta la siguiente ecuación.

$$\varphi_w = artan(\mu_m) \quad (2)$$

Donde

μ_m = coeficiente de rozamiento de la pared

Este coeficiente depende de la fricción entre el material granular y la pared, dicho coeficiente se muestra en la tabla 3.20.

Tabla 3.20

Propiedad de los materiales granulados

Material Granular	**Densidad γ [kN/m^2]**	**Relación de presiones ($K_{s,m}$)**	**Coeficiente de rozamiento de la pared μ_m**		**Máximo coeficiente de mayoración de la presión C_0**
			Acero	Hormigón	
cebada	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
cemento	16,0	0,50	0,40	0,50	1,40
Clinker de cemento	18,0	0,45	0,45	0,55	1,40
Arena seca	16,0	0,45	0,40	0,50	1,40
Harina	7,0	0,40	0,30	0,40	1,45
Ceniza volante	14,0	0,45	0,45	0,55	1,45
Maíz	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
Azúcar	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
Trigo	9,0	0,55	0,30	0,40	1,30
Carbón	10,0	0,50	0,45	0,55	1,45

Nota: Tabla obtenida de [58].

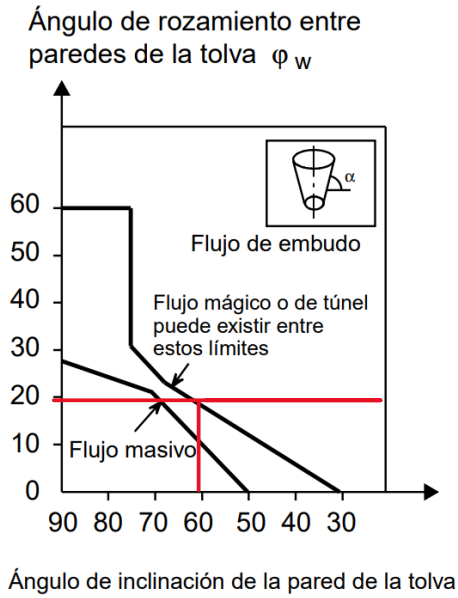
Como en el listado no se encuentra el arroz, se tomará como referencia la cebada, ya que presentan la misma densidad, siendo 8,5 kN/m^3 convertido a kg/m^3 resulta en 850 kg/m^3, igual a la densidad del arroz. Por lo que el coeficiente de rozamiento para una pared de acero es 0,35, como resultado se obtiene que

$$\varphi_w = artan(0{,}35°) = 19{,}29°$$

Tomando en cuenta la figura 3.10, el ángulo α para que esté en el límite de la zona de flujo tubular se presenta cuando el ángulo de inclinación de la tolva es menor a 61º aproximadamente. Esto para cumplir lo definido en la sección 3.1.2. en la que se definió que el dispositivo de deposición debe favorecer el flujo tubular.

Figura 3.10

Límites entre flujo masico y tubular en tolva en forma de embudo para un ángulo de rozamiento de 19,29°



Nota: Obtenido de [58].

El ángulo de rozamiento con la pared se debería obtener mediante ensayos, por lo que los datos obtenidos son aproximaciones, además de suponer que el ángulo para un embudo circular es cercano a un embudo cuadrado. Definido esto se tiene que α=60°.

b. Calculo volumétrico de la tolva

Con base a la capacidad máxima de la tolva se define el volumen de producción.

$$V_P = \frac{m_{max}}{\rho} \qquad (3)$$

Donde

Vp = Volumen de producción

m_{max} = masa máxima en la tolva

ρ = densidad del arroz en kg/m^3.

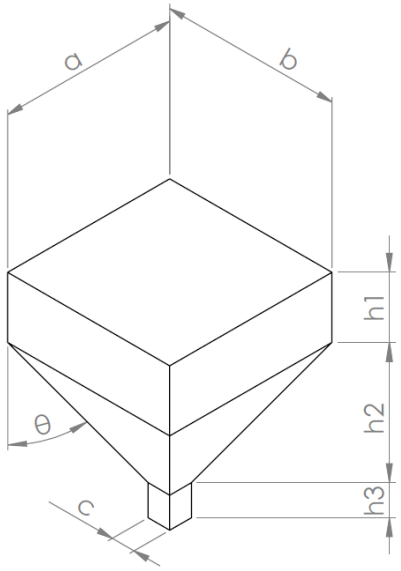
Obteniendo como resultado

$$V_P = \frac{30\ kg}{835\ kg/m^3} = 0{,}03593\ m^3$$

Para el diseño volumétrico se toma en cuenta el ángulo de inclinación α = 60º y las medidas de la tolva mostradas en la figura 3.10 y tabla 3.21.

Figura 3.11

Medidas de la tolva



Donde cada medida se presenta en la tabla

Tabla 3.21

Medidas de la tolva

Medida	**Longitud (mm)**	**Longitud tomando en cuenta espesor**
a	400	396
b	400	396
h1	150	150
h2	300	300
h3	75	75
c	53,8	49,8
θ*	30°	30°

Nota: θ = 90 – α

Para efectos prácticos se descarta el volumen de las medidas h3 y c, ya que este volumen posteriormente se ocupa para la compuerta de la tolva. Como resultado, los volúmenes presentados en la tabla 3.22.

Tabla 3.22

Volúmenes de la Tolva

Volumen	Fórmula	Valor
V1 (Volumen 1)	$V1 = b^2 \cdot h1$	$23{,}52 \cdot 10^6 mm^3 = 0{,}02352 m^3$
V2 (Volumen 2)	$V2 = \frac{h2}{3}\left(b^2 + c^2 + \sqrt{b^2 \cdot c^2}\right)$	$15{,}97 \cdot 10^6 mm^3 = 0{,}01597 m^3$
V_T (Volumen Total)	$V_T = V1+V2$	$V_T = 0{,}03949\ m^3$
V_P (Volumen de Producción)		$V_P = 0{,}03593\ m^3$

En base a los resultados se define que $V_T > V_P$, es decir, el volumen del producto es inferior al volumen de capacidad de la tolva por lo que las medidas concuerdan y validan el diseño volumétrico.

c. Cálculo de Presiones

Definidos los ángulos y longitudes de la tolva se calculas las presiones que actúan en esta, para el cálculo de la presión perpendicular en las paredes de la tolva se tiene las siguientes ecuaciones

$$p_{hf}(z) = \frac{\gamma A}{\mu\, U} C_z(z) \quad (4)$$

$$p_n = p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2})\frac{x}{I_h} \quad (5)$$

$$p_{n1} = p_{v0}(C_b \cos^2\alpha + \sin^2\alpha) \quad (6)$$

$$p_{n2} = C_b \cdot p_{v0} \cos^2\alpha \quad (7)$$

$$p_{n3} = 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma K_s}{\sqrt{\mu}} \sin^2\alpha \quad (8)$$

$$p_v = \frac{\gamma A}{K_s\, \mu\, U}\ C_z(z) \quad (9)$$

$$C_z(z) = 1 - e^{-z/z_0} \quad (10)$$

$$z_0 = \frac{A}{K_s\, \mu\, U} \quad (11)$$

Donde las notaciones se definen en la tabla 3.23.

Tabla 3.23

Notación de variables y presiones para el diseño de la tolva

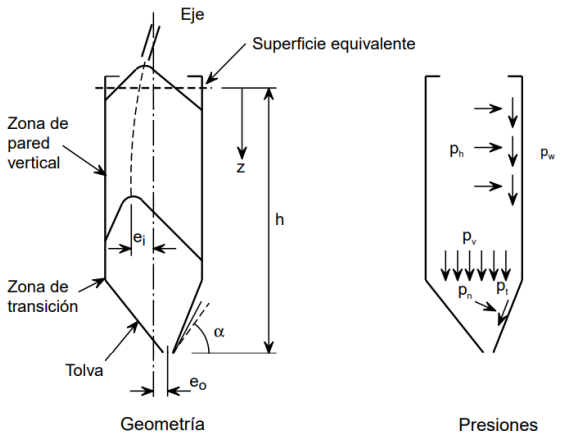
Variable	Definición	Observación
$p_{hf}(z)$	Presión horizontal tras el llenado	En paredes verticales, observar figura 3.13
p_n	la presión perpendicular en las paredes de la tolva	-
p_{ni}	presión normal a la pared inclinada de la tolva	i son los valores de 1,2,3
x	Longitud entre 0 y I_h	I_h se define en la figura
p_{v0}	Presión vertical tras el llenado en la base de la sección de paredes verticales	p_{v0}se define como $p_v$en su llenado máximo.
C_b	Coeficiente de la mayoración de la presión horizontal	Constante de 1.2
α	Angulo de inclinación de la tolva respecto a la horizontal	$\alpha = 60°$
A	Superficie de la sección transversal en la sección de paredes verticales	-
U	Perímetro de la sección de paredes verticales	-
K_s	Relación de presiones	Obtenido de tabla 3.20 $K_s = 0.55$
φ_w	Angulo de rozamiento de las paredes	Calculado previamente $\varphi_w = 19{,}29°$
μ	Coeficiente de rozamiento de la pared	Obtenido de tabla 3.20 $\mu = 0{,}35$
γ	Densidad aparente del producto	Obtenido de tabla 3.20 $\gamma = 8{,}5\ kN/m^3$
$C_z(z)$	Coeficiente de Janssen	Esta en función de la profundidad definida por z
z	Profundidad	

z_0	Parámetro empleado para cálculo de presiones

Nota: Obtenido de [58].

Figura 3.12

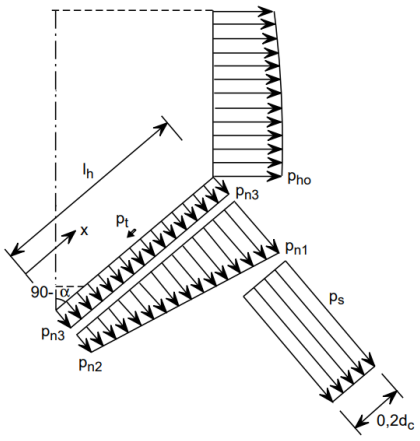
Geometría y notación de presiones



Nota: Obtenido de [58].

Figura 3.13

Cargas en la Tolva



Nota: Obtenido de [58].

Se toma en cuenta que en la norma UNE-ENV 1991-4 se define a las paredes verticales como silo y a las paredes inclinadas, que vienen luego de la zona de transición, como tolva.

Para el diseño de la tolva se desprecia p_w ya que dicha presión se da en las paredes verticales del silo, y en este caso la mayor presión se va a la tolva ya que el producto se alojará principalmente en este lugar, las presiones tomadas en cuenta son cuenta son p_n, p_v y p_h. Los valores de las presiones se definen en la tabla 3.24.

Tabla 3.24

Cálculos de presiones de la tolva

Variable	Ecuación	Resultado
$\boldsymbol{A}$	$A = a \cdot b = 400mm * 400mm$	$0{,}16\ m^2$
$\boldsymbol{U}$	$U = 4 \cdot 400mm$	$1{,}6\ m$
$\boldsymbol{z_0}$	$z_0 = \frac{A}{K_s\ \mu\ U} = \frac{0{,}16\ m^2}{0{,}55 \cdot\ 0{,}35 \cdot 1{,}6\ m}$	$0{,}5194\ m$
$\boldsymbol{z}$	$z = h1 + h2 = 150mm + 300mm$	$0{,}45\ m$
$\boldsymbol{C_z(z)}$	$C_z(z) = 1 - e^{-\frac{z}{z_0}} = 1 - e^{-\frac{0{,}45}{0{,}5194}}$	$0{,}5494\ m$
$\boldsymbol{p_{v0}}$	$p_v = \frac{\gamma A}{K_s\ \mu\ U}\ \ C_z(z) = \frac{8{,}5\frac{kN}{m^3} \cdot 0{,}16\ m^2}{0{,}55 \cdot 0{,}35 \cdot 1{,}6} \cdot 0{,}5494\ m$	$2{,}559\ kN/m^2$
$\boldsymbol{p_{n1}}$	$p_{n1} =\ p_{v0}(C_b \cos^2\alpha + \sin^2\alpha)$ $p_{n1} =\ 2.559\ kN/m^2(1{,}2\cos^2(60°) + \sin^2(60°))$	$2{,}687\ kN/m^2$
$\boldsymbol{p_{n2}}$	$p_{n2} =\ C_b \cdot p_{v0}\cos^2\alpha$ $p_{n2} =\ 1{,}2 \cdot 2{,}559\ kN/m^2 \cdot \cos^2(60°)$	$0{,}7676\ kN/m^2$
$\boldsymbol{p_{n3}}$	$p_{n3} =\ 3 \cdot \frac{A}{U} \cdot \frac{\gamma K_s}{\sqrt{\mu}}\sin^2\alpha$ $p_{n3} =\ 3 \cdot \frac{0{,}16\ m^2}{1{,}6\ m} \cdot \frac{8{,}5\frac{kN}{m^3} \cdot 0{,}55}{\sqrt{0{,}34}} \cdot \sin^2(60°)$	$1{,}778\ kN/m^2$
$\boldsymbol{p_n}$	$p_n =\ p_{n3} + p_{n2} + (p_{n1} - p_{n2})\frac{x}{I_h}$ $p_n =\ 1{,}778 + 0{,}7676 + (2{,}687 - 0{,}7676)\frac{x}{0{,}3464}$	Para x = 0,344 $p_n = 4{,}464\ kN/m^2$

$\boldsymbol{p_{hf}(z)}$	$p_{hf}(z) = \frac{\gamma A}{\mu\, U} \cdot (1 - e^{-\frac{z}{z_0}})$ $p_{hf}(z) = \frac{8{,}5 \cdot 0{,}16}{0{,}35 \cdot 1{,}6} \cdot (1 - e^{-\frac{z}{0{,}5194}})$	$z\ va\ de\ 0\ a\ 0.15m$ Para z = 0,15 $p_{hf}(0{,}15) = 0{,}6092$ kN/m^2

Nota: p_n es una función de x la cual se describe en la tabla, $C_z(z)$ es función de z, en este caso z es la profundidad máxima.

Con esto se definen las presiones que actúan en la tolva, la cuales permitirán definir los esfuerzos y deformación de la tolva, la cual se demostrará en la sección.

3.3.2. Diseño de la Estructura

Para el diseño de la estructura se toma en cuenta que la tolva tiene que ser movible, para un fácil ensamble y posterior limpieza o mantenimiento.

Para esto la estructura consta de una forma cuadricular al igual que la tolva, en la que la tolva encajará de forma que el peso se distribuya en las barras horizontales y verticales de la estructura. Además, es necesario un soporte para el canal vibrante y un soporte para el sistema de dosificación.

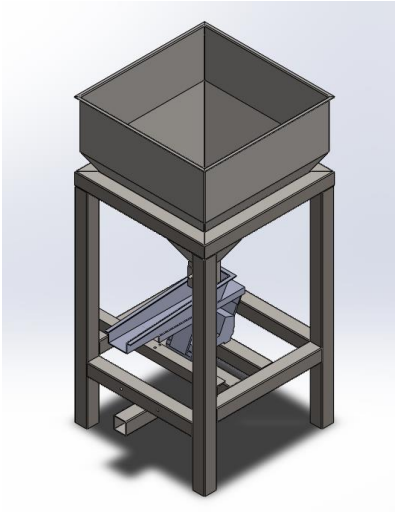
Figura 3.14

Estructura del dosificador.



Figura 3.15

Ensamble de estructura, tolva y canal vibrante.



Para la estructura se utiliza un Tubo estructural cuadrado calidad SAE J 403 1008 de 40 mm x 40 mm y un espesor de 2 mm, escogido para encajar con dimensiones del servomotor, y para el soporte del canal víbrate que necesita un soporte estable. Los planos de la estructura se definen en los anexos.

Los esfuerzos se distribuyen de tal manera que el mayor esfuerzo se produce en las barras horizontales que sostienen la tolva, ya que soportan el peso producido por el material a dosificar y la tolva generando esfuerzos axiales y por flexión. La masa a dosificar es de 30 kg y la masa de la tolva es de 9 kg, en base a esto se tiene la carga a soportar de la estructura.

$$P_T = 39\ kg \cdot 9{,}81\ \frac{m}{s^2} = 382{,}6\ N \qquad (12)$$

Donde P_T es la carga total de la estructura

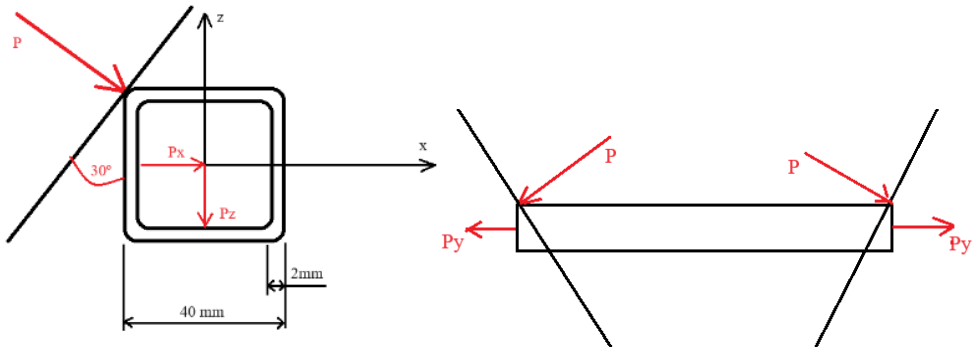
Como la estructura es simétrica, las cargas se distribuirán uniformemente, por lo que la carga para cada barra lateral será de la carga total entre cuatro.

$$P = \frac{P_T}{4} = 95{,}65\ N \qquad (13)$$

Para la distribución de cargas en la barra horizontal se toma en cuenta el ángulo de la tolva, mostrando que la carga que produce esta es perpendicular a la tolva, generando un ángulo de 30° respecto a la horizontal.

Figura 3.16

Cargas ejercidas en la barra horizontal de la estructura



Donde

$$Px = P \cdot \cos(30°) = 82{,}84N$$

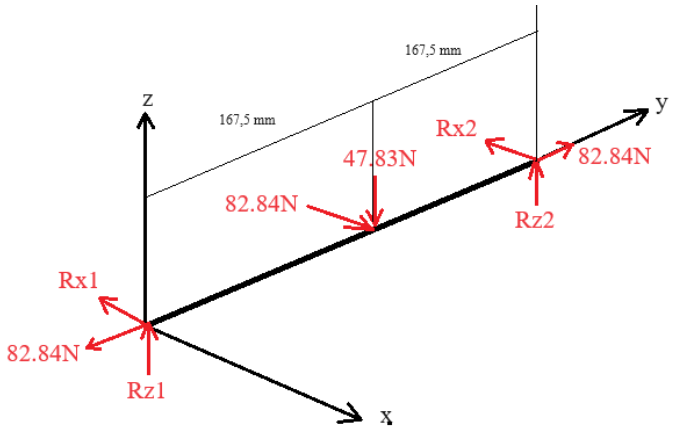
$$Py = P \cdot \cos(30°) = 82{,}84N$$

$$Pz = P \cdot \sin(30°) = 47{,}83N$$

Definidas las cargas se calcula las reacciones de estas sobre la barra, suponiendo que los extremos de la barra están restringidos en X y Z. Por lo que se obtienen el diagrama de cuerpo libre mostrado en la figura

Figura 3.17

Diagrama de cuerpo libre de la barra lateral de la estructura



Las reacciones de la barra lateral se definen como:

$$Rx_1 = Rx_2 = \frac{82{,}84}{2} = 41{,}42\ N$$

$$Rz_1 = Rz_2 = \frac{47{,}83}{2} = 23{,}92\ N$$

Definidas las reacciones se procede a realizar el diagrama de cargas internas. Hasta ahora la carga P se ha tomado como una carga puntual para facilitar el análisis, pero esta es una carga distribuida la cual es aplicada a lo largo de toda la barra, para definir la carga distribuida se dividieron los valores de Px y Pz para la longitud de la barra, la cual es 335mm, obteniendo que la carga a lo largo del eje Z es de 142,8 N/m y la carga a lo largo del eje X es de 247,3 N/m. Definidas las cargas se realizan los diagramas de cargas internas.

Figura 3.18

Diagrama de cargas internas de la barra lateral - plano ZY

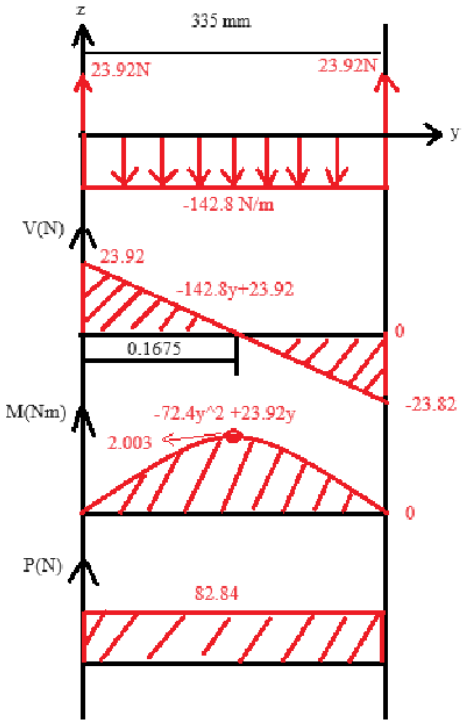
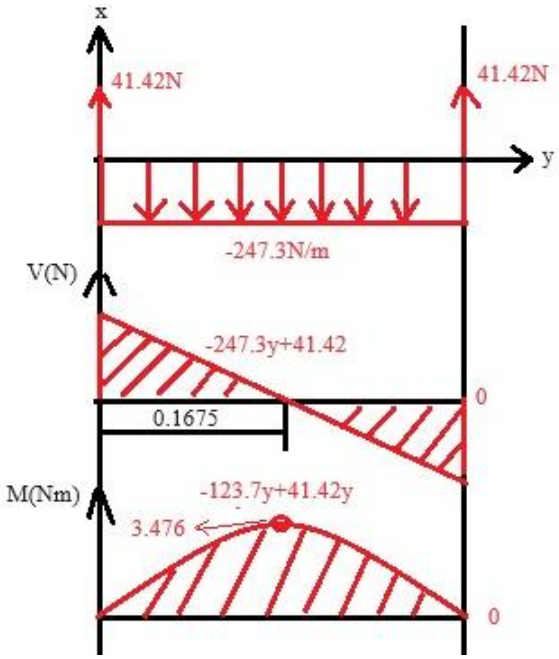


Figura 3.19

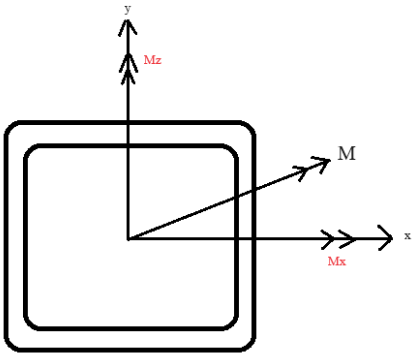
Diagrama de cargas internas de la barra lateral - plano XY



En base a los diagramas de cargas internas se define que el momento flector consta de 2 proyecciones, en X y Z las cuales son Mz y Mx respectivamente. Estas generan un momento flector M el cual produce un esfuerzo por flexión, el cual se puede calcular definiendo el módulo producido por los esfuerzos flectores.

Figura 3.20

Momentos flectores que actúan en la barra lateral



$$\sigma_Z^F = \frac{Mz \cdot c}{I} = \frac{2 \cdot 10^3 N \cdot 20\ mm}{69{,}30 \cdot 10^3\ mm^4} = 0{,}5772\ MPa$$

$$\sigma_x^F = \frac{Mx \cdot c}{I} = \frac{3{,}467 \cdot 10^3 N \cdot 20\ mm}{69.30 \cdot 10^3\ mm^4} = 1\ MPa$$

Donde

σ^F = esfuerzo por flexión.

Mz y Mx = momentos flectores.

c = distancia del centroide del tubo a su punto más lejano.

I = inercia de la sección transversal.

El esfuerzo flector se calcula en base al módulo.

$$\sigma^F = \sqrt{0{,}5772^2 + 1^2} = 1{,}155\ MPa$$

En la figura 3.18, también se define las cargas en Y, las cuales producen un esfuerzo axial, por lo que se define como.

$$\sigma^P = \frac{P}{A} = \frac{82{,}84\ N}{294\ mm^2} = 0{,}2818 MPa$$

Donde:

σ^P = Esfuerzo axial

P = Carga axial definida en la figura 3.18.

A = Área transversal del tubo

Definidos los esfuerzos flectores y axial se define el esfuerzo total sumando dichos valores.

$$\sigma = \sigma^F + \sigma^P = 1{,}155\ MPa + 0{,}2818\ MPa = 1{,}437\ MPa$$

En base al eesfuerzo se define el factor de seguridad

$$n = \frac{Sy}{\sigma} = \frac{250\ MPa}{1{,}437\ MPa} \approx 174$$

3.3.3. Diseño sistema dosificador

El mecanismo dosificador se basa en un sistema de compuerta, la cual constará de dos etapas:

La primera etapa es el almacenamiento y medición del producto, donde, según los parámetros de selección del canal vibrante, la cantidad máxima a dosificar será 1 kg, por lo que el lugar donde se almacenará debe permitir el volumen que ocupe 1 kg del producto.

En la sección 1.2.2. en el apartado de dosificadores gravimétricos se menciona los tipos de dosificadores gravimétricos, para el diseño del dosificador se basa en un **Dosificador por ganancia de peso,** que a grandes rasgos es un dosificador donde la medición del peso se realiza al final del proceso. Para esto se usará la galga extensiométrica de viga flexible mencionada con anterioridad la cual mantendrá suspendido el sistema de dosificación al mismo tiempo que realiza la medición del peso.

La segunda etapa consta del accionamiento de los servomotores para abrir la compuerta de dosificación, el cual se realizará mediante dos sistemas de 4 barras, uno a cada lado.

a. Calculo volumétrico

El mecanismo de compuerta se basa en mantener un eso máximo de 1kg del producto, por lo que es necesario el volumen de este, el cual es:

$$V_d = \frac{m_d}{p} \qquad (14)$$

$$V_d = \frac{1Kg}{835\ kg/m^3} = 0{,}001198\ m^3$$

Donde

V_d = Volumen de dosificación.

m_d = masa de dosificación.

Las medidas necesarias para el sistema de compuerta son:

Figura 3.21

Medias del sistema de dosificación.

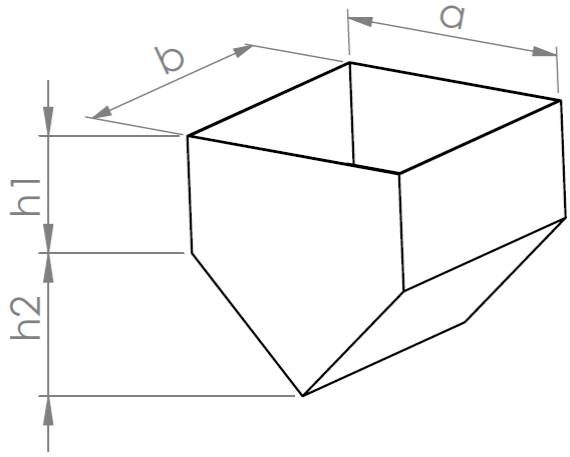


Tabla 3.25

Medidas del sistema de dosificación

Medida	Longitud (mm)	Longitud tomando en cuenta espesor (mm)
a	154	150
b	164	160
h1	70	70
h2	76	74

En base a las medidas se obtienen los volúmenes.

Tabla 3.26

Volumen del sistema de dosificación

Volumen	Fórmula	Valor
V1	$V1 = a \cdot b \cdot h1$	$1{,}68 \cdot 10^6\ mm^3 = 0{,}00168\ m^3$
V2	$V2 = \frac{a \cdot h2}{2} \cdot b$	$0{,}912 \cdot 10^6\ mm^3 = 0{,}000912\ m^3$
V_T	$V_T = V1+V2$	$V_T = 0{,}002592\ m^3$
V_d		$V_P = 0{,}001198\ m^3$

En base a la tabla 3.26 se observa que el V_T es mayor al V_d por el doble de volumen, por lo que se valida el diseño volumétrico.

b. Cálculo de esfuerzos sistema de 4 barras y apertura de la compuerta

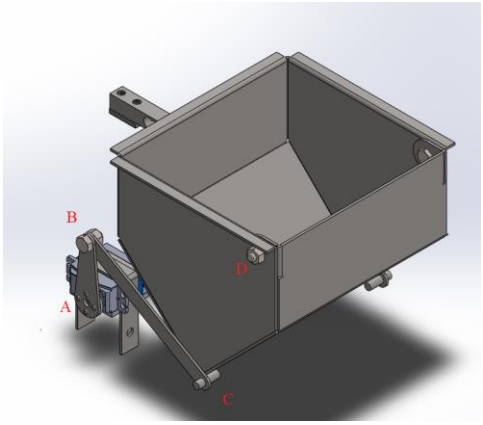
Para el diseño del sistema de 4 barras se toman en cuenta varios parámetros, dentro de los cuales están:

- Material del eslabón.
- Distancia de recorrido.
- Torque ejercido por el servomotor

El diseño de los eslabones se basa cuando la carga es máxima, es decir, cuando la masa del producto sea 1 kg. A continuación, se muestra el diseño final del sistema de dosificación a fin de comprender el funcionamiento del sistema de compuertas.

Figura 3.22

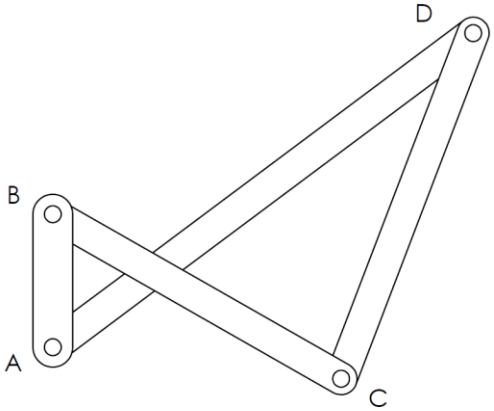
Diseño del sistema de dosificación.



Este sistema de 4 barras se puede simplificar al sistema mostrado en la figura 3.23.

Figura 3.23

Simplificación del sistema de 4 barras



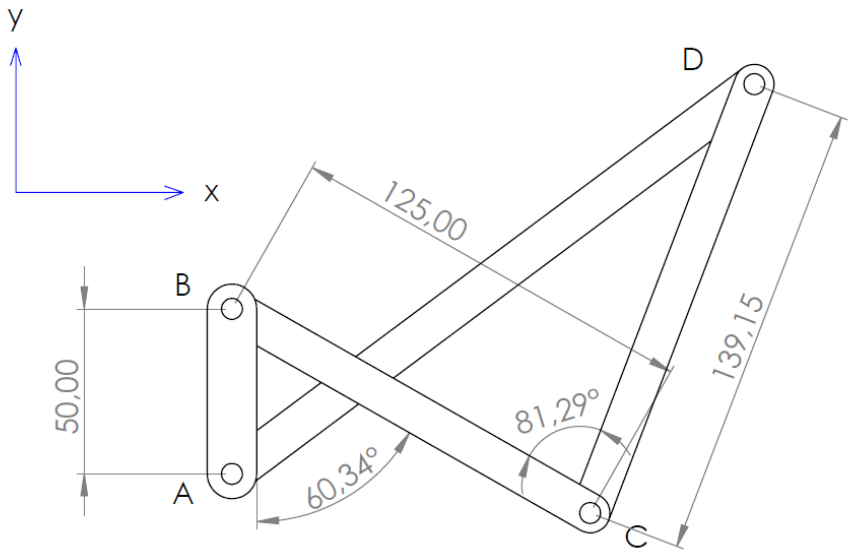
El sistema consta de 4 barras, el eslabón AB genera movimiento gracias a que está sujeta al servomotor en A y controla cuando la compuerta se abre o cierra, el eslabón BC conduce la compuerta, representada con el eslabón CD, mientras que el eslabón DA es fijo y comprende el punto A, eje de rotación del servomotor y D, eje de rotación de la compuerta.

Cabe resaltar que solo es necesario el análisis de esfuerzos de los eslabones AB y BC ya que estos van a ser diseñados, el eslabón CD representa la compuerta del sistema de dosificación y el eslabón DA se consideraría tierra.

Para el cálculo de esfuerzos se toma en cuenta las medidas basadas en las distancias dadas entre el la estructura y el sistema de dosificación, en la que se busca un giro de 90º del servomotor que es donde se genera el mayor torque de este y una apertura de la puerta de por lo menos 5 cm. Además de tomar en cuenta que el peso será puntual y será aplicado C.

Figura 3.24

Medidas sistema de 4 barras



Basados en el grafico se define la tabla 3.27, la cual muestra las medidas necesarias para el diseño

Tabla 3.27

Medidas eslabones del sistema de 4 barras.

Eslabón	Medida (mm)	dx(mm)	dy(mm)
AB	50	-	50
BC	125	108,62	61,87
CD	139,15	50	129,5
DA	197,56	158,75	117,61

Nota: dx y dy son las componentes relativas de las medidas de los eslabones.

Para el diseño de los eslabones se empieza por el eslabón BC ya que es el que cuenta con una mayor cantidad de datos.

Cabe resaltar que la masa máxima a soportar es de 1 kg repartidos en los 2 sistemas de 4 barras, y se repartiría 500 gramos a cada uno, pero el diseño para cada sistema se realizará con la masa máxima de 1 kg, como prevención a que un servomotor que activa la compuerta falle y solo funcione con un motor y un sistema de barras, definido esto se obtiene que la carga P es:

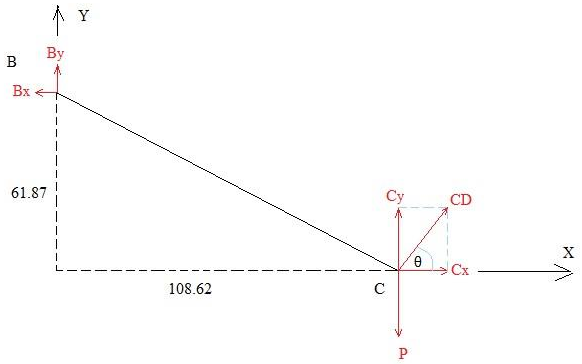
$$P = 1\ kg \cdot 9{,}81 = 9{,}81\ N$$

- **Diseño eslabón BC**

- Estudio estático

Figura 3.25

DCL barra BC



Donde

P = 9.81N θ = 69.05°

$$Cx = CD \cdot \cos\theta \qquad Cy = CD \cdot \sin\theta$$

Sumatoria de momentos

$$\sum M_B = 0;$$

$$-P(108{,}62) + Cx(61{,}87) + Cy(108{,}62) = 0$$

$$-9{,}81(108{,}62) + CD \cdot \cos\theta\ (61{,}87) + CD \cdot \sin\theta\ (108{,}62) = 0$$

$$CD \cdot \cos(69{,}05°)\ (61{,}87) + CD \cdot \sin(69{,}05°)\ (108{,}62) = 9{,}81(108{,}62)$$

$$CD = \frac{9{,}81(108{,}62)}{\cos(69{,}05°)\ (61{,}87) + \sin(69{,}05°)\ (108{,}62)}$$

$$CD = 8{,}623\ N$$

Entonces:

$$Cx = CD \cdot \cos\theta = 3{,}083\ N \qquad Cy = CD \cdot \sin\theta = 8{,}053\ N$$

Sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_X = 0;$$

$$Cx - Bx = 0 \quad \rightarrow \quad Cx = Bx = 3{,}083\ N$$

$$\sum F_Y = 0;$$

$$By + Cy - 9{,}81 = 0 \quad \rightarrow \quad By = 9{,}81 - 8{,}053 = 1{,}757\ N$$

Como resultado se obtiene que las reacciones en la barra BC son:

$$Bx = 3{,}083\ N;\ By = 1{,}757\ N;\ Cx = 3{,}083\ N;\ Cy = 8{,}053\ N$$

- Cargas internas

Para determinar las cargas internas se es necesario convertir las cargas en cortantes y axiales, por lo que las cargas se pueden resumir en el siguiente DCL en los ejes X' y Y'.

Figura 3.26

Cargas barra BC



En base a la figura 3.26 se observa que las cargas en el eje Y´ se cancelan por el equilibrio estático de la barra, por lo que en el eslabón BC no existen cargas cortantes, este solo está a tracción debido a las cargas normales al área transversal.

$$B_{X'1} = 1{,}757 \cdot \cos(60{,}34°) = 0{,}8695\ N$$

$$B_{X'2} = 3{,}083 \cdot \cos(29{,}66°) = 2{,}679 N$$

$$B_{X'} = 0{,}8695 + 2{,}679 = 3{,}519\ N$$

$$C_{X'1} = 1{,}757 \cdot \cos(60{,}34°) = 0{,}8695\ N$$

$$C_{X'2} = 3{,}083 \cdot \cos(29{,}66°) = 2{,}679\ N$$

$$C_{X'} = 0{,}8695 + 2{,}679 = 3{,}519\ N$$

Entonces se define que la barra está en tensión a una carga de 3,519 N

- Esfuerzo y factor de seguridad.

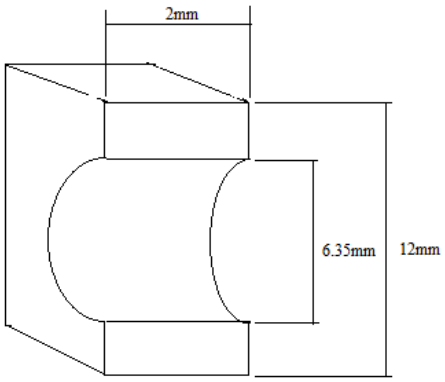
  El esfuerzo se define como

$$\sigma^P = \frac{P}{A}$$

Donde P es la carga y A el área, pero por estar en tracción el punto con mayor esfuerzo viene dado en los extremos en C y D, ya que el área transversal es menor por la perforación donde pasa el eje.

Figura 3.27

Representación del área transversal del eslabón BC.



$$A = A1 - A2$$

$$A = b \cdot h - b \cdot h2 = 2 \cdot 12 - 2 \cdot 6{,}35 = 11{,}3\ mm^2$$

$$\sigma^P = \frac{3{,}519\ N}{11{,}3\ mm^2} = 0{,}3097\ MPa$$

Se define el factor de seguridad.

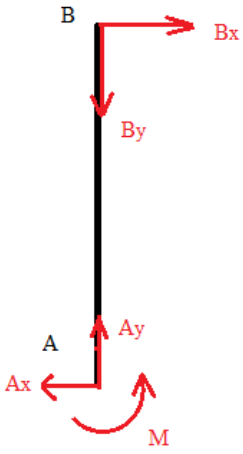
$$n = \frac{S_y}{\sigma^P} = \frac{207\ MPa}{0{,}3097\ MPa} = 668$$

c. Diseño eslabón AB

- Estudio estático

Figura 3.28

DCL barra AB



Sumatoria de momentos:

$$\sum M_A = 0;$$

$$M - Bx(50\ \text{mm}) = 0$$

$$M = 3{,}083\ N\ \cdot 50\ \text{mm} = 152{,}6\ Nmm$$

Sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_X = 0;$$

$$Bx - Ax = 0 \quad \rightarrow \quad Ax = Bx = 3{,}083\ N$$

$$\sum F_Y = 0;$$

$$Ay - By = 0 \quad \rightarrow \quad Ay = By = 1{,}757\ N$$

Como resultado se obtiene que las reacciones en el eslabón AB son:

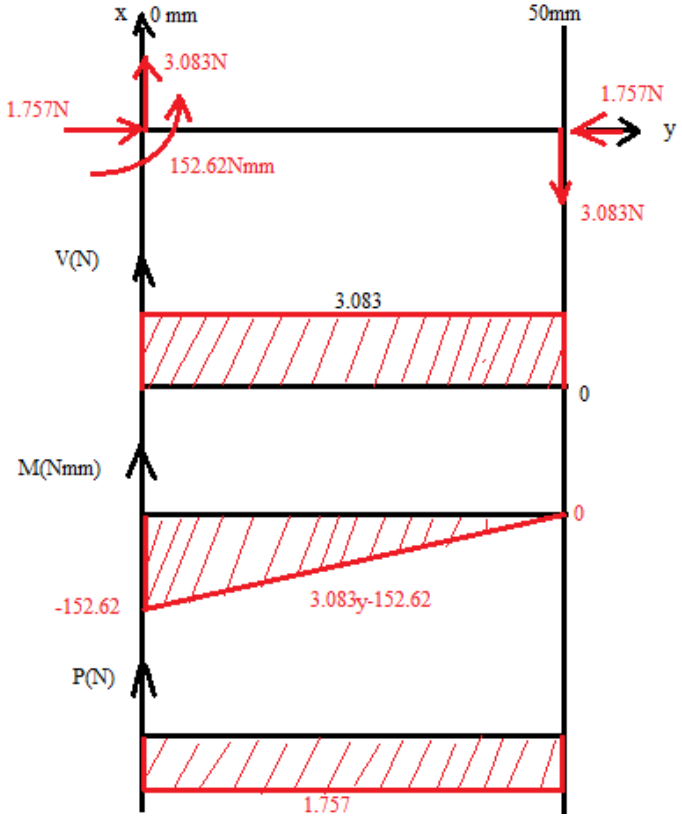
$$Ax = 3{,}083\ N;\ Ay = 1{,}757\ N$$

- Cargas internas

El diagrama de cargas internas de la barra AB se muestra en la figura 3.29

Figura 3.29

Diagramas de cargas internas barra AB.



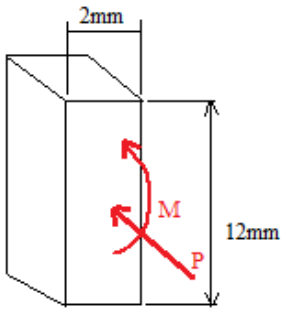
- Esfuerzo y factor de seguridad.

El material de los eslabones será acero inoxidable AISI 304, porque se requiere reducir costos al usarlo y evitar la compra de otro material y aumentar el precio de la máquina.

El primer diseño se basa en los eslabones simplificados, los cuales tienen un área transversal de 12 mm x 2 mm, como se observa en la figura 3.30.

Figura 3.30

Cargas estudiadas para el esfuerzo en barra AB



Entonces, el esfuerzo será máximo cuando la flexión está en compresión, ya que la carga axial también está a compresión.

Tabla 3.28

Esfuerzos en estabón AB

Esfuerzo	Fórmula		Resultado
Por Flexión	$\sigma^F = \frac{M \cdot c}{I}$	$M = 152{,}6\ Mmm$ $c = 6\ mm$ $I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{2 \cdot 12^3}{12} = 288\ mm^4$	$\sigma^F = 3.180\ MPa$
Por compresión	$\sigma^P = \frac{P}{A}$	$P = 1{,}757\ N$ $A = b \cdot h = 2 \cdot 24 = 48\ mm$	$\sigma^P = 0{,}0366\ MPa$
Total			$\sigma = 3{,}217\ MPa$

Cabe resaltar que el área transversal se la toma como sólida y no se toma en cuenta la perforación del eslabón debido a que está sujeto a compresión.

Sabiendo que el límite a la fluencia del acero inoxidable AISI 304 es de 207 MPa, se tiene como factor de seguridad el valor de:

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{207\ MPa}{3{,}217\ MPa} = 64.35$$

Se definió el factor de seguridad del eslabón en base a los criterios, pero también cabe resaltar que se puede definir el espesor de placa mínimo.

Espesor mínimo para un factor de seguridad de 2.

Entonces

$$\sigma = \frac{S_y}{n} = \frac{207\ MPa}{2} = 103{,}5\ MPa$$

Dado esto, se define que:

$$\sigma = \sigma^F + \sigma^P = \frac{M \cdot c}{I} + \frac{P}{A}$$

$$= \frac{M \cdot c}{\frac{b \cdot h^3}{12}} + \frac{P}{b \cdot h}$$

Despejando b, que es el espesor mínimo se tiene que

$$b = \frac{12\ \cdot M \cdot c + h^2 \cdot P}{\sigma \cdot h^3} = \frac{12\ \cdot 152{,}62\ MPa \cdot 6\ mm + (12\ mm)^2 \cdot 1{,}757\ N}{103{,}5\ MPa \cdot (12\ mm)^3}$$

$$b = 0.06286\ mm$$

Este valor no es comercial y es casi imposible obtener un espesor tan pequeño, por lo que no es inviable su uso. Hay que tomar en cuenta que se define el espesor mínimo solo para el eslabón AB ya que este cuante con un mayor esfuerzo.

A continuación, en la tabla 3.29 se resumen los esfuerzos y factores de seguridad calculados de los eslabones Ab y BC.

Tabla 3.29

Esfuerzo de eslabones AB y BC

Eslabón	**Área transversal**	**Área transversal mínima**	**Esfuerzo Máximo**	**Factor de Seguridad**
AB	2 mm x 12 mm	0,062 mm x 12 mm	$\sigma = 3{,}217\ MPa$	$n = 64{,}35$
BC	2 mm x 12 mm		$\sigma = 0{,}3097\ MPa$	$n = 668$

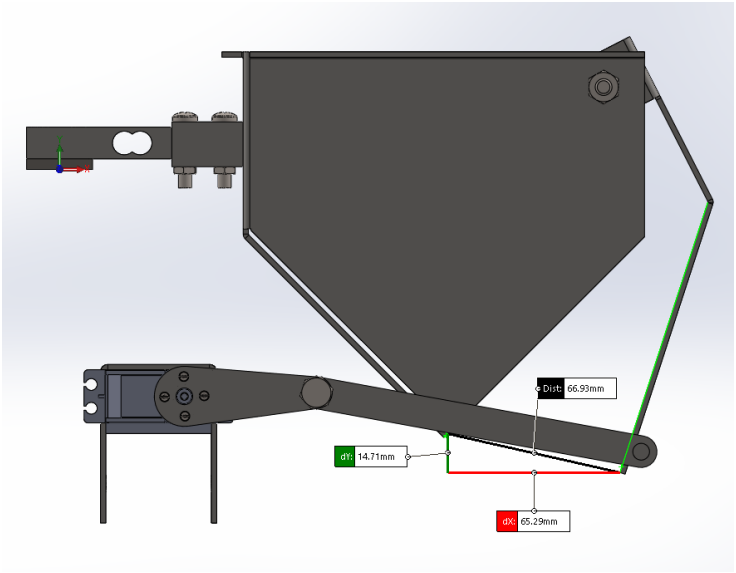
Basándose en los resultados se valida el diseño, ya que se observa que el factor de seguridad es alto y no representa ningún conflicto con la estructura.

d. Apertura de compuerta y Selección de servomotor.

La apertura de la compuerta se da gracias a la barra AB, la cual mantiene la compuerta cerrada cuando se encuentra a 90º, y la apertura máxima de la compuerta se da cuando está a 0º respecto a la horizontal. Creando una apertura de 6,5 cm entre la compuerta y la base del sistema de dosificación.

Figura 3.31

Apertura máxima de la compuerta del mecanismo dosificador.



3.4.Análisis de esfuerzos

Para el análisis de esfuerzos se realiza un estudio de elementos finitos en el software SolidWorks de la tolva y estructura en un solo estudio, y los eslabones del sistema de compuerta en otro estudio diferente.

3.4.1. Análisis de esfuerzos tolva y estructura

Para analizar elementos finitos se realiza un conjunto de la tolva y la estructura porque interaccionan directamente entre sí, por lo que para simular las cargas de cada elemento por separado y las reacciones que tienen el otro se tornarían infectables por las suposiciones a separar uno del otro llevando la simulación a imprecisiones.

Para la simulación se consideró los siguientes parámetros.

- La tolva y a estructura están en contacto fijo.
- La presión de la carga (30 kg) se distribuye en la tolva de manera no uniforme siguiendo las ecuaciones de crecimiento (4) y (5) la cuales presentan las presiones ejercidas en las paredes verticales e inclinadas de la tolva.

$$p_{hf}(z) = \frac{8{,}5 \cdot 0{,}16}{0{,}35 \cdot 1{,}6} \cdot (1 - e^{-\frac{z}{0{,}5194}})$$

$$p_n(x) = 1{,}778 + 0{,}7676 + (2{,}687 - 0{,}7676)\frac{x}{0{,}3464}$$

- La masa del canal vibrante es de 7kg y esta se distribuye en 4 cargas puntuales en las barras transversales.
- El sistema de dosificación genera un torque en la barra en L de un valor de 2,15 N/m.
- Se toma en cuenta la gravedad (El peso de la tolva y estructura)
- El análisis de esfuerzo se basa en el criterio de von Mises.

Definidos los parámetros de simulación se realiza un análisis de convergencia de malla en el cual se realizan 18 muestras determinando el factor de seguridad y desplazamientos de la tolva, donde los resultados se muestran en la tabla 3.30 y los resultados se analizan de las figuras 3.33 y 3.34.

Figura 3.32

Cargas y restricciones de simulación de la tolva y estructura

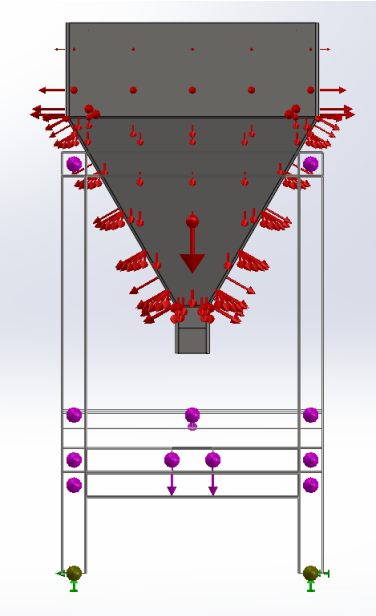


Tabla 3.30

Tabla de convergencia de Malla de la tolva y estructura considerando el factor de seguridad de la tolva.

N	Nº de Nodos	Nº de Elementos	Factor de Seguridad Tolva	Esfuerzo Estructura MPa	Factor de Seguridad estructura
1	7959,00	4030,00	16,20	1,31	190,84
2	8772,00	4435,00	16,10	1,31	190,84
3	8764,00	4429,00	16,10	1,32	189,39
4	8864,00	4479,00	16,10	1,30	192,31
5	10191,00	5130,00	16,20	1,31	190,84
6	10779,00	5424,00	16,10	1,30	192,31
7	11223,00	5646,00	16,00	1,31	190,84
8	11911,00	5990,00	16,10	1,30	192,31
9	11859,00	5594,00	16,00	1,31	190,84
10	16275,00	8172,00	15,80	1,31	190,84
11	18049,00	9058,00	15,80	1,32	189,39
12	20448,00	10249,00	15,80	1,31	190,84
13	22378,00	11213,00	15,70	1,31	190,84
14	27583,00	13786,00	15,60	1,29	193,80
15	32639,00	16314,00	14,90	1,30	192,31
16	40399,00	20194,00	14,90	1,29	193,80
17	44547,00	22268,00	15,10	1,30	192,31
18	68231,00	34050,00	14,80	1,30	192,31

Figura 3.33

Gráfica de convergencia de malla de la tolva.

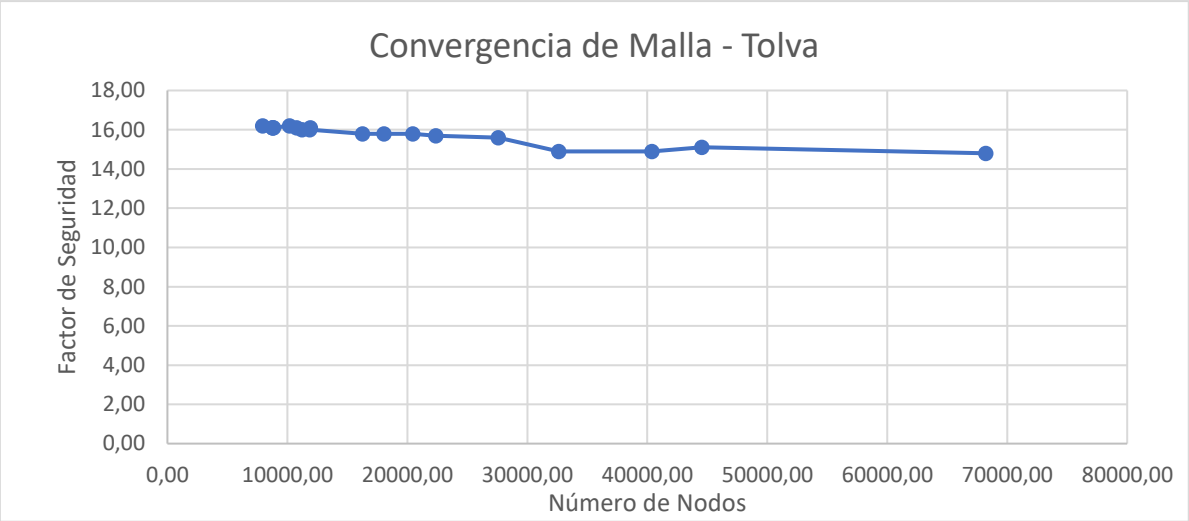
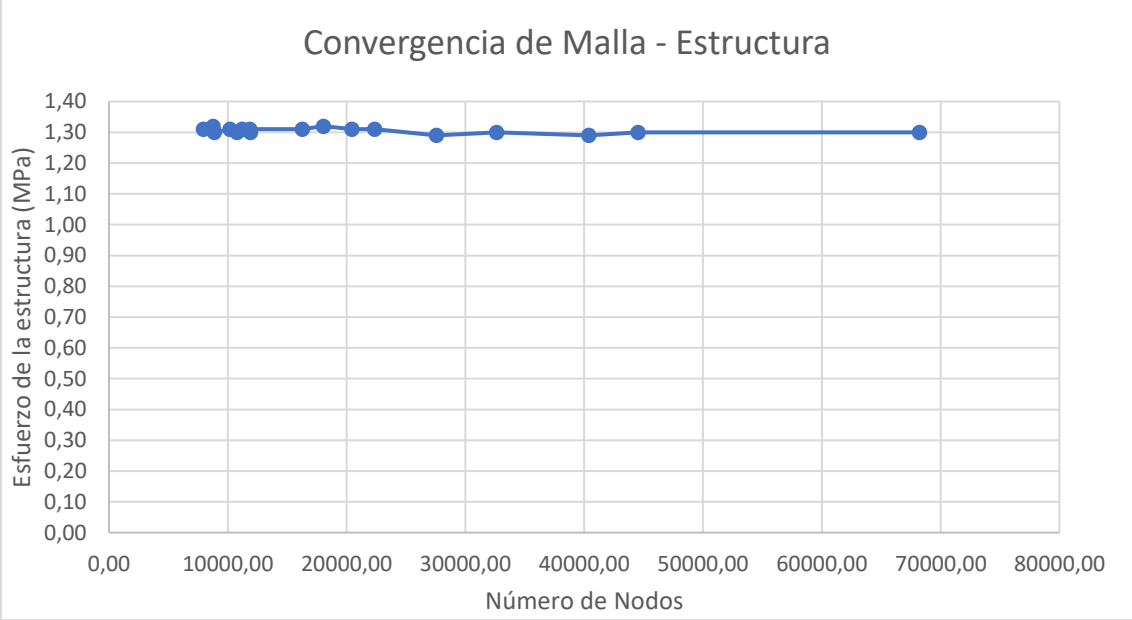


Figura 3.34

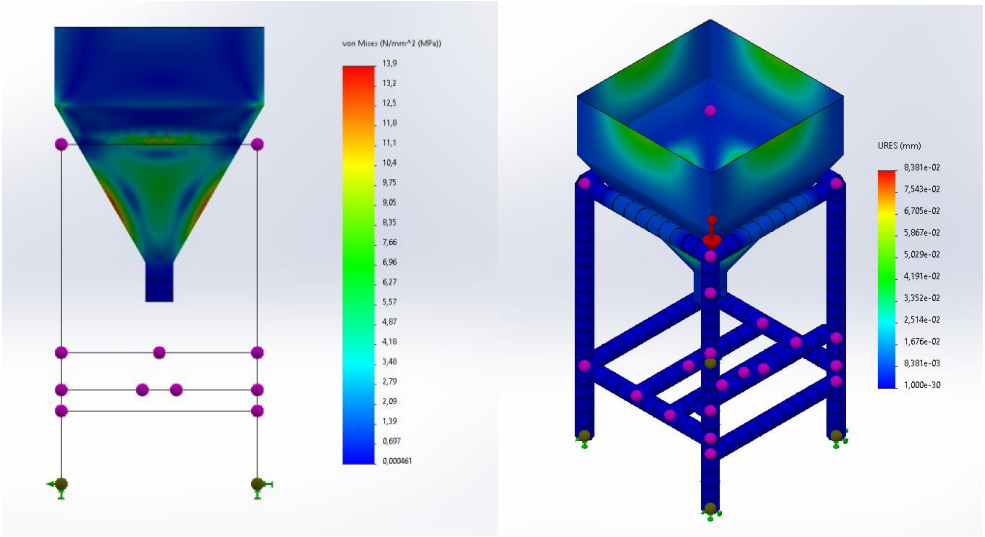
Gráfica de convergencia de malla de la estructura



La gráfica de convergencia de la tolva (Figura 3.33) permite definir en qué rango se estabiliza la simulación de elementos finitos, para de esta manera definir el desplazamiento de las paredes de la tolva. En la gráfica de convergencia de malla se observa que el factor de seguridad es estable cuando la malla tiene entre 32 mil y 68 mil nodos, por lo que se simula con 40 399 nodos para definir los esfuerzos y desplazamientos de la tolva.

Figura 3.35

Simulación de esfuerzos y desplazamientos de la tolva.

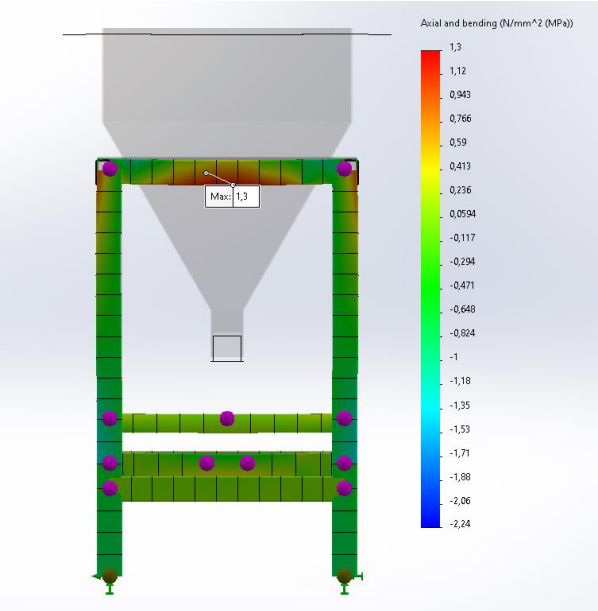


El esfuerzo máximo de la tolva es en las uniones de la chapa, es uniforme en las 4 aristas de la parte cónica de la tolva con un valor máximo de 13,9 MPa. Por su geometría que lleva a aumentar la carga en las aristas. El esfuerzo máximo está muy por debajo del límite elástico del acero inoxidable AISI 304, por lo que el factor de seguridad mínimo se da exactamente en las aristas, con un valor de 14,9. Además, los desplazamientos de la tolva en su zona más crítica no superan los 0,08381mm mostrando que la tolva es resistente y valida su diseño para soportar las cargas impuestas.

En la gráfica de convergencia de la estructura (Figura 3.34) se observan los esfuerzos producidos en la tolva, los cuales se estabilizan en 1,3 MPa entre 30 mil a 68 mil nodos. Para la simulación se toma en cuenta cuando el número de nodos es de 32 639. Obteniendo los resultados de la figura 3.35.

Figura 3.36

Simulación de esfuerzos de la estructura



Como se observa los esfuerzos de la estructura se distribuyen uniformemente debido a la simetría y geometría regular de la estructura alcanzando un esfuerzo máximo de 1,3 MPa debido a la flexión en el tubo horizontal que sostiene la tolva. Se observa que cada lado del cuadro superior y patas soporta una carga similar que se distribuyen equitativamente gracias al cuadro inferior, que igualmente soporta las cargas brindando estabilidad.

Tabla 3.31

Comparación entre valores calculados y simulados de la estructura

	Cálculos manuales	**Simulación Estructura**
Esfuerzo	$\sigma = 1{,}437\ MPa$	$\sigma = 1{,}3\ MPa$
Factor de seguridad	$n = 174$	$n = 192$

Los valores manuales y simulados permiten validar el diseño, observando que entre los valores existe un error porcentual del 9%. Para los cálculos manuales se simplifica la barra lateral a una sola, mientras que los valores simulados toman en cuenta las restricciones reales, por eso existe una desviación tan pronunciada, pero aun factible, validando el diseño de la estructura.

3.4.2. Análisis de esfuerzos sistema de 4 barras.

Para el análisis de esfuerzos del sistema de 4 barras se realiza la simulación barra por barra con las reacciones calculadas de los eslabones AB y BC. Cabe resaltar que los cálculos realizados se hacen en base a una aproximación del eslabón, por lo que también se mostrará como las cargas actúan en el eslabón AB real.

Para analizar elementos finitos se realiza un análisis de convergencia de malla, donde se tomó como muestra al eslabón AB y se hacen 13 simulaciones con diferentes tamaños de malla, yendo de la malla más gruesa a la más fina, obteniendo los resultados de la tabla 3.32.

Tabla 3.32

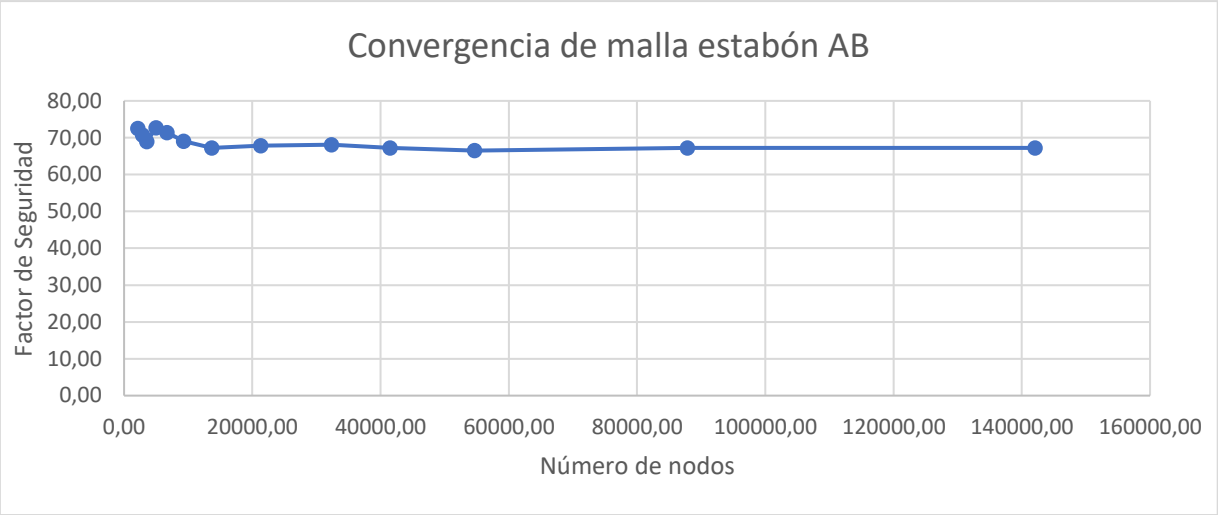
Tabla de convergencia de Malla del eslabón AB

N	Número de Nodos	Número de Elementos	Factor de Seguridad
1	2166,00	991,00	72,55
2	2913,00	1442,00	70,68
3	3531,00	1806,00	68,96
4	4986,00	2703,00	72,72
5	6691,00	3940,00	71,44
6	9273,00	5286,00	69,05
7	13665,00	7904,00	67,25
8	21343,00	12734,00	67,84
9	32342,00	20115,00	68,07
10	41471,00	25784,00	67,25
11	54662,00	34399,00	66,50
12	87862,00	57055,00	67,27
13	142085,00	93704,00	67,27

Como se observa en la figura 3.37 el factor de seguridad se estabiliza cuando el número de nodos supera los 40 000 hasta la última medición de 142 085, por lo que para el análisis de elementos finitos de los eslabones AB y BC se realiza cuando el número de nodos sea cercano a 90 000.

Figura 3.37

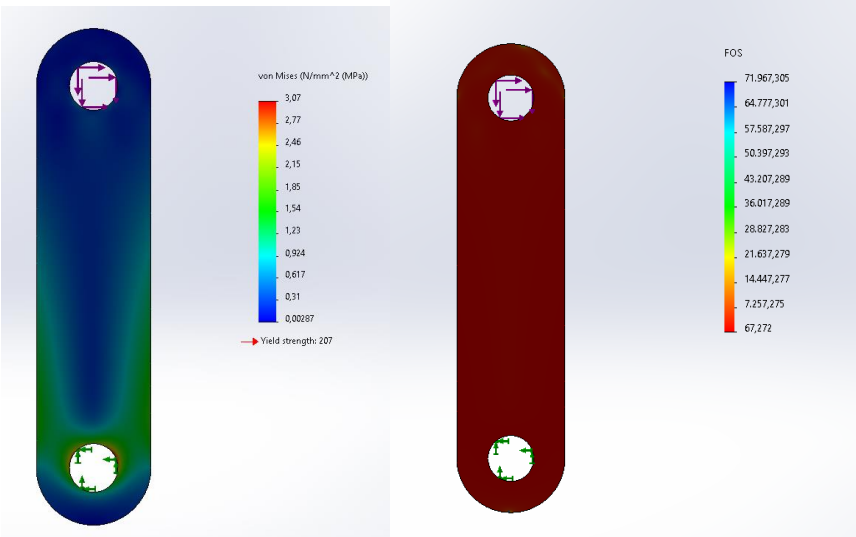
Gráfica de convergencia de malla del eslabón AB



a. Eslabón AB

Figura 3.38

Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón AB



Para la simulación del eslabón real se movieron los puntos de sujeción a las perforaciones aledañas a la perforación grande, esto no representa un gran inconveniente ya que geométricamente tienen el mismo centro, el inconveniente principal es que el esfuerzo será mayor en la perforación que está más cercana a las cargas como se observa en la figura 3.39.

Figura 3.39

Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón real AB

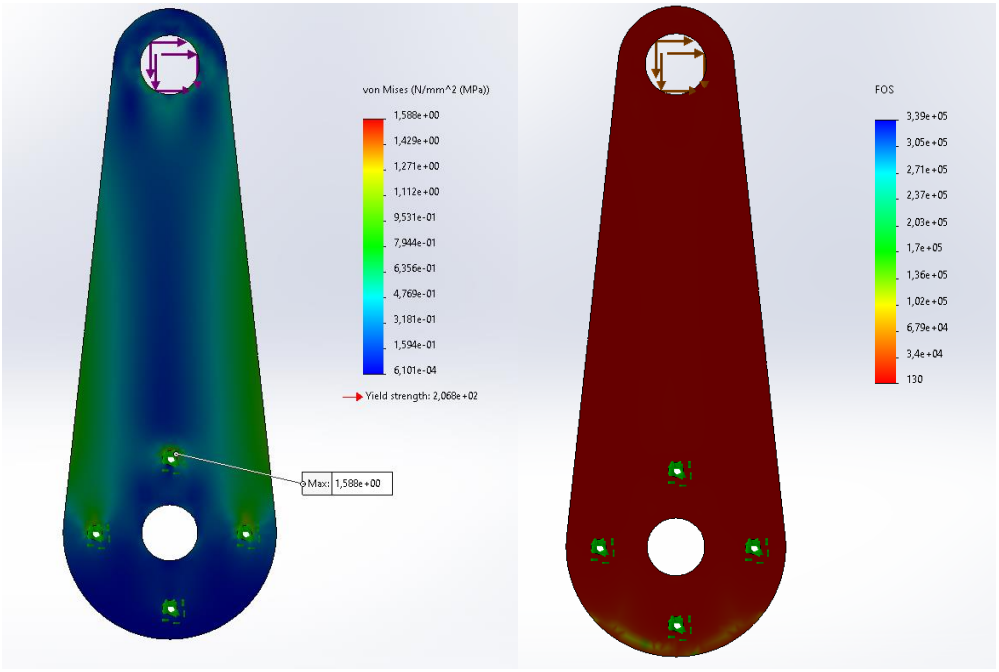


Tabla 3.33

Comparativa de esfuerzos en el eslabón AB

	Cálculos manuales	**Simulación del Eslabón aproximado**	**Simulación del Eslabón real**
Esfuerzo	$\sigma = 3{,}217\ MPa$	$\sigma = 3{,}07\ MPa$	$\sigma = 1{,}588\ MPa$
Factor de seguridad	$n = 64{,}35$	$n = 67{,}27$	$n = 130$

Según la tabla comparativa, los valores calculados y los obtenidos en la simulación del eslabón aproximado son similares con un error porcentual del 4,34 %, lo que choca con los obtenidos en la simulación del eslabón real. Existen varias razones para explicar este fenómeno, la principal es que el área transversal aumentó de 24 mm^2 a 42,3 $mm^{2,}$ por lo que la inercia será mayor en la flexión disminuyendo el esfuerzo a la mitad de su valor. Además, cabe resaltar que la perforación es más cercana a las cargas por lo que el momento también disminuye, pero no de manera considerable. De cualquier manera, los valores son aceptables y validan el diseño ya que muestran un alto factor de seguridad.

b. Eslabón BC

Los cálculos realizados para este eslabón son los reales, ya que este no cambia de forma como el eslabón AB, la única diferencia es que para la simulación se supone que el eslabón está fijo en un extremo, provocando la deformación en un solo lado del eslabón, pero este al ser simétrico se supone que la reacción del eslabón es simétrica.

Figura 3.40

Análisis de esfuerzos y factor de seguridad del eslabón BC.

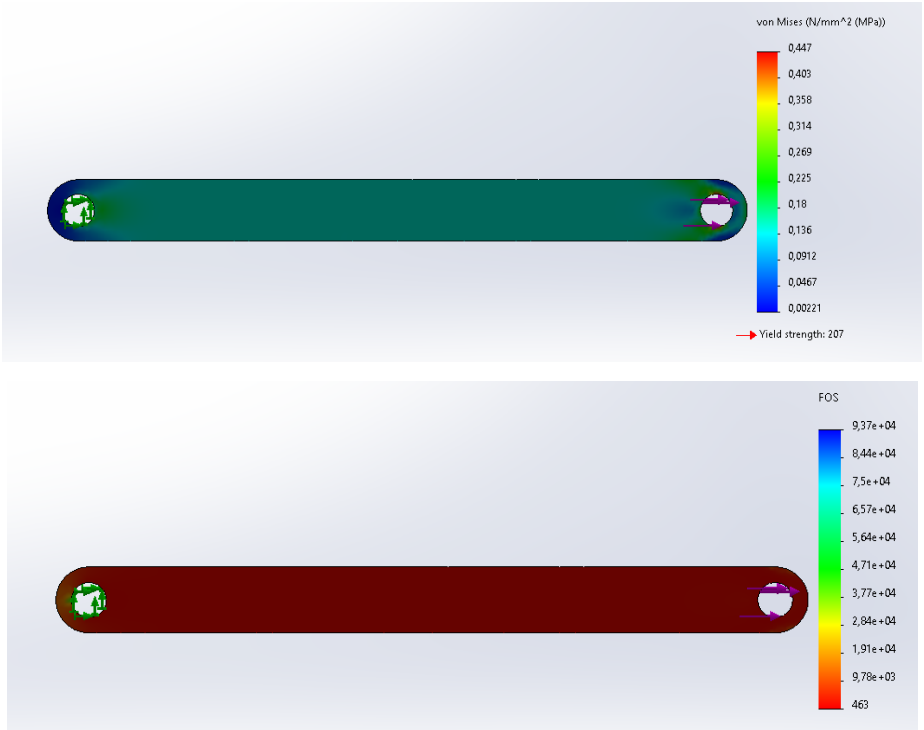


Tabla 3.34

Comparativa de esfuerzos en el eslabón CB

	Cálculos Manuales	**Simulación del eslabón**
Esfuerzo	$\sigma^P = 0{,}3097\ MPa$	$\sigma^P = 0{,}4470\ MPa$
Factor de seguridad	$n = 668$	$n = 463$

En el eslabón BC se observa un caso diferente al AB, ya que en este caso el error porcentual es del 30%, alto, pero por eso se debe a la suposición mencionada anteriormente y a sus bajos valores, que bajo cualquier variación provocará un error, pero se observa que su error es de 0,14 MPa. De cualquier manera, el factor de seguridad es alto y valida el diseño de los eslabones.

3.5.Implementación

Para la implementación de la dosificadora se toma en cuenta 2 aspectos, la implementación mecánica y electrónica, en cada apartado se toma en cuenta cada elemento y como se implementa para formar la dosificadora.

3.5.1. Sistema electrónico

a. Protección

El sistema electrónico se encuentra confinado en un gabinete de chapa metálica de 20 cm x 20 cm, el cual lo protegerá al sistema electrónico de polvo, granos más grandes y humedad para evitar posibles errores en funcionamiento y cortocircuitos.

En la compuerta del gabinete se realizan 5 modificaciones, en las cuales se colocan los elementos con los que interactuará el usuario para la operación de la dosificadora, el uso e implementación de dichos elementos se muestra en la tabla 3.35.

b. Implementación en gabinete.

Para el sistema electrónico se realiza una recapitulación de los elementos a usar, su uso e implementación en la dosificadora.

Tabla 3.35:

Elementos electrónicos e Implementación en la dosificadora.

Elemento	Uso	Implementación
Arduino UNO	Control de dosificación	Dentro del gabinete anclado a la baquelita que soportan todos los módulos. Figura 3.42
Celda de carga de viga flexible	Censado de masa en la compuerta de dosificación	En la estructura, se usa como soporte de la compuerta de dosificación y a la vez censa el peso dentro de esta. Figura 3.44

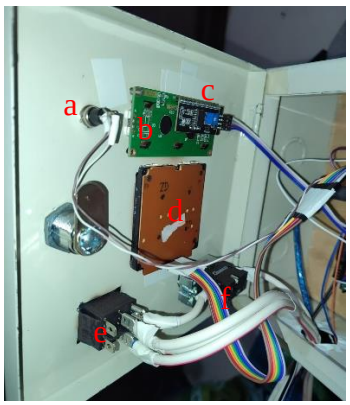
Módulo Hx711	Amplifica la señal de la celda de carga	Se implementa dentro del gabinete anclado a la baquelita Figura 3.42
Pantalla LCD 16x2	Presenta el modo de uso de la dosificadora y el peso obtenido.	En la compuerta del gabinete, sostenido por pernos. Figura 3.41
Módulo I2C	Sistema de comunicación entre la pantalla LCD y el Arduino UNO.	Está soldada a la pantalla LCD de manera directa por lo que se sostiene en la compuerta y los pines de alimentación y comunicación se conectan mediante jumpers. Figura 3.41
KeyPad 4x4	Permite la interacción de la máquina y el usuario.	En la compuerta sostenida mediante silicona y conectada directamente al Arduino mediante jumpers. Figura 3.41
Modulo Relé	Activación y desactivación del canal vibrante.	Dentro del gabinete conectado al Arduino mediante Jumpers. Figura 3.42
Servomotores	Accionamiento de la compuerta de dosificación.	Se anclan a la estructura sujetándose mediante un soporte y pernos, estos se conectan a la alimentación y al Arduino mediante cable solido # 12 ADW. Figura 3.44

Capacitor de acople 450µF	Permite el filtrado de voltaje de alimentación de 5V	Soldado a la alimentación de 5V de los servomotores. Figura 3.42
Seta de emergencia	Paro de emergencia que corta la energía de toda la máquina.	Implementada en la compuerta del gabinete conectado con cable gemelo de calibre 12. Figura 3.41
Interruptor de 6 canales	Es el interruptor de encendido y apagado de la dosificadora.	Implementada en la compuerta del gabinete conectado con cable gemelo de calibre 12. Figura 3.41
Pulsador	Permite ingresar al menú de calibración, solo cuando este se acciona al encendido de la dosificadora.	Implementada en la compuerta del gabinete conectado al Arduino UNO mediante jumpers. Figura 3.41
Resistencia 330 Ohms	Evita que la entrada del Arduino se queme al presionar el pulsador	Soldado en la placa de baquelita. Figura 3.42
Controlador de canal vibrante	Permite regular el voltaje que se envía al canal vibrante y el encendido y apagado de este.	Anclado a la estructura, para que sea de fácil acceso al usuario Figura 3.43
Regleta de alimentación	Alimenta al canal vibrante de 220V y a las fuentes de 7.4V y 5 V.	Anclado a la estructura. Figura 3.45
Fuente de 7.4V-2A	Alimenta al Arduino Uno	Conectado a la regleta de alimentación y conectado al Jack de alimentación del Arduino UNO

Fuente de 5V-3A	Alimentación externa de los servomotores	Figura 3.45 Conectado a la regleta de alimentación y conectado al Jack de alimentación de la placa Figura 3.45

Figura 3.41

Posterior de la compuerta del gabinete.



Nota: a) Pulsador de calibración b) LCD 16x2 c) Módulo I2C d) KeyPad e) Interruptor de 6 canales f)Seta de Emergencia

Figura 3.42

Parte interna del gabinete.

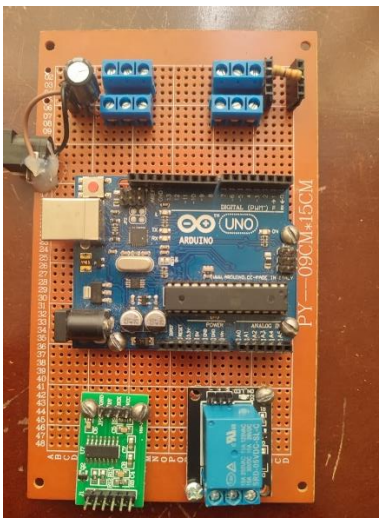


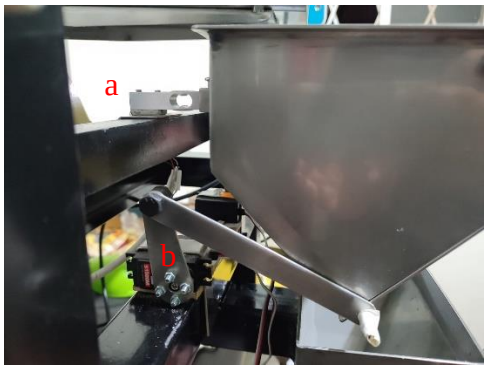
Figura 3.43

Control de voltaje del canal vibrante acoplado a la estructura.



Figura 3.44

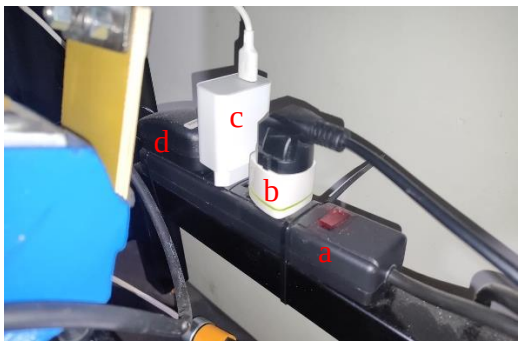
Sistema electrónico de la compuerta de dosificación



Nota: a) Galga extensiometrica b)Servomotores

Figura 3.45

conexión de fuentes de alimentación en la regleta



Nota: a) Regleta de alimentación b) Alimentación canal vibrante c) Alimentación 5 V d) Alimentación 7,4 V

Cabe resaltar que los planos del sistema eléctrico se muestran en los anexos

3.5.2. Sistema Mecánico

Para la implantación del sistema mecánico se desarrollaron 4 etapas, las cuales son el diseño, observado en la sección 3.3 y 3.4, el diseño de planos mecánicos observados en los anexos, hojas de proceso para la construcción observados en los anexos y finalmente en ensamblaje de todos los elementos observados en la figura

Figura 3.46

Ensamblaje mecánico e implementación eléctrica



3.6. Validación

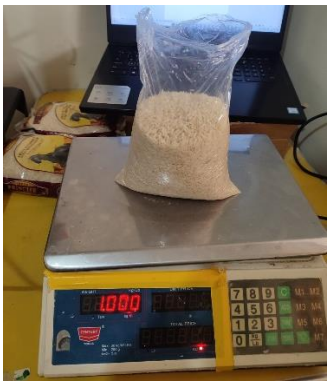
3.6.1. Calibración

La calibración de la celda de carga permite a la dosificadora obtener el valor del peso real, para esto se usa la función calibrar del código de Arduino a la que se ingresa al presionar el pulsador mientras se está encendiendo la dosificadora.

Para definir el peso referencial para la calibración se usó 1 kg de arroz el cual se midió en una balanza comercial la cual tiene una resolución de 0,005 kg o también de 0.01 lb , tal como se ve en la figura 3.47.

Figura 3.47

Peso referencial para la calibración medido en balanza comercial



Definido el valor referencial se ingresa al menú de calibración y se coloca el material en la compuerta de dosificación, cabe resaltar que para esto todos los sistemas deben estar desactivados, tanto el del canal vibrante y los servomotores que activan la compuerta de dosificación para evitar perturbaciones.

Figura 3.48

Deposición de la masa referencial para la calibración



Posteriormente es necesario retirar el material de la compuerta de dosificación y se finaliza el proceso de calibración de la máquina. El proceso de calibración solo es necesario realizarlo una vez, posteriormente este valor queda guardado en la EPROM del Arduino UNO y no se eliminará, aun cuando se cargue un nuevo código, solo será eliminado o cambiado si se ingresa a la EPROM del Arduino.

3.6.2. Protocolo de pruebas

- Pruebas sin carga: en la sección de pruebas sin carga se estudiará el funcionamiento de la máquina sin carga en la tolva, y el producto se colocará manualmente en la compuerta de medición para controlar el funcionamiento de la compuerta de dosificación.
- Pruebas de estructura: en la prueba de la estructura se colocará el producto a su capacidad máxima de 30 kg, esto para observar la reacción de la estructura y la tolva, para esto la dosificadora no tendrá alimentación eléctrica.

a. Funcionamiento integrado

Para las pruebas de funcionamiento en conjunto del sistema se realizan con 3 ciclos de pruebas, en las que se realiza el pesaje en diferentes sistemas de unidades y diferentes valores que se explican a continuación. Para esto la tolva estará cargada con su máxima capacidad.

- 100 pruebas de 1 lb: Se hacen 100 dosificaciones de 1 lb porque es el valor más usado en las microempresas.
- 30 pruebas de 1 kg: Se realizan 30 mediciones para comprobar la efectividad de la dosificadora en medir valores de kg y el máximo de su capacidad.
- 1 ciclo de pruebas para definir la capacidad mínima de pesaje.
- Tiempo de dosificación: Durante los ciclos de prueba de 100 libras y 30 kilogramos se monitoreará el tiempo de dosificación para definir el volumen de producción de la dosificadora, esto con la ayuda de un cronómetro para definir el tiempo medio de dosificación.

Para definir si el valor es correcto o no se usa una balanza comercial para comparar los valores obtenidos con el valor esperado, siguiendo la ecuación 15 de error porcentual.

$$Error\ Porcentual = \left|\frac{v_E - v_O}{v_O}\right| x\ 100\% \quad (15)$$

Donde

v_E= Valor esperado y v_O= Valor obtenido

3.6.3. Pruebas de funcionamiento sin carga

La primera prueba de funcionamiento se realiza sin carga, colocando el arroz a dosificar manualmente, esto para comprobar el funcionamiento correcto del sistema de pesaje y accionamiento de la compuerta. Después se comprueba el accionamiento del canal vibrante y el funcionamiento de todo el conjunto de la dosificadora.

3.6.4. Pruebas de tolva y estructura

La prueba de resistencia de la tolva y la estructura se llevó a cabo mediante la aplicación de una carga de 30 kg de arroz en la tolva. Esta carga representa el nivel de trabajo para el cual tanto la tolva como la estructura fueron diseñadas. Se observó que la estructura fue capaz de soportar esta carga sin experimentar inconvenientes.

Figura 3.49

Tolva bajo carga máxima



3.6.5. Pruebas de funcionamiento integrado

a. 100 pruebas de 1 lb

Los valores de las pruebas de funcionamiento se resumen en la tabla 3.36, en la que se presentan los errores en porcentaje y la frecuencia de estos, los valores de las 100 dosificaciones se muestran en los anexos.

Tabla 3.36

Frecuencia de errores porcentuales de las 100 mediciones de 1 lb

Error %	Frecuencia
18	1
8	1
4	4
3	9
2	29
1	26
0	30
Total	100

Basado en la tabla 3.36, presenta que el error más frecuente es del 2%, también se observa que es común el error del 1% y que existen fluctuaciones del 3 y 4%, pero no comunes, los valores agravantes son los valores de error del 8% y 18%, que se deben a errores de medición, representan el 2% del total de las mediciones y son casos excepcionales que ocurren ocasionalmente.

Tabla 3.37

Valores aritméticos de los errores obtenidos de las 100 mediciones de 1 lb

Media Aritmética	Error (%)
Media	1,53
Moda	0
Mediana	1

También se define la media, moda y mediana de los valores obtenidos para definir los errores más comunes y sus implicaciones y los errores de mayor valor producidos. En la tabla 3.37 se observa que la media de error de todas las mediciones es de 1,53%.

Tabla 3.38

Valor máximo y mínimo obtenido de las 100 mediciones de 1 lb

	Valor(lb)
Máximo Valor	1,18
Mínimo Valor	0,92

La tabla 3.38 muestra los valores de los errores máximos y mínimos, se observa que los errores están por encima y debajo del valor deseado de 1 lb, el valor de 1,18 lb nos da indicios de que pueden existir fallas y es necesario tener un pequeño control de calidad en las dosificaciones realizadas.

b. 30 pruebas 1kg

Para las 30 dosificaciones de 1 kg se obtuvieron los datos mostrados en la tabla 3.39.

Tabla 3.39

Frecuencia de errores de las 30 dosificaciones de 1 kg

Error %	Frecuencia
1	5
0,5	6
0	19

El error más común es de 0,5%, un error bastante pequeño, además de que en estas 30 mediciones no existió un error mayor al 1%, la razón puede ser porque entre más pequeño el valor del peso la precisión será menor.

Tabla 3.40

Valores aritméticos de los errores obtenidos de las 30 mediciones de 1 kg

Media Aritmética	Error (%)
Media	0,27
Moda	0
Mediana	0

De los valores obtenidos se observa que la media de error es de 0,27%, un error pequeño, lo que fortalece la teoría de que a menor la medida, la precisión disminuye.

Tabla 3.41

Valor máximo y mínimo obtenido de las 30 mediciones de 1 kg

	Valor
Máximo Valor	1,01
Mínimo Valor	0,99

Dentro de los valores máximo y mínimo se observa aquellos que produjeron un 1% de error, tanto superior e inferior al valor esperado.

c. Ciclo de pruebas de capacidad mínima

Para definir la capacidad mínima de dosificación se realizan pruebas de dosificación de valores menores a 0,5 lb, los cuales irán disminuyendo progresivamente hasta definir el valor en el que el error promedio supere el 3%, el cual será el valor critico de dosificación. Para esto se realiza10 pruebas en as que se calcula el error y se define el error promedio.

Tabla 3.42

Errores promedio de dosificaciones para definir el valor mínimo a dosificar

#	Valor esperado (lb)	Valor Obtenido (lb)	Error (%)	Valor esperado (lb)	Valor Obtenido (lb)	Error (%)	Valor esperado (lb)	Valor Obtenido (lb)	Error (%)
1	0,5	0,51	2	0,4	0,42	5	0,3	0,33	9,1
2	0,5	0,49	2	0,4	0,42	5	0,3	0,31	3,2
3	0,5	0,49	2	0,4	0,41	2,5	0,3	0,31	3,2
4	0,5	0,49	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
5	0,5	0,5	0	0,4	0,41	2,5	0,3	0,3	0
6	0,5	0,51	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
7	0,5	0,5	0	0,4	0,41	2,5	0,3	0,32	6,25
8	0,5	0,51	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
9	0,5	0,49	2	0,4	0,42	5	0,3	0,32	6,25
10	0,5	0,5	0	0,4	0,42	5	0,3	0,31	3,2
Promedio			**1,4**			**2,75**			**5,00**

Según la tabla 3.42, el error promedio para 0,3 lb es del 5%, superando el error crítico de 3%, por lo que la medición mínima recomendada es de 0,4 lb o 18,1 gramos con un error promedio de 2,75 %. En base a las mediciones también se define que en general en todas las dosificaciones cuentan con un error máximo de ±0.02lb, por lo que esto es la condicional de todas las dosificaciones.

3.6.6. Tiempo de dosificación

El tiempo de dosificación depende de la cantidad a dosificar, por lo que es un valor variable, para definir el tiempo de dosificación se usó los valores de los 2 ciclos de pruebas, es decir, el tiempo de dosificación de 1 lb y el tiempo de dosificación de 1 kg.

Tabla 3.43

Tiempos de dosificación en segundos

Medición	1 libra	1 kilogramo
1	19,41	30,40
2	24	37,35
3	16,29	36,96
4	21,83	38,12
5	19,63	38,35
6	19,07	33,95
Tiempo Promedio (s)	20,04	35,86

Basados en la tabla 3.42 se obtiene que el promedio de dosificación de 1 lb es de 20 segundos, a un promedio de 3 ciclos de dosificación por minuto, mientras que el tiempo de dosificación de 1 kg es de 35,86 segundos, que sería un promedio de 5 ciclos de dosificación cada 3 minutos. Según los datos se estima que la capacidad de producción es de 180 libras/hora cuando el sistema de medida son libras y una producción de 100 kilogramos/hora si el sistema de medida son kilogramos.

3.6.7. Costos

Los costos de producción de la dosificadora dividen en 3 clases: eléctricos, mecánicos y otros elementos, considerando los costos unitarios de cada elemento y en su conjunto.

Tabla 3.44

Costos de elementos eléctricos de la dosificadora

Eléctricos	Cantidad	Valor unitario (USD)	Costo Total (USD)
Arduino UNO	1	14,5	14,5
Módulo Hx711	1	3,5	3,5
Celda de Carga de 10kg	1	7,5	7,5
Módulo Relé	1	4,5	4,5
Pantalla LCD 16x2	1	4,5	4,5
Módulo I2C	1	2,5	2,5
Capacitor 455 uF	1	0,35	0,35
Resistencia 330 Ohms	1	0,15	0,15
Servomotores	2	11,5	23
KeyPad 4x4	1	7,9	7,9
Canal vibrante GZV2	1	306	306
Pulsador NA	1	0,8	0,8
Interruptor de 6 terminales	1	1,5	1,5
Paro de Emergencia	1	5	5
Regleta Cortapicos de 6 conectores	1	9,5	9,5
Fuente de alimentación regulable (7,4VDC)	1	14	14
Fuente de alimentación 5VDC	1	8	8
Subtotal eléctrico			413,2

Tabla 3.45

Costos mecánicos de la dosificadora

Mecánicos	Cantidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Manufactura de máquina	1	350	350
Pernos 1/4 acero negro 2 pulg de largo	2	0,2	0,4
Pernos 1/4 acero negro 1/2 pulg de largo	4	0,1	0,4
Pernos 1/4 acero inoxidable 1/2 pulg de largo	3	0,15	0,45
Pernos 1/8 acero negro	8	0,05	0,4
Perno M6	2	0,15	0,3

Perno M5	2	0,15	0,3
Subtotal mecánico			352,25

Tabla 3.46

Costos de elementos variables

Otros Elementos	Cantidad	Unidad	Valor Unitario (USD)	Valor Total (USD)
Gabinete eléctrico 20x20 cm	1	Unidad	19,5	19,5
terminales Eléctricos	10	Unidades	0,1	1
Cable calibre 12	2	Metros	1	2
Cable ADW 12	1	Metros	1,5	1,5
Jumpers	10	Unidades	0,1	1
Costos varios	-	-	5	5
Subtotal				30

Definidos los subtotales de cada categoría de se procede a calcular el costo total de la dosificadora.

Tabla 3.47

Costos Totales de la dosificadora

Costos totales	Valor en dólares estadounidenses
Subtotal Eléctricos	413,2
Subtotal Mecánicos	352,25
Subtotal de Otros Elementos	30
Total	795,45

Se obtiene que el valor de producción de la dosificadora es de 795,45 dólares, ya tomando en cuenta la mano de obra dentro de los costos mecánicos y la importación del canal vibrante. En los costos mecánicos de la tabla 3.44 está el apartado de manufactura de máquina, en ese valor está el valor de los materiales usados y la mano de obra en la construcción, por lo que este valor puede variar dependiendo del lugar de manufactura y los proveedores.

Capítulo 4

4.Conclusiones y Recomendaciones.

4.1.Conclusiones

Para construir máquinas enfocadas a pequeñas empresas, es esencial considerar varios parámetros clave. La máquina debe ser de tamaño compacto para adaptarse a espacios limitados, precisa para garantizar la calidad del producto, de bajo costo para ser accesible a pequeñas empresas, de fácil mantenimiento para reducir costos operativos y permitir una larga vida útil. La atención a estos parámetros garantizará que las máquinas sean adecuadas y beneficiosas para las necesidades específicas de las pequeñas empresas.

Para el diseño final del sistema de dosificación se adopta una dosificadora gravimétrica por ganancia de peso, controlada por un microcontrolador Arduino. El diseño consta de tres etapas, deposición del material en una tolva, su transporte a través de un canal vibrante y, medición y dosificación mediante un sistema de compuertas. El diseño es semiautomático, buscando la presencia constante del operario buscando una supervisión constante del proceso.

La implementación exitosa de la concepción mecatrónica diseñada constituye un logro técnico fundamental. Se ha logrado la materialización y ensamblaje del sistema, integrando armoniosamente los componentes mecánicos y electrónicos. Con dimensiones de base de 581 mm x 416 mm y una altura de 902 mm, teniendo un tamaño compacto de 0,218 metros cúbicos. La elección de materiales, con una estructura de tubos de acero negro y componentes en contacto con alimentos de acero inoxidable AISI 304, garantiza no solo robustez y durabilidad, sino también el cumplimiento de estándares de seguridad alimentaria.

El proceso de validación de la dosificadora demuestra un alto nivel de precisión, alcanzando un 98,47% para libras y 99,73% para kilogramos. Se observa que, a medida que la dosificación disminuye, el error aumenta, estableciendo un valor mínimo de 0,4 libras con una precisión del 97,25%. Las pruebas revelan que la moda de los errores se mantiene en ±0,02 libras. Además, la máquina presenta una capacidad productiva sólida,

alcanzando 180 libras/hora en el sistema de medidas en libras y 100 kilogramos/hora en el sistema internacional, aunque estos valores pueden variar según el contenido a dosificar. Todo esto se logra a un costo razonable de 795,45 dólares, consolidando la dosificadora como una solución eficaz, precisa y económicamente viable para su implementación en empresas pequeñas.

4.2.Recomendaciones

Se recomienda realizar un estudio de mercado más extenso para para tomar en cuenta los requerimientos de diseño una dosificadora óptima para las pequeñas empresas. Esto proporcionará información valiosa sobre la adaptabilidad del sistema a diversas industrias.

Considerando si se desea ampliar el alcance de la dosificadora se recomienda buscar alternativas para el sistema de control y los periféricos que controlan el sistema, para de esta manera actualizar la dosificadora tomando en cuenta las nuevas tecnologías y explorando otras aplicaciones específicas enfocadas en otros sectores.

Considerando la aplicación práctica en el ámbito de las pequeñas empresas, se sugiere desarrollar manuales de usuario detallados y programas de capacitación. Esto facilitará una implementación efectiva del sistema en entornos empresariales reales.

Observando el funcionamiento de la máquina se recomienda desarrollar un sistema de alimentación de la tolva para facilitar la carga de la tolva, ya que de momento esto se realiza manualmente y pude llegar a ser tardado si se alimenta la tolva de poco material en poco material o muy peligroso si se carga la tolva con mucho material al mismo tiempo, ya sea por el peso o por el tambaleo de la máquina,

5.Bibliografía

[1] "Envasado y empaquetado de productos alimentarios. INAD0108 - Manuel Rodríguez Peula - Google Libros." https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=3EspEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT3&dq=empaquetado+de+productos&ots=C2DN6kmHw_&sig=SuOHse6TdSyv5IGv-0Dy8Xh_3d0#v=onepage&q=empaquetado de productos&f=false (accessed Nov. 06, 2022).

[2] S. Mateo, R. Tutor, J. Gisbert, S. Cotutor, M. Sanz, and A. Vicente, "Diseño de una maquina de alimentación, dosificadora de alimentos semisólidos," Sep. 2022, Accessed: Nov. 06, 2022. [Online]. Available: https://riunet.upv.es/handle/10251/185473

[3] La Hora, "Consumo de arroz en Ecuador es mayor que en Colombia y Perú – Diario La Hora," Sep. 16, 2021. Accessed: Aug. 28, 2023. [Online]. Available: https://www.lahora.com.ec/pais/ecuador-come-mas-arroz-que-vecinos/

[4] U. Y. Sociedad *et al.*, "40 RICE AND ITS IMPORTANCE IN RURAL ENTREPRENEURSHIPS OF AGRI-CULTURAL BUSSINESS AS A LOCAL DEVELOPMENT MECHANISM OF SAM-BORONDÓN EL ARROZ Universidad de Guayaquil. Ecuador. Cita sugerida (APA, sexta edición)," 2019.

[5] A. D. Velastegui Huebla, "Ingeniería conceptual básica y de detalle para la construcción de una máquina dosificadora y selladora de fideos cortos en paquetes Doypack en la empresa Pastificio Chimborazo," 2015, Accessed: Oct. 19, 2023. [Online]. Available: http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/handle/21000/10257

[6] C. Humberto Pinto Fajardo and H. Durán Sánchez, "Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales", Accessed: Feb. 11, 2023. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/

[7] K. Jazmín, C. Quimí, J. Miguel, and V. García, "Rediseño de una dosificadora de cereal de tipo volumétrico a una de tipo gravimétrico," 2016, Accessed: Feb. 11, 2023. [Online]. Available: http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36983

[8] E. F. Morán Figueroa, “Máquina dosificadora de leche para la alimentación de terneras en la provincia del Carchi.,” Oct. 2015, Accessed: Feb. 11, 2023. [Online]. Available: http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4612

[9] “DirectIndustry - El marketplace B2B de la industria: sensores, automatismos, motores, bombas, manipulación, embalajes, etc.” https://www.directindustry.es/ (accessed Aug. 24, 2023).

[10] MOYA BEJARANO CRISTIAN PATRICIO, “DISEÑO DE UN DOSIFICADOR SEMIAUTOMÁTICO POR TORNILLO SIN FIN PARA UCHU JACU EN LA ORGANIZACIÓN UNOPAC DE LA PARROQUIA AYORA DEL CANTÓN CAYAMBE.,” Universidad Técnica del Norte, Ibarra, 2016.

[11] MORALES TOAPANTA EMILIO ENRIQUE, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR Y EMPACADOR DE PRODUCTO ALIMENTICIO MOLIDO Y SECO DE 50 GR,” Escuela Politécnica del Ejército - Extensión Latacunga, Latacunga, 2010.

[12] Coperion, “ Coperion.” https://www.coperion.com/en (accessed Feb. 11, 2023).

[13] Acrison, “Acrison Español.” https://acrison.com/es/ (accessed Oct. 19, 2023).

[14] C. P. Fajardo and H. D. Sánchez, “Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales,” *Ing. en Autom.*, Jul. 2006, Accessed: Oct. 19, 2023. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/78

[15] “3 CLASES DE DOSIFICADORA DE LIQUIDOS COMO FUNCIONA.” https://www.tecnomack.com/3-clases-de-dosificadora-de-liquidos/ (accessed Oct. 19, 2023).

[16] I. Zuriguel, “Flujo y atascos de un medio granular en la descarga de silos,” p. 143, 2005, [Online]. Available: http://fisica.unav.es/publicaciones/Tesis/Zuriguel.pdf

[17] C. S. Design, “Computer-aided silo design,” no. l, pp. 237–240, 2004.

[18] “MECANOTECNIA: DISEÑO MECÁNICO DE TOLVAS INDUSTRIALES (PRIMERA PARTE).” http://mecanotecnia.blogspot.com/2017/01/diseno-

mecanico-de-tolvas-industriales.html (accessed Feb. 12, 2023).

[19] D. McGlinchey, “Characterisation of Bulk Solids,” *Characterisation Bulk Solids*, pp. 1–264, Mar. 2009, doi: 10.1002/9781444305456.

[20] John Wiley & Sons, “Mechanical Engineers’ Handbook,” in *Mechanical Engineers’ Handbook*, Tercera., Myer Kuts, Ed. New Jersey, 2006, pp. 349–395.

[21] L. F. Valderrama and J. M. Flórez, “Diseño y validación de una máquina de envase para productos líquidos en cinco presentaciones diferentes,” 2021. Accessed: Feb. 12, 2023. [Online]. Available: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/794

[22] A. Kadam and M. Pisotre, “Modal Analysis of Vibratory Bowl Feeder Machine,” *Int. J. Recent Technol. Mech. Electr. Eng.*, vol. 4, no. 12, pp. 05–10, Dec. 2017, Accessed: Feb. 12, 2023. [Online]. Available: https://ijrmee.org/index.php/ijrmee/article/view/118

[23] “IMS - Industrias Mecánicas SEGUÍ®.” http://www.industriasegui.com/ (accessed Aug. 25, 2023).

[24] “Máquinas Codificadoras | Codificadoras Perú | Marcado de Productos.” https://vymperu.com/ (accessed Oct. 08, 2023).

[25] “JX Automation Industry Co., Ltd Store - Las pequeñas órdenes Tienda Online, venta caliente y más en AliExpress.” https://es.aliexpress.com/store/910315339 (accessed Aug. 25, 2023).

[26] F. V. Gallego, “Sensores y actuadores PID_00247316”.

[27] “Celdas de carga.” https://mx.omega.com/prodinfo/celdas-de-carga.html (accessed Aug. 25, 2023).

[28] “Módulo HX711 Transmisor de celda de carga.” https://naylampmechatronics.com/fuerza-peso/147-modulo-hx711-transmisor-de-celda-de-carga.html (accessed Aug. 25, 2023).

[29] A. Delgado Díez, “INGENIERÍA DE MÁQUINAS ‘ACTUADORES HIDRÁULICOS’ 5º INGENIERÍA INDUSTRIAL”.

[30] M. Jesús, E. Tornero, A. José, and R. Fernández, “ACTUADORES NEUMÁTICOS 5º Ingeniería Industrial”.

[31] WEG-S.A., “Motores Eléctricos Guía de Especificación,” *Mot. Eléctricos WEG*, p. 67, 2016.

[32] “Motores eléctricos”.

[33] J. Ruiz, D. Solar, and R. Salazar, “INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA.-CAPITULO 2. UNIVERSIDAD DE CHILE FACULTAD DE CS. FS. Y MATEMÁTICAS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA SENSORES, ACTUADORES Y EFECTORES”.

[34] “Robotics: Electronica y Robótica.” https://roboticsec.com/ (accessed Nov. 02, 2023).

[35] “Pololu Robotics and Electronics.” https://www.pololu.com/ (accessed Nov. 02, 2023).

[36] Jose Maria Angulo Usategui, *Microprocesadores y Microcontroladores*.

[37] “Basics of PLCs A quickSTEP Online Course,” 2016, Accessed: Aug. 28, 2023. [Online]. Available: www.usa.siemens.com/step

[38] “Guía de PLC | Controladores lógicos programables | RS.” https://es.rs-online.com/web/content/blog-rs/ideas-consejos/guia-plc (accessed Oct. 23, 2023).

[39] F. Sempértegui, P. D. Rector María Augusta Espín, M. Mercedes Gavilánez, M. Posso Zumárraga, M. Sc Vicerrector Administrativo Financiero, and G. Terán Juan Carlos Cobos Marco Chiluisa, “Microcontroladores,” *Prod. DOCENTES UCE*, Feb. 2022.

[40] “▷ TODO sobre las placas de desarrollo en 2020 | Placas de Desarrollo.” https://www.placasdedesarrollo.com/ (accessed Oct. 29, 2023).

[41] “Arduino® UNO R3”.

[42] “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.” https://www.fao.org/home/es (accessed Nov. 03, 2023).

[43] Martin, “Manejo de Materiales,” in *Manejo de Materiales*,

[44] “China Transportador de banda Fabricante, transportador de rodillos, transportador de placa de cadena Proveedor - Zhengzhou Syoung Machinery Co., Ltd.” https://es.made-in-china.com/co_zzsyoung/ (accessed Nov. 02, 2023).

[45] “Zhengzhou Weizhengyuan Automation Equipment Co., Ltd.” https://zzwzy.en.alibaba.com/es_ES/minisiteentrance.html?spm=a2700.details.0.0.3632658fih4eD5&from=detail&productId=1600780477863 (accessed Nov. 02, 2023).

[46] A. Kumar, R. Sharma, S. Kumar, and P. Verma, “A review on machining performance of AISI 304 steel,” *Mater. Today Proc.*, vol. 56, pp. 2945–2951, Jan. 2022, doi: 10.1016/J.MATPR.2021.11.003.

[47] “Amazon.com: Célula de carga de botón, diámetro de 0.787 in, protección IP65, acero inoxidable, tiempo de respuesta rápida, sensor de fuerza de compresión para probadores de envejecimiento (22.0 lbs) : Industrial y Científico.” https://www.amazon.com/-/es/protección-inoxidable-compresión-probadores-envejecimiento/dp/B0CDRGY8QQ/ref=sr_1_2?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&crid=1YPKB90O7U18X&keywords=celda%2Bde%2Bcarga%2Bboton&qid=1698807063&sprefix=celda%2Bde%2Bcarga%2Bboton%2Caps%2C230&sr=8-2&th=1 (accessed Nov. 02, 2023).

[48] “Amazon.com: DYMH-103 22.0 lbs mini tensión y sensor de fuerza de compresión en línea célula de carga aplicable al espacio pequeño : Industrial y Científico.” https://www.amazon.com/-/es/DYMH-103-tensión-compresión-aplicable-espacio/dp/B07H58ZH8C/ref=sr_1_2?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&crid=1PF3MTP4WX2WP&keywords=celda%2Bde%2Bcarga%2Bcompresion%2Btension%2B10kg&qid=1698807221&sprefix=celda%2Bde%2Bcarga%2Bcompresion%2Btension%2B10kg%2Caps%2C133&sr=8-2&th=1 (accessed Nov. 02, 2023).

[49] “Amazon.com: CALT DYLY103 - Sensor de celda de carga de haz de compresión y tensión de presión de tracción de 22.0 lbs : Industrial y Científico.” https://www.amazon.com/-/es/CALT-DYLY103-compresión-tensión-

tracción/dp/B01F6IOW4K/ref=sr_1_10?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&crid=1WOWYBROO6E1T&keywords=celda%2Bde%2Bcarga%2BS%2B10kg&qid=1698807433&sprefix=celda%2Bde%2Bcarga%2Bs%2B10kg%2Caps%2C321&sr=8-10&th=1 (accessed Nov. 02, 2023).

[50] Surpass Hobby USA, "Surpass Hobby USA." https://surpasshobbyusa.net/ (accessed Nov. 02, 2023).

[51] "Servo motor con Arduino | Arduino.cl - Compra tu Arduino en Línea." https://arduino.cl/servo-motor-con-arduino/ (accessed Sep. 06, 2023).

[52] "Mini Servo RC 1/10 de alta velocidad, engranajes de Metal, 9g, 15kg, 20kg, 25kg, 30kg, para coche rc 1/8, 1/12, 1/10 - AliExpress." https://es.aliexpress.com/item/1005003004242242.html?spm=a2g0o.productlist.main.3.1f049ff5g7I0q7&algo_pvid=5b865df8-ddcc-4e38-8eb9-7ab768c7d6d7&algo_exp_id=5b865df8-ddcc-4e38-8eb9-7ab768c7d6d7-1&pdp_npi=4%40dis%21USD%2117.12%2111.47%21%21%2117.12%21%21%402102322411694023140423179 8eb2c4%21120000023169933496%21sea%21EC%210%21AS&curPageLogUid=7VqyrxUYyAa1 (accessed Sep. 06, 2023).

[53] "TECmikro Ecuador." https://tecmikro.com/ (accessed Nov. 02, 2023).

[54] "Arduino Tutorials – Chapter 42 – Numeric Keypads | tronixstuff.com." https://tronixstuff.com/2013/12/16/arduino-tutorials-chapter-42-numeric-keypads/ (accessed Sep. 06, 2023).

[55] "Arduino - Home." https://www.arduino.cc/ (accessed Nov. 02, 2023).

[56] Rs-Components, "Datasheet Raspberry Pi Model B," *Raspberrypi.Org*, no. June, p. 1, 2019, [Online]. Available: https://datasheets.raspberrypi.org

[57] "ESP32 Series Datasheet 2.4 GHz Wi-Fi + Bluetooth ® + Bluetooth LE SoC Including," 2023, Accessed: Nov. 02, 2023. [Online]. Available: www.espressif.com

[58] C. C. E. de Normalización, *UNE-EN 1991-4:2011, Acciones en estructuras, Parte 4: Silos y depósitos, Madrid, Spain: AENOR Asociación Española de Normalización*. 2011.

Anexos

1. Planos Eléctricos
2. Elementos electrónicos usados
3. Planos Mecánicos
4. Hojas de procesos de elementos mecánicos
5. Código Arduino
6. Valores de pruebas de funcionamiento

PlanosElectricos_Prototipo2

Colección

REV.	DATE	NAME	CHANGES
1	01/03/2023	PC	

Orozco Henry

Universidad Tecnica del Norte

REVISION 1

CONTRACT :

User data 1

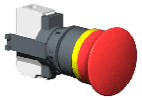
User data 2

SCHEME 001

SOLIDWORKS Electrical

Document realized with version : 2023.0.0.502

-S1
P =


-S2


-A2
P =


-A3
P =


-M2
P =


-M3
P =


-A1
P =


-N1
P =


-K1
In =


-N2
P =


-N3
P =


-M1
P =


-S3
P =


-N4
P =


-N5
P =


-P1
P =


				REVISION
				1
1	08/12/2023	orozc		
REV.	DATE	NAME	CHANGES	SCHEME
				004

Universidad Tecnica del Norte

Colección

CONTRACT:

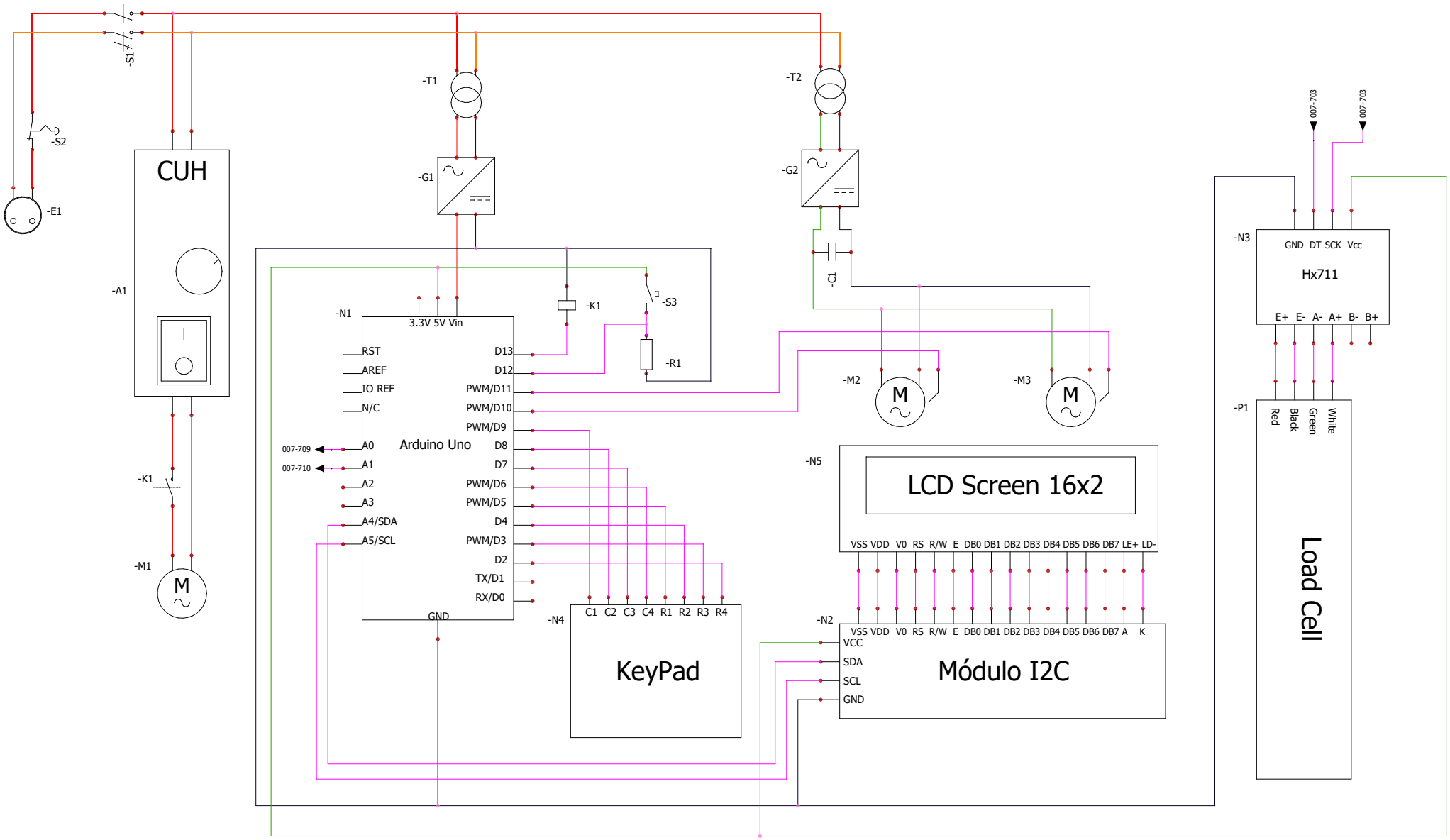
LOCATION: +L1 Armario principal

User data 1

User data 2

SOLIDWORKS Electrical

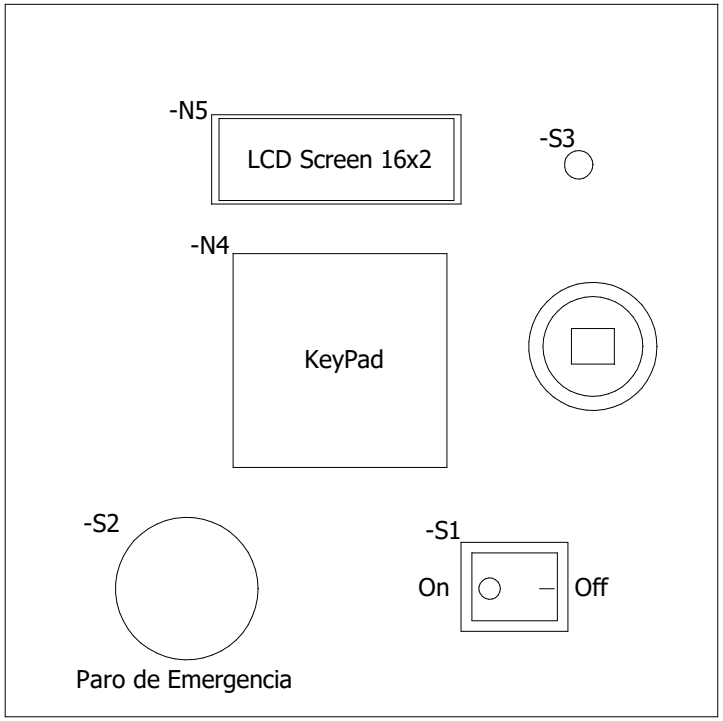
Document realized with version : 2023.0.0.502

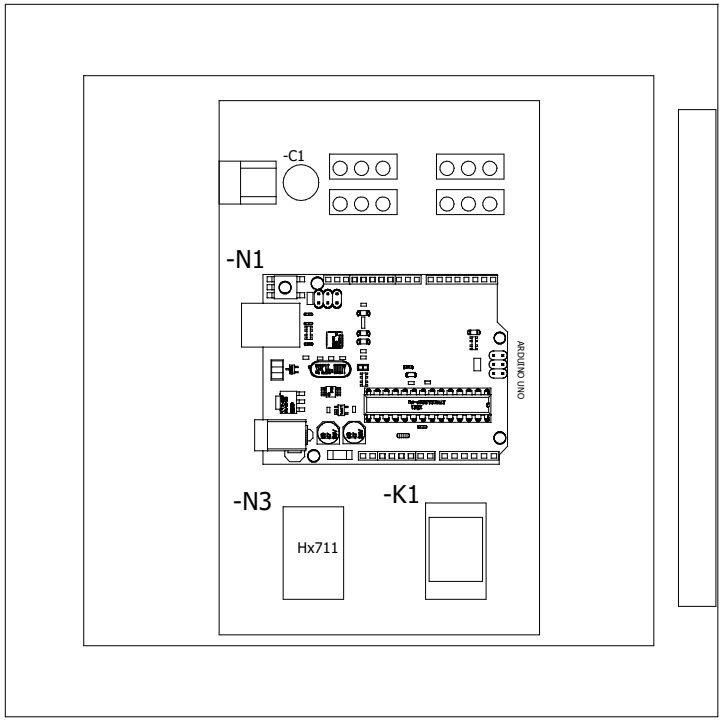


Universidad Tecnica del Norte	Colección			REVISION 1
		1	08/12/2023 orozc	SCHEME 007
		REV.	DATE NAME	CHANGES
CONTRACT:	LOCATION: +L1 Armario principal	User data 1		User data 2

SOLIDWORKS Electrical

Document realized with version : 2023.0.0.502



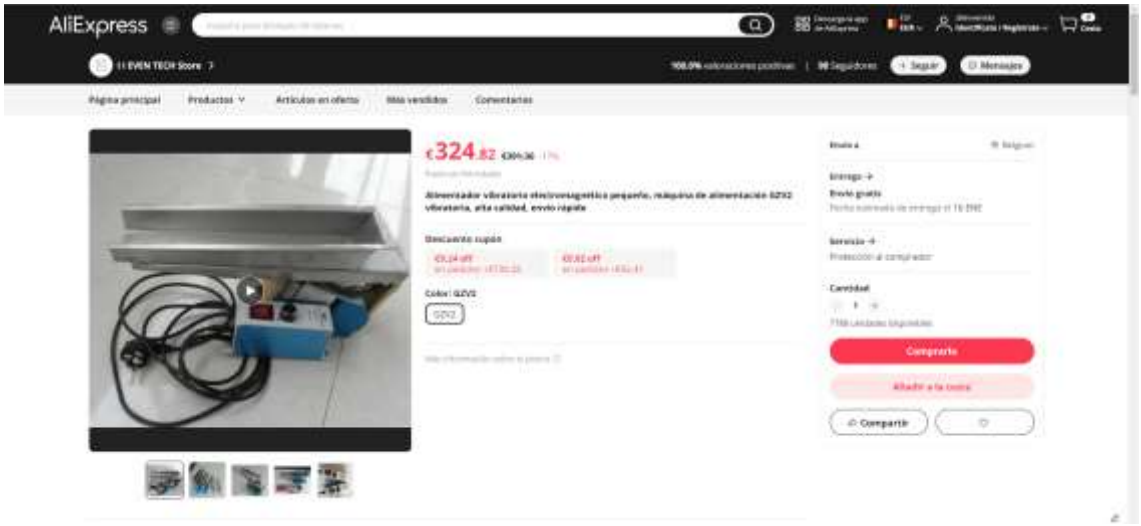


SOLIDWORKS Electrical

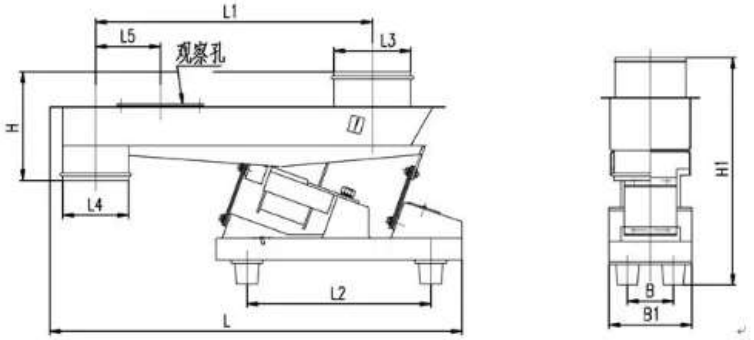
Universidad Tecnica del Norte	Colección				SCALE 1 / 1.5
		1	09/01/2024	orozc	REVISION 1
		REV.	DATE	NAME	CHANGES
CONTRACT:	LOCATION: +L1 Armario principal	User data 1		User data 2	DRAWING 010

Document realized with version : 2023.0.0.502

Anexo 2



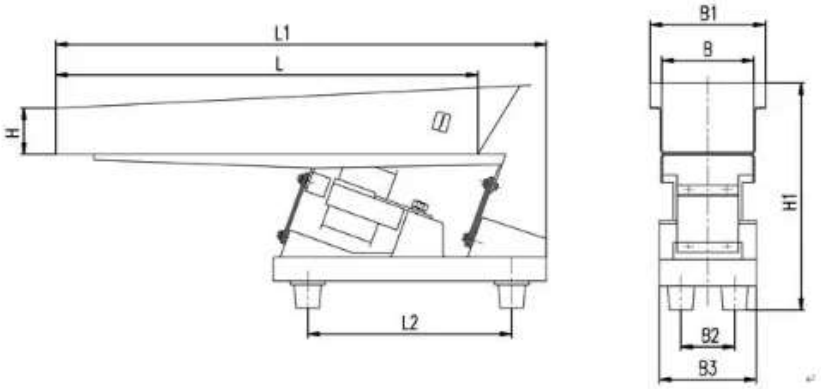
Model	Productivity t/h	Double amplitude mm	Number of vibrations Times/minute	Rated voltage V	Rated current A	Active power W	Weight kg
GZV0.5	0.05	1.5	3000	AC220	0.06	3.5	5
GZV1	0.1				0.08	5	4.5
GZV1F							5.5
GZV2	0.5				0.12	8	7
GZV2F							8
GZV3	1				0.15	20	12
GZV3F							14
GZV4	2				0.2	25	18
GZV4F							21
GZV5	4				0.25	30	27
GZV5F							30
GZV6	6				0.6	50	45
GZV6F							48
GZV8	8				1.0	100	60
GZV8F							65



2、 **Closed shape and size**

model	B	B1	L	L1	L2	L3	L4	L5	H	H1
GZV1F	50	80	280	170	92	Φ35	Φ35	30	75	185
GZV2F	50	80	365	230	95	Φ60	Φ40	40	105	190
GZV3F	75	106	485	320	224	Φ85	Φ85	75	125	260
GZV4F	80	120	560	415	295	Φ95	Φ95	95	155	275
GZV5F	95	120	660	475	330	Φ110	Φ110	110	185	298
GZV6F	120	200	760	550	440	Φ180	Φ180	120	200	350
GZV8F	180	230	1050	750	560	Φ280	Φ280	200	210	360

Dimensions:



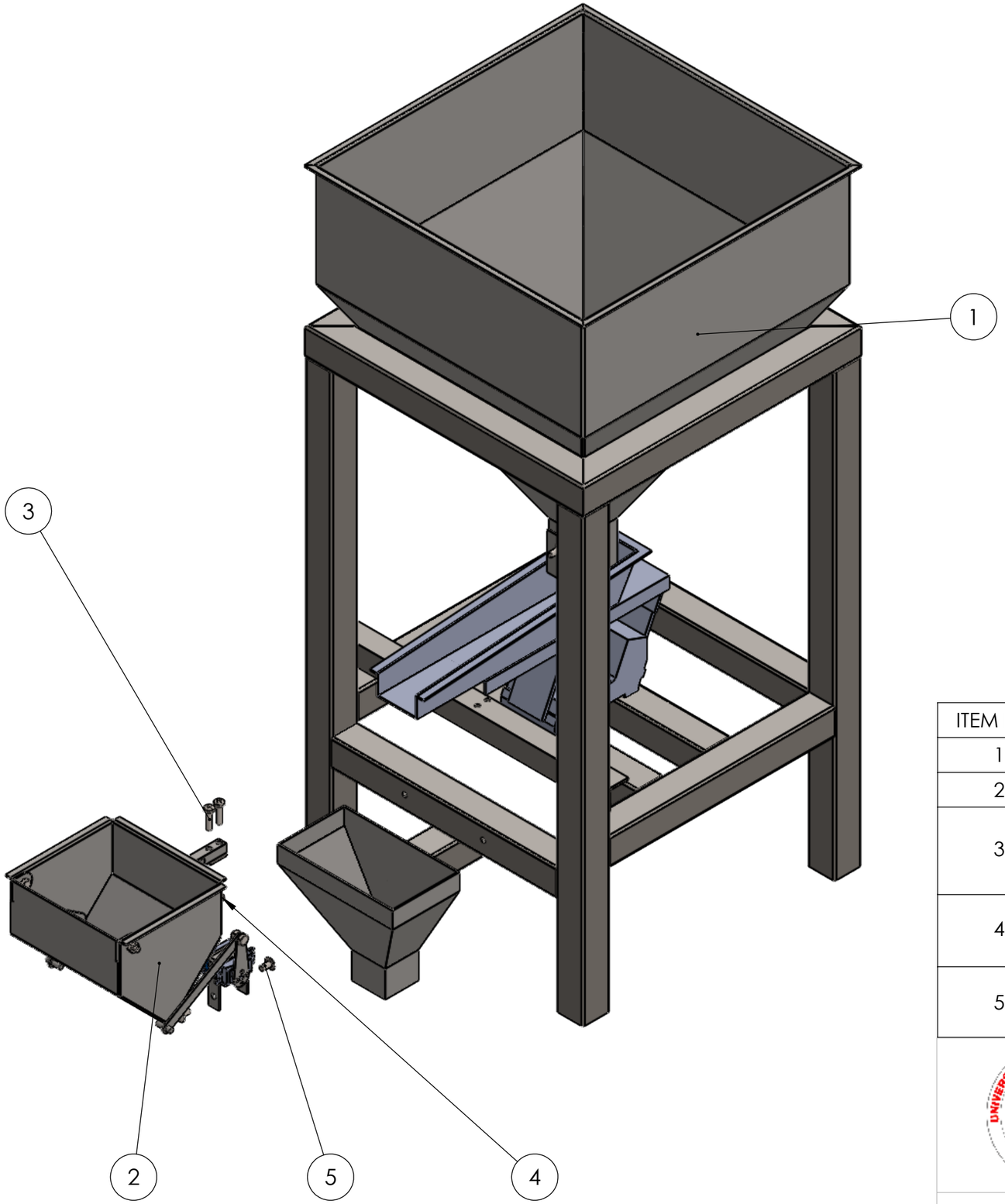
1 ： Open shape and size

Unit: mm

model	B	B1	B2	B3	L	L1	L2	H	H1
GZV0.5	30	50	50	76	200	285	95	20	170
GZV1	40	60	50	80	200	273	95	20	170
GZV2	60	80	60	80	300	374	100	30	190
GZV3	80	110	75	106	400	480	224	40	230
GZV4	100	130	80	120	500	568	295	50	260
GZV5	120	150	95	120	550	630	330	60	270
GZV6	200	240	120	180	600	760	440	70	320
GZV8	300	3400	180	230	1000	1050	560	70	340

Detalles

Uso	Fabricación comercial	Material	STAINLESS STEEL
Se puede personalizar	No	Número de modelo	GZV1/GZV2/GZV3/GZV4/GZV5/GZV6
Tipo	Electromagnetic Vibratory Feeder	Origen	CN(Origen)
Application	Feeding, Poultry Farm	Power Type	Electric
Capacity	0.1-6t/h	Place of Origin	China
Product name	Vibratory feeder	Function	continuously ,quantificationally feeding



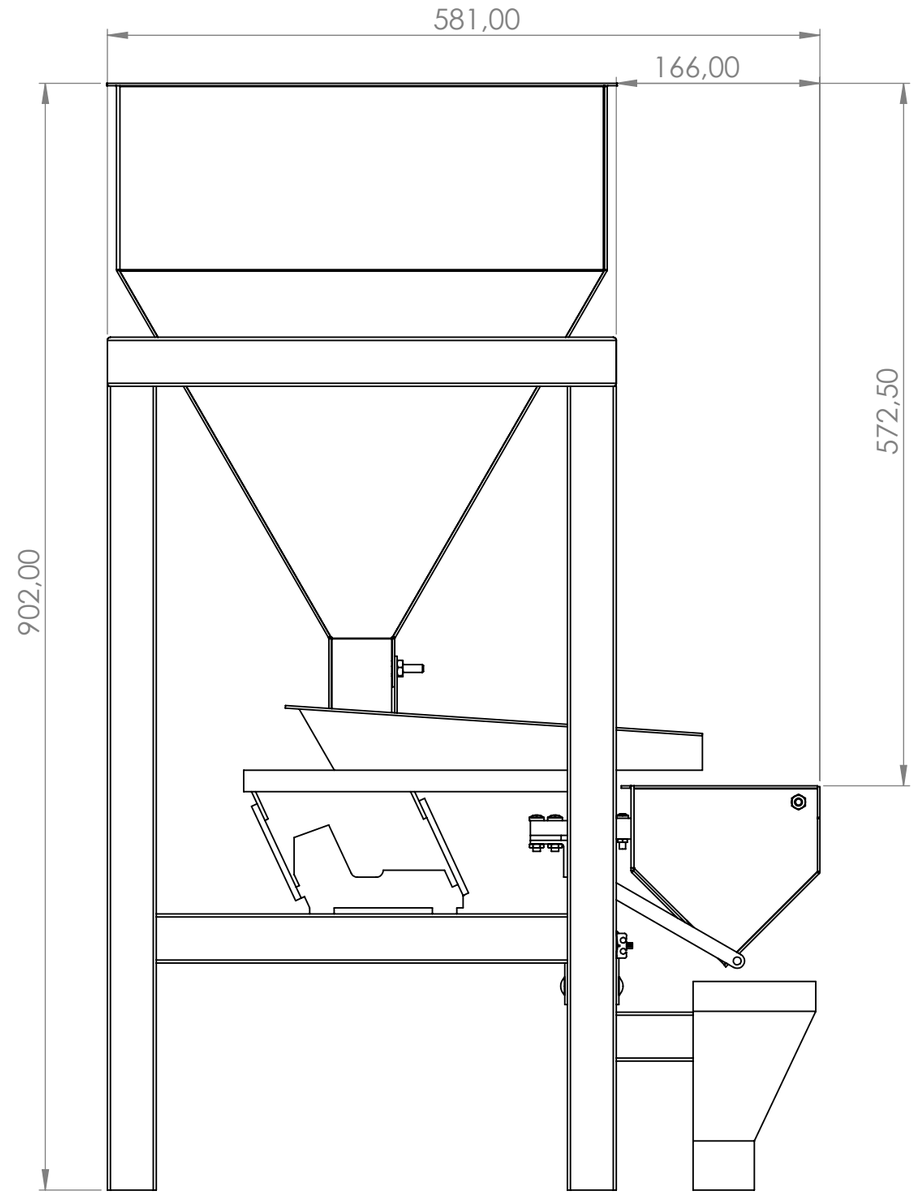
Todos los espesores de plancha de acero inoxidable son de 2mm

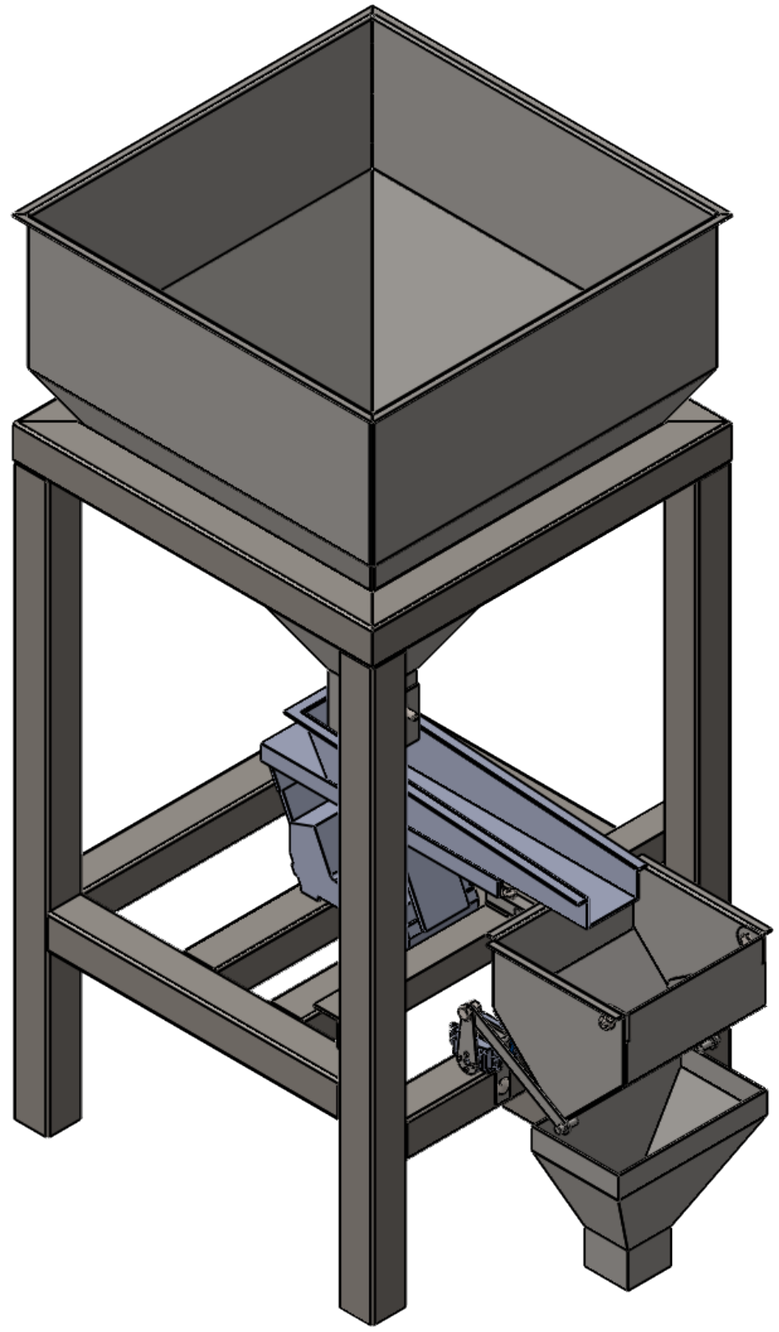
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	QTY.
1	PGD-P2-SD	SUBCONJUNTO 1	1
2	PGD-P2-SC	SUBCONJUNTO 2	1
3	B18.6.7M - M6 x 1.0 x 25 Type I Cross Recessed PHMS --25N	ELEMENTO NORMALIZADO PERNO GALGA	2
4	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M6 x 1 --D-N	ELEMENTO NORMALIZADO ROSCA GALGA	2
5	RHBOLT 0.25-20x0.5x0.5-N	ELEMENTO NORMALIZADO REMACHES DEL SOPORTE DE SERVOMOTOR	4

PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosidicadora		ESCALA:	
PARTE	Plano de Conjunto		1:5	
CÓDIGO	PGD - P2		TOLERANCIA:	
MATERIAL		DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	1/24
RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
TRATAMIENTO		APROBÓ		

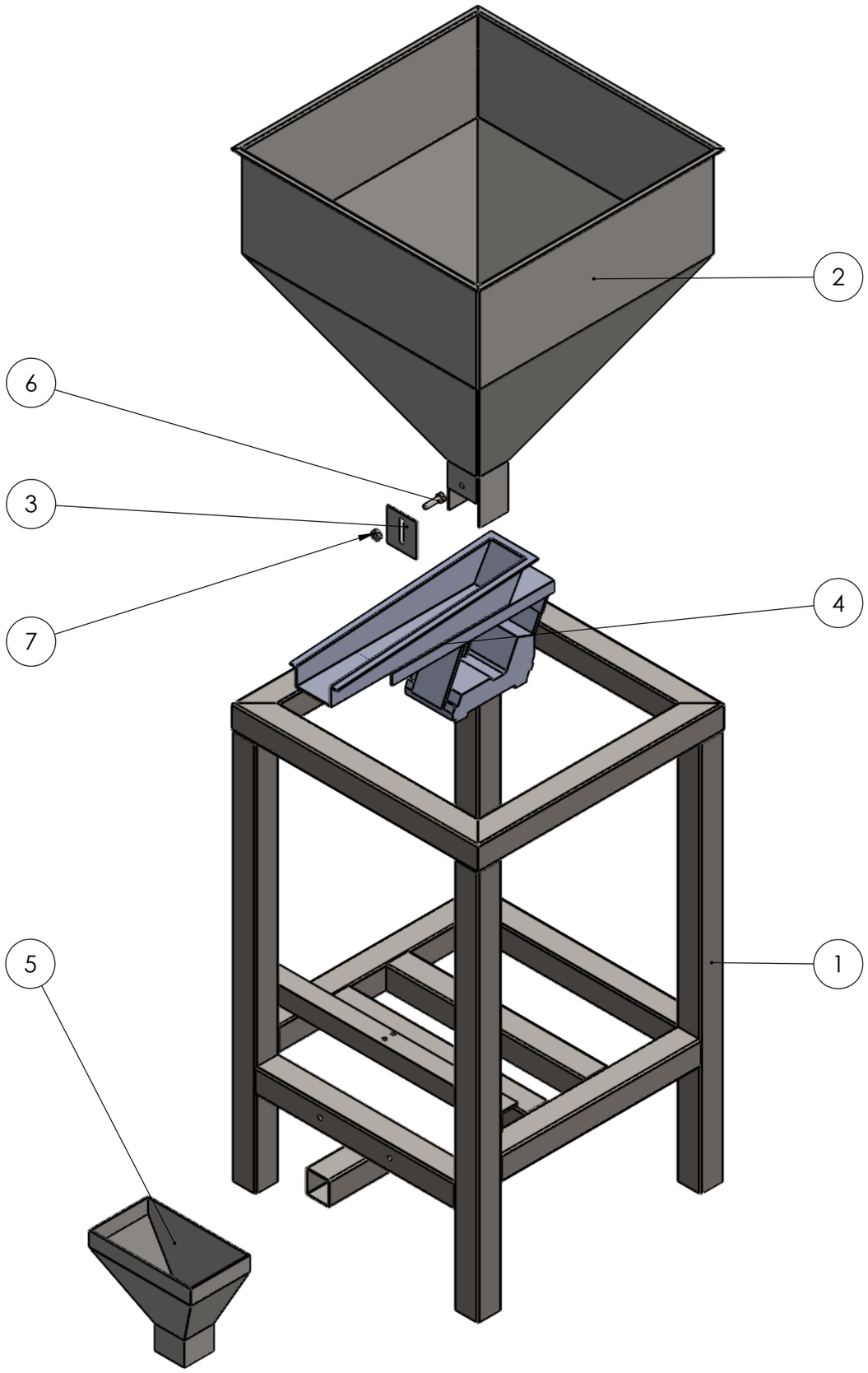
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UTN IBARRA - ECUADOR

FICA CIME





UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UTN IBARRA - ECUADOR	PROYECTO:	Proyecto de Grado - Dosificadora	ESCALA:	1:5
	PARTE:	PGD - P2 Medidas generales		
	CÓDIGO:	PGD - P2	TOLERANCIA:	
FICA CIME	MATERIAL		DISEÑÓ: Orozco Henry	HOJA 2/24
	TRATAMIENTO		DIBUJÓ: Orozco Henry	
	RECUBRIMIENTO		REVISÓ	
	TRATAMIENTO		APROBÓ	

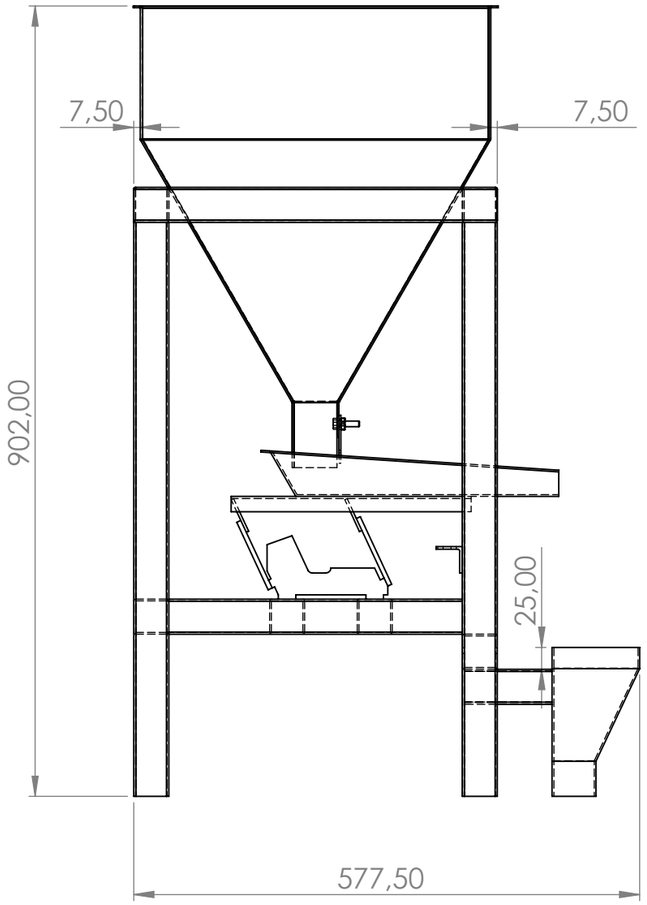


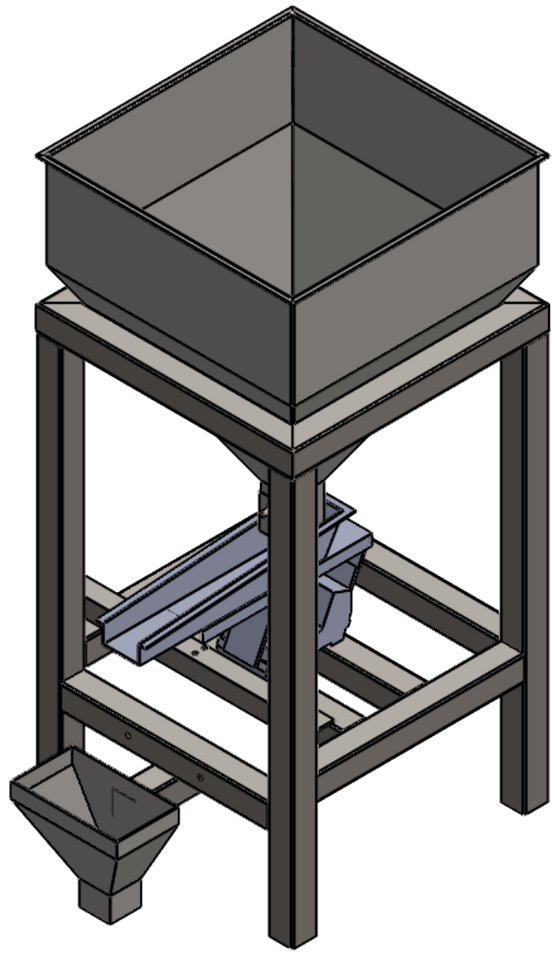
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	CANT.
1	PGD-P2-SD-ESTRUCTURA		1
2	PGD-P2-SD-TOLVA		1
3	PG-P2-M-COMPTOLV		1
4	P2-GZV2	ELEMENTO NORMALIZADO	1
5	PGD-P2-SD-EMBUDO	ELEMENTO NORMALIZADO	1
6	HBOLT 0.2500-20x1x0.75-N	ELEMENTO NORMALIZADO	1
7	HHJNUT 0.2500-20-D-N	ELEMENTO NORMALIZADO	1

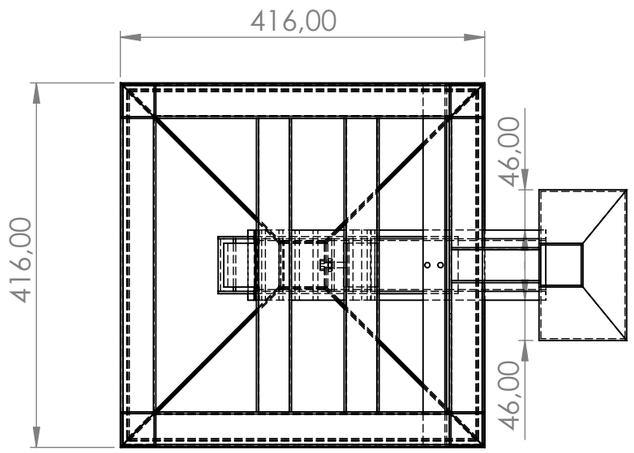
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE — UTN — IBARRA - ECUADOR

FICA CIME

PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora		ESCALA:	
PARTE	Sub Ensamble 1 - Sistema Dosificador		1:6	
CÓDIGO	PGD - P2 - SD		TOLERANCIA:	
MATERIAL		DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	3/24
RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
TRATAMIENTO		APROBÓ		



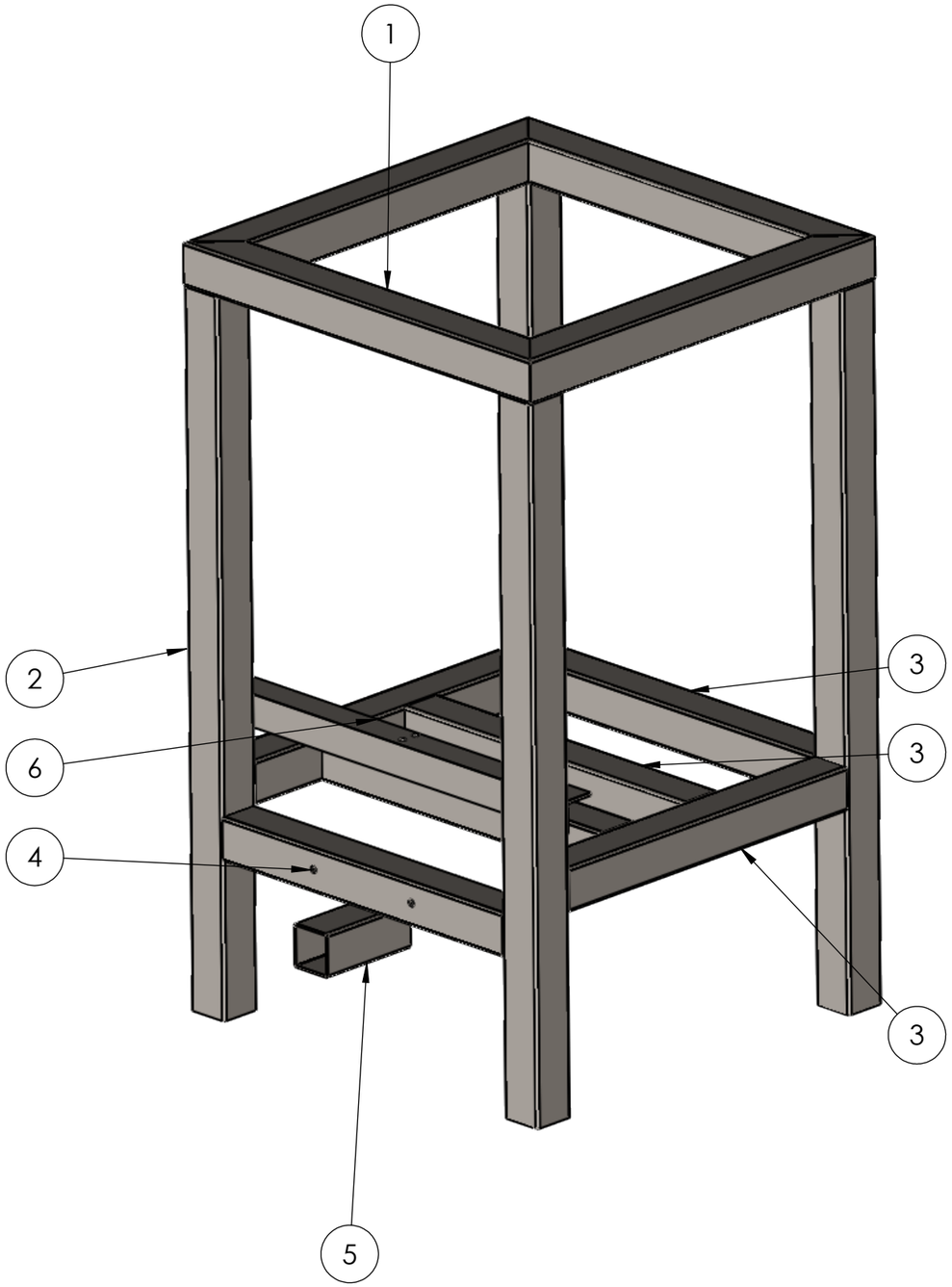




PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:7
PARTE	Sub Ensamble 1 - Medidas generales			
CÓDIGO	PGD - P2 - SD			TOLERANCIA:
MATERIAL		DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 4/24
TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	
RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
TRATAMIENTO		APROBÓ		

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UTN IBARRA - ECUADOR

FICA CIME



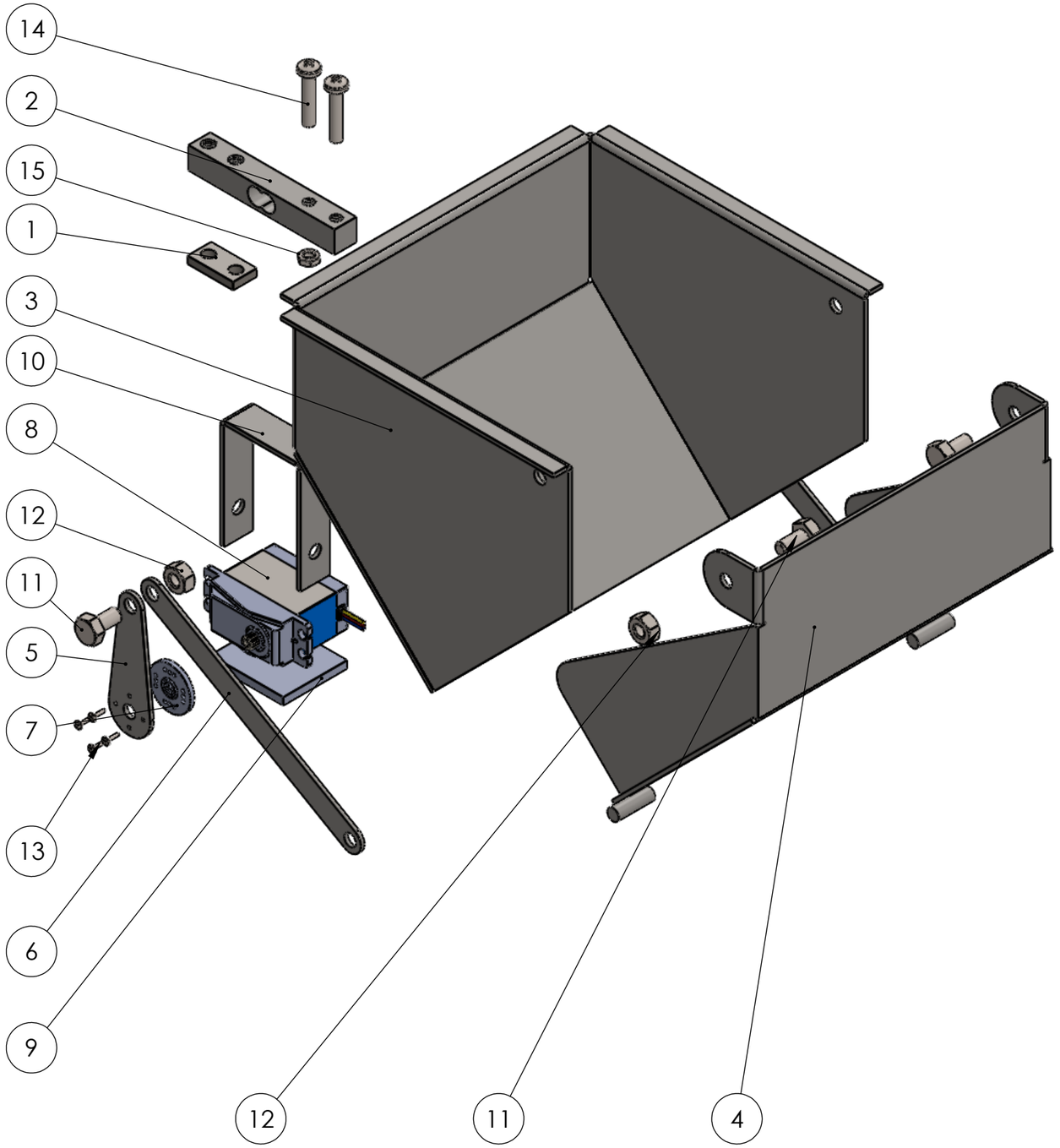
Tubo estructural cuadrado 40mmx40mm espesor 2mm

ITEM NO.	CANT.	CÓDIGO	DESCRIPTION	LENGTH
1	4	PGD - P2 - SD - E01	TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 2,00	415
2	4	PGD - P2 - SD - E02	TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 2,00	655
3	5	PGD - P2 - SD - E03	TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 2,00	335
4	1	PGD - P2 - SD - E04	TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 2,00	335
5	1	PGD - P2 - SD - E04	TUBE, SQUARE 40,00 X 40,00 X 2,00	100
6	1	PGD - P2 - SD - E04	L 30,00 X 30,00 X 3,000	410

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE UTN IBARRA - ECUADOR

FICA CIME

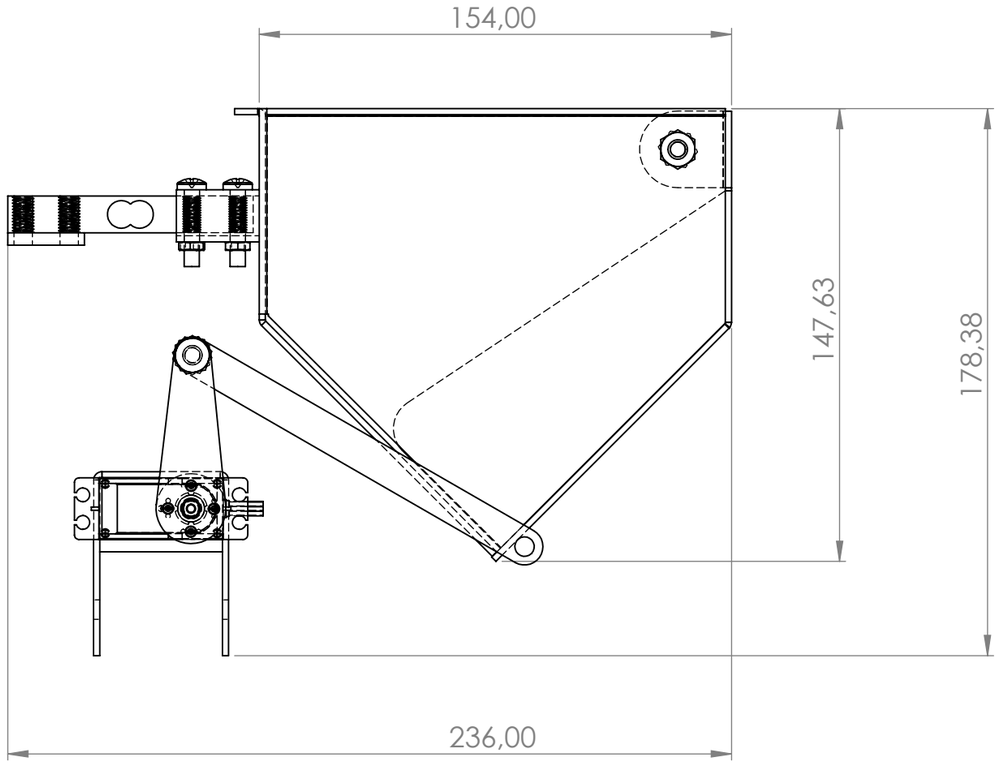
PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:5
PARTE	ESTRUCTURA			
CÓDIGO	PGD - P2 - SD - ESTRUCTURA			TOLERANCIA:
TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 5/24
NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		

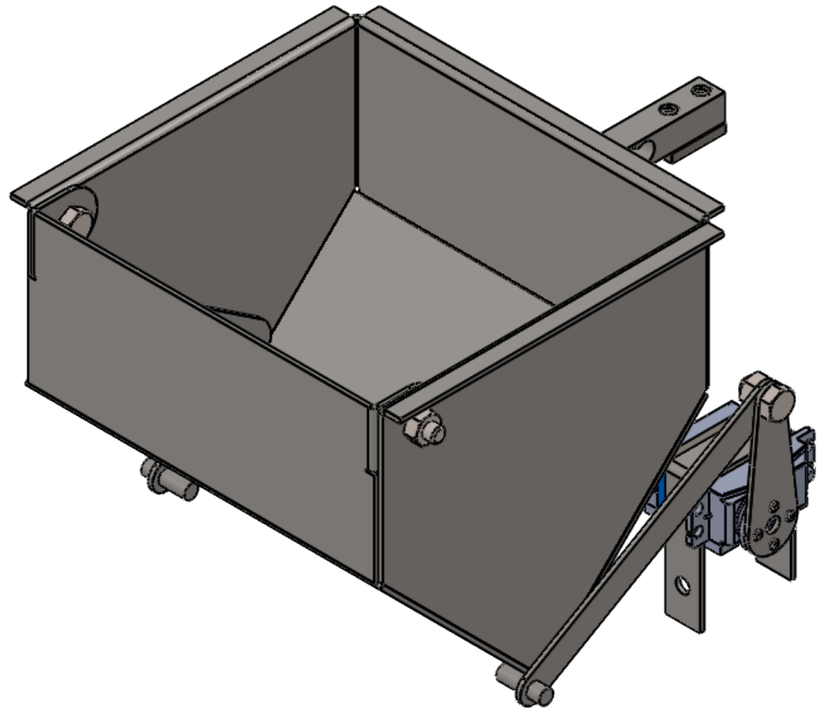


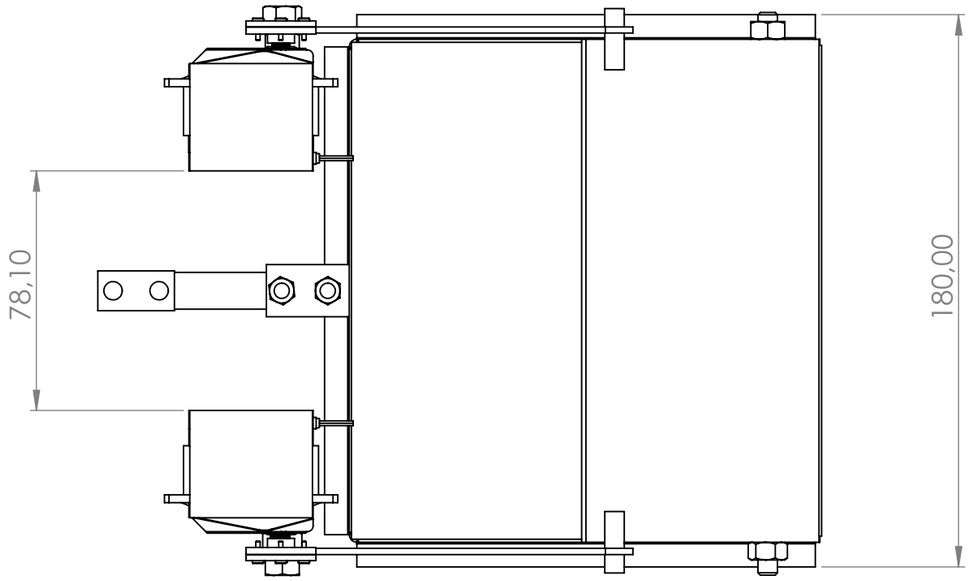
ITEM NO.	PART NUMBER	DESCRIPTION	CANT.
1	PGD-P2-SC-SOPGALGA		1
2	P2GALGA EXTENSIOMETRICA		1
3	PGD-P2-SC-BASECOMPUERTA		1
4	PGD-P2-SC-COMPUERTA		1
5	PGD-P2-SC-ESLABON1		2
6	PGD-P2-SC-ESLABON2		2
7	P2DISCOSERVO	ELEMENTO NORMALIZADO	2
8	SERVOMOTOR	ELEMENTO NORMALIZADO	2
9	PGD-P2-SC-PLANCHASERVO		2
10	PGD-P2-SC-SOPORTESERVOL		2
11	HBOLT 0.2500-20x0.5x0.5-N	ELEMENTO NORMALIZADO	4
12	HNUT 0.2500-20-D-N	ELEMENTO NORMALIZADO	4
13	SL-BHMS-MINI 0.0551-85x0.25x0.25-N	ELEMENTO NORMALIZADO	8
14	B18.6.7M - M5 x 0.8 x 25 Type I Cross Recessed PHMS --25N	ELEMENTO NORMALIZADO	2
15	B18.2.4.5M - Hex jam nut, M5 x 0.8 --D-N	ELEMENTO NORMALIZADO	2

FICA CIME

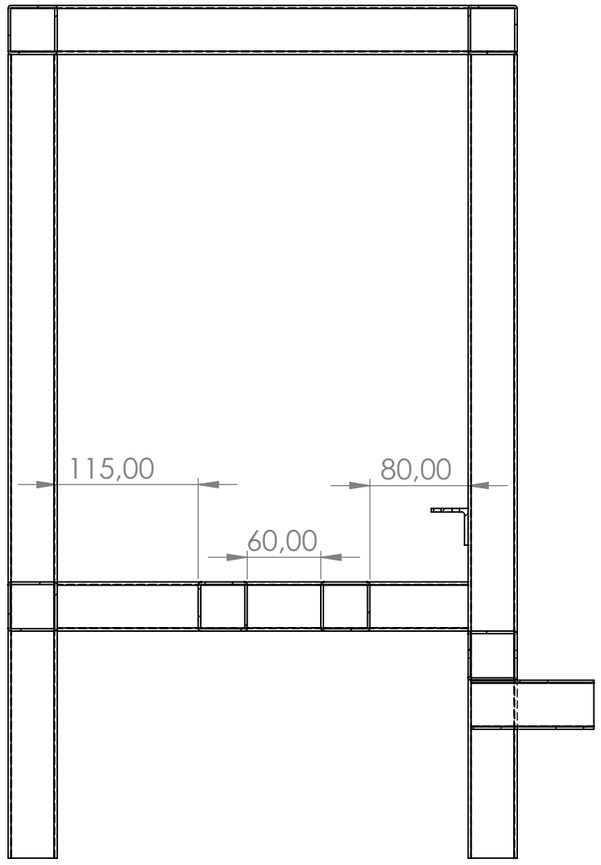
PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora		ESCALA: 1:2	
PARTE	Sub ensamble 2 - Sistema de Compuerta			
CÓDIGO	PGD - P2 - SC		TOLERANCIA:	
MATERIAL		DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 6/24
TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	
RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
TRATAMIENTO		APROBÓ		



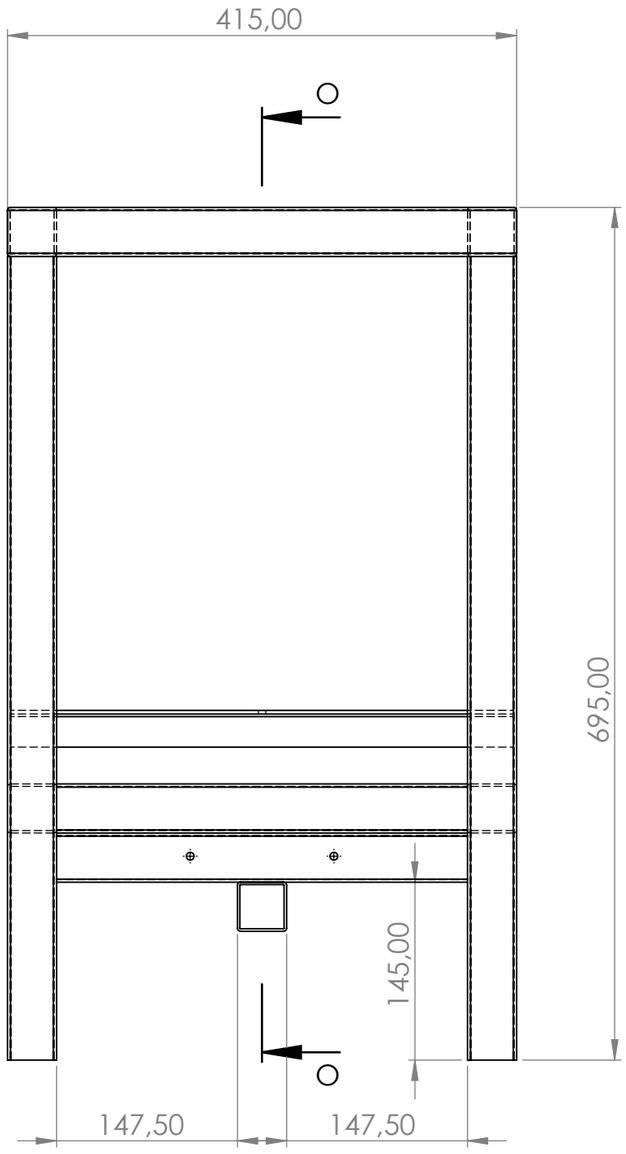


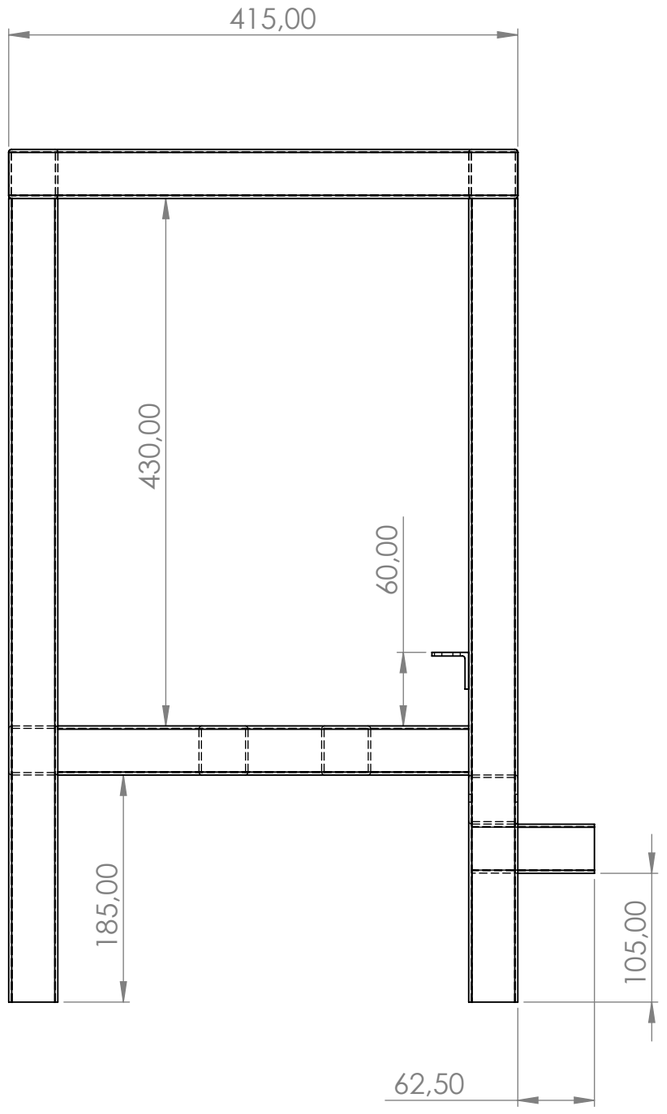


FICA CIME	PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora	ESCALA: 1:2	
	PARTE	Sub ensamble 2 - Medidas Generales		
	CÓDIGO	PGD - P2 - SC	TOLERANCIA:	
	MATERIAL		DISEÑÓ: Orozco Henry	HOJA 7/24
	TRATAMIENTO		DIBUJÓ: Orozco Henry	
	RECUBRIMIENTO		REVISÓ	
	TRATAMIENTO		APROBÓ	



SECTION O-O
SCALE 1 : 5

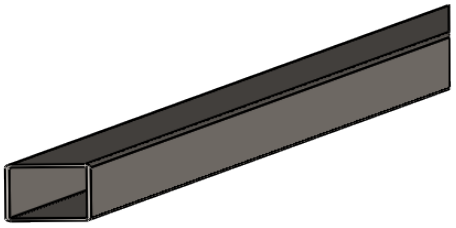


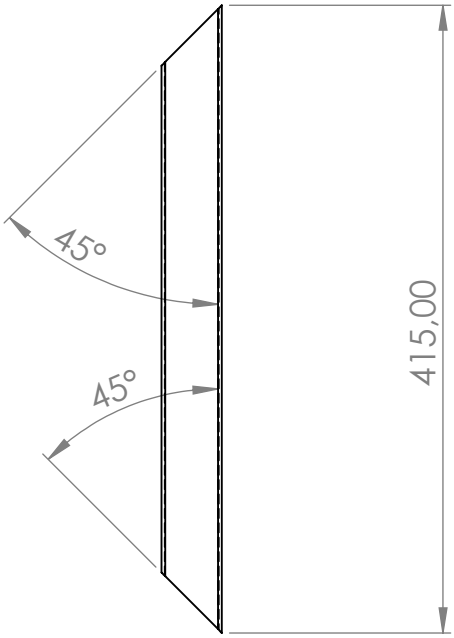


Nota: Todas las piezas de la estructura estan soldadas con electrodo E6013

PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:5
PARTE	Estructura - Medidas Generales			
CÓDIGO	PGD - P2 -SD - ESTRUCTURA			TOLERANCIA:
TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 8/24
NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		

FICA CIME

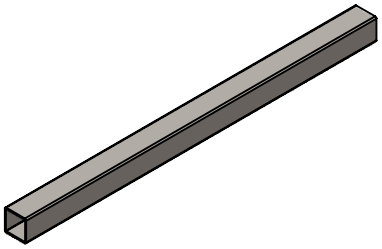


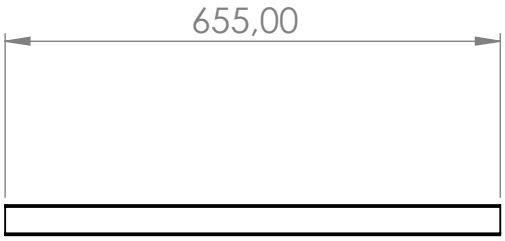


Tubo estructural cuadrado 40mmx40mm espesor 2mm

FICA CIME	PROYECTO : Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:5
	PARTE: Elemento 1 de la estructura			
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E01			TOLERANCIA:
	TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry
	NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry
	CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ	
	ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ	

HOJA 9/24

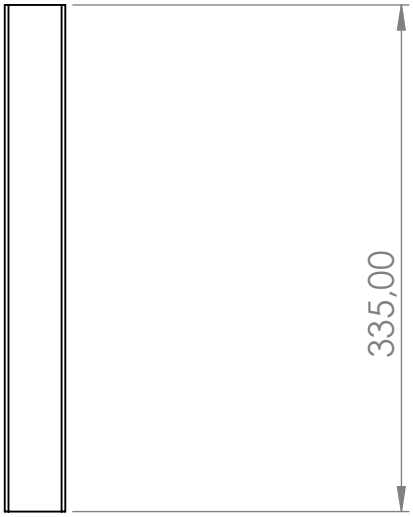




Tubo estructural cuadrado 40mmx40mm espesor 2mm

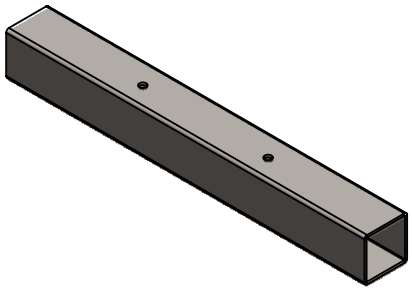
FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:10	
	PARTE: Elemento 2 de la Estructura				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E02			TOLERANCIA:	
	TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ:	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	10/24
	CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
	ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		

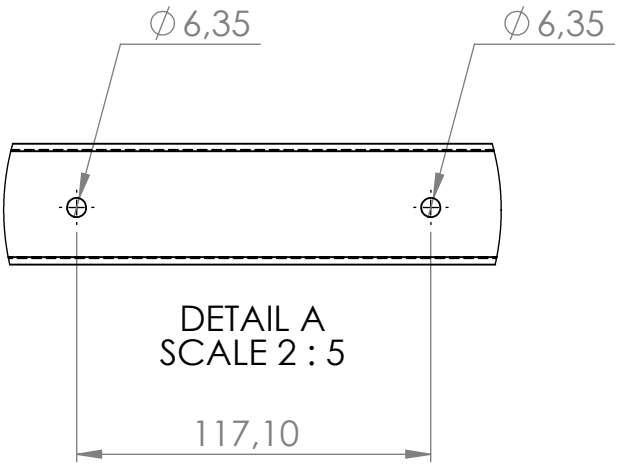


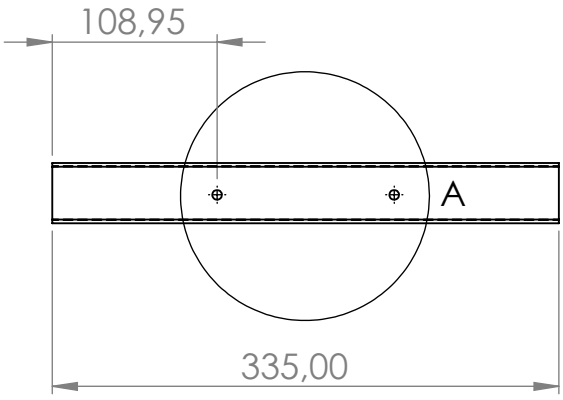


Tubo estructural cuadrado 40mmx40mm espesor 2mm

FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:5	
	PARTE: Elemnto 3 de la Estructura				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E03			TOLERANCIA:	
	TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	11/24
	CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
	ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		



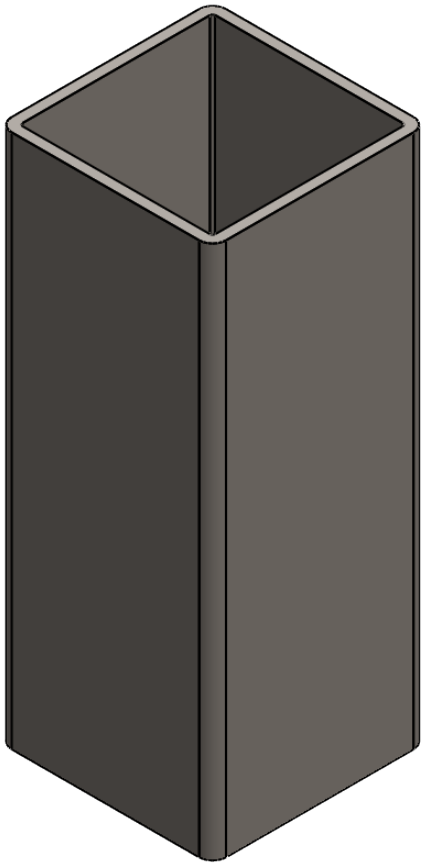


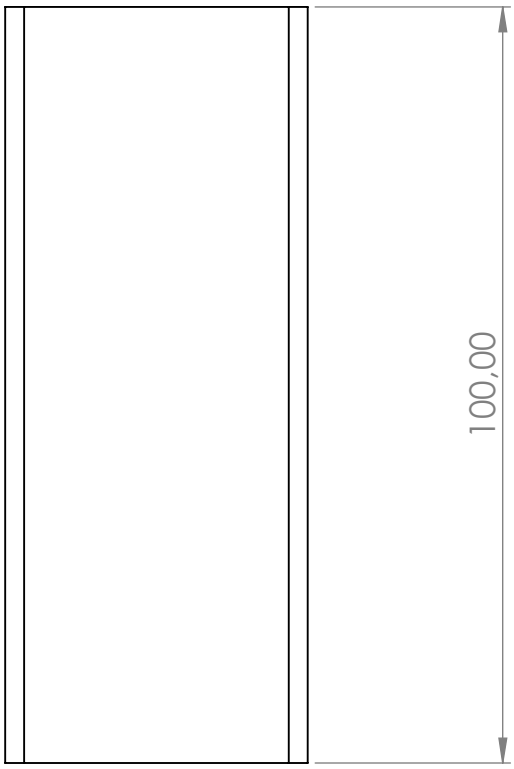


Orificios pasantes de lado a lado

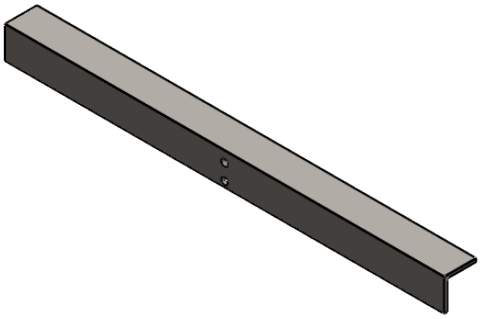
Tubo estructural cuadrado 40mmx40mm espesor 2mm

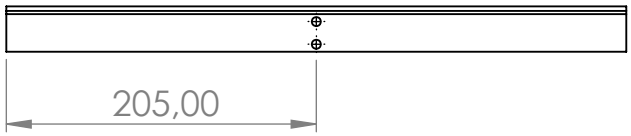
FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado Dosificador			ESCALA: 1:5	
	PARTE: Elemento 4 de la estructura				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E04			TOLERANCIA:	
	TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	12/24
	CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
	ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		

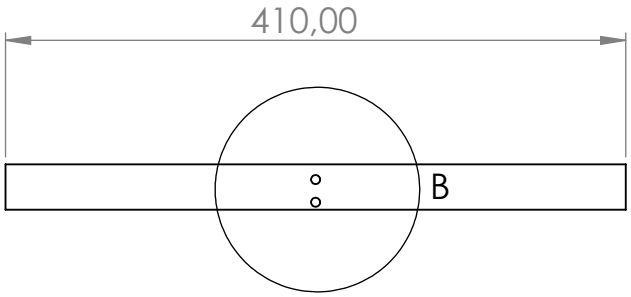


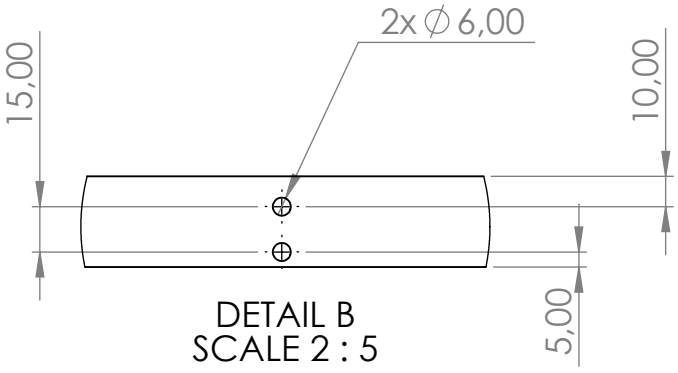


FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:1	
	PARTE: Elemento 5 de la Estrucutura				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E05			TOLERANCIA:	
	TIPO	TUB. ESTR. CUA.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	NTE INEN 2415	DIBUJÓ	Orozco Henry	13/24
	CALIDAD-MATER.	SAE J 403 1008	REVISÓ		
	ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		







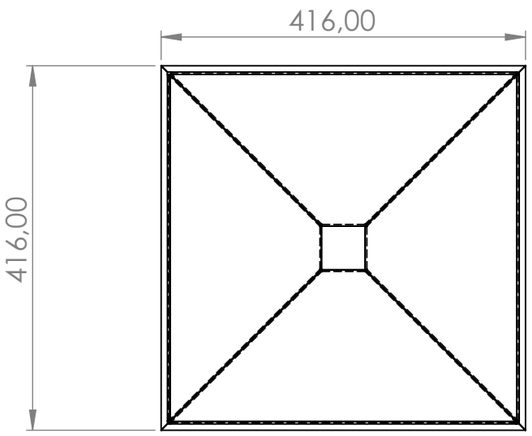


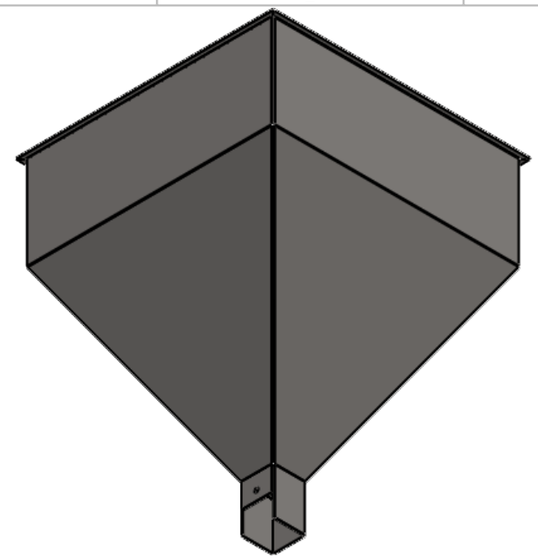
DETAIL B
SCALE 2 : 5

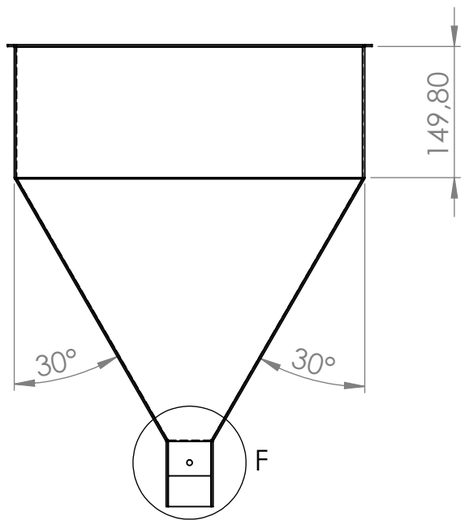
Ángulo L doblado de 30mmx30mm y 3mm de espesor

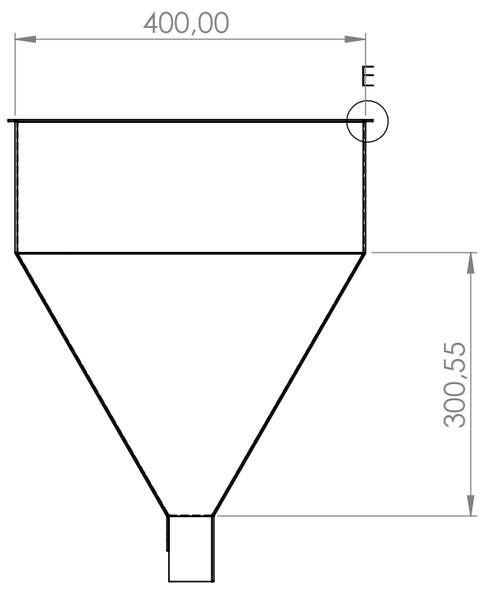
PROYECTO : Proyecto de Grado - Dosificadora				ESCALA: 1:5
PARTE: Elemento 6 de la Estructura				
CÓDIGO: PGD - P2 - SD - E06				TOLERANCIA:
TIPO	Ánggulo "L" dobla.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
NORMA	NTE INEN 1623	DIBUJÓ	Orozco Henry	14/24
CALIDAD-MATER.	ASTM A36	REVISÓ		
ACABADO	ACERO NEGRO	APROBÓ		

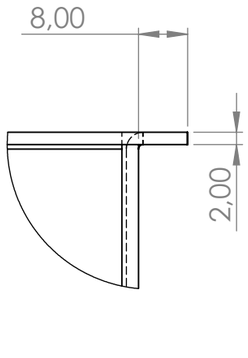
FICA CIME



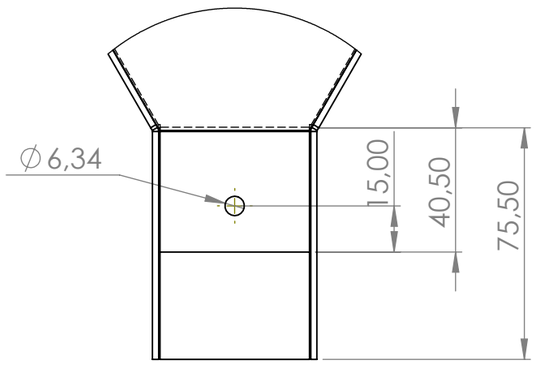


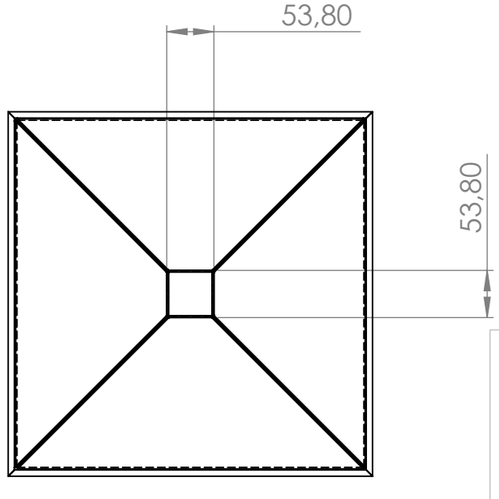






DETAIL E
SCALE 1 : 1



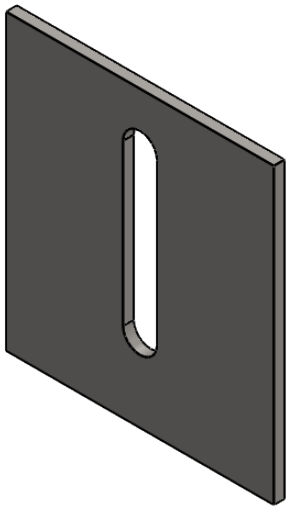


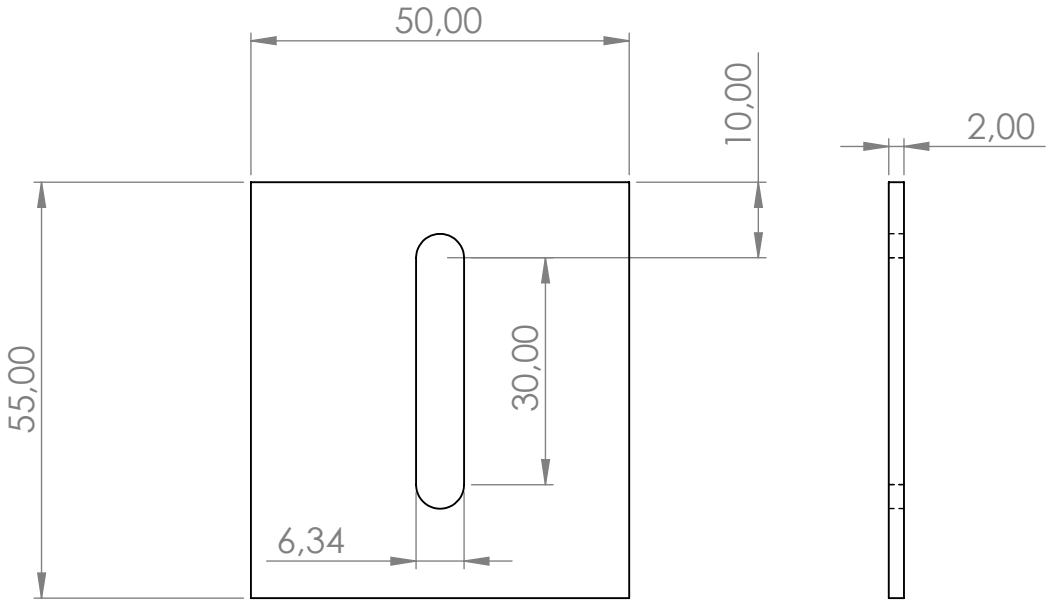
DETAIL F
SCALE 1 : 2

Espesor de plancha 2mm

PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:7
PARTE	Tolva - Medidas Generales			
CÓDIGO	PGD - P2 - SD - TOLVA			TOLERANCIA:
TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 15/24
NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
ACABADO		APROBÓ		

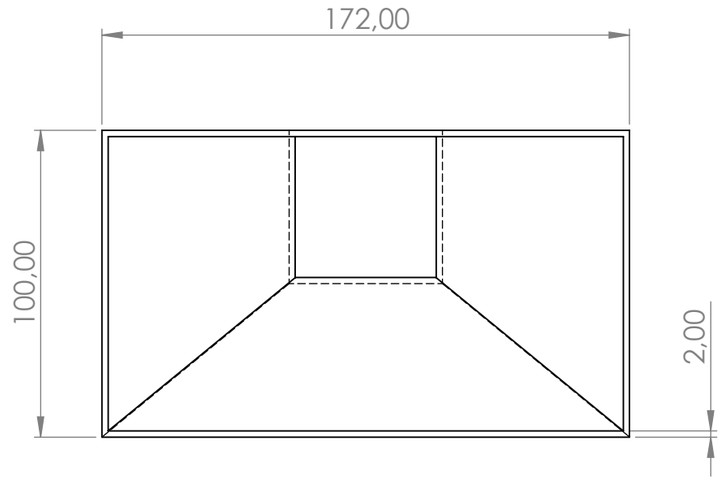
FICA CIME

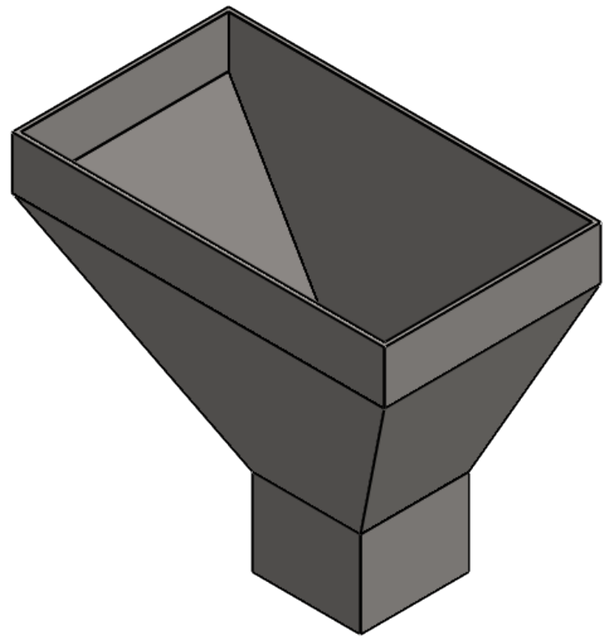


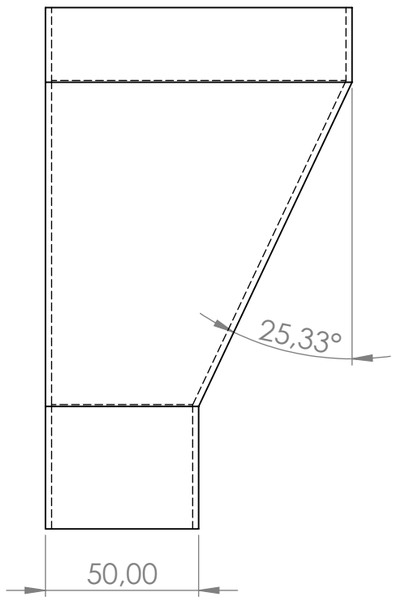


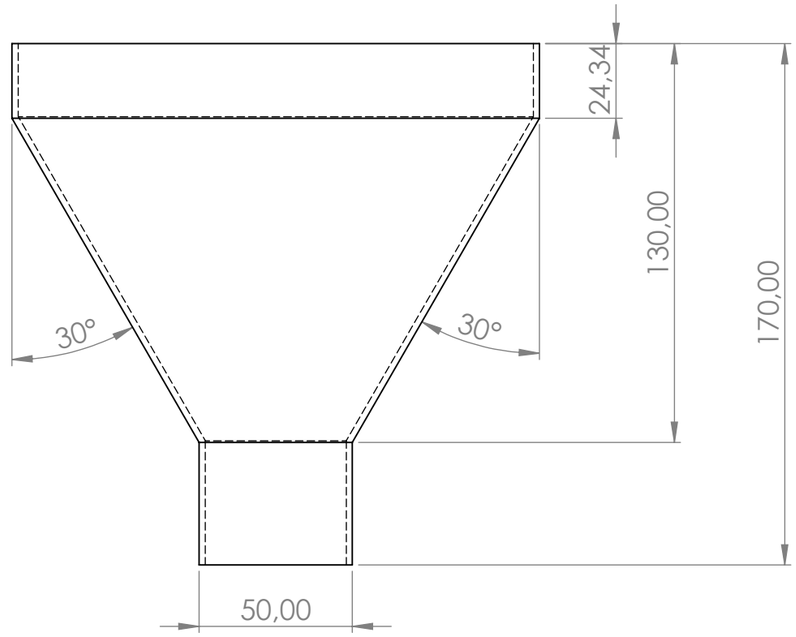
Espesor de plancha 2mm

FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora				ESCALA: 1:1
	PARTE: Compuerta Tolva				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SD - COMPTOLV				TOLERANCIA:
	TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	16/24
	CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
	ACABADO		APROBÓ		





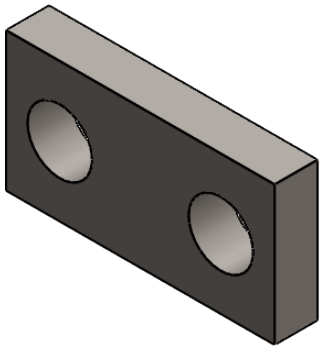


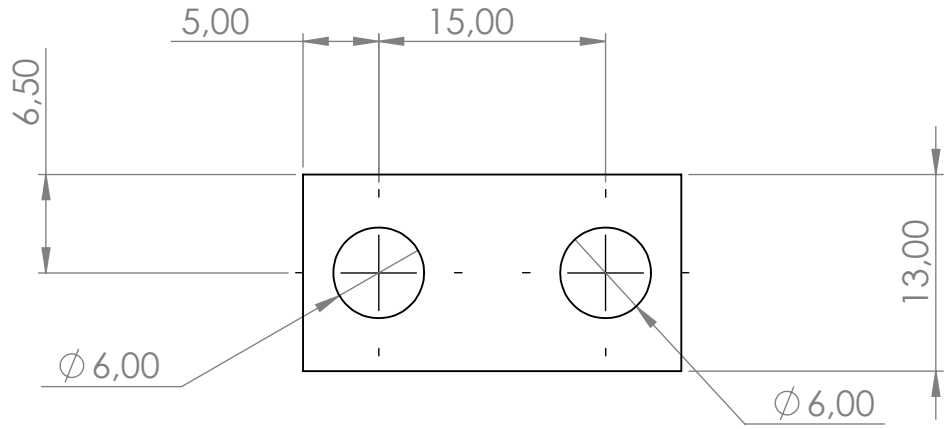


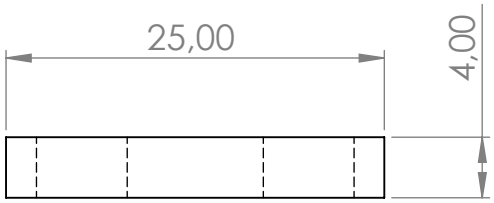
Espesor de chapa 2mm

PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:2
PARTE	Embudo			
CÓDIGO	PGD - P2 - SD - EMBUDO			TOLERANCIA:
TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 17/24
NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER		REVISÓ		
ACABADO		APROBÓ		

FICA CIME

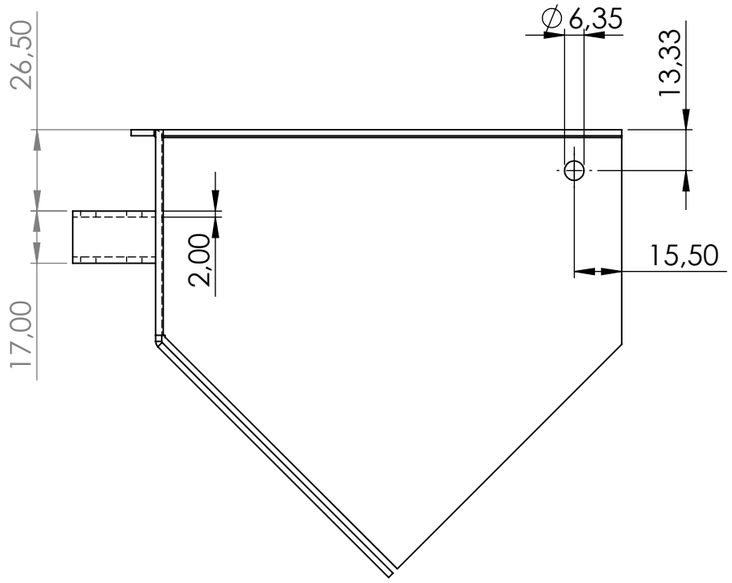


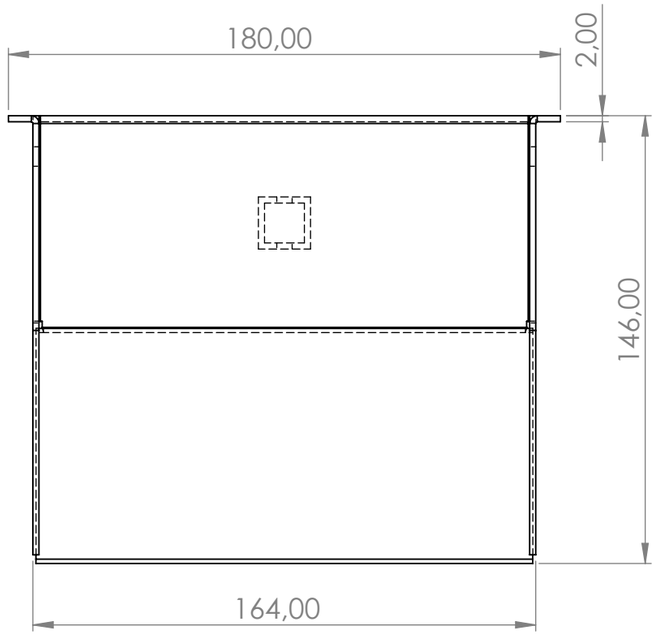


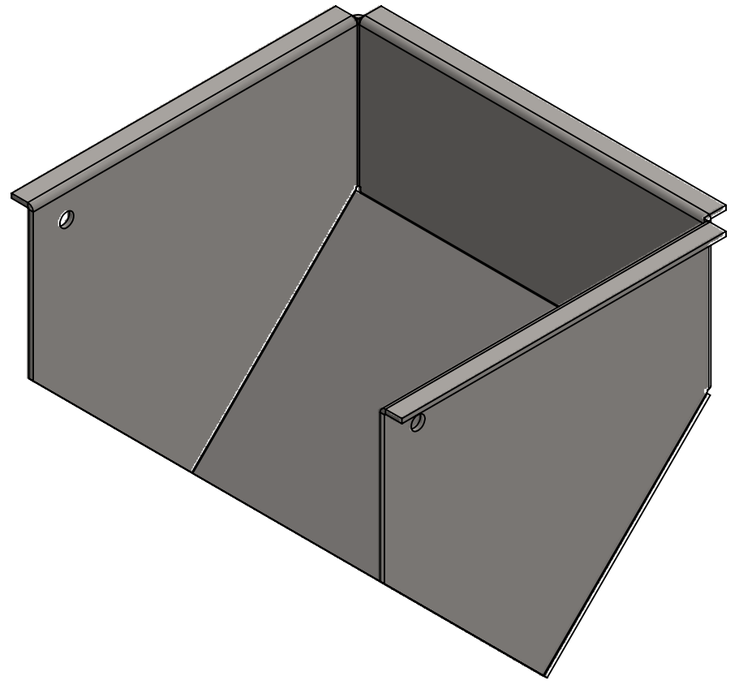


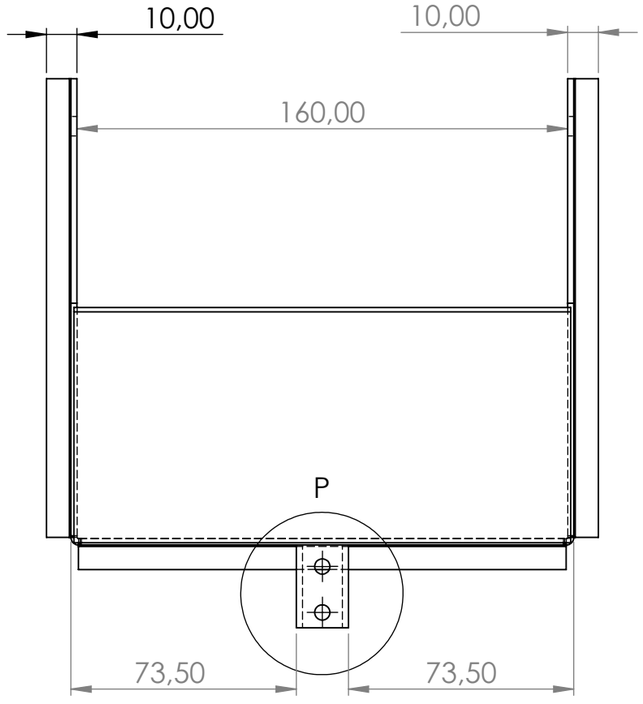
Para la construccion de esta pieza
se puede usar cualquier tipo de acero

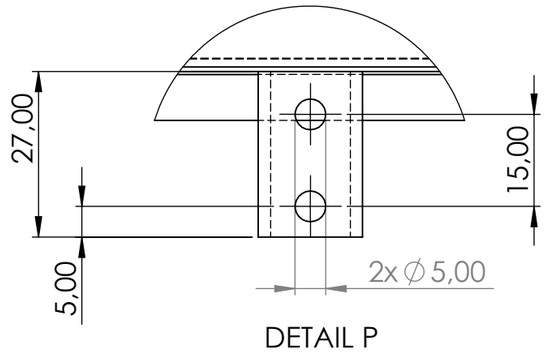
FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado Dosificadora				ESCALA: 2:1
	PARTE: Soporte Galga				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SC - SOPGALGA				TOLERANCIA:
	MATERIAL	ACERO	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	18/24
	RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
	NORMA		APROBÓ		







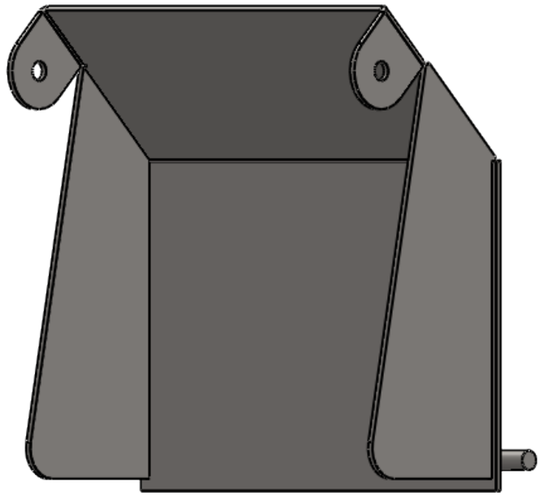


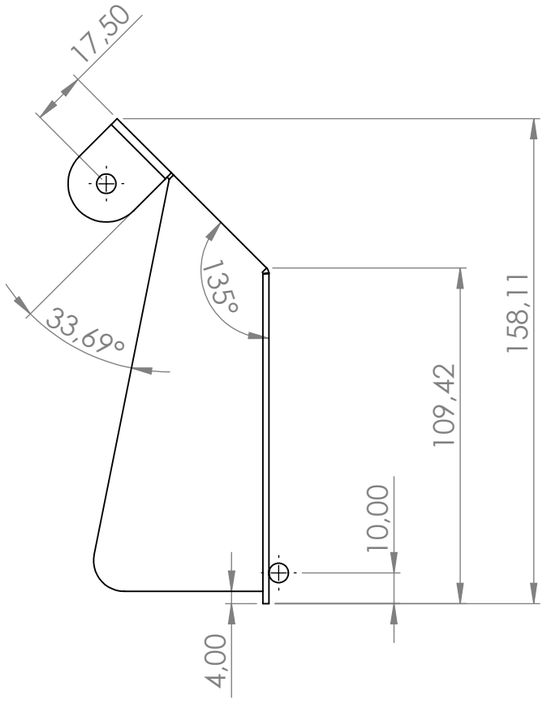


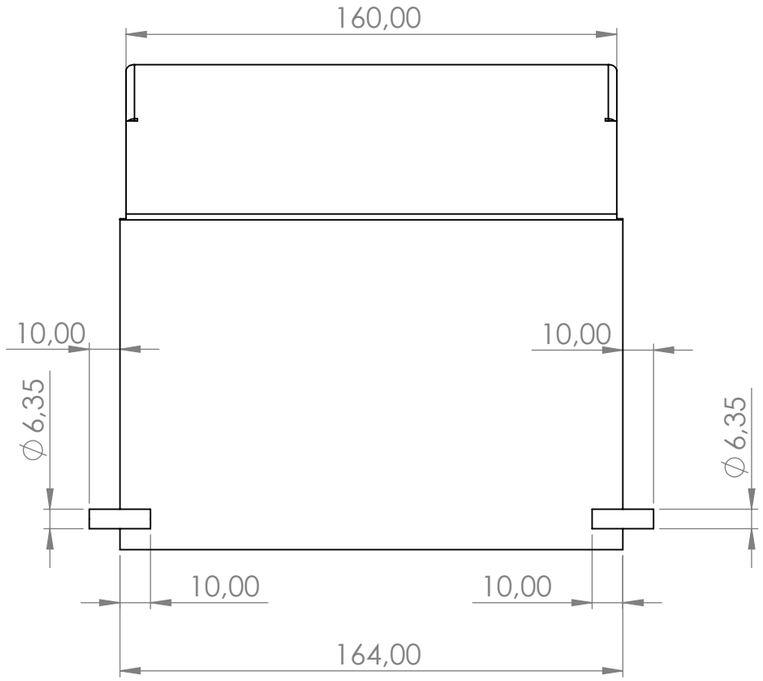
DETAIL P
SCALE 1 : 1

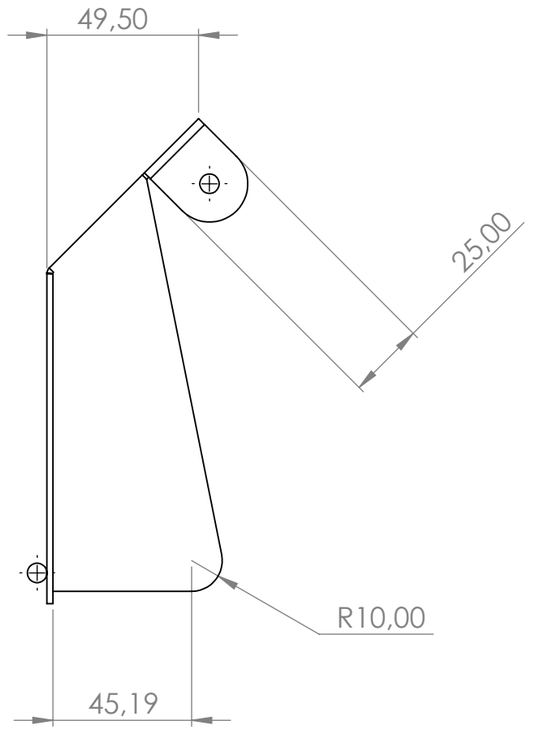
PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:2
PARTE	Base de la Compuerta - Medidas Generales			
CÓDIGO	PGD - P2 - SC - BASE COMPUERTA			TOLERANCIA:
TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 19/24
NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
ACABADO		APROBÓ		

FICA CIME



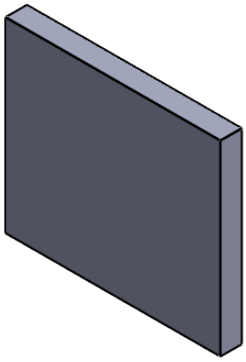


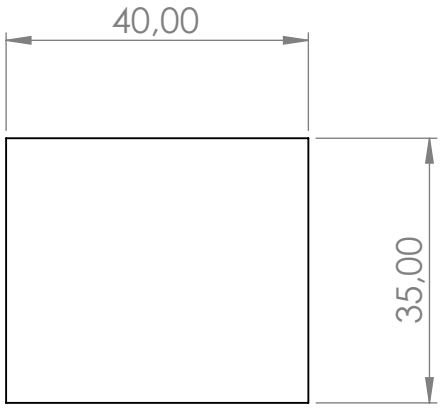


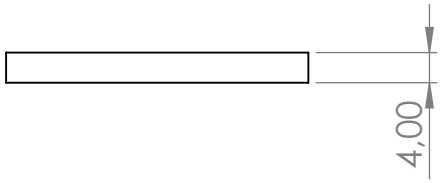


PROYECTO	Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:2
PARTE	Compuerta			
CÓDIGO	PGD - P2 - SC - COMPUERTA			TOLERANCIA:
TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA 20/24
NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	
CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
ACABADO		APROBÓ		

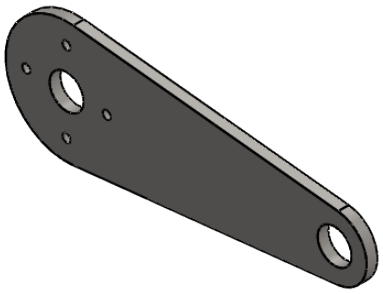
FICA CIME

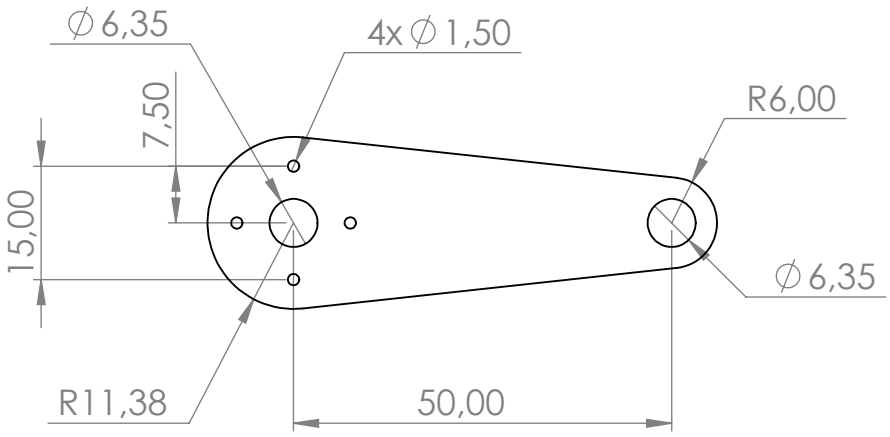


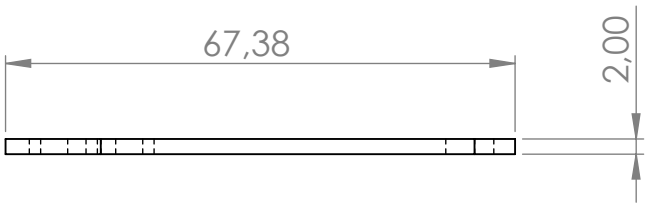




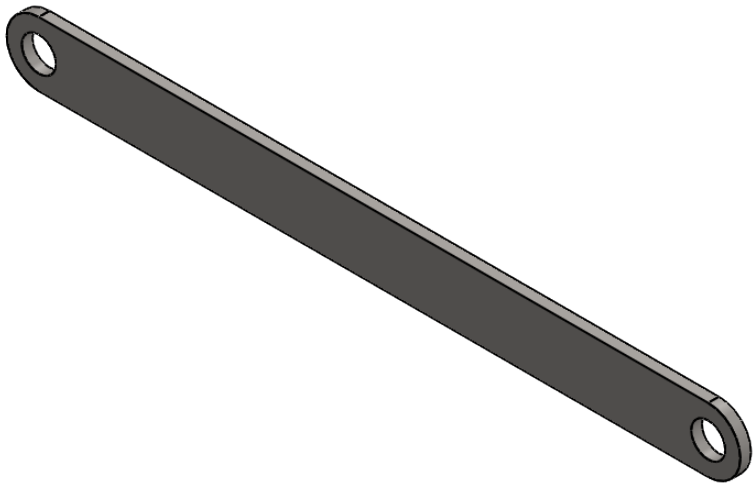
FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:1	
	PARTE: Plancha de Servomotor				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SC - PLANCHA SERVO			TOLERANCIA:	
	MATERIAL	MDF	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	TRATAMIENTO		DIBUJÓ	Orozco Henry	21/24
	RECUBRIMIENTO		REVISÓ		
	NORMA		APROBÓ		





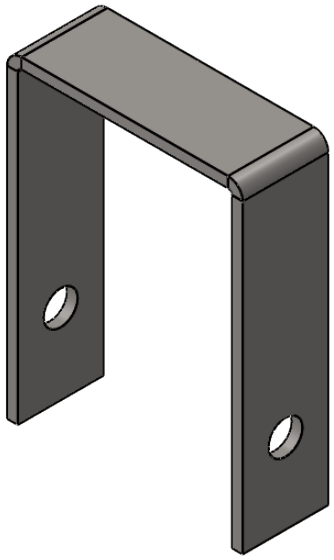


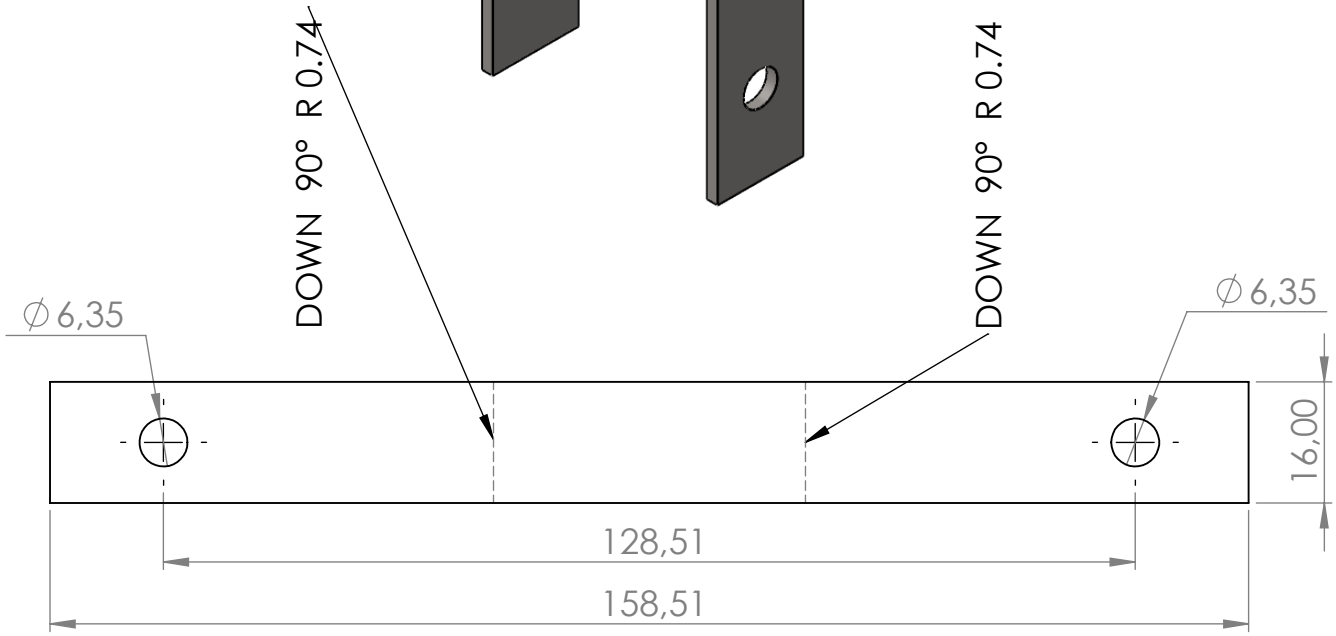
FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:1	
	PARTE: Eslabon 1				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SC - ESLABON1			TOLERANCIA:	
	TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	22/24
	CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
	ACABADO		APROBÓ		

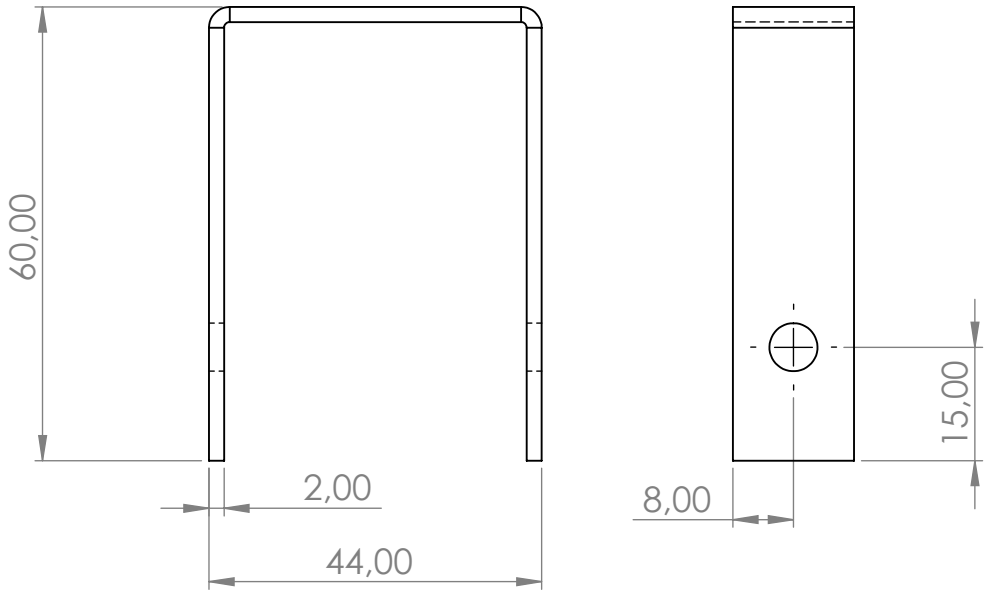




FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora				ESCALA: 1:1
	PARTE: Eslabon 2				
	CÓDIGO : PGD - P2 - SC - ESLABON2				TOLERANCIA:
	TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	23/24
	CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
	ACABADO		APROBÓ		



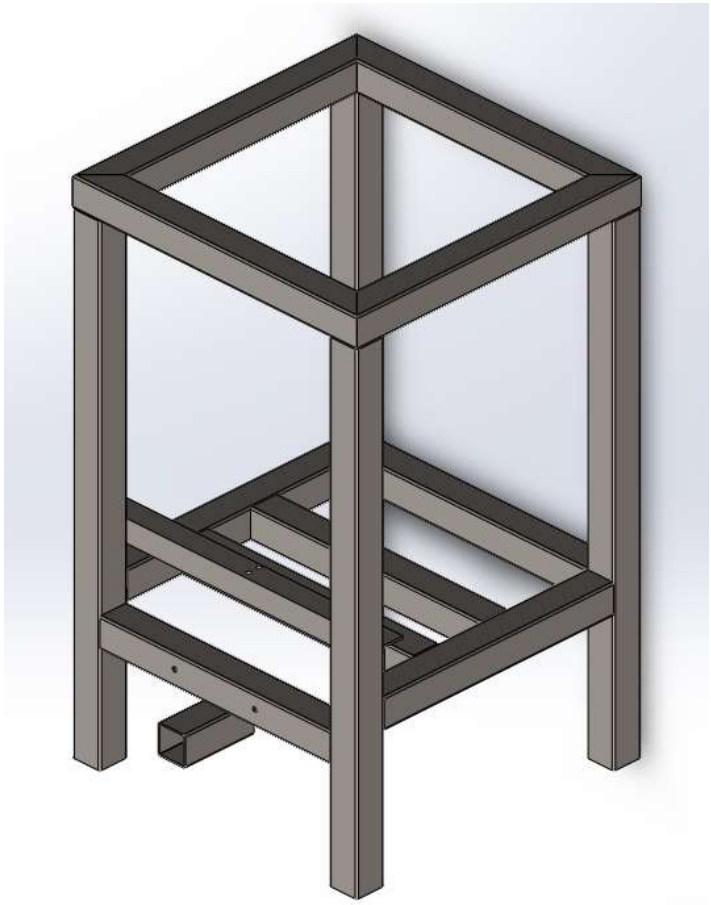




FICA CIME	PROYECTO: Proyecto de Grado - Dosificadora			ESCALA: 1:1	
	PARTE: Soporte Servo Estructura				
	CÓDIGO: PGD - P2 - SC - SOPORTESERVOL			TOLERANCIA:	
	TIPO	ACERO INOXID.	DISEÑÓ	Orozco Henry	HOJA
	NORMA	AISI 304	DIBUJÓ	Orozco Henry	24/24
	CALIDAD-MATER.		REVISÓ		
	ACABADO		APROBÓ		

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 -SD - ESTRUCTURA	Fecha: 30/12/2023
Parte	Estructura	Hoja/Plano	8/24	
Material	Tubo Estructural Cuadrado SAE J 403 1008	Dimensiones en bruto:		
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		



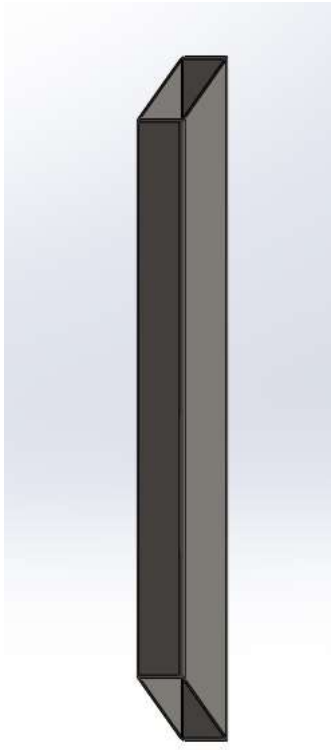
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetr o (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
Soldado	Unión	1	Mediante 4 escuadras magnéticas se colocan los 4 tubos y mediante soldadura por arco de electrodo se unen formando el cuadrado superior		Soldadoras MMA Escuadra magnética Escuadra				Electrodo E6013	10
		2	Se colocan las 4 patas de la estructura mediante escuadras magnéticas, una por una se val soldando mediante soldadura por arco de electrodo		Soldadoras MMA Escuadra magnética Escuadra					10

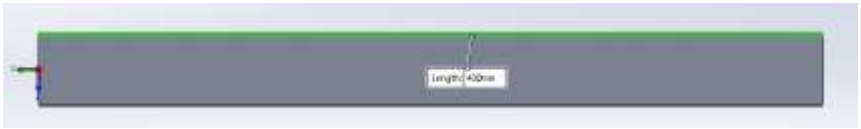
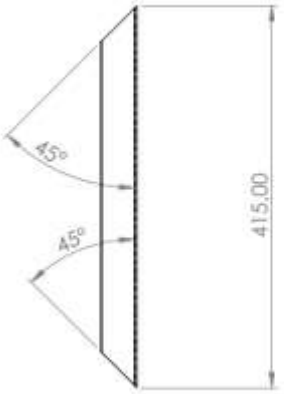
Soldado	Unión	3	Se coloca el cuadro inferior de la estructura mediante escuadras magnéticas y se suelda con electrodo de arco		Soldadoras MMA Escuadra magnética Escuadra Tomar en cuenta que la barra perforada está en un diferente plano que las otras				Electrodo E6013	10
		4	Se coloca mediante las escuadras magnéticas los 2 soportes del canal vibrante en el cuadro inferior		Soldadoras MMA Escuadra magnética Escuadra					7
		5	Se coloca el soporte de la tolva pequeña mediante escuadras magnéticas en la barra del cuadro inferior perforada		Soldadoras MMA Escuadra magnética Escuadra					5

Soldado	Unión	6	Se coloca el ángulo que soportará la compuerta de dosificación							Electrodo E6013	7

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E01	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 1 de la estructura	Hoja/Plano	9/24	
Material	Tubo estructural cuadrado	Dimensiones en bruto:	40mmx40mm espesor 2mm y largo de 430mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		



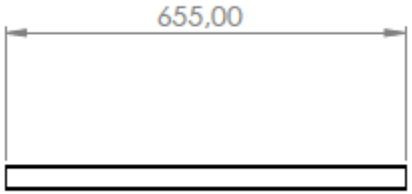
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 430 mm		Sierra y escuadra					10
		2	Corte a 45º en cada lado de la barra		Sierra y escuadra					

	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E02	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 2 de la estructura	Hoja/Plano	10/24	
Material	Tubo estructural cuadrado	Dimensiones en bruto:	40mmx40mm espesor 2mm y largo de 670mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

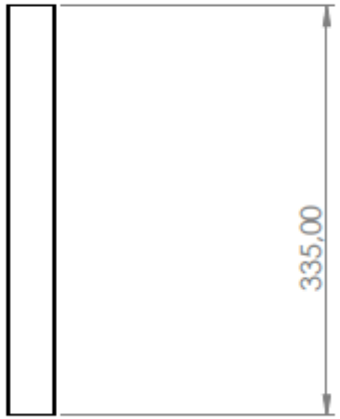


Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 655 mm		Sierra y escuadra					10
	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

HOJA DE PROCESOS

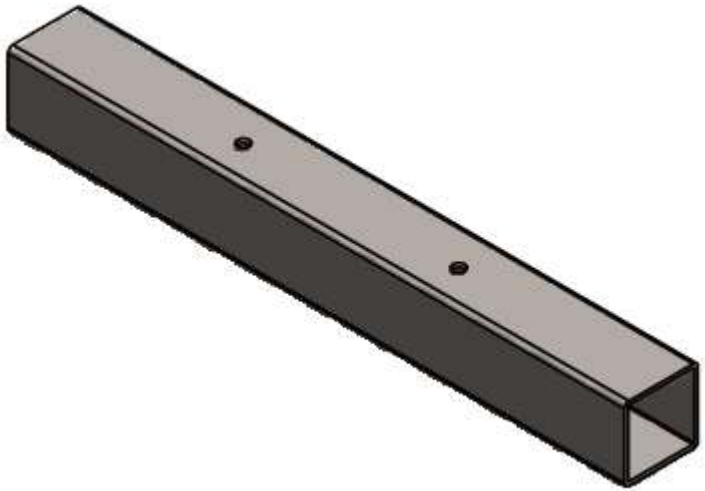
Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E03	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 3 de la estructura	Hoja/Plano	11/24	
Material	Tubo estructural cuadrado	Dimensiones en bruto:	40mmx40mm espesor 2mm y largo de 360mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

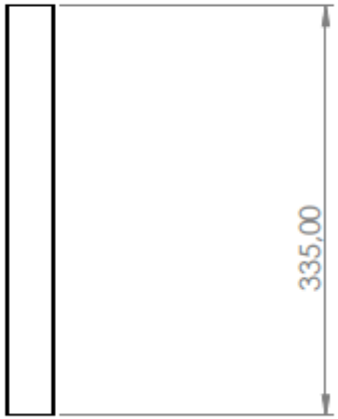


Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 355 mm		Sierra y escuadra					5
	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E03	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 2 de la estructura	Hoja/Plano	11/24	
Material	Tubo estructural cuadrado	Dimensiones en bruto:	40mmx40mm espesor 2mm y largo de 360mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

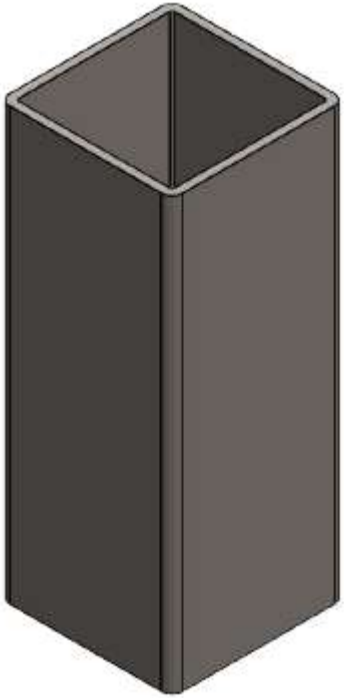


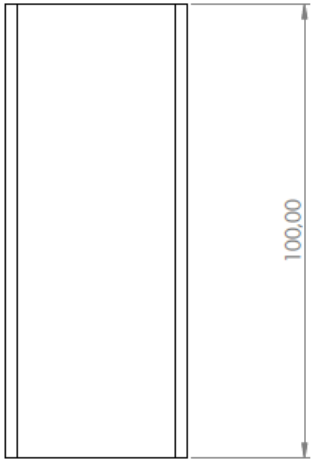
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 355 mm		Sierra y escuadra					5
Perforaciones	Perforaciones	1	Se realizan 2 perforaciones iguales a 117.1 mm de distancia cada una y a 108.95 mm del borde de la barra		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		5

	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

HOJA DE PROCESOS

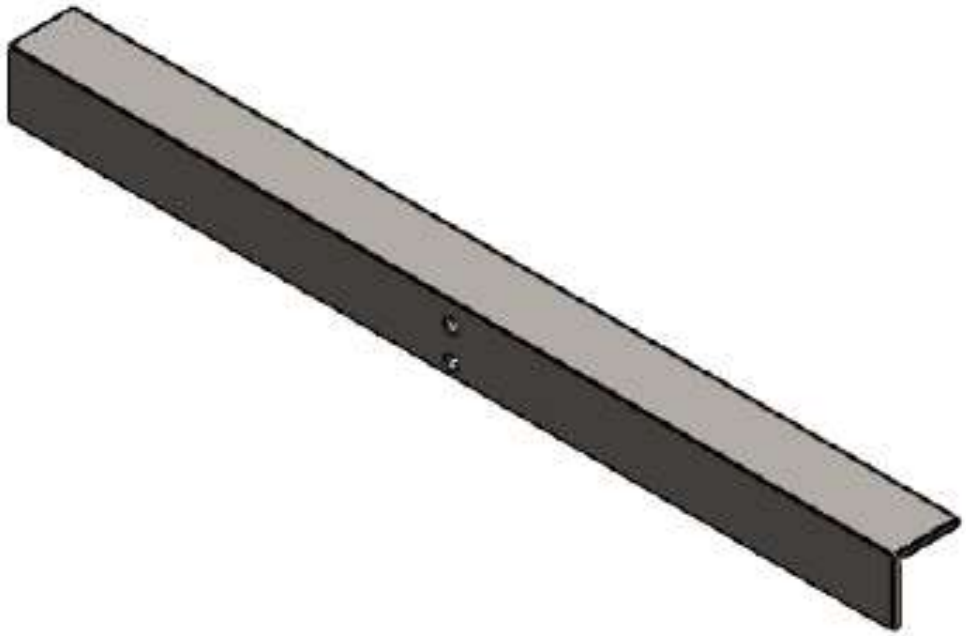
Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E05	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 5 de la estructura	Hoja/Plano	11/24	
Material	Tubo estructural cuadrado	Dimensiones en bruto:	40mmx40mm espesor 2mm y largo de 110mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

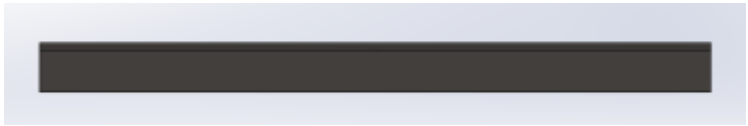
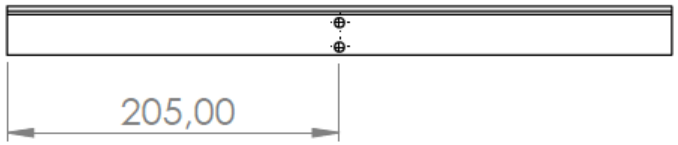


Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 100 mm		Sierra y escuadra					5
	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado – Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - E06	Fecha: 30/12/2023
Parte	Elemento 6 de la estructura	Hoja/Plano	11/24	
Material	Ángulo L doblado ASTM A36	Dimensiones en bruto:	30mmx30mm y 3mm de espesor y 420 mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

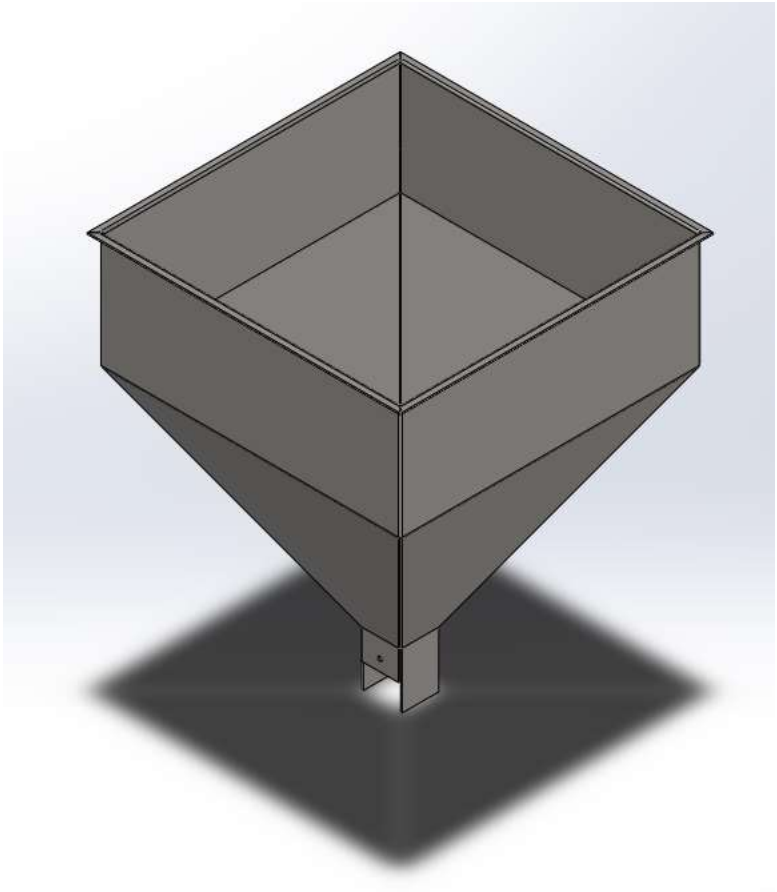


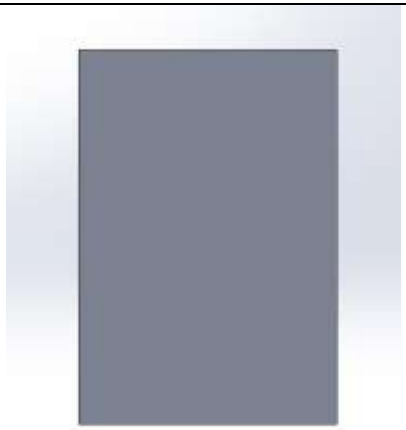
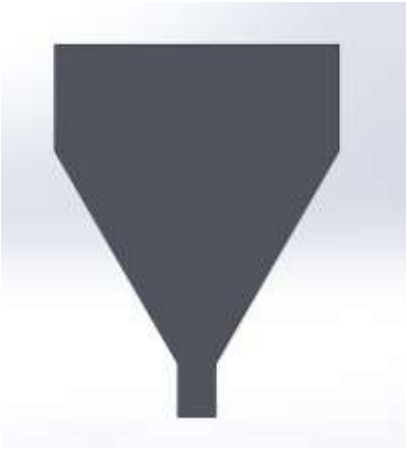
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Corte del material para obtener una longitud de 410 mm		Sierra Escuadra Flexómetro					5
Perforaciones	Perforaciones	1	Se realizan 2 perforaciones iguales en el centro de la barra		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6	54	3000		5

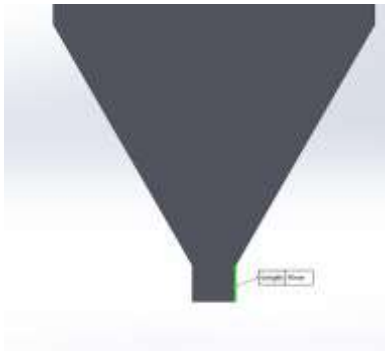
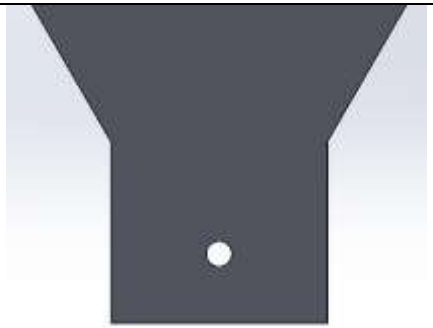
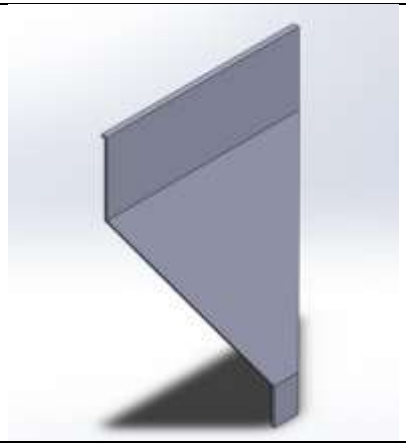
	Pulido	1	Sujetar la pieza cortada en la entenalla y con la moladora pulir las rebabas que quedan del corte para la posterior soldadura		Moladora Entenalla					5

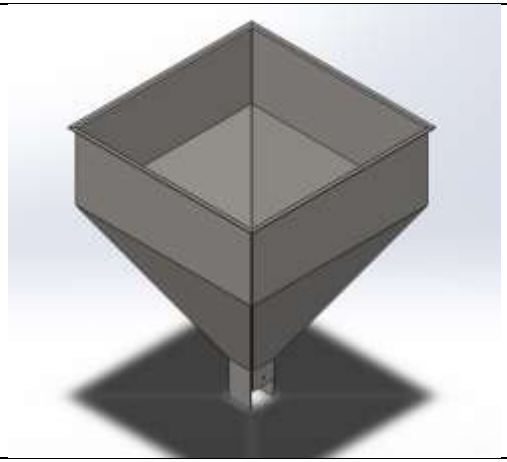
HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - TOLVA	Fecha: 30/12/2023
Parte	Tolva	Hoja/Plano	15/24	
Material	AISI 304	Dimensiones en bruto:	1600 mm x 580 mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		



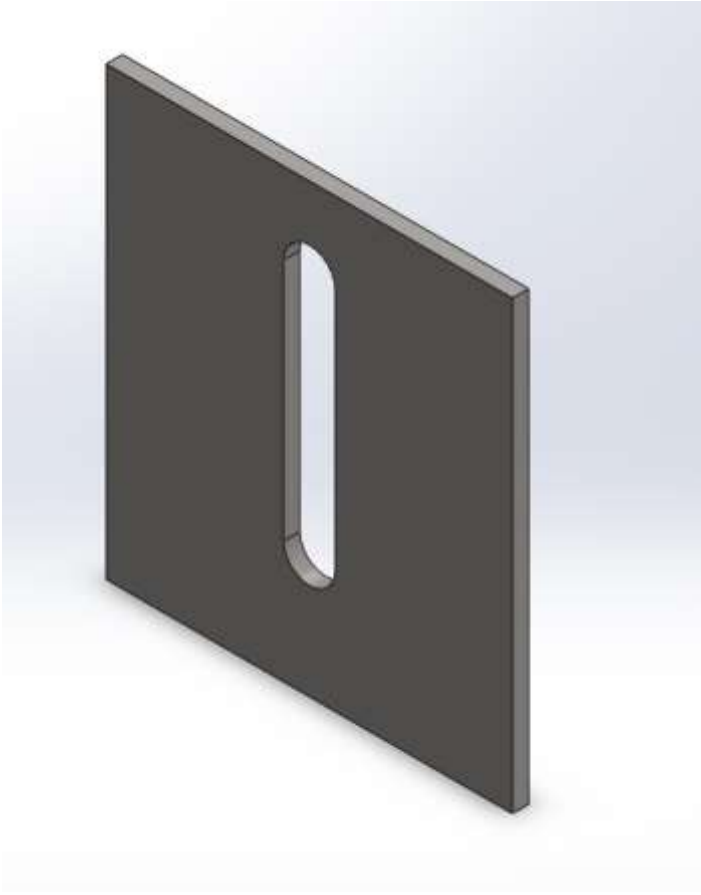
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
Corte	Corte General	1	Realizar un corte de la plancha general de 800*580mm		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					10
		2	De la plancha de 800*580 mm se realizan 2 cortes como se muestran en el croquis, estos deben estar contrapuestos para ahorrar el material		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A Realizar este proceso 2 veces para obtener 4 placas iguales					20

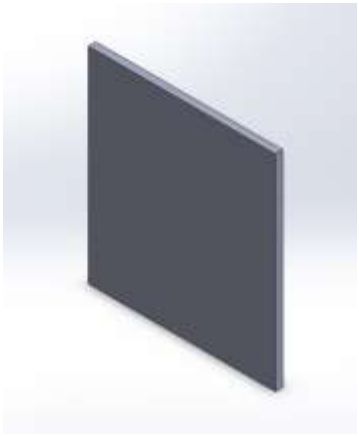
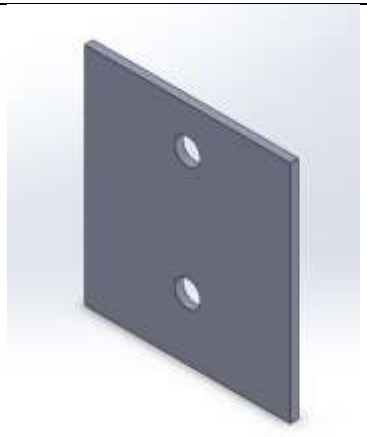
	Detalle de Corte	3	A una sola placa se le debe realizar un corte de 30 mm en la parte inferior de la plancha		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					5
Perforación	Perforación	1	Se realiza una perforación para luego colocar la compuerta que regulara el flujo del material		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		5
Doblado	Doblado	1	Realizar dobleces a 30 grados en cada lado de la plancha Y un doblez de 2 mm Enel borde superior de la plancha		Dobladora Repetir el mismo proceso para las 4 planchas					15

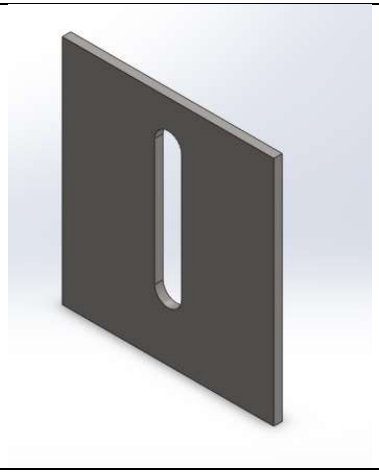
Soldadura	Soldadura	1	Soldar las 4 planchas formando la tolva		Soldadora TIG				Aporte de tungsteno	30

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 - SD - COMPTOLV	Fecha: 30/12/2023
Parte	Compuerta Tolva	Hoja/Plano	16/24	
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	50x55 mm^2	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

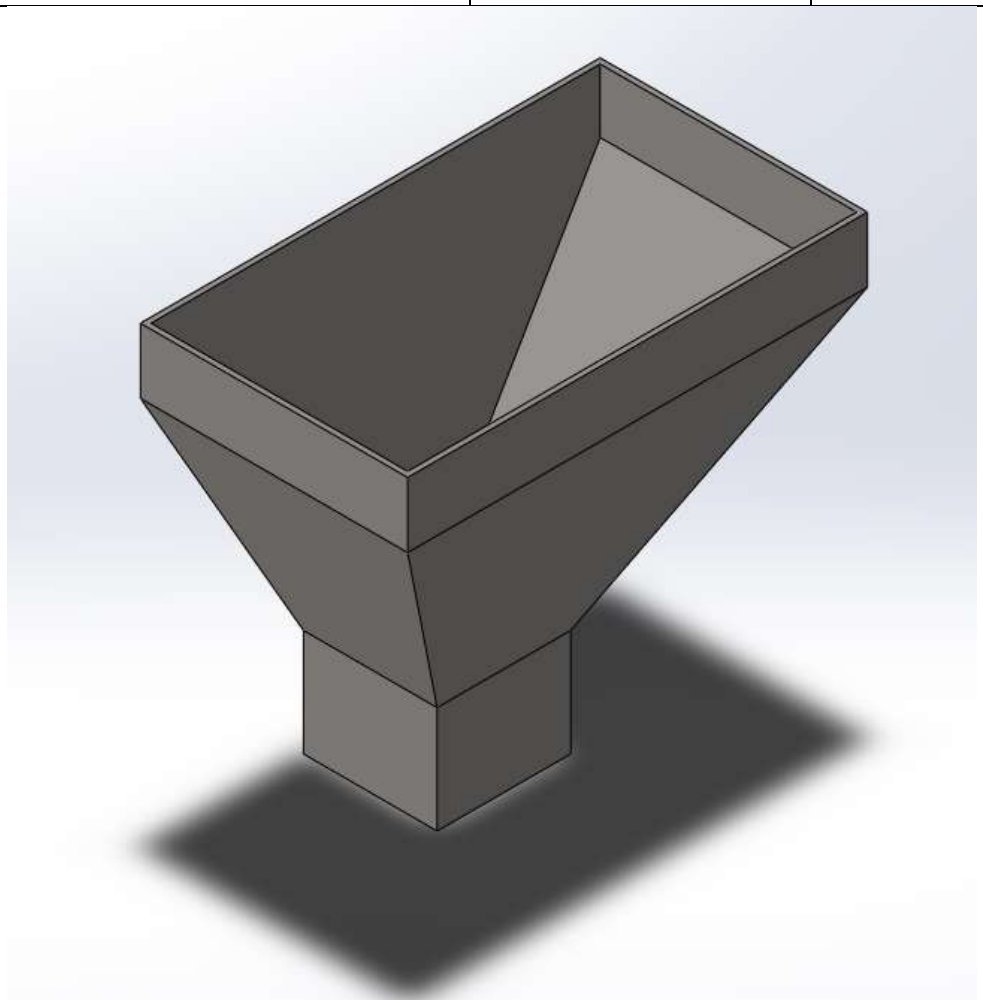


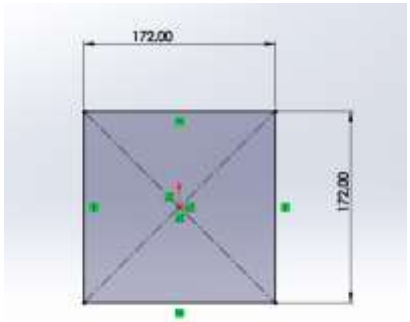
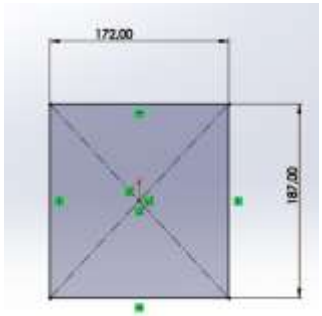
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Realizar un corte de la plancha general de 50x55 mm		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					5
	Perfroación	2	Se realizan 2 perforaciones de 6.34 mm a 30mm de distancia y 10 mm del borde		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		5

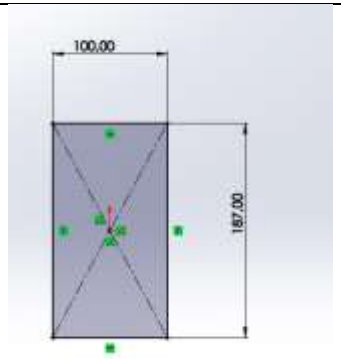
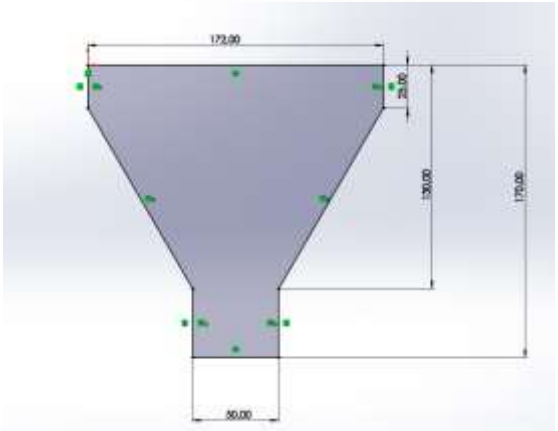
Corte	Corte	1	Corte con moladora del material entre las perforaciones para formar un solo orificio			Moladora					10

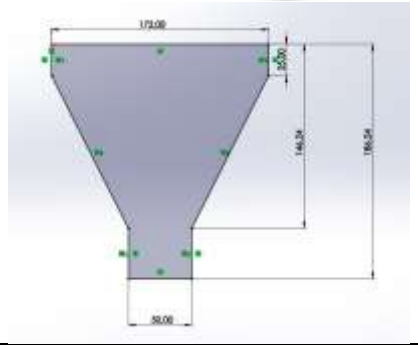
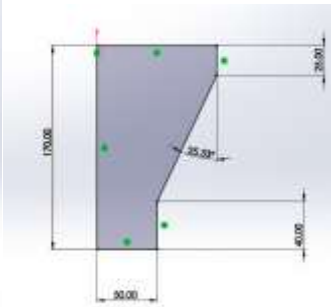
HOJA DE PROCESOS

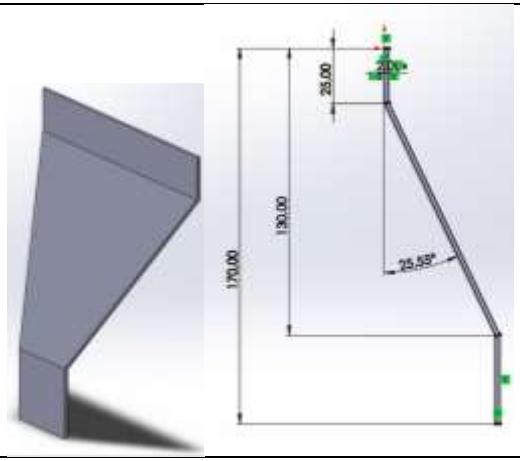
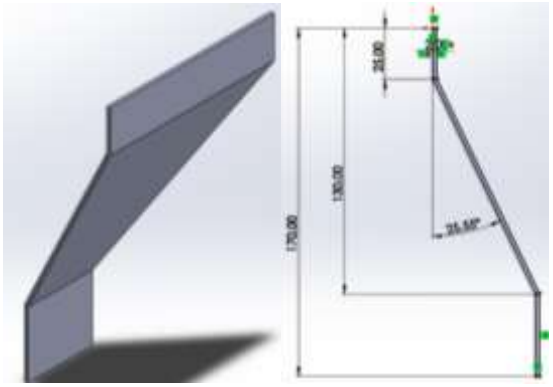
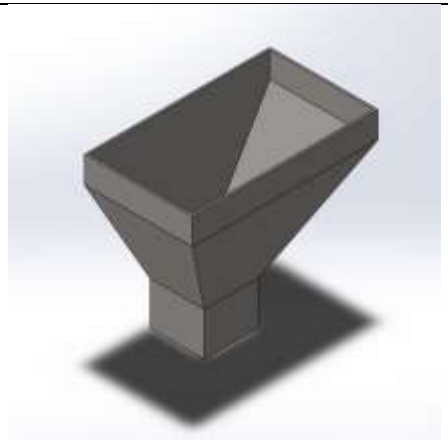
Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	AISI 304	Fecha: 30/12/2023
Parte	Embudo	Hoja/Plano	17/24	
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	544*190 mm^2	
Realizado por:		Observaciones:		



Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
Cortado	Cortado Plancha Cuadrad	1	Realizar un corte de 170mm*172mm		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					3
		2	Realizar un corte de 172*187 mm^2		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					3

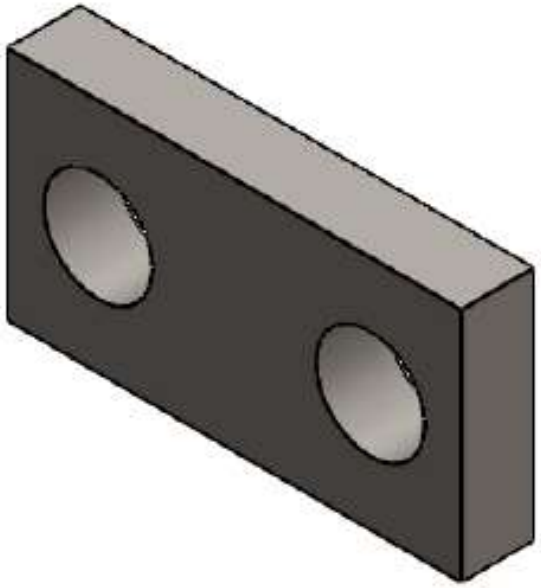
Cortado	Cortado Plancha Cuadrad	3	Realizar dos cortes de 100*187		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					3
	Cortado forma de tolva	1	Al corte de 170mm*172mm se corta de forma simétrica las esquinas El ángulo formado es de 30º	 	Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					5

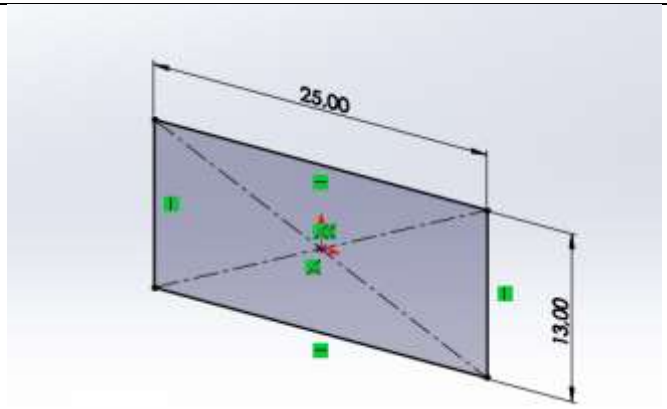
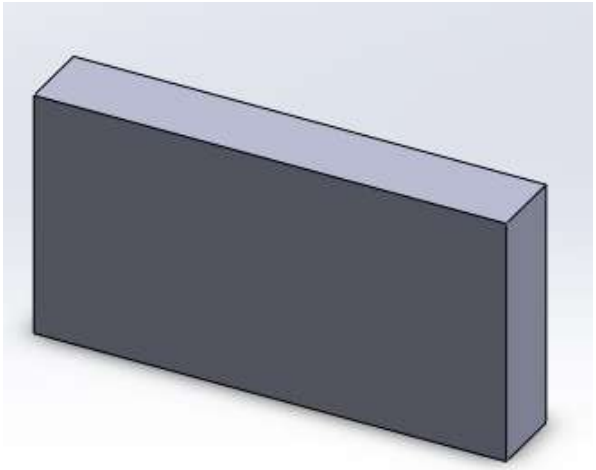
Cortado	Cortado forma de tolva	2	Al corte de 172*187 mm se corta de forma simétrica las esquinas El ángulo formado es de 30º	 	Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					5
		3	A los cortes de 100*187 mm se corta de forma simétrica las esquinas El ángulo formado es de 25.33º	 	Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					10

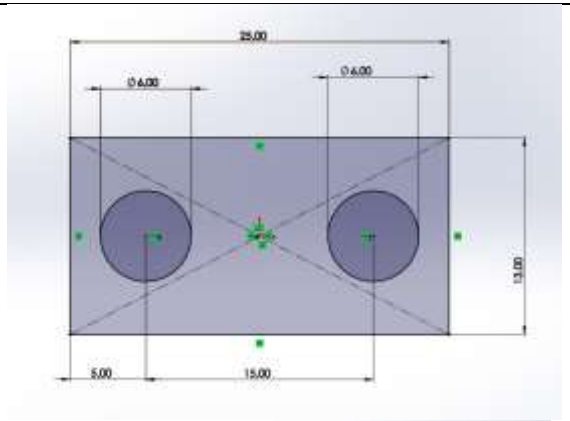
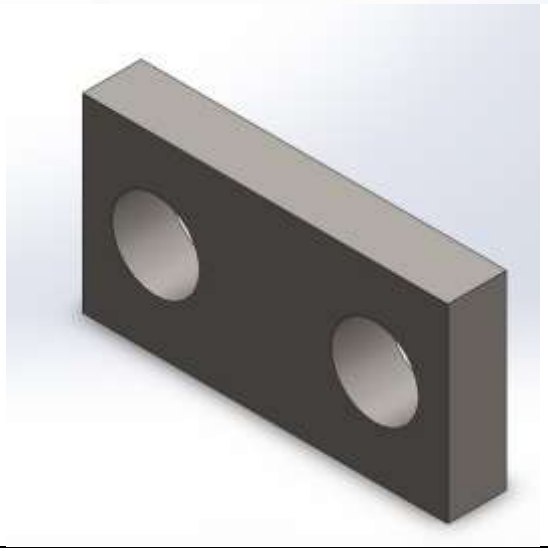
Doblado	Doblado	1	A la placa de Al corte de 172*187 cortada, se le realiza un doblado de 25.55º		Dobladora					5
	Doblado	2	A la placa de 100*187 mm cortada, se le realiza un doblado de 25.55º		Dobladora Realizar lo mismo con las 2 planchas					5
Soldadura	Soldadura	1	Soldar las 4 planchas formando la tolva		Soldadora TIG				Aporte de tungsteno	20

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado Dosificadora	Código	PGD - P2 - SC - SOPGALGA	Fecha: 30/12/2023
Parte	Soporte Galga	Hoja/Plano	18/24	
Material	ACERO AISI 304	Dimensiones en bruto:	13mm x 25mmx4mm de espesor	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

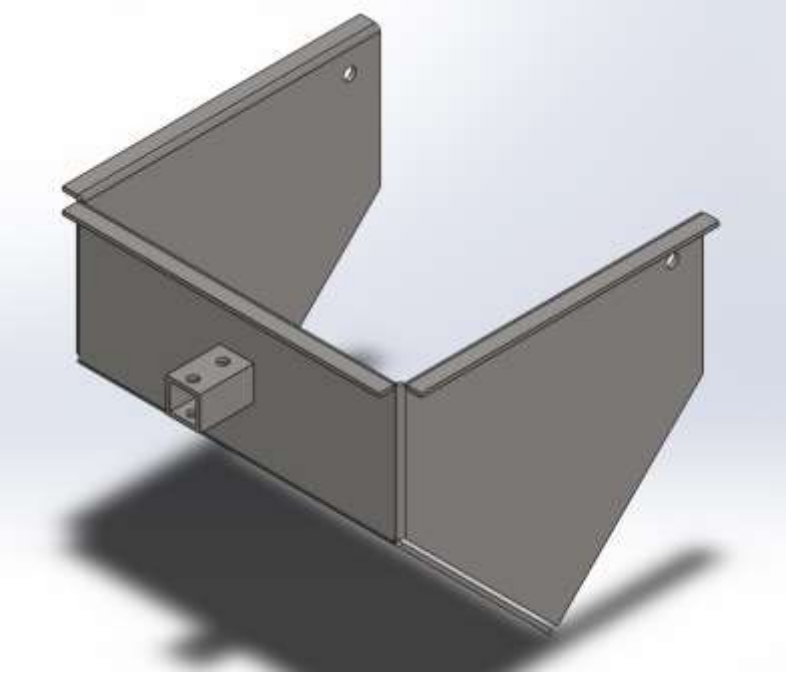


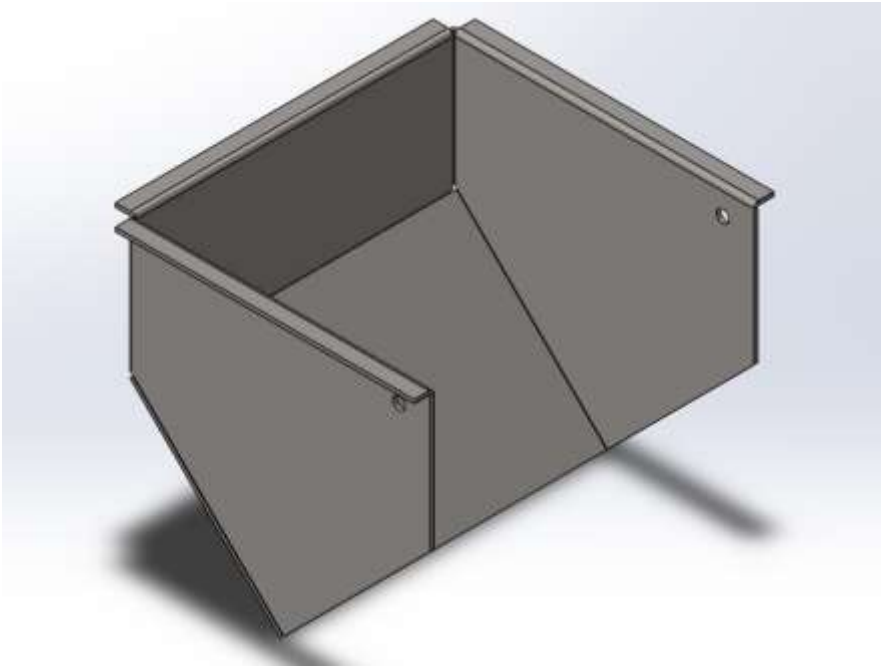
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro	Vc (m/min)	N (rpm)		
Corte	Corte	1	Se corta una placa de acero de espesor de 4mm	 	Moladora Flexómetro Escuadra Rallador					5

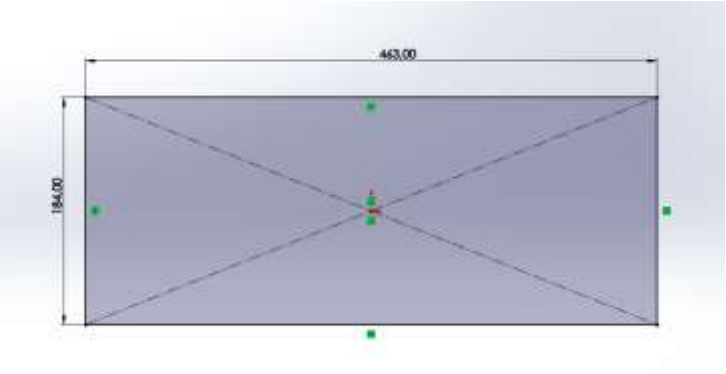
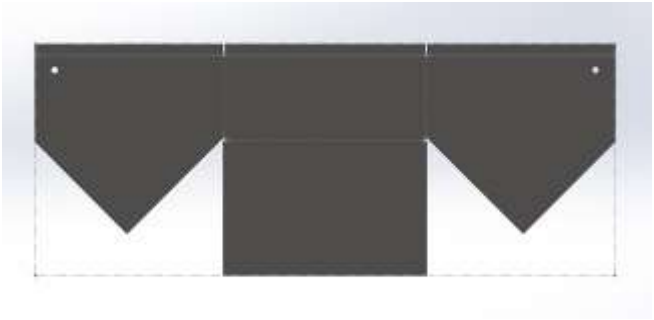
Taladrado	Perforación	2	Se realizan 2 perforaciones de 6mm cada una	 	Taladro Punto broca	6	56	3000		5

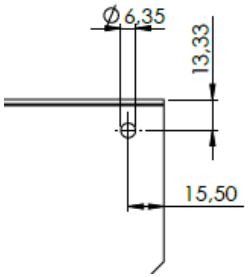
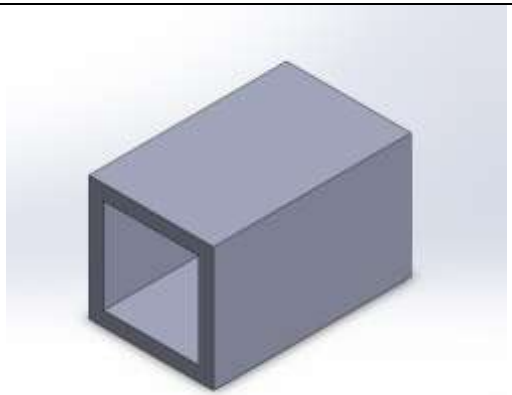
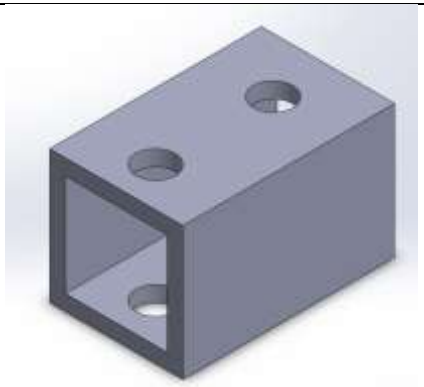
HOJA DE PROCESOS

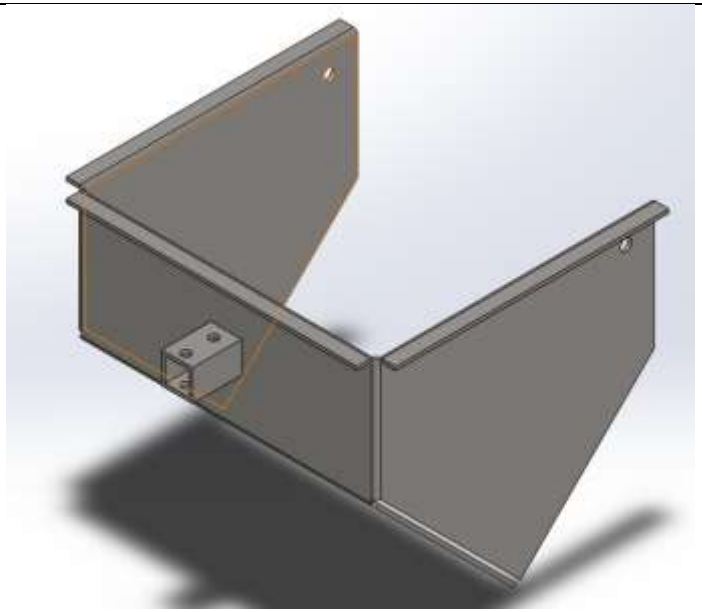
Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 - SC - BASE COMPUERTA	Fecha: 30/12/2023
Parte	Base de la Compuerta -	Hoja/Plano		
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	184mm x 463mm x 2mm de espesor	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		





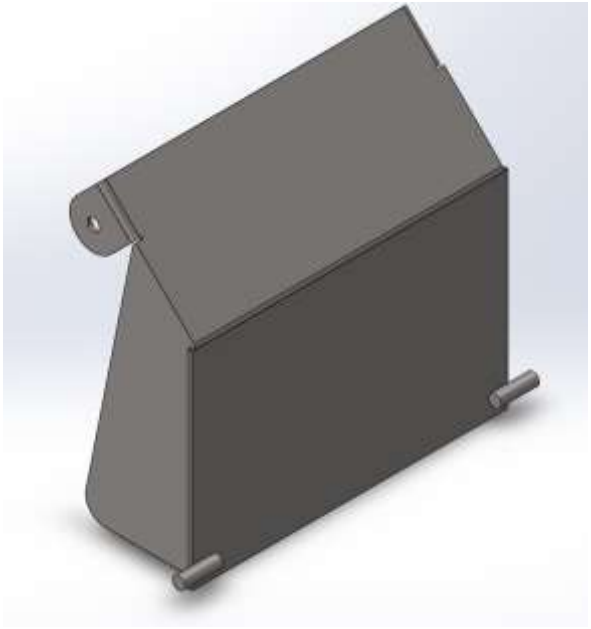
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro	Vc (m/min	N (rpm)		
	Corte	1	Corte de una chapa de 184mm x 463mm		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A					5
		2	Corte de la chapa metálica		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador El amperaje de la cortadora de plasma debe ser de 40A Seguir medidas del plano					15

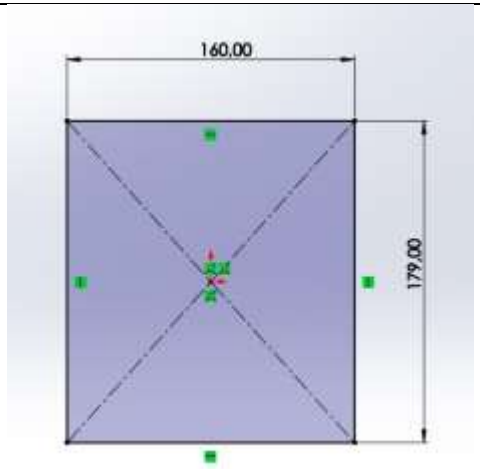
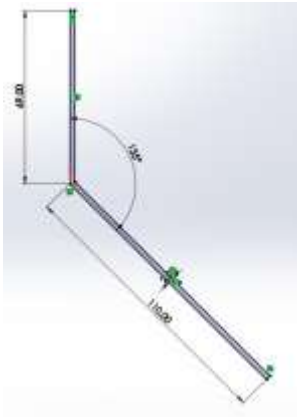
	Perforación	3	Perforación placa a cada lado		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro Perforación a cada lado	6.34	60	3000		5
	Corte	4	Corte del soporte de la galga		Moladora Seguir medidas del plano					
	Perforación	5	Perforación soporte		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro Seguir medidas del plano Perforación pasante	5	47	3000		

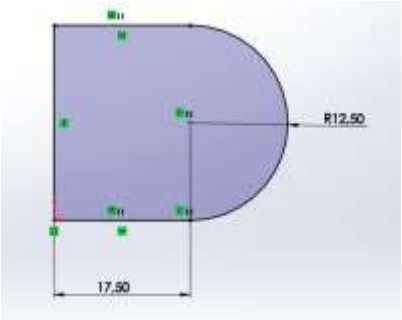
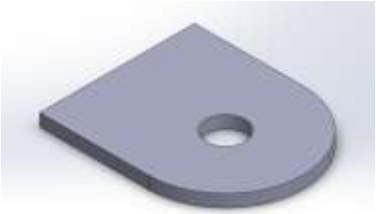
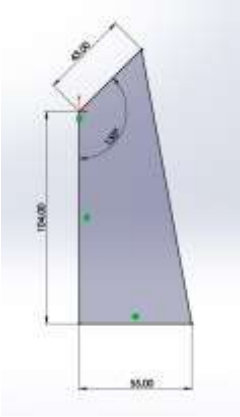
	Soldadura	6	Soldar la chapa metálica según sus dobleces y soldar el soporte de la celda de carga		Soldadora TIG				Aporte de tungsteno	30

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 - SC - COMPUERTA	Fecha: 30/12/2023
Parte	Compuerta	Hoja/Plano	20/24	
Material	ACERO INOXID AISI 304	Dimensiones en bruto:	200mm x 179mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		



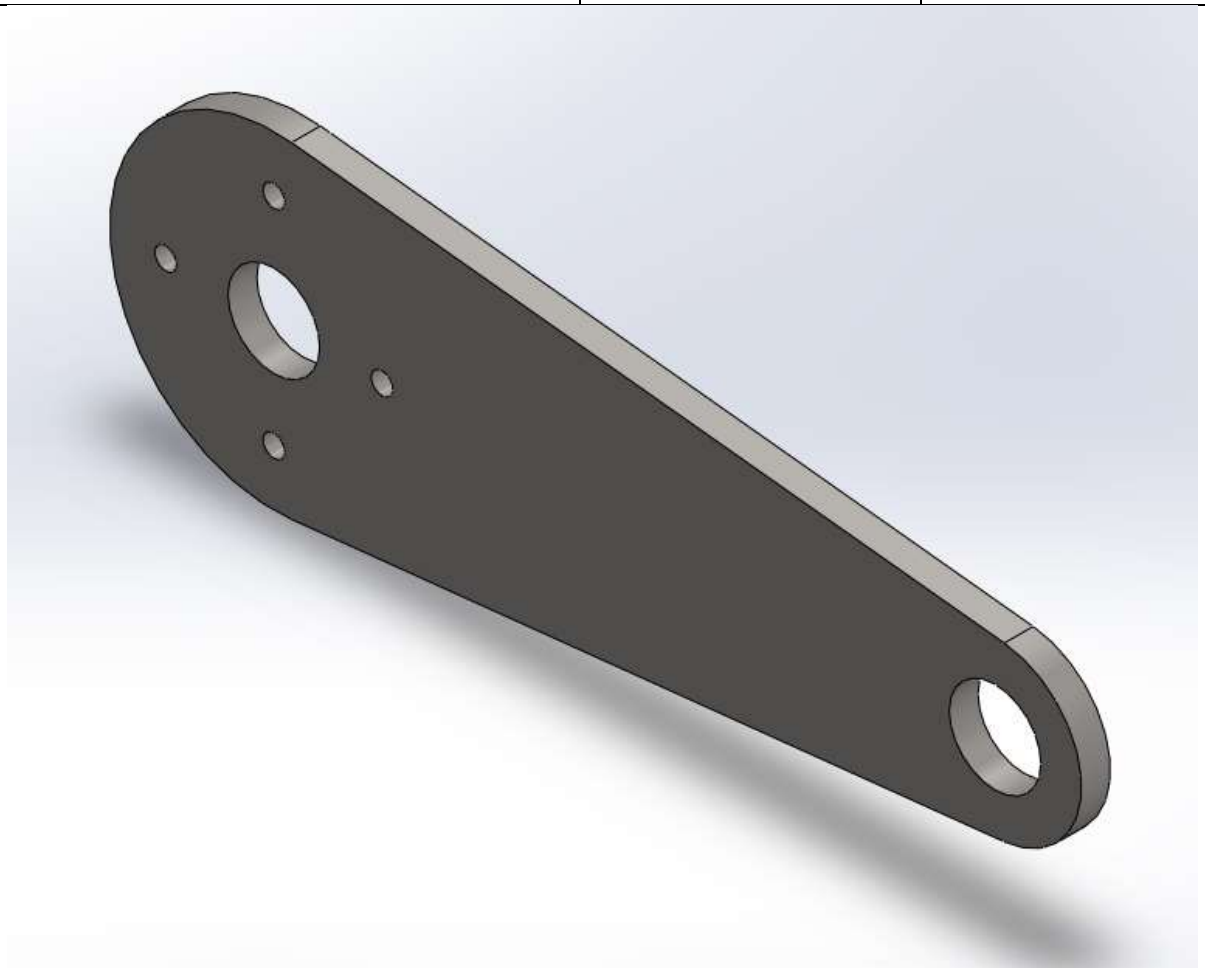
Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
	Cortado	1	Realizar un corte de la plancha general de 160*176mm		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador					5
	Doblado	2	Realizar dobleces a 135 grados		Dobladora					5

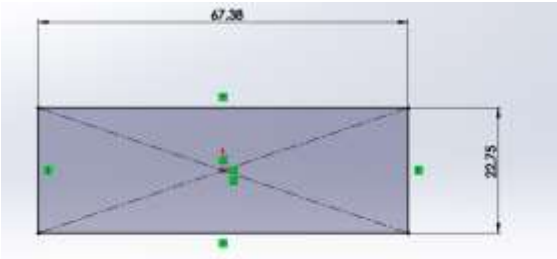
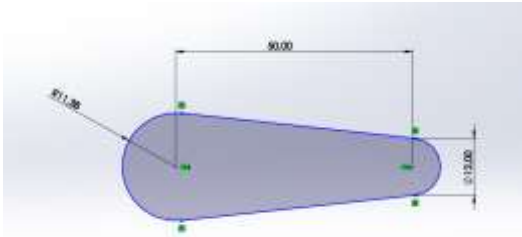
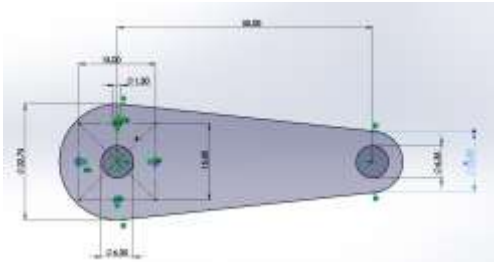
	Cortafo	3	Corte de una plancha de 30 mm x 25xx y un redondeo de radio 12.5 en un extremo		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador					10
	Perforado	4	Se realiza una perforación en el centro del radio		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		5
	Cortado	5	Realizar un corto según las medidas especificadas		Cortadora de plasma Flexómetro Rayador Revisar plano					10

	Cortado	6	Corte ejes de diámetro ¼ de pulgada, o 6.4mm		Cierra Flexómetro					2
	Soldadura	7	Soldar todas las partes		Soldadora TIG Revisar todas las medidas en el plano				Aporte de tungsteno	15

HOJA DE PROCESOS

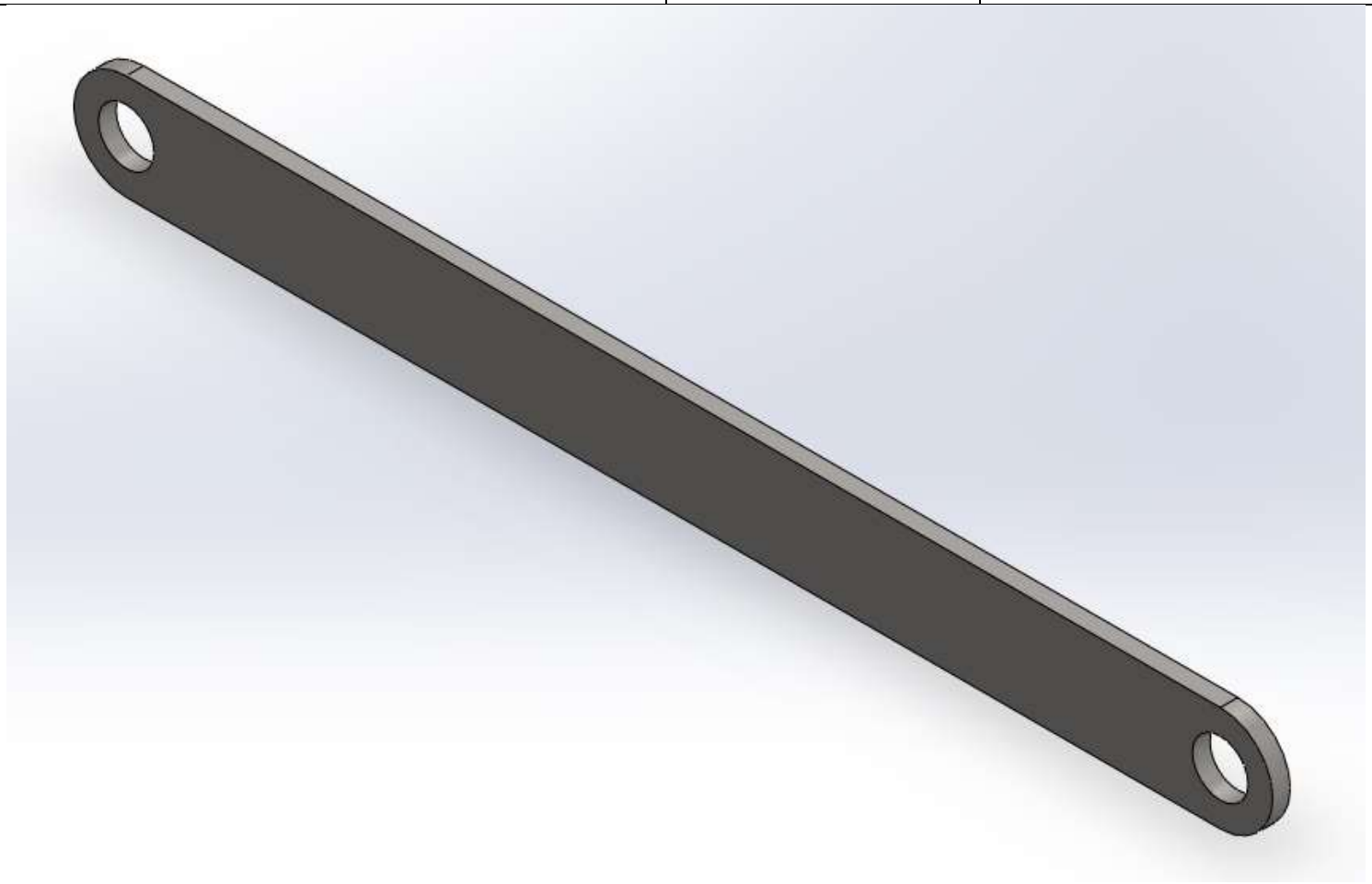
Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	CÓDIGO: PGD - P2 - SC - ESLABON1	Fecha: 30/12/2023
Parte	Eslabón 1	Hoja/Plano	22/24	
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	70mm x 22.75mm, espesor 2 mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

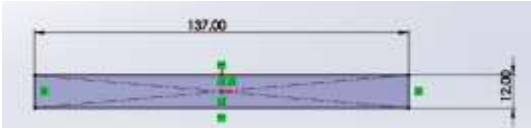
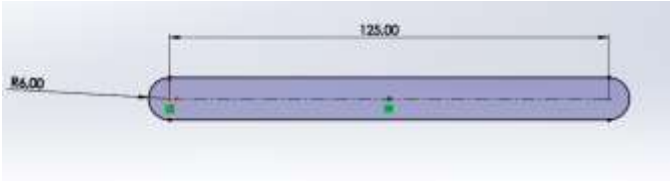
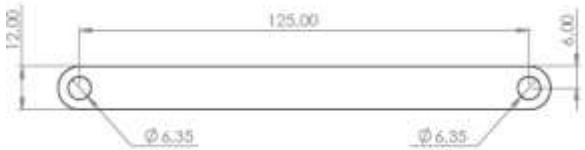


Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramienta s /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
			Corte a dimensión 67.38mm x 22.75mm con moladora		Moladora Flexómetro Rayador					5
			Corte con moladora para dar la forma de eslabón		Moladora Flexómetro Rayador					10
			Perforaciones, 2 de ¼ de pulgada o 6.35mm y 4 de 1/5 mm de diámetro		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35 1.5	60 40	3000		10

HOJA DE PROCESOS

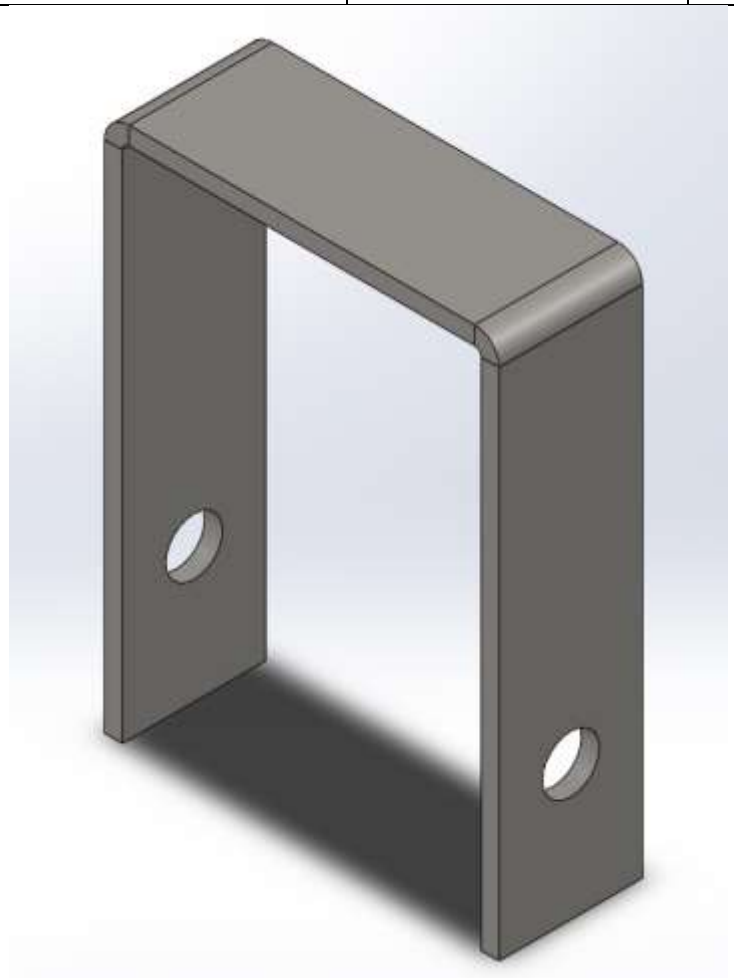
Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	CÓDIGO: PGD - P2 - SC – ESLABON2	Fecha: 30/12/2023
Parte	Eslabón 2	Hoja/Plano	23/24	
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	137mm x 12mm, espesor 2 mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		

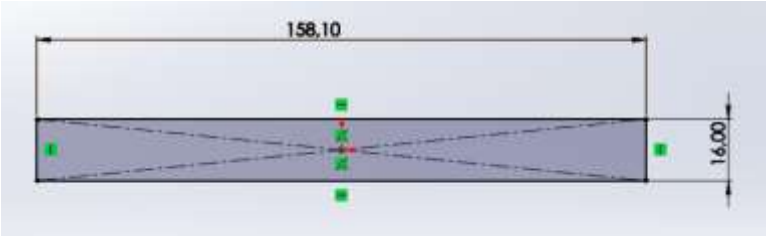
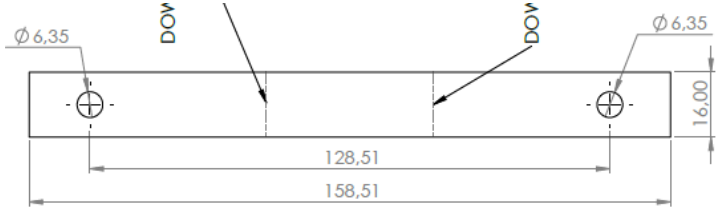
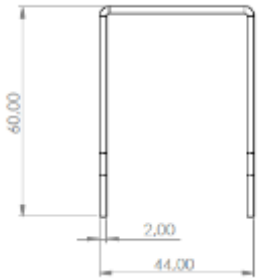


Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
	Corte	1	Corte a dimensión 137mm x 12mm con moladora		Moladora Flexómetro Rayador					5
	Corte	2	Realizar un redondeo a cada lado de diámetro 12 dejando una distancia entre centro de 125mm		Moladora Flexómetro Rayador					10
	Perforación	3	Perforaciones, 2 de ¼ de pulgada a cada lado		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		10

HOJA DE PROCESOS

Proyecto	Proyecto de Grado - Dosificadora	Código	PGD - P2 - SC - SOPORTESERVOL	Fecha: 30/12/2023
Parte	Soporte Servo Estructura	Hoja/Plano	24/24	
Material	ACERO INOXID. AISI 304	Dimensiones en bruto:	158mm x 16mm, espesor 2 mm	
Realizado por:	Orozco Henry	Observaciones:		



Fase	Sub-fase	Operación	Denominación	Croquis	Herramientas /control /indicaciones	Parámetros de Perforación			Soldadura (Tipo)	Tiempo (min)
						Diámetro (mm)	Vc (m/min)	N (rpm)		
	Corte	1	Corte a dimensión 158.1mm x 16mm con moladora		Moladora Flexómetro Rayador					5
	Perforación	2	Perforaciones, 2 de ¼ de pulgada a cada lado		Taladro Puntero Escuadra Flexómetro	6.35	60	3000		10
	Doblado		Doblado a 90º en las posiciones definidas en el plano		Dobladora Flexómetro					

Anexo 5 - Código Arduino

```
#include <Wire.h>
#include <EEPROM.h>
#include <Keypad.h>
#include "HX711.h"
#include <Servo.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //0x27

const byte FILAS = 4;
const byte COLUMNAS = 4;
char teclas[FILAS][COLUMNAS] = {
  {'1','2','3','A'},
  {'4','5','6','B'},
  {'7','8','9','C'},
  {'.','0','#','D'}
};
byte pinesFilas[FILAS] = {5, 4, 3, 2};
byte pinesColumnas[COLUMNAS] = {9, 8, 7, 6};
Keypad keypad = Keypad(makeKeymap(teclas), pinesFilas, pinesColumnas,
FILAS, COLUMNAS);

const int encerar = 12;
const int PIN_DATOS = A1;
const int PIN_RELOJ = A0;
HX711 balanza;

Servo servo1;
Servo servo2;
int pinServo1 = 10;
int pinServo2 = 11;
int pulsoMin = 525;
int pulsoMax = 2550;
int i;

int relay = 13;

int peso_calibracion = 1000;
long escala;
float factorCalibracion = 1;

float peso = 0;
float pesoLbs = 0;
float pesoKg = 0;

int modo = -1;
int valorIngresado = 0;
```

```
float valorComparar;
float value = 0;
int contador = 0;

const int NUM_MUESTRAS = 5;
float muestras[NUM_MUESTRAS];
int indiceMuestra = 0;

void setup() {
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  servo1.attach(pinServo1, pulsoMin, pulsoMax);
  servo2.attach(pinServo2, pulsoMin, pulsoMax);
  pinMode(PIN_DATOS, INPUT);
  pinMode(PIN_RELOJ, OUTPUT);
  balanza.begin(PIN_DATOS, PIN_RELOJ);
  pinMode(encerar, INPUT);
  pinMode(relay, OUTPUT);
  digitalWrite(relay, LOW);
  EEPROM.get(0, escala);
  servo1.write(75);
  servo2.write(110);

  if (digitalRead(encerar) == 1) {
    calibration();
  }
  balanza.set_scale(escala);
  balanza.tare(20);
}

void loop() {
  char tecla = keypad.getKey();
  switch (tecla) {
    case 'A':
      modo = 0;
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Modo Libras");
      delay(1000);
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Ingresar valor");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("a medir");
      delay(1000);
      lcd.clear();
      value = readFloatFromKeypad();
      if (value >= 0 && value <= 2.2) {
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print("Valor ingresado:");
```

```
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print(value);
      lcd.setCursor(9, 1);
      lcd.print("lb");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      valorIngresado = 1;
    } else {
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Ingrese un valor");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("maximo de 2.2lb");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      modo = -1;
    }
    break;

  case 'B':
    modo = 1;
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Modo Kg");
    delay(2000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Ingresar valor");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("a medir");
    delay(1000);
    lcd.clear();
    value = readFloatFromKeypad();
    if (value >= 0 && value <= 1) {
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Valor ingresado:");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print(value);
      lcd.setCursor(9, 1);
      lcd.print("kg");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      valorIngresado = 1;
    } else {
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Ingrese un valor");
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("maximo de 1Kg");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      modo = -1;
```

```
    }
    break;

  case 'C':
    lcd.clear();
    balanza.tare();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Tara");
    delay(500);
    lcd.clear();
    break;

  case 'D':
    // Llamar a la función para reiniciar el bucle
    resetearBucle();
    break;

  default:
    if (modo == -1) {
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("Seleccione un sistema");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("de Unidades");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print("A para libras");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("B para kilogramos");
      delay(2000);
      lcd.clear();
      return;
    }

    if (modo == 1) {
    // Utiliza la lectura filtrada en lugar de la lectura original
    //peso = filtroMediaMovil();
    peso =  balanza.get_units(1);
    pesoKg = max(0,(peso / 1000)*0.95);
    modoKilogramos();
    } else if (modo == 0) {
    peso = 0;
    peso =  balanza.get_units(1);
    //peso = filtroMediaMovil();
    pesoLbs = max(0,(peso/453.59237)*0.955);//0.925
    modoLibras();
  }
    break;
}
```

```
}

//////////////////Funciones

float filtroMediaMovil() {
  float suma = 0;
  // Realizar múltiples lecturas y almacenarlas en el arreglo de muestras
  for (int i = 0; i < NUM_MUESTRAS; i++) {
    muestras[indiceMuestra] = balanza.get_units(); // Reemplazar con la
función correcta para obtener la lectura
    indiceMuestra = (indiceMuestra + 1) % NUM_MUESTRAS;
    delay(5); // Ajustar según sea necesario para dar tiempo entre las
lecturas
  }
  // Calcular el promedio de las muestras almacenadas
  for (int i = 0; i < NUM_MUESTRAS; i++) {
    suma += muestras[i];
  }
  // Devolver el promedio
  return max(0, suma / NUM_MUESTRAS);
}

void calibration() {
  boolean conf = true;
  long adc_lecture;
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Calibrando base");
  lcd.setCursor(4, 1);
  lcd.print("Balanza");
  delay(3000);
  balanza.read();
  balanza.set_scale();
  balanza.tare(20);
  lcd.clear();

  while (conf == true) {
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print("Peso referencial:");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(peso_calibracion);
    lcd.print(" g        ");
    delay(3000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print("Ponga el Peso");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print("Referencial");
    delay(3000);
    adc_lecture = balanza.get_value(100);
```

```
    escala = adc_lecture / peso_calibracion;
    delay(100);
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print("Retire el Peso");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print("referencial");
    delay(3000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1, 0);
    lcd.print("READY!!....");
    delay(3000);
    lcd.clear();
    conf = false;
    lcd.clear();
  }
}

float readFloatFromKeypad() {
  String input = "";
  bool decimalEntered = false;

  while (true) {
    char key = keypad.getKey();

    if (key != NO_KEY) {
      if (key == '.') {
        if (decimalEntered) {
          continue;
        }
        decimalEntered = true;
      } else if (key == '#') {
        break;
      }

      input += key;
      lcd.clear();
      lcd.print("Valor ingresado:");
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print(input);
    }
  }

  bool isNumeric = true;
  for (size_t i = 0; i < input.length(); i++) {
    if (!isdigit(input.charAt(i)) && input.charAt(i) != '.') {
      isNumeric = false;
      break;
    }
  }
```

```
  if (isNumeric) {
    return atof(input.c_str());
  } else {
    lcd.clear();
    lcd.print("Entrada no válida");
    delay(1000);
    lcd.clear();
    lcd.print("Ingrese un valor");
    lcd.setCursor(0, 1);
    return readFloatFromKeypad();
  }
}
void modoLibras() {
  servo1.detach();
  servo2.detach();
  if (valorIngresado == 1) {
      lcd.setCursor(1, 1);
      lcd.print("Contador:");
      lcd.setCursor(10, 1);
      lcd.print(contador);
      lcd.setCursor(1, 0);
      lcd.print("Peso:");
      lcd.setCursor(7, 0);
      lcd.print(pesoLbs,2);
      lcd.println("lb");
      digitalWrite(relay, HIGH);
      if (pesoLbs >= value) {
        digitalWrite(relay, LOW);
        servo1.attach(pinServo1, pulsoMin, pulsoMax);
        servo2.attach(pinServo2, pulsoMin, pulsoMax);
        servo1.write(75);
        servo2.write(110);
        delay(5000);
        servo1.write(150);
        servo2.write(30);
        /*for (i = 77; i <= 150; i++) {
          servo1.write(i);
          servo2.write(150 - i);
          delay(50);
        }
        */
        delay(2000);
        servo1.write(75);
        servo2.write(110);
        delay(500);
        servo1.detach();
        servo2.detach();
        valorComparar += value;
```

```
        contador++;
        delay(500);
        balanza.tare(20);
        pesoLbs = 0;
      }
  }
}

void modoKilogramos() {
  servo1.detach();
  servo2.detach();
  if (valorIngresado == 1) {
    // Verificar si la lectura supera el umbral antes de mostrar o
realizar operaciones
      lcd.setCursor(1, 0);
      lcd.print("Peso:");
      lcd.setCursor(7, 0);
      lcd.print(pesoKg, 2);
      lcd.println("Kg");
      lcd.setCursor(1, 1);
      lcd.print("Contador:");
      lcd.setCursor(10, 1);
      lcd.print(contador);
      digitalWrite(relay, HIGH);
      if (pesoKg >= value) {
        digitalWrite(relay, LOW);
        servo1.attach(pinServo1, pulsoMin, pulsoMax);
        servo2.attach(pinServo2, pulsoMin, pulsoMax);
        servo1.write(70);
        servo2.write(110);
        delay(5000);
        servo1.write(150);
        servo2.write(30);
        /*for (i = 77; i <= 150; i++) {
          servo1.write(i);
          servo2.write(150 - i);
          delay(50);
        }
        */
        delay(5000);
        servo1.write(70);
        servo2.write(110);
        delay(2000);
        servo1.detach();
        servo2.detach();
        valorComparar += value;
        contador++;
        delay(500);
        peso = 0;
```

```
        balanza.tare();
        delay(500);
      }
  }
}
void resetearBucle() {
  char tecla = keypad.getKey();
  modo = -1;
  valorIngresado = 0;
  value = 0;
  contador = 0;
  valorComparar = 0;
  memset(muestras, 0, sizeof(muestras));
  indiceMuestra = 0;
  lcd.clear();
  digitalWrite(relay, LOW);
}
```

Nº	Valor esperado (lb)	Valor Obtenido	Error Porcentual Absoluto	Error Procentual	Tiempo de dosificacion
1	1	1,02	2	2	19,41
2	1	0,98	2	-2	24
3	1	0,99	1	-1	16,3
4	1	1	0	0	21,8
5	1	0,98	2	-2	19,63
6	1	1	0	0	19,07
7	1	1	0	0	
8	1	0,98	2	-2	
9	1	0,99	1	-1	
10	1	0,97	3	-3	
11	1	1	0	0	
12	1	1,02	2	2	
13	1	1,01	1	1	
14	1	1	0	0	
15	1	0,99	1	-1	
16	1	0,98	2	-2	
17	1	1	0	0	
18	1	1,03	3	3	
19	1	1	0	0	
20	1	1	0	0	
21	1	0,99	1	-1	
22	1	1,01	1	1	
23	1	1,02	2	2	
24	1	1,02	2	2	
25	1	1,02	2	2	
26	1	1	0	0	
27	1	1	0	0	
28	1	1	0	0	
29	1	0,99	1	-1	
30	1	0,98	2	-2	
31	1	1	0	0	
32	1	0,97	3	-3	
33	1	0,99	1	-1	
34	1	0,98	2	-2	
35	1	1,01	1	1	
36	1	0,98	2	-2	
37	1	0,92	8	-8	
38	1	1,01	1	1	
39	1	1	0	0	
40	1	0,99	1	-1	
41	1	1	0	0	
42	1	0,99	1	-1	
43	1	0,99	1	-1	
44	1	0,98	2	-2	
45	1	0,96	4	-4	
46	1	0,97	3	-3	
47	1	0,98	2	-2	
48	1	1,03	3	3	
49	1	1,04	4	4	
50	1	1,04	4	4	
51	1	1,01	1	1	
52	1	1,02	2	2	
53	1	1	0	0	
54	1	1,01	1	1	
55	1	0,98	2	-2	
56	1	1	0	0	
57	1	0,99	1	-1	
58	1	1	0	0	
59	1	1,01	1	1	
60	1	1	0	0	
61	1	1	0	0	
62	1	1,02	2	2	
63	1	1,01	1	1	
64	1	0,99	1	-1	
65	1	1,02	2	2	
66	1	1	0	0	
67	1	1,02	2	2	
68	1	1	0	0	
69	1	1	0	0	
70	1	1,02	2	2	
71	1	1,03	3	3	
72	1	1	0	0	
73	1	1	0	0	
74	1	1,01	1	1	
75	1	1	0	0	
76	1	1	0	0	
77	1	1,01	1	1	
78	1	1,02	2	2	

	Valorea absolutos	Valores procentuales
Media	1,53	0,09
Moda	0	0
Mediana	1	0

	Valor	Frecuencia
Maximo Error	18	0
Minimo	0	0

Error	Frecuencia
18	1
8	1
4	4
3	9
2	29
1	26
0	30
Total	100

Máximo Valor	1,18
Minmo Valor	0,92

79	1	1,02	2	2	
80	1	0,99	1	-1	
81	1	0,99	1	-1	
82	1	0,98	2	-2	
83	1	1,02	2	2	
84	1	1,01	1	1	
85	1	0,97	3	-3	
86	1	1,03	3	3	
87	1	1,02	2	2	
88	1	0,98	2	-2	
89	1	1,18	18	18	
90	1	1,04	4	4	
91	1	0,98	2	-2	
92	1	1	0	0	
93	1	0,97	3	-3	
94	1	0,98	2	-2	
95	1	0,99	1	-1	
96	1	1	0	0	
97	1	0,98	2	-2	
98	1	0,99	1	-1	
99	1	1	0	0	
100	1	1	0	0	
			1,53		

Prueba en Kg

Nº	Valor esperado (1kg)	Valor Obtenido	Error Porcentual Absoluto	Error Procentual	Tiempo de dosificacion
1	1	0,995	0,5	-0,5	30,4
2	1	1	0	0	37,35
3	1	1	0	0	36,96
4	1	1	0	0	38,12
5	1	0,99	1	-1	38,35
6	1	1	0	0	33,95
7	1	1	0	0	
8	1	1	0	0	
9	1	1	0	0	
10	1	0,995	0,5	-0,5	
11	1	0,99	1	-1	
12	1	1	0	0	
13	1	1	0	0	
14	1	1	0	0	
15	1	1	0	0	
16	1	1	0	0	
17	1	1,01	1	1	
18	1	1	0	0	
19	1	1	0	0	
20	1	1	0	0	
21	1	0,995	0,5	-0,5	
22	1	0,995	0,5	-0,5	
23	1	0,99	1	-1	
24	1	0,995	0,5	-0,5	
25	1	1	0	0	
26	1	1	0	0	
27	1	1	0	0	
28	1	0,99	1	-1	
29	1	0,995	0,5	-0,5	
30	1	1	0	0	

	Valorea absolutos	Valores procentuales
Media	0,26666667	-0,2
Moda	0	0
Mediana	0	0

	Valor	Frecuencia
Maximo Error	1	0
Minimo	0	0

Error	Frecuencia
1	5
0,5	6
0	19
Total	30

Máximo Valor	1,01
Minmo Valor	0,49

Calculo capacidad minima

1	0,5	0,51	2	0,4	0,42	5	0,3	0,33	9,09090909
2	0,5	0,49	2	0,4	0,42	5	0,3	0,31	3,22580645
3	0,5	0,49	2	0,4	0,41	2,5	0,3	0,31	3,22580645
4	0,5	0,49	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
5	0,5	0,5	0	0,4	0,41	2,5	0,3	0,3	0
6	0,5	0,51	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
7	0,5	0,5	0	0,4	0,41	2,5	0,3	0,32	6,25
8	0,5	0,51	2	0,4	0,4	0	0,3	0,32	6,25
9	0,5	0,49	2	0,4	0,42	5	0,3	0,32	6,25
10	0,5	0,5	0	0,4	0,42	5	0,3	0,31	3,22580645
Promedio			1,4			2,75			5,00183284