



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**

---

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DISPENSADORA DE  
LÍQUIDOS VISCOSOS PARA LA HELADERÍA LULÚ”**

---

**Autor:** Alex Darío Llumigusin Quillupangui

**Tutor:** Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza

**AMBATO – ECUADOR**

**Marzo - 2023**

## CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS PARA LA HELADERÍA LULÚ”**, elaborado por el Sr. Alex Darío Llumigusin Quillupangui, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 1721227237, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado en cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, marzo 2023



.....  
**Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza**

**TUTOR**

## **AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

Yo, **Alex Darío Llumigusin Quillupangui** con **C.I. 1721227237**, declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS PARA LA HELADERÍA LULÚ”**, así como también las tablas, gráficos, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto técnico, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo

Ambato, marzo 2023



-----  
**Alex Darío Llumigusin Quillupangui**

**C.I. 1721227237**

**AUTOR**

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, marzo 2023



---

**Alex Darío Llumigusin Quillupangui**

**C.I. 1721227237**

**AUTOR**

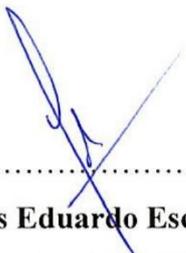
## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Alex Darío Llumigusin Quillupangui, con C.I. 1721227237 de la Carrera de Ingeniería Mecánica bajo el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS PARA LA HELADERÍA LULÚ”**.

Ambato, marzo 2023

Para constancia firman:

  
.....  
**Ing. Mg. Arroba Arroba César Hernán**  
**MIERMBRO CALIFICADOR**

  
.....  
**Ing. Mg. Luis Eduardo Escobar Luna**  
**MIERMBRO CALIFICADOR**

## DEDICATORIA

*Este presente trabajo técnico se lo dedico:*

*A mi madre que gracias a su perseverancia y apoyo incondicional puedo cumplir mi sueño de seguir la carrera de Ingeniería Mecánica haciendo lo posible e imposible para que pueda estudiar.*

*A mi padre que siempre me mostro lo bueno y lo difícil que tiene la vida, siendo humilde y trabajador, siendo un hombre de bien, pese a tantos tropiezos que atravesamos él nunca me negó ser mejor en la vida.*

*A mi hermano Gerardo, apoyándome siempre moral y económicamente, teniendo fe en que seré un buen profesional y que alcanzare todo lo que me proponga en la vida.*

*A mi hermano Oscar que en paz descanse, durante su estadía en el mundo terrenal me hizo ver que la vida no es fácil y que muchas veces nos quejamos de lo que nos pasa o por lo poco que tenemos, mientras otras personas quisieran solo vivir un día más, me mostro que por más que te digan que ya no hay nada que hacer, hay que llorar un rato y seguir con la cabeza en alto y disfrutar lo poco o mucho que nos quede en la vida.*

*A mi Nar por siempre apoyarme en mi estudio hasta que llegue a ser un profesional, me mostró que todo lo que quiero lo puedo conseguir mediante el esfuerzo y dedicación, siempre estando pendiente de mi cuando estaba cansado o desanimado por alguna situación, te amo esposita.*

*Te dedico especialmente a ti mi Nico, eres la personita que me cambio la vida ya no soy solo yo, ahora somos los tres junto a tu madre, por ti seguiré culminando mis metas, ahora este título lo culminare por ti porque deseo un futuro brillante y adecuado para ti mi hijo, por ti seguiré esforzándome mucho más cada día para que te sientas orgulloso de que sea tu padre, te adoro mi bebé.*

**Alex Llumigusin**

## AGRADECIMIENTO

Como agradecimiento quiero mencionar a mis padres **Luis Llumigusin** y **Lourdes Quillupangui**, que me ayudaron en el largo trayecto de toda mi vida estudiantil, apoyándome cuando más lo necesitaba y corrigiéndome cuando era necesario, su apoyo y constante esfuerzo son reflejados en este trabajo para culminación de mis estudios universitarios, siendo un logro muy importante para mí como para ellos como padres.

A mis hermanos **Oscar** y **Gerardo**, siendo un gran apoyo moral como consejeros, siempre diciendo que puedo lograr lo que me proponga, estando día y noche conmigo mientras estuvimos cerca, ahora Oscar ya no está conmigo para celebrar, pero sé que estará contento en el cielo por mí; Gerar ayudándome cuando más lo necesitaba así no se lo pidiera, su apoyo fue muy importante para llegar a este logro.

A mi esposa **Narcy**, desde el primer momento que fuimos novios siempre me apoyaste en lo que podías, no fuimos perfectos entre nosotros, pero aquí estás conmigo y ahora este logro también lo compartiremos juntos, nunca he sido tan fuerte como lo soy contigo y más que nunca siempre haciéndome reaccionar sobre las cosas y así lograr culminar mis estudios gracias amor.

A mi hijo **Elias Nicolas**, fuiste un impulso muy grande para decidirme ya culminar con mis estudios, llegaste a cambiar mi vida, si había un momento que quería dejar las cosas ahí, tú me hiciste ver que debía ser mejor, ser un buen ejemplo para ti y quiero serlo culminando mis estudios gracias por llegar a mi vida porque eres motor que me hace levantar y malanochar día tras días.

Al **Ing. Oscar Analuiza**, por toda la paciencia, apoyo, ayuda y orientación como mi profesor, siendo uno de los más comprensivos en la Facultad, siendo mi tutor exigiéndome y aconsejándome que no deje de lado la tesis para que logre mi objetivo que es graduarme de la universidad como ingeniero.

*Alex Llumigusin*

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### A.- PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN .....	ii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS .....	xvii
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT .....	xix
CAPITULO I.....	1
MARCO TEÓRICO.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Investigaciones anteriores .....	2
1.3 Fundamentos teóricos.....	4
1.3.1 Mecánica de fluidos.....	4
1.3.2 Fluidos .....	5
1.3.3 Propiedades de los fluidos .....	6
1.3.3.1 Densidad .....	6
1.3.3.2 Peso específico.....	6
1.3.4 Viscosidad .....	6
1.3.4.1 Viscosidad cinemática .....	7

1.3.4.2 Viscosidad dinámica .....	8
1.3.5 Producción de helados.....	9
1.3.6 Helados de crema de leche .....	9
1.3.7 Proceso de elaboración artesanal de helados.....	10
1.3.8 Extracción de la esencia de la fruta .....	10
1.3.9 Preparación de la mezcla de helado.....	10
1.3.10 Preparación de las plataformas con los vasos de helados.....	11
1.3.11 Proceso de dosificación .....	12
1.4 Diseño de máquinas .....	12
1.4.1 Diseño.....	12
1.4.2 Diseño en ingeniería.....	13
1.4.3 Consideraciones de diseño .....	16
1.5 Máquinas de heladerías .....	17
1.5.1 Equipo homogeneizador de pistón de 2 etapas.....	17
1.5.2 Depósito de leche tipo tanque.....	18
1.5.3 Tanque de mezcla .....	18
1.5.4 Congelador .....	19
1.6 Dosificadores.....	19
1.7 Tipos de dosificadores.....	20
1.7.1 Volumétricos .....	20
1.7.2 Gravimétricos .....	21
1.7.3 Pistón .....	22
1.8. Componentes de la máquina dosificadora.....	23
1.8.1 Tolva.....	23
1.8.2 Estructura de soporte .....	24
1.8.3 Actuador neumático.....	24
1.8.4 Actuador lineal .....	25

1.8.4.1 Actuador simple efecto .....	25
1.8.4.2 Actuador doble efecto .....	26
1.8.5 Electroválvula 5/2.....	26
1.8.6 Racor.....	27
1.8.7 Tubería flexible para aire comprimido .....	27
1.9 Accesorios de nivel sanitario .....	28
1.9.1 Boquillas de dosificación .....	28
1.9.2 Abrazaderas .....	28
1.9.3 Empaques u o-ring del tipo alimenticio.....	29
1.9.4 Unidad de mantenimiento.....	29
1.10 Objetivos .....	30
1.10.1 Objetivo general .....	30
1.10.2 Objetivos específicos.....	30
CAPITULO II.- METODOLOGÍA .....	32
2.1 Materiales.....	32
2.2 Métodos.....	35
2.2.1 Tipos de investigación.....	35
2.2.2 Investigación exploratoria .....	36
2.2.3 Investigación explicativo.....	36
2.2.4 Investigación descriptiva .....	36
2.2.5 Investigación de campo .....	36
2.2.6 Investigación experimental.....	37
2.2.7 investigación bibliográfica .....	37
2.2.8 Investigación aplicada o tecnológica.....	37
2.3 Diagramas de diseño y construcción.....	38
2.4 Determinación de características y parámetro de diseño .....	40
2.5 Selección de alternativas .....	41

2.5 Cálculos de la máquina mediante ingeniería y modelado CAD .....	44
2.5.1 Cálculo de la tolva.....	44
2.5.2 Diseño estático para el proceso de soldadura de la tolva .....	48
2.5.2.1 Esfuerzo normal medio.....	49
2.5.2.2 Esfuerzo medio a cortante .....	50
2.5.3 Selección del cilindro neumático.....	51
2.5.4 Cálculo del volumen para la camisa.....	53
2.5.4.1 Cálculo del volumen y masa del émbolo.....	54
2.5.4.2 Cálculo del volumen de la camisa .....	55
2.5.4.3 Cálculo de la longitud de la camisa .....	55
2.5.4.4 Presión dentro del cilindro o camisa .....	56
2.5.4.5 Esfuerzos internos por succión dentro de la camisa.....	56
2.5.5 Análisis estático de la camisa .....	58
2.5.5.1 Peso de los componentes sobre la mesa .....	58
2.5.5.2 Momento máximo utilizamos el análisis de voladizo con carga a un extremo .....	61
2.5.5.3 Momento de inercia de una sección circular hueca.....	62
2.5.5.4 Calculamos el esfuerzo por la carga axial .....	63
2.5.5.5 Análisis según la teoría de falla de Von Misses .....	63
2.5.5.6 Análisis según la teoría de falla de Von Misses .....	64
2.5.6 Selección de pernos .....	64
2.5.6.1 Cálculo para los pernos de sujeción de la camisa y el cilindro neumático. 65	
2.5.6.2 Para cortante .....	66
2.5.6.3 Para tensión .....	67
<b>0.1 [kN] &lt; 18.26 [kN]</b> .....	67
2.5.7 Análisis de carga sobre la mesa mediante un software CAD.....	67
2.6 Diseño de componentes en software CAD.....	69

2.7	Ensamble de los componentes de la máquina dosificadora con software CAD ..	71
2.8	Planos generales .....	72
2.9	Construcción de la máquina dosificadora .....	72
2.10	Componentes complementarios del sistema neumático.....	73
2.10.1	Diagrama del sistema neumático .....	74
2.11	Proceso de construcción .....	75
2.12	VISCOSÍMETRO DIGITAL NAHITA SERIE 810.....	81
2.12.1.	Principio de funcionamiento y aplicaciones.....	81
2.12.2	Instalación y funcionamiento .....	82
2.12.3	Medición de viscosidad .....	83
2.13	Pruebas de funcionamiento .....	84
CAPITULO III .....		90
3.	Resultados.....	90
3.1.	Máquina dosificadora vs proceso manual .....	90
3.2.	Análisis de costos .....	91
3.2.1.	Costos directos.....	91
3.2.2.	Costos indirectos.....	93
3.2.2.	Costo total.....	94
CAPÍTULO IV .....		95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		95
4.1	Conclusiones.....	95
4.2	Recomendaciones .....	95
5.	BIBLIOGRAFÍA.....	97
ANEXOS.....		100
Anexo 1.	Especificaciones generales de planchas inoxidable DIPAC .....	100
Anexo 2.	Propiedades de la tubería de acero inoxidable.....	101
Anexo 3.	Características de los actuadores (cilindro 15552) .....	102

Anexo 4. Fuerza de empuje y tracción del cilindro neumático .....	103
Anexo 6. Propiedades de secciones.....	104
Anexo 7. Tornillos y pernos a cortante y tensión.....	105
Anexo 8. Diagrama del sistema eléctrico .....	106
Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica .....	107
Anexo 10. Planos de taller.....	108

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Aceite con una viscosidad relativa alta.....	7
Figura 2. Gradiente de velocidad de un fluido en movimiento.....	9
Figura 3. Mezcla de helado de chocolate.....	11
Figura 4. Vasos de helados en la plataforma.....	11
Figura 5. Vasos de helado en la plataforma.....	12
Figura 6. Fases del proceso de diseño incluido las iteraciones y retroalimentaciones .....	14
Figura 7. Pasos en el proceso de diseño.....	16
Figura 8. Proceso de homogenización.....	18
Figura 9. Tanque de depósito.....	18
Figura 10. Tanque de mezcla.....	19
Figura 11. Congelador.....	19
Figura 12. Tolva volumétrica con paletas.....	20
Figura 13. Dosificador gravimétrico.....	22
Figura 14. Tolva volumétrica con paletas.....	23
Figura 15. Tolva cónica.....	24
Figura 16. Estructura o base de la máquina.....	24
Figura 17. Clasificación de los actuadores.....	25
Figura 18. Actuador de simple efecto dentro.....	26
Figura 19. Actuador de doble efecto.....	26
Figura 20. Válvula de 5 vías y dos posiciones.....	27
Figura 21. Racor.....	27
Figura 22. Tubería para aire comprimido.....	28
Figura 23. Boquillas dosificadoras.....	28

Figura 24. Abrazaderas tipo clamp .....	29
Figura 25. Abrazaderas tipo clamp .....	29
Figura 26. Abrazaderas tipo clamp .....	30
Figura 27. Diagramas de proceso de diseño y construcción .....	39
Figura 28. Dimensiones básicas de la tolva .....	45
Figura 30. Análisis de factor de seguridad.....	48
Figura 31. Soldadura a tope sin preparación de junta .....	49
Figura 32. Diagrama de vástago, émbolo, camisa y el cilindro .....	51
Figura 33. Datos técnicos generales de actuadores .....	52
Figura 34. Vaso Molde Cono De Aluminio para Helado Mediano .....	53
Figura 35. Camisa de succión .....	57
Figura 36. Área circular hueca .....	59
Figura 37. Cortante, momento y deflexión de vigas .....	61
Figura 38. Área circular hueca .....	62
Figura 39. Análisis estático de la camisa .....	64
Figura 40. Pernos de cabeza hexagonal hueca .....	65
Figura 41. Mesa base realizado los dobleces .....	68
Figura 42. Mesa base realizado los dobleces .....	68
Figura 43. Máquina dosificadora de líquidos viscosos .....	72
Figura 44. Diagramas del sistema neumático .....	75
Figura 45. Verificación de materia prima .....	76
Figura 46. Construcción de la tolva .....	77
Figura 47. Construcción de la mesa .....	78
Figura 48. Ensamble de componentes adquiridos.....	79
Figura 49. Ensamble general.....	80
Figura 50. Partes del viscosímetro digital serie 810 .....	82
Figura 51. Partes del viscosímetro digital serie 810 .....	82

Figura 52. Preparación para pruebas de funcionamiento.....	85
Figura 53. Alimentación del sistema neumático.....	85
Figura 54. Mezcla de helado en su estado viscoso.....	86
Figura 55. Mezcla de helado dentro de la tolva.....	86
Figura 56. Encendido de la máquina.....	87
Figura 57. Preparación para la dosificación.....	87
Figura 58. Dosificación en molde.....	88

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Unidades de la viscosidad cinemática.....	8
Tabla 2. Unidades de la viscosidad dinámica .....	9
Tabla 3. Unidades de la viscosidad cinemática.....	17
Tabla 4. Materiales para la construcción de la máquina .....	32
Tabla 5. Equipos para la construcción de la máquina.....	34
Tabla 6. Materiales de Diseño.....	35
Tabla 7. Parámetros de diseño .....	41
Tabla 8. Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dosificadores .....	41
Tabla 9. Cuadro de terminologías .....	42
Tabla 10. Denominaciones y variables de la tabla de ponderación .....	43
Tabla 11. Matriz de ponderación de alternativas .....	43
Tabla 12. Componentes modelados en software.....	69
Tabla 13. Componentes neumáticos .....	73
Tabla 14. Prueba de viscosidad 1 con el usillo #2 .....	83
Tabla 15. Prueba de viscosidad 2 con el usillo #3 .....	84
Tabla 16. Volumen de moldes .....	88
Tabla 17. Resultados .....	90
Tabla 18. Costos directos .....	92
Tabla 19. Costos indirectos .....	93
Tabla 20. Costo Total.....	94

## RESUMEN

En la industria artesanal de Helados Lulú en el área de producción se pudo observar una necesidad de mejorar el proceso de llenado de los moldes de helado, con este proyecto técnico se encontró una alternativa para solución de este problema mediante la investigación aplicada o tecnológica con la cual se recopiló información del proceso de forma visual y proporcionada por los trabajadores de la industria.

En este proyecto nos basamos en la investigación exploratoria la cual nos permitió encontrar características, parámetros para el diseño de los cuales se realizó cálculos de resistencia de materiales, selección de componentes existentes en el mercado que cumplan con las especificaciones calculadas como, por ejemplo; fuerza de empuje y succión del cilindro neumático, electroválvulas, válvulas de cierre de caudal, entre otros. Los cálculos realizados nos permitieron definir el tamaño y resistencia de los componentes a construir mediante procesos de manufactura como son: corte, plegado, soldadura TIG; con la ayuda del software de simulación CAD, se diseñaron componentes y ensambles, donde se crearon sistemas y subsistemas que posteriormente serían ensamblados en una sola máquina.

En las pruebas de funcionamiento como resultado obtuvimos que la máquina dosifica 13 por ciento de moldes más que el proceso manual que se realizaba anteriormente, también el tiempo y el desperdicio se redujo en un 40 y 10,35 por ciento respectivamente, cumpliendo con un proceso más eficiente.

Como resultado se diseñó y construyó una máquina dosificadora de pistón para mejorar el proceso de llenado de moldes de helado.

**Palabras claves:** Sistema neumático, Electroválvulas, Diseño estático, Soldadura de la Tolva, Viscosímetro digital Nahita serie 810, Medición de viscosidad.

## ABSTRACT

In the artisan industry of Ice Cream Lulú in the production area it was possible to observe a need to improve the process of filling the ice cream molds, with this technical project an alternative was found to solve this problem through applied or technological research with the which process information was collected visually and provided by industry workers.

In this project we based ourselves on exploratory research which allowed us to find characteristics, parameters for the design of which material resistance calculations were made, selection of existing components on the market that met the calculated specifications, such as; push and suction force of the pneumatic cylinder, solenoid valves, flow shut-off valves, among others. The procedures carried out allowed us to define the size and resistance of the components to be built through manufacturing processes such as: cutting, folding, TIG welding; With the help of CAD simulation software, components and assemblies were designed, where systems and subsystems were created that would later be assembled in a single machine.

In the performance tests, as a result, we obtained that the machine dosed 13 percent more molds than the manual process that was carried out previously, also time and waste were reduced by 40 and 10.35 percent respectively, complying with a process more efficient.

As a result, a piston dosing machine was built and built to improve the ice cream mold filling process.

**KEYWORDS:** Pneumatic system, Solenoid valves, Static design, Hopper welding, Nahita 810 series digital viscometer, Viscosity measurement.

## **CAPITULO I**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **1.1 Antecedentes**

La industria artesanal de producción de helados de crema propiedad de la Sra. Lourdes Quillupangui, ubicada tras la gasolinera Primax Km 33, sector la Avanzada en la ciudad de Machachi, provincia de Pichincha, no se realizado ninguna mejora en el sistema de dosificación de la mezcla de helado.

En artículos científicos, tesis, catálogos no hay información clara sobre sistemas de dosificación de mezcla de helado, las indagaciones realizadas presentan dosificadores de diferentes fluidos, solidos, mezclas que son muy generalizados que no son acorde a las capacidades que tiene el país. [1]

En la industria de los helados artesanales tiene sus ciertas diferencias con los helados industrializados, la calidad es distinta el nivel nutricional, los artesanales ocupan menos grasa, menos aire en la mezcla, los ingredientes son frescos, su producción es variable y su eficiencia depende de la cantidad de trabajadores que realicen el proceso. Enfocándose en la forma de envasado, al ser artesanal este proceso se lo realiza de manera manual, por la variedad de presentaciones que tiene el producto; el volumen vertido en los moldes no es el igual. La producción de los helados artesanales ha ido variando y mejorando su proceso de elaboración con el pasar de los años, antes se colocaba la mezcla para que se endurezca en tarros de doble fondo donde se colocaba hielo y sal congelándolo lentamente para poder envasarla, el medio de congelamiento en la actualidad es más eficiente, pero en el proceso de envasado sigue siendo deficiente por su manera manual. [2]

Existen máquinas dispensadoras de helados que contienen una mezcla lista para su llenado en recipientes de diferentes formas en especial las máquinas vending donde no se necesita un trabajador para realizar el envasado, esta automatización se basa en

programación y cobro del servicio por moneda; para los helados artesanales se puede implementar este tipo de máquina dispensadora que tienen diferentes sistemas que permiten el llenado de un volumen de mezcla determinado. En este documento menciona que existen diferentes tipos de motores para el sistema de envasado, por ejemplo; el motor de corriente continua, motor eléctrico con sistema de engranaje, servomotor, estos permiten trasladar la mezcla mediante la rotación del rotor. [3]

Para un sistema de dosificación existen varias formas de realizarlo, dependiendo del fluido, sólido y mezcla que se requiere envasar, tenemos los dosificadores volumétricos (Líquidos, los de bomba, los de tornillos sin fin, vasos telescópicos), dosificadores por peso (metodología de aproximaciones, método estadístico), según los requerimientos del productor se escoge la mejor opción para una dosificación adecuada, fácil y eficaz. [4]

Las máquinas de dosificación están diseñadas para diferentes partes de la industria alimenticia, tenemos lo que es la dosificación para mermeladas, esta mezcla tiene una viscosidad alta, Vargas (2013), realizó una reestructuración de una máquina dosificadora que carecía de partes en buen estado debido a falta de mantenimiento, con su informe aportó la teoría de componentes neumáticos mejorando la capacidad y calidad de la dosificación. Atiencia (2015), realizó un análisis de los sistemas de dosificación de las mermeladas, como en la mayoría de las industrias este proceso se realiza de manera manual, con este procedimiento se tiene un rendimiento bajo, bajo criterios de diseño y con el funcionamiento de un pistón desarrollo un dosificador que trabaja mediante presión aumentando su rendimiento en un 17% en el envasado. [5]

## **1.2 Investigaciones anteriores**

**Díaz Sánchez Carlos**, en su tesis de grado de Ingeniería Mecatrónica presentada al Instituto Tecnológico de Costa Rica con el tema: “Diseño de un sistema de llenado automático para fluidos líquidos y viscosos para la empresa Cosmético Yambal S:A”, realizada en enero del 2021, donde utilizó el método de árbol de selección de variables que cumplan con el requerimiento de la empresa; este permitió abarcar una gran cantidad de variables generando muchas posibles alternativas de solución, posteriormente se establece criterios de selección y evaluación de las variables

determinando la alternativa que preste solución a los requerimientos de la empresa. También menciona que en la rama de diseño de elementos mecánicos se realizó un sistema para llenado, cumpliendo con las especificaciones y acorde a las piezas y componentes con lo que haya compatibilidad para el sistema; al tener en cuenta todo lo antes mencionado obtuvo un error de dosificación del 5% siendo inapreciable y con una mejora en la velocidad de dosificación que aumento el proceso en un 25.3%. [6]

**Simbaña Arévalo Karen Alejandra**, en su tesis de grado de Ingeniería en Mecatrónica presentada a la Universidad Técnica del Norte con el tema: “Diseño y construcción de máquina dosificadora de helados de crema para la industria artesanal” realizada en el año 2016, menciona que el diseño de la máquina y un correcto funcionamiento depende de los parámetros técnicos, mediante un software de simulación fue de gran ayuda para determinar correctamente estos parámetros. Los componentes existentes en el mercado y que sean adaptables al diseño y los parámetros es de vital importancia, esto permite modificar la velocidad de dosificación disminuyendo y aumentando la producción según lo requieran. La selección de los parámetros influyó el en correcto funcionamiento de la máquina con la ayuda de Inventor, es un software de diseño y simulación; los componentes al ser correctos permiten que la máquina sea adaptada en otras líneas de producción dependiendo de la necesidad de producción, como resultado se obtuvo una máquina de buen diseño y excelente eficiencia en esta industria. [7]

**Valarezo Calle Iván Alfredo, Vizuete Vega Gabriel Gerardo**, en su tesis de grado de Ingeniería Mecánica presentada en la Escuela Politécnica Nacional con el tema: “diseño de una dosificadora de jabones de glicerina con capacidad de setenta y dos unidades por minuto” realizada en mayo del 2016, señala que en el diseño la parte del sistema de dosificación es donde se tiene mayor dificultad por lo que se ayudó con catálogos y ayuda de experiencias de otros que tienen conocimiento sobre este tipo de máquinas. El uso de un análisis por elementos finitos reduce el tiempo en cálculos e iteraciones, determinando un diseño eficiente y cumpliendo los parámetros determinados. Con el software de simulación se determinó que el diseño era eficiente al poner en funcionamiento el sistema de dosificación se observó que su temperatura máxima alcanzada en su funcionamiento es de 92°C, esta temperatura está dentro del rango determinado en la simulación. [8]

**López Nelson, Cuero Dagoberto**, en su proyecto de fin de carrera de Ingeniería Electrónica y Mecatrónica presentado en la Universidad Autónoma de Occidente con el tema: “Diseño de máquina llenadora para fluidos viscosos” en el año 2009, donde indica que para un cumplimiento óptimo del proceso se debe verificar cada etapa en el diseño y construcción, al momento de la unión de los subsistemas es una de las partes más complicadas porque teóricamente es perfecto y es diferente en lo práctico hay inconvenientes que no se pudieron analizar en la simulación. La selección adecuada de los materiales para la construcción permite que la máquina trabaje en diferentes ámbitos de la industria sin alterar su correcto funcionamiento si generar interacciones entre las partes de la máquina. Con este diseño y simulación la construcción de la máquina y su funcionamiento tuvo un rendimiento de 75% mejorando el sistema de dosificación, llenando con el volumen deseado. [9]

**Sánchez W, Jacho N, Pacheco Y, Pazmiño J**, en el documento técnico de Ingeniería Mecatrónica del Departamento de ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas en el año 2016 con el tema: “Dosificación de líquidos para elaboración de helados controlado por tecnología de dispositivos móviles”, donde indican que para mejorar la producción de helados se debe trabajar varios moldes paralelos a la vez; en los materiales ideal es el acero inoxidable AISI 304 que se usa para el sistema de dosificación, el cual es aprobado en la industria alimenticia garantizando las propiedades físico químicas del producto. Este proceso tiene una gran capacidad de dosificación de hasta 256 helados por lote, su eficiencia aumenta considerablemente, también se requiere menos personal para su control, por la automatización con la implementación de Arduino. [10]

### **1.3 Fundamentos teóricos**

#### **1.3.1 Mecánica de fluidos**

Es aquella que estudia las leyes del movimiento de los fluidos y la interacción de los cuerpos sólidos, los fluidos no hacen referencia solo a los líquidos sino a varias sustancias que tienen diferente estado pueden ser viscosos, sólidos, líquidos, gaseosos, etc. La mecánica de fluidos conocida actualmente es de forma teórica práctica por los trabajos de ingeniería hidráulica; el conocimiento empírico, matemático y analítico

con bases fundamentales para entender el comportamiento de un sistema con fluidos en movimiento, matemáticamente expresamos el comportamiento de un proceso, analíticamente evaluamos los resultados mediante iteraciones cercanas al comportamiento real del fluido con esto evitar basarse en simplificaciones artificiales que no se acercan a la realidad. Los fluidos no tienen una forma definida, es decir, cuando un fluido es sometido a un esfuerzo cortante este no puede resistir sin realizar un movimiento por este esfuerzo en un intervalo de tiempo definido; algunos líquidos pueden moverse con menor facilidad dependiendo de su viscosidad, pero siempre se moverán ante la presencia de un esfuerzo, la viscosidad es una propiedad física que tienen los líquidos, mientras menos viscosidad se moverá con mayor facilidad mientras que con mayor viscosidad se necesita un mayor esfuerzo para desplazarlo. Los líquidos tienen menor compresibilidad que los gases, es muy débil debido a que las fuerzas atractivas entre las moléculas son capaces de vencer al movimiento térmico formando el líquido. Al mencionar compresibilidad está ligado a la estática de los fluidos, ya que hay líquido que no tienen una variación en su densidad en el movimiento dependiendo del fluido tenemos lo que son flujos compresibles e incompresibles. [11]

Otro concepto sobre la mecánica de fluidos es la parte de la mecánica que está destinada a observar y comprender el comportamiento de los fluidos que están en movimiento, hidrodinámico, hidrostático y en equilibrio. [14]

### **1.3.2 Fluidos**

Los fluidos están dentro del entendimiento de la hipótesis del continuo, “La materia y las propiedades físicas asociadas a la misma se consideran dispersas de forma continua en ella, y no concentradas en pequeñas fracciones (átomos y moléculas) de la misma”, para describir los movimientos de los fluidos es necesario comprender las leyes de Newton, ley de conservación de cantidad de movimiento y de la energía; teniendo condiciones de la fluidez. Los fluidos están formados por moléculas que están juntas sin espacios apreciables entre ellas, al estar tan juntas estas colisionan y producen movimiento entre ellas, si tomamos las reacciones producidas macroscópicamente por un conjunto de moléculas son la densidad, presión o temperatura [11]. Los fluidos son considerados como aquella sustancia que, al tener una cohesión intermolecular baja,

es decir que no tiene una forma definida [14]. Un fluido también está incluido los que son gases y líquidos, que se deforman continuamente donde su tensión superficial o tangencial es de baja aplicación por lo que toma la forma de cualquier recipiente donde este el fluido. [15]

### **1.3.3 Propiedades de los fluidos**

#### **1.3.3.1 Densidad**

Es la unidad de masa por unidad de volumen, considerando al fluido como homogéneo la densidad del mismo no varía de un punto a otro, se la reconoce con la letra griega  $\rho$  esta propiedad varía dependiendo del fluido, solido, mezcla, también puede variar de acuerdo a las condiciones en la que se encuentre como es la temperatura y la presión; la densidad es considerada como una cantidad absoluta debido a que es dependiente de la masa la cual independiente de la posición o lugar en el que se encuentre. [14]

#### **1.3.3.2 Peso específico**

Es el peso por unidad de volumen, es una fuerza que ejerce la gravedad sobre la masa del fluido o también se la puede expresar como la fuerza por cada unidad de volumen y este no es una cantidad absoluta debido a que es dependiente de la aceleración de la gravedad la misma que cambia según la posición. [14]

#### **1.3.4 Viscosidad**

Es la resistencia al movimiento basándose en la fuerza de rozamiento de los cuerpos sólidos, la viscosidad en un fluido siempre está presente variando en su valor, si es mayor tendrá más resistencia al movimiento y si es menor será menor resistencia al movimiento tanto en fluidos comprensibles como incomprensibles. [11]

Todos los fluidos tienen un flujo el cual tiene una resistencia es decir que tienen fricción entre las moléculas, cuando son líquidos la cohesión tiene fuerzas de corto alcance y en los gases se tiene un choque entre las moléculas. La unidad en las que se mide la viscosidad en el sistema internacional [SI] es el Poiseuille (1Pl=1Pa.s). [16]

Como otro concepto tenemos que todo fluido fluye al verterse un fluido desde algún sistema de alimentación o recipiente, cuando el fluido corre libremente tiene una viscosidad baja y si se demora o corre lentamente este fluido tiene una viscosidad

media o alta, dependiendo del desplazamiento que tenga entre los fluidos más conocidos tenemos: [23]

- **Líquidos:** Como ejemplos claros tenemos el agua, leche, jarabes, aceite, chocolate líquido, etc.
- **Gases:** El aire, los gases como helio, argón, GLP, vapor, aire en movimiento del calefactor de un vehículo entre otros.
- **Fluidos de alta viscosidad (semisólidos):** Las mermeladas, salsa de tomate, mayonesa, crema de leche, pasta de dientes, etc.

De los antes mencionados el más conocido entre las personas es el aceite, tiene una viscosidad media, es notable a simple vista, el cual cambia su viscosidad por variables como la presión y la temperatura, al calentarse este tiene una viscosidad baja corriendo con mayor facilidad en la Figura 1. Se puede apreciar como corre el aceite al verterlo desde una taza. [23]



**Figura 1.** Aceite con una viscosidad relativa alta

**Fuente:** [23]

#### **1.3.4.1 Viscosidad cinemática**

En los conceptos de la hidrodinámica donde interactúan las fuerzas debidas a la viscosidad. Fuerzas de inercia, estas variables dependen de la densidad. Para su mejor comprensión tenemos la relación donde intervienen la densidad y la viscosidad

dinámica [18]. En la mecánica de los fluidos se tiene la relación entre la densidad y la viscosidad dinámica puesto que es una relación es entre propiedades como la viscosidad dinámica y la densidad, tenemos que la viscosidad cinemática también es una propiedad de los fluidos. [23]

La unidad de la viscosidad cinemática en el sistema internacional, sistema británico y el sistema c.g.s respectivamente:  $m^2/s$ ,  $pie^2/s$ ,  $stoke = cm^2/s$ , como se muestra en la Tabla 1.

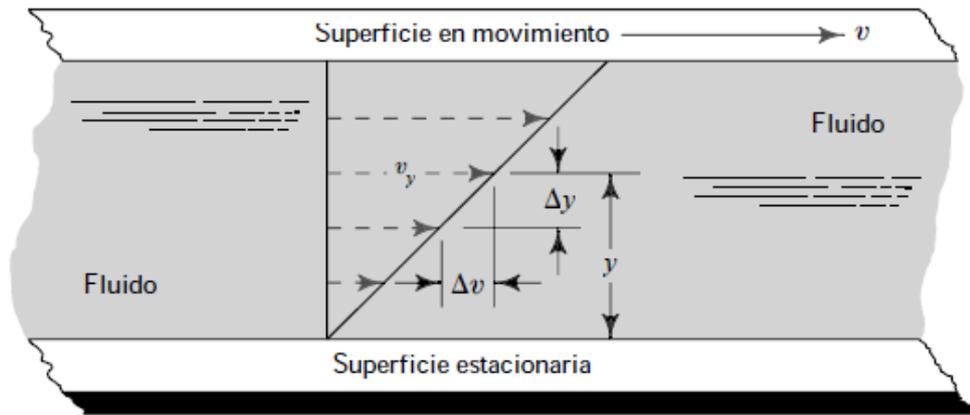
**Tabla 1.** Unidades de la viscosidad cinemática

Sistema de unidades	Unidades de la viscosidad cinemática ( $\nu$ )
Sistema Internacional (SI)	$m^2/s$
Sistema de uso común en Estados Unidos	$ft^2/s$
Sistema cgs (obsoleto)	$stoke = cm^2/s = 1 \times 10^{-4} m^2/s$ $centistoke = stoke/100 = 1 \times 10^{-6} m^2/s = 1 mm^2/s$

**Fuente:** [23]

#### 1.3.4.2 Viscosidad dinámica

En la curva de fluidez se representa como el esfuerzo en relación con la velocidad de deformación, en otra forma de expresarlo es como la pendiente de la curva en cada punto de la curva antes mencionada [19]. El fluido cuando se desplaza realiza un esfuerzo cortante en función de la viscosidad del fluido, este esfuerzo es la fuerza necesaria para moverse una capa sobre otra sustancia y se la denota con la letra tau  $\tau$ ; en la Figura 2. Se puede apreciar de mejor manera como un fluido cambia de velocidad en una capa delgada entre dos superficies una en reposo y otra en movimiento, la sustancia superior tiene una velocidad  $v$ , y el espacio entre superficies es muy pequeño por lo que el cambio de velocidad respecto a una posición es lineal y el gradiente de velocidad es igual a la variación de la velocidad sobre la variación del desplazamiento o posición  $y$ . [23]



**Figura 2.** Gradiente de velocidad de un fluido en movimiento

Fuente: [23]

En la Tabla 2, nos muestra la unidad de la viscosidad dinámica en los tres sistemas de unidades.

**Tabla 2.** Unidades de la viscosidad dinámica

Sistema de unidades	Unidades de viscosidad dinámica ( $\eta$ )
Sistema Internacional (SI)	$\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ , $\text{Pa}\cdot\text{s}$ o $\text{kg}/(\text{m}\cdot\text{s})$
Sistema de uso común en Estados Unidos	$\text{lb}\cdot\text{s}/\text{ft}^2$ o $\text{slug}/(\text{ft}\cdot\text{s})$
Sistema cgs (obsoleto)	$\text{poise} = \text{dinas}\cdot\text{s}/\text{cm}^2 = \text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}) = 0.1 \text{ Pa}\cdot\text{s}$ $\text{centipoise} = \text{poise}/100 = 0.001 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 1.0 \text{ mPa}\cdot\text{s}$

Fuente: [23]

### 1.3.5 Producción de helados

En el Ecuador los helados de crema deben regirse a la Norma INEN 706, menciona que los helados es un producto alimenticio, higienizado, edulcorado, elaborado por la mezcla de grasas, proteínas, aditivos y otros ingredientes que están permitidos en normas vigentes y estos son sometidos al congelamiento para su almacenamiento y transporte. [12]

### 1.3.6 Helados de crema de leche

Es un producto obtenido mediante la mezcla pasteurizada de leche, saborizada mediante frutas, jugo de fruta u otros saborizantes y otros ingredientes para posteriormente se procede a su congelación.

### **1.3.7 Proceso de elaboración artesanal de helados**

Hay muchos procesos para la elaboración de helados de crema de una forma artesanal, la mayoría de procesos se acoplan a la necesidad y gusto del fabricante.

### **1.3.8 Extracción de la esencia de la fruta**

Como primer paso para la elaboración de los helados es necesario obtener la esencia de sabor de las frutas, para esto se deben seguir los siguientes pasos:

- Seleccionar las frutas en excelente estado para ser usadas.
- Lavar rigurosamente las frutas eliminando las bacterias.
- Algunas de las frutas que tienen cáscara se procede a retirarla.
- Mediante una licuadora se procede a sacar la pulpa de la fruta, hay frutas que tienen un líquido propio y no necesitan de un fluido para que la licuadora saque el sabor de la fruta, en cuanto a las frutas que son secas se usa poco de leche para que se pueda extraer la pulpa.
- Usando un colador y una cuchara nos permitirá obtener solo la pulpa eliminando los residuos de algunas cáscaras de las frutas y restos de semillas.

### **1.3.9 Preparación de la mezcla de helado**

En este proceso se usan batidoras domesticas siendo poco eficiente la preparación de la mezcla, se bate en recipientes de acero inoxidable de 10 litros, este proceso dura entre 10 a 15 minutos, posteriormente se deposita la mezcla en un contenedor más grande con capacidad de 30 litros para añadir los ingredientes dependiendo del sabor a preparar; una vez añadido los ingredientes extras, se procede a verter la pulpa de la fruta, con una cuchara mezcladora se unifican los ingredientes. Este proceso se debe mezclar de una forma lenta y uniforme para que no se corte como se puede apreciar en la Figura 3.



**Figura 3.** Mezcla de helado de chocolate

**Fuente:** Heladería Lulú

### **1.3.10 Preparación de las plataformas con los vasos de helados**

En la Figura 4. Los vasos son colocados en las plataformas que se encuentran en los congeladores hasta una temperatura entre 5 a 6 grados centígrados. Se colocan un vaso a lado de otro llenando los espacios de la plataforma; cada plataforma puede contener 105 helados que son llenados de forma manual. En los procesos antes mencionados se tiene pérdidas de tiempo.



**Figura 4.** Vasos de helados en la plataforma

**Fuente:** Heladería Lulú

### 1.3.11 Proceso de dosificación

Este es uno de los principales procesos en la elaboración de los helados, se coloca la mezcla en una jarra de dos litros para ir llenando individualmente los vasos como se puede apreciar en la Figura 5; como las plataformas son de 105 helados tiene un tiempo aproximado de 30 minutos por plataforma, entre los procesos manuales que tienen en esta industria artesanal este es el proceso con mayor deficiencia; al llenar el vaso de forma manual no permite llenar con la misma cantidad todos los vasos, es decir que el operario llena en los vasos la cantidad que cree conveniente, al ser un proceso manual hay un margen de error de entre 5 a 6 helados se desperdician en este proceso.



**Figura 5.** Vasos de helado en la plataforma

**Fuente:** Heladería Lulú

## 1.4 Diseño de máquinas

### 1.4.1 Diseño

El diseñar es idear una forma de satisfacer una solución a un problema o necesidad específica. Muchas de las veces la solución puede ser crear físicamente un producto; el producto que se cree debe tener una funcionalidad que garantice la seguridad, confiabilidad y que sea de mucha utilidad para fabricar y comercializar. El diseño también es un proceso altamente iterativo e innovador, para realizar correctamente este proceso hay que tomar decisiones acertadas que permitan satisfacer las necesidades, muchas de las veces para determinar una solución se deben hacerlo con poca información, esto puede ser beneficioso porque al tener mucha información hay

ocasiones que esta es contradictoria y el diseñador debe enfocarse hacia la información más acertada hacia un diseño adecuado. Entre las capacidades de un buen diseñador, debe tener una gran creatividad, buena comunicación y habilidad de resolver problemas aparte de eso tiene que estar también los conocimientos concretos sobre las técnicas, tecnologías y los principios de rigen a las ideas de solución. [13]

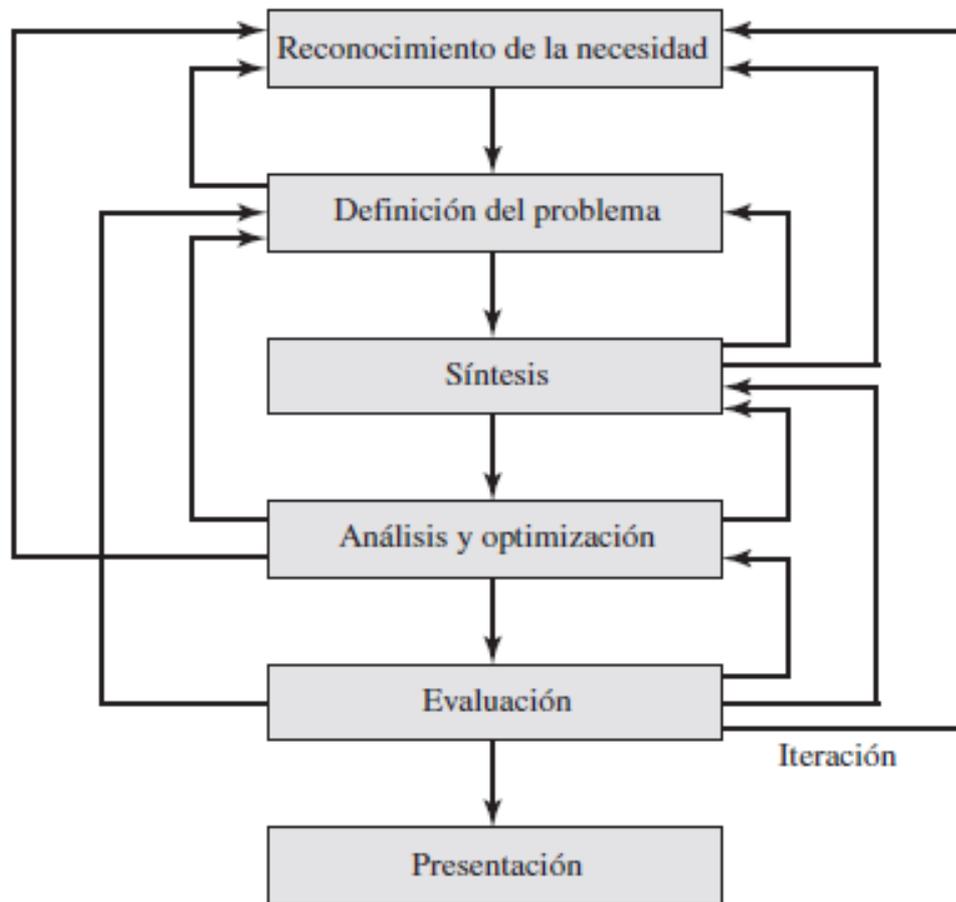
Como objetivo final de un diseño es que el diseñador implementa un conjunto de habilidades donde interactúa su conocimiento empírico y teórico con los parámetros y las necesidades de las personas, realizando un listado de palabras claves y sistemas anteriores que sean acorde con la necesidad, para determinar un debido diseño, el producto que se debe obtener debe ser eficiente, seguro, de una manufactura práctica y económico. [17]

#### **1.4.2 Diseño en ingeniería**

La ingeniería mecánica es la más relacionada con la producción y suministros en la producción, automatización y técnicas específicas para la solución de problemas. Los conocimientos que se manejan son muy amplias y extensas en la mecánica de fluidos, sólidos, transferencia de masa y momento. En los procesos que maneja son los de la información, manejo de recursos, generación de energías y manufactura; la ingeniería maneja estos recursos de conocimientos de una forma disciplinada para realizar diseños adecuados y eficientes. Los diseños pueden parecer simples, pero entran muchas variables a ser consideradas por ejemplo para el diseño de un cojinete. [13]

En el diseño de ingeniería mecánica, existen muchos procedimientos que nos permiten realizar un diseño eficiente y satisfaciendo las necesidades las personas. Entre los procedimientos para realizar un buen diseño tenemos varios autores de la ingeniería que nos indican su procedimiento lineal, entre estos tenemos:

**Shigley**, menciona las fases adecuadas que tiene el proceso de diseño, en un principio el ingeniero anota las ideas básicas, factores que pueden influir en el diseño, en lo a menudo se realiza un bosquejo del proceso a seguir desde el inicio a fin del diseño como se muestra en la Figura 6:



**Figura 6.** Fases del proceso de diseño incluido las iteraciones y retroalimentaciones

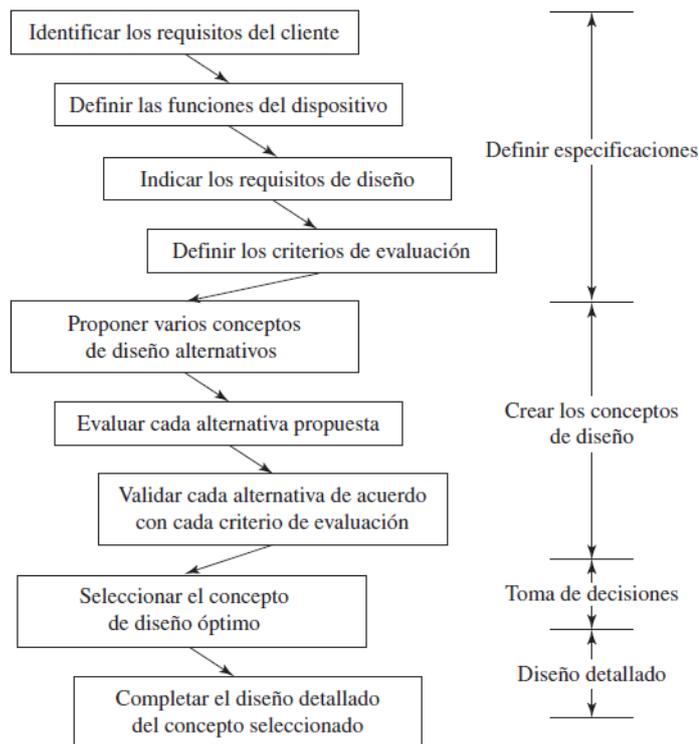
**Fuente:** [13]

Para iniciar un diseño se puede considerar el producto como una caja negra especificando las entradas y salidas indicando las características y los parámetros de diseño que limitan al funcionamiento. Las especificaciones del producto definen la cantidad a manufacturar, costo, el tiempo de vida, variaciones de variables como temperatura, límites de funcionamiento entre otras. Las limitaciones que un diseñador puede tener son los procesos de manufactura, la maquinaria disponible, materiales. Al buscar la solución o un diseño adecuado al problema, es recomendable hacer una síntesis del esquema donde intervienen los elementos de posible solución, a esta síntesis se la conoce como invención de concepto o diseño conceptual, en esta síntesis se presentan varios esquemas de solución que deben investigar, evaluarse y cuantificarse. Al evaluar los esquemas se obtiene el mejor sistema que se acople al sistema satisfactoriamente, los esquemas que se analizan se pueden mejorar y revisar nuevamente y si no cumple con los requisitos se desechan. [13]

La optimización del esquema de la figura 6, nos indica que desarrollan mejoras en los esquemas iniciales, modificando las falencias así llegando a satisfacer las necesidades, también se desarrollan modelos matemáticos simulando el sistema real; la evaluación es un paso importante en el diseño, con el verificamos el cumplimiento de los requisitos, a los modelos que no cumplen nuevamente se rediseña o se desechan, la evaluación también se puede considerar como una prueba final al diseño. Posteriormente tenemos la presentación y comunicación de los resultados obtenidos en el paso final o evaluación del diseño seleccionado, donde se explican los logros obtenidos con el modelo compartiendo facilidades, dificultades, contratiempos y posibles mejoras para una optimización posterior por otros investigadores. [13]

**Robert Mott**, subrayó que las necesidades se deben identificar con cuidado respetando las expectativas del cliente, el diseñador de primero formular definiciones claras sobre las funciones que debe tener la máquina, para enlistar subpartes que permitan el funcionamiento de los sistemas. Para ello se subvencionan los parámetros de diseño. [17]

- **Funciones:** en esta sección se debe indicar que hace cada sistema de una forma general por ejemplo subir una caja, trasmisor de potencia. De esta forma evitamos colocarlo de forma cuantitativa para mejorar la comprensión de lo que se requiere en el diseño. [17]
- **Parámetros de diseño:** en esta sección determinamos de forma cuantitativa con valores, capacidades, limitaciones, valores de resistencia de los materiales, tiempo de vida de los componentes, componentes disponibles en el mercado. [17]
- **Criterios de evaluación:** en esta sección para su evaluación se lo realiza de forma cualitativa, este permite que el diseñador tenga una idea más clara de cómo debe ser su diseño de acuerdo con el funcionamiento, es para separar las opciones o ideas de diseño que tiene el diseñador, con esto se verá los puntos de ventaja y desventaja de cada diseño, determinando el más ideal y adecuado para la necesidad del cliente. [17]



**Figura 7.** Pasos en el proceso de diseño

**Fuente:** [17]

Según Robert Mott se varios pasos para el diseño como se indica en la Figura 7. Los pasos están dentro un segmento general de diseño, para definir las especificaciones, crear los conceptos de diseño, toma de decisiones, diseño detallado; estos se desglosan en pasos para cumplir con el proceso de diseño de Mott, es similar al de Shigley, pero tiene más pasos que permiten un diseño eficaz y recomendado haciendo un poco más fácil al diseñador la toma de decisión. [17]

### 1.4.3 Consideraciones de diseño

Entre las consideraciones de resistencia son necesarias en un sistema, siendo un factor indispensable que permite determinar dimensiones, formas y la geometría del producto. El producto está compuesto de varios sistemas, si un aspecto modifica un sistema este puede afectar a otros, teniendo en cuenta esto se puede limitar el diseño a las características de los parámetros de funcionamiento. Las características que resaltan en un diseño adecuado se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Unidades de la viscosidad cinemática

<b>Consideraciones</b>	
1. Funcionalidad	2. Tamaño
3. Confiabilidad	4. Estilo
5. Corrosión	6. Mantenimiento
7. Desgaste	8. Superficie
9. Resistencia/ Esfuerzo	10. Responsabilidad legal
11. Seguridad	12. Fricción
13. Distorsión, rigidez, deflexión	14. Forma
15. Facilidad de manufactura	16. Capacidad de reciclado
17. Volumen	18. Lubricación
19. Control	20. Propiedades térmicas
21. Ruido	22. Vida
23. Utilidad	24. Costo
25. Peso	26. Comercialización

**Fuente:** [17]

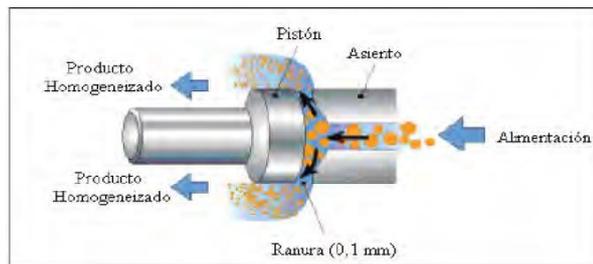
Entre los aspectos mencionados anteriormente se pueden relacionar de manera directa, los materiales, procesamiento, ensamble, ayudando o afectando el sistema total. [13]

## **1.5 Máquinas de heladerías**

### **1.5.1 Equipo homogeneizador de pistón de 2 etapas**

Su funcionamiento consta de una presión constante de salida que se mantiene realizando una disminución de los glóbulos grasos en cuanto a su dimensión, en este proceso se realiza una mezcla de mejor homogenización rompiendo los racimos que

se forman intermolecularmente en la mezcla pasando a través de una ranura anular como si indica en la Figura 8. [2]



**Figura 8.** Proceso de homogenización

**Fuente:** [2]

### 1.5.2 Depósito de leche tipo tanque

Este depósito permite mantener limpia la leche, mediante su material que es de acero inoxidable como se muestra en la Figura 9, así permitiendo mantener fresca la leche para cada proceso posterior en la elaboración de helados.



**Figura 9.** Tanque de depósito

**Fuente:** [2]

### 1.5.3 Tanque de mezcla

Para la elaboración de la mezcla de helado, este tanque permite combinar varios ingredientes como leche, azúcar, emulsionantes y manteca. En este tanque tienen depósitos individuales para cada ingrediente, al igual que el tanque de depósito es elaborado con acero inoxidable como se muestra en la Figura 10 el cual es permitido en la industria alimenticia.



**Figura 10.** Tanque de mezcla

**Fuente:** SoloStocks

### **1.5.4 Congelador**

Es donde se almacenará los helados colocados en el molde para alcanzar una textura que nos permita enfundar el helado terminado y mantenerlos a una temperatura adecuada para posteriormente su distribución. Este equipo tiene muchas formas, así como se indica en la Figura 11.



**Figura 11.** Congelador

**Fuente:** Mercado libre

### **1.6 Dosificadores**

El proceso de dosificación es controlado por los dosificadores, que son herramientas o elementos que nos permiten controlar la cantidad de productos que circulan por él, saliendo de manera uniforme, mejorando el proceso de dosificación que anteriormente era manual, en el mercado existen una gran variedad de tipos dependiendo de la mezcla

o fluido a dosificar, [7]. En la industria alimenticia este proceso de dosificación es muy importante controlando la cantidad de los productos a dosificar, la dosificación se puede optimizar mediante la fabricación de máquinas dosificadoras que tiene como objetivo envasar en menor tiempo los moldes, envases, frascos, etc. [20]

## 1.7 Tipos de dosificadores

Los dosificadores son elementos mecánicos capaces de extraer mezclas, sustancias, solidos, líquidos en pequeñas dosis para posteriormente suministrar en moldes, vasos, botellas etc. Entre los dosificadores que existen tenemos:

### 1.7.1 Volumétricos

Este tipo es utilizado para dosificar solidos secos y en polvo, también se utilizan para fluidos de alta viscosidad, en su funcionamiento son alimentados mediante tolvas donde son agitados por paletas como se muestra en la Figura 12. Que mantiene la mezcla uniforme para una mejor dosificación impidiendo que se formen montones o grupo de granos que no pasen por el orificio de la tolva. [7]. La dosificación tiene diferentes procesos o una gran variedad de formas, pero el objetivo es dosificar la cantidad en centímetros cúbicos, gramos o litros, se descarga un volumen exacto al conocer los centímetros cúbicos que entra en el cilindro dosificador mediante un cilindro neumático. [25]



**Figura 12.** Tolva volumétrica con paletas

**Fuente:** [21]

También este sistema de dosificación es una solución simple y económica se realiza por unidad de tiempo, existen tres mecanismos de dosificación y son los siguientes: [22]

- Tornillo
- Compuertas rotativas
- Banda rodante

### **1.7.2 Gravimétricos**

Este dosificador pertenece a los dosificadores en polvo y solidos secos. El tornillo tiene una velocidad que esta transmitida por una caja reductora que contiene engranes, bandas; este sistema funciona la potencia ofrecida por un motor eléctrico que y la velocidad también es controlada por un variador de energía. [7]

A diferencia de los dosificadores volumétricos son más precisos porque no influye la diversificación de masa volumétrica según el despacho y para estos se tienen los siguientes:

- Banda
- Por pérdida de peso

Entre otra clasificación de los dosificadores tenemos los líquidos, para ello se tiene dependiendo de la clase de fluido que se va a dosificar, por ejemplo: de pistón, isobáricas, por presión, a vacío, lineal, etc. Para este proyecto nos basaremos en la dosificación por pistón siendo unos de los procesos con mayor precisión. [22]

En la Figura 13, tenemos un dosificador gravimétrico que tiene como función controlar el flujo de material en función del peso, es decir que tiene una báscula para pesar cierta cantidad para posteriormente dosificarla, estas máquinas tienen un sistema de registro que permite documentar los procesos realizados. [4]



**Figura 13.** Dosificador gravimétrico

**Fuente:** [4]

### **1.7.3 Pistón**

Las llenadoras de pistón tienen la capacidad de depositar cantidades exactas de fluidos en los envases, estos fluidos pueden ser de baja y alta viscosidad, estos dosificadores permiten envasar mermeladas, salsas, entre otras; en el mercado existen dos tipos, los LP y los LP-ACT, donde los LP funcionan mediante una válvula check y los LP-ACT funcionan con una válvula de bola sanitaria y son más recomendables con fluidos de alta viscosidad. [22]. Este dosificador posee varios depósitos herméticos donde se depositan los fluidos, este puede trabajar con uno o más pistones que sirven para desalojar el fluido empujándolo hacia la punta o pico del dosificador, en la Figura 14 se muestra la máquina con varios cilindros, pistones, tolva siendo los componentes necesarios de esta máquina. [7]



**Figura 14.** Tolva volumétrica con paletas

**Fuente:** [21]

## **1.8. Componentes de la máquina dosificadora**

Los diferentes tipos de máquinas dosificadoras tienen componentes similares de los cuales enunciaremos los siguientes en cuanto a los sistemas mecánicos y neumáticos que se tendrán en cuenta para el diseño de la máquina.

### **1.8.1 Tolva**

Según las máquinas dispensadoras tienen diferentes formas de tolvas para suministrar la sustancia, fluido o sólido a dosificar, pero para los fluidos se tienen en forma cilíndrica con la punta cónica o solo de forma cónica como se indica en la Figura 15, esta forma es tomada de los embudos que son utilizados para verter fluidos dentro de botellas o depósitos con una pequeña boca; el diseño cónico tiene como propósito almacenar el fluido mientras este va pasando poco a poco en la zona estrecha del cono, estas tolvas son sujetas a bases o estructuras que permiten soportar su peso incluido el del fluido o mezcla. [4]



**Figura 15.** Tolva cónica

**Fuente:** [24]

### 1.8.2 Estructura de soporte

En la figura 16 podemos observar cómo es sostenida la tolva y sus componentes neumáticos o conexiones mecánicas en una estructura, esta resiste el peso de todos los componentes del proceso ya sea un sistema de contacto directo con la mezcla o de un sistema de control de los mecanismos.



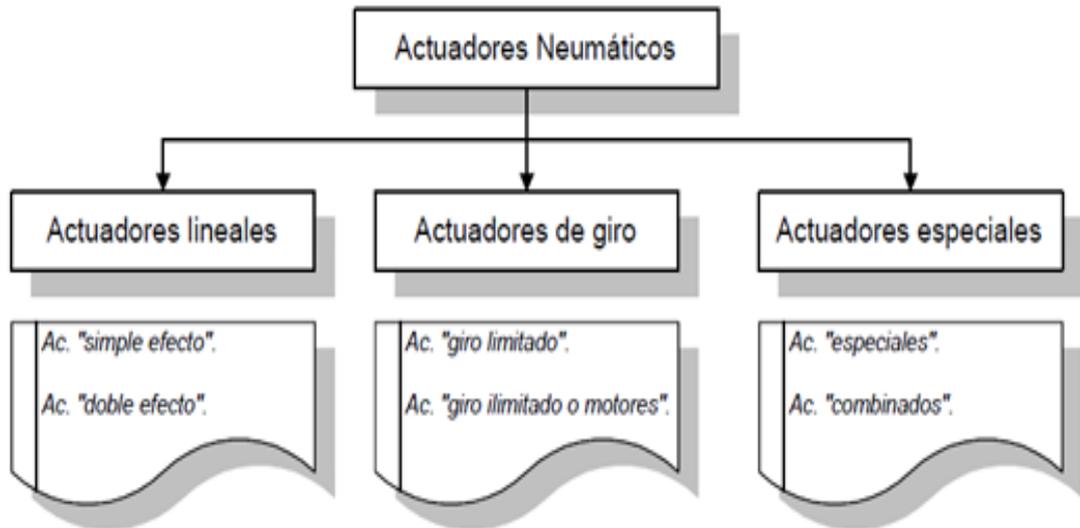
**Figura 16.** Estructura o base de la máquina

**Fuente:** [24]

### 1.8.3 Actuador neumático

Entre las funciones o trabajo que realiza el actuador neumático puede ser lineal o rotativo, el lineal es con los cilindros que cuentan con el émbolo donde se aplica la

fuerza y este se desplaza de forma lineal y el rotativo va variando el ángulo de empuje según los piñones o cremalleras que se encuentren en el sistema, en la Figura 17, tenemos diferentes tipos de actuadores y su clasificación.



**Figura 17.** Clasificación de los actuadores

Fuente: [24]

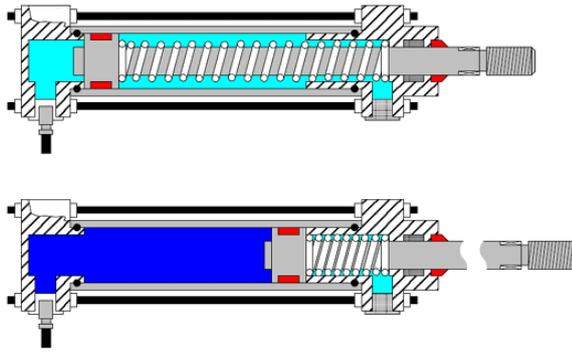
#### 1.8.4 Actuador lineal

Estos actuadores independientemente de su forma de construcción, tenemos dos tipos que representan a los más comunes en el mercado utilizados en sistemas neumáticos y son de construcción especial. [25]

- **Simple efecto:** Produce una carrera en un solo sentido con una entrada de aire
- **Doble efecto:** Al tener dos entradas de aire, este tiene carreras a ambos sentidos

##### 1.8.4.1 Actuador simple efecto

El trabajo lo realiza a un solo sentido, dentro del actuador tenemos un resorte que hace regresar al émbolo después de realizar su trabajo bajo presión del aire comprimido suministrado por un compresor, este sistema de resorte es de dos clases el normalmente dentro como se muestra en la Figura 18 y el normalmente fuera. [25]

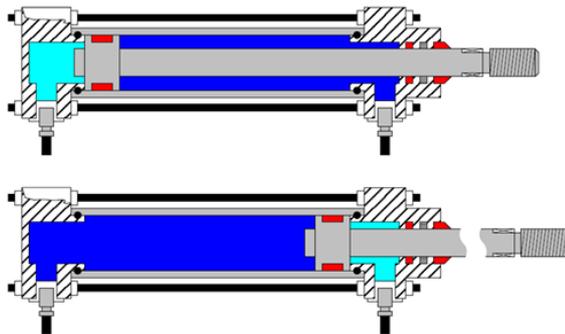


**Figura 18.** Actuador de simple efecto dentro

Fuente: [25]

#### 1.8.4.2 Actuador doble efecto

Estos actuadores tienen un avance y retroceso, es decir, se mueve a los dos sentidos con la presión del aire suministrado, no cuentan con un resorte de retorno, su construcción es muy similar al simple efecto, con ligeras variaciones como en la culata anterior, que ahora tiene una válvula de ingreso de aire comprimido como se puede apreciar en la Figura 19. [25]



**Figura 19.** Actuador de doble efecto

Fuente: [25]

#### 1.8.5 Electroválvula 5/2

Las electroválvulas son sistemas electromecánicos, que permiten controlar al flujo de aire comprimido a través de tuberías de aire comprimido suministrados por el compresor, y estas tiene salidas que son accionados mediante una bobina solenoide hacia los actuadores. En la Figura 20, se muestra la válvula 5/2 con sus dos entradas y dos salidas de aire.



**Figura 20.** Válvula de 5 vías y dos posiciones

**Fuente:** [24]

### **1.8.6 Racor**

Son elementos de unión neumática que son de fácil unión con las tuberías de presión como se puede apreciar en la Figura 21, tienen una rosca que se sujeta en los actuadores y en las electroválvulas.



**Figura 21.** Racor

**Fuente:** [24]

### **1.8.7 Tubería flexible para aire comprimido**

Como se indica en la Figura 22, vienen enrolladas y son de fabricación en materiales que tienen excelentes propiedades mecánicas, que permiten el trabajo en sistemas neumáticos e hidráulicos.



**Figura 22.** Tubería para aire comprimido

**Fuente:** [24]

## **1.9 Accesorios de nivel sanitario**

Estos accesorios son fabricados con acero inoxidable A304 que es recomendable para la industria alimenticia, cumpliendo con las normas sanitarias respectivas.

### **1.9.1 Boquillas de dosificación**

Estas vienen en diferentes presentaciones como se muestra en la Figura 23 donde nos permiten reducir el conducto por el cual está fluyendo el fluido y así controlar mejor la salida, para una mejor dosificación, estas trabajan a diferentes temperaturas, viscosidad y diferentes tipos de fluidos.



**Figura 23.** Boquillas dosificadoras

**Fuente:** [24]

### **1.9.2 Abrazaderas**

En la Figura 24, tenemos abrazaderas del tipo clamp de nivel sanitario, estas cuentan con un tornillo de apriete, esta nos permite unir y sujetar dos tuberías o dos accesorios

mediante ella con un empaque en medio, es de fácil instalación y remoción permitiendo realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del ser el caso.



**Figura 24.** Abrazaderas tipo clamp

**Fuente:** [24]

### **1.9.3 Empaques u o-ring del tipo alimenticio**

Son fabricadas en materiales que permiten el manejo de alimentos a diferentes temperaturas, tienen como función unir correctamente tuberías y accesorios mediante la abrazadera, evitando fugas de cualquier fluido o sustancia y son de forma circular como de muestra en la Figura 25.



**Figura 25.** Abrazaderas tipo clamp

**Fuente:** [24]

### **1.9.4 Unidad de mantenimiento**

Este es un accesorio para las líneas neumáticas, tiene una función como filtro separando el aire del agua que se genera dentro del tanque del compresor, también hay tipos que permiten lubricar el aire para los actuadores neumáticos, también regulan la

presión de aire que pasaran hacia los componentes neumáticos desde el compresor. En la Figura 26 podemos observar que cuenta con dos cámaras una para separar el agua del aire y el otro para colocar aceite para lubricar el aire que entra en los actuadores, también cuenta con un manómetro para la presión del aire comprimido.



**Figura 26.** Abrazaderas tipo clamp

**Fuente:** [24]

## **1.10 Objetivos**

### **1.10.1 Objetivo general**

Diseñar y construir una máquina dispensadora de líquidos viscosos para la heladería Lulú.

La máquina dosificadora se diseñará en base a requisitos y características según las necesidades de la heladería Lulú y su construcción se realizará mediante los materiales preseleccionados en el diseño de acuerdo con los que hay en el mercado y sean accesibles según los parámetros de diseño para el correcto ensamble de los sistemas que componen la máquina, permitiendo un correcto funcionamiento.

### **1.10.2 Objetivos específicos**

- Determinar características importantes de la máquina dispensadora de líquidos viscosos.

Se realizará un análisis del proceso de llenado de los moldes de helado, para determinar el volumen, cantidad de helados por unidad de tiempo, desperdicios, que se producen al realizarlo manualmente.

- Definir parámetros de diseño de la máquina dispensadora.

Los parámetros para el diseño son: volumen, presión, longitud del émbolo, carrera, caudal de aire necesario, fuerza, fricción dentro del cilindro, caudal, peso de fluido, peso de los componentes estructurales, viscosidad.

- Diseñar la máquina en base a cálculos de ingeniería y modelado CAD.

Teniendo los parámetros que debe cumplir la máquina, se procede a realizar los cálculos los casos de ingeniería, cálculo de presiones, desplazamiento de un fluido, resistencia de materiales, caudal dentro de las tuberías, etc. El modelado se realizará en un software de diseño y simulación, para posteriormente realizar los planos de construcción.

- Construir la máquina de acuerdo a los parámetros calculados

Se realizará un esquema para el proceso de construcción, realizando por partes la máquina para después realizar el ensamble general de los componentes de la máquina.

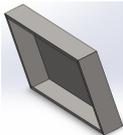
- Ejecutar pruebas de funcionamiento de la máquina.

Una vez construida la máquina se procederá a llenar la tolva con la mezcla viscosa de helado de cualquier sabor, se regulará el pistón para el volumen requerido en la dosificación, una vez puesto en marcha la máquina se realizará una comparación con el proceso manual que se realizaba antes de la construcción de la máquina, analizando mejoras en el proceso de llenado.

## CAPITULO II.- METODOLOGÍA

### 2.1 Materiales

**Tabla 4.** Materiales para la construcción de la máquina

Componente	Imagen	Material	Propiedades mecánicas
Émbolo		ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno)	Densidad=1.02-1.08 g/cm <sup>3</sup> R. Tracción= 40 Mpa R. Compresión= 46*80 Mpa Dureza Brinell= 113 Mpa Temp de operación= 92°C
Cilindro		Acero Inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa Límite de fluencia= 276 Mpa
Estructura de la base		Acero inoxidable 304	Densidad= 7.872gr Límite elástico=285 MPa Módulo elástico=200 Gpa R. Tracción=340 Mpa
Pernos y tuercas de sujeción		Acero inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa Límite de fluencia= 276 Mpa
Pedal de accionamiento		Acero A36	Densidad=7.86 g/cm <sup>3</sup> R. Tensión=400 Mpa R. Cortante=145 MPa Módulo elástico = 200 Gpa Módulo de rigidez= 77.2 Gpa

Pulsador tipo rasante		Plástico	Potencia de 2A/110VDC Terminales en latón Posiciones OFF-ON (circuito abierto en reposo) Contactos de plata
Pulsador de paro de emergencia		Plástico	Potencia de 2A/110VDC
Electroválvula neumática		Acero y plástico	Voltaje=24 VDC Presión=1.5-8 Bares Potencia=3 W Temperatura=35 °C Tipo de válvula= 5/2 Tamaño de puerto=1/4
Mangueras hidráulicas		Poliuretano o nylon	Presión máxima de funcionamiento=100psi
Actuador neumático		Acero inoxidable 304	Diámetro del émbolo de 20mm Fuerza=51-7363 N Carrera=1-500mm C. aire=105 l/min
Válvula tipo L de 3 vías		Acero inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa

Tolva cónica		Acero inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa
Abrazaderas tipo clamp		Acero inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa
O-ring		Caucho	Resistentes al agua Resistencia al desgaste estático
Unidad de mantenimiento		Acero inoxidable y plástico	Rango de presión=0-10 bares Elemento filtrante=25uM Temperatura máxima=50°C
Boquilla tipo clamp		Acero inoxidable 304	Densidad=7.93g/cm <sup>3</sup> Módulo elástico=193 Gpa

Fuente: Autor

**Tabla 5.** Equipos para la construcción de la máquina

Equipo	Descripción
Tronzadora o amoladora	Equipos que nos permiten cortar rápidamente perfiles

Taladro	Equipo para perforaciones de tornillos, remaches, otros.
Soldadora SMAW	Equipo de unión por arco eléctrico mediante un electrodo, para la elaboración de la base estructural de la máquina.
Soldadora Tig	Equipo de unión de componentes de acero inoxidable, nos permite hacer cordones con acabados muy aceptables mediante electrodos de tungsteno.

**Fuente:** Autor

**Tabla 6.** Materiales de Diseño

<b>Equipo</b>	<b>Descripción</b>
Calculadora	Equipo de cálculo electrónico que nos permite realizar operaciones matemáticas.
Laptop	Equipo para realizar investigación bibliográfica de manera online, permite realizar diseño y simulación de componentes y máquinas.

**Fuente:** Autor

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Tipos de investigación

Existen diferentes tipos de investigaciones que permiten a cada investigador tener su punto de vista, algunos autores visualizan la investigación básica fundamental, que tiene su inicio desde que el ser humano tuvo curiosidad del porque suceden diferentes fenómenos naturales, en la sociedad y el pensamiento. En la antigua Grecia se sentaron las bases de la filosofía para solucionar y responder a las preguntas que tienen las personas desarrollándose un pensamiento más crítico y científico para el bienestar de

la humanidad; el avance de las investigaciones permitió el desarrollo de ciencias que permiten cubrir varios campos de investigación satisfaciendo las dudas de las personas. [23]

Los tipos de la investigación son:

- Investigación de exploratoria
- Investigación explicativa
- Investigación descriptiva
- Investigación de campo
- Investigación experimental
- Investigación bibliográfica
- Investigación aplicada o tecnológica

### **2.2.2 Investigación exploratoria**

Esta investigación se realizó para conocer las industrias que realizan un producto similar a la Heladería Lulú, conociendo las dificultades presentes en sus procesos en lo cual repercute en varias de ellas el llenado de forma manual o empírica.

### **2.2.3 Investigación explicativo**

En este se pudo determinar que se puede mejorar el proceso de llenado mediante la implementación de nuevos equipos, este permite una mejora en cuanto a tiempo y eficiencia este equipo nuevo puede ser manual o automático.

### **2.2.4 Investigación descriptiva**

La investigación de diferentes tipos da lugar a un documento que cuenta con una investigación bibliográfica sobre los procesos de dosificación y procesos de elaboración de helados artesanales, donde se indica las mejoras en el proceso y como se lo realizara.

### **2.2.5 Investigación de campo**

Esta modalidad se la aplico, para conocer de manera directa las necesidades y problemas que tiene la heladería, viendo las causas y efectos que tiene el problema objeto de estudio mediante la observación directa.

### **2.2.6 Investigación experimental**

La investigación experimental nos permitirá evaluar los parámetros de (volumen, presión, longitud, fuerza, peso de fluido, peso de los componentes estructurales, viscosidad) que son parte importante en la dosificación, veremos la experimentación y ajuste de los componentes con los parámetros para el funcionamiento.

### **2.2.7 investigación bibliográfica**

Esta investigación tiene como objetivo respaldar el proyecto técnico mediante la información recopilada de libros, tesis relacionadas al tema, videos, investigaciones previas, internet, esta información será revisada, analizada y procesada para adaptarla a la necesidad de nuestro proyecto.

El diseño y construcción de una máquina que cumpla con las necesidades de una persona natural o industria está directamente relacionado con la investigación aplicada y tecnológica.

### **2.2.8 Investigación aplicada o tecnológica**

Al estar aplicada a sector tecnológico está comprometida con dar soluciones a los problemas de servicios de cualquier actividad humana, procesos de distribución, de producción, de consumo, etc. Es parte de la investigación básica enfocada a las ciencias formales, que tienen como objetivo solucionar problemas donde se establecen hipótesis que permitan resolver problemas en la productividad dentro de la sociedad; la investigación es tecnológica porque no es un conocimiento puro, sino que es del desarrollo de muchas investigaciones anteriores que van actualizando los procesos en la producción de productos de consumo humano. Como está relacionado con la tecnología nos permite ir mejorando, perfeccionando, optimizando los procesos, reglas, sistemas, normas, etc. Al ser aplicada este trabajo de investigación no tiene como resultado a una calificación simple como falso, verdadero, deficiente, eficaz, ineficiente, entre otros términos. [23]

También se conoce como investigación utilitaria donde los conocimientos que se van a aplicar son teóricos a cierta situación específica. Es de aplicación inmediata, porque se busca modificar investigaciones previas, para hacer y construir mejorando estudios anteriores. Da soluciones a problemas técnicos organizando la aplicación de técnicas

que posibilitan cambios sobre la actual realidad, basándose en el conocimiento científico. [24]

Se tiene tres tipos de investigaciones tecnológicas y son:

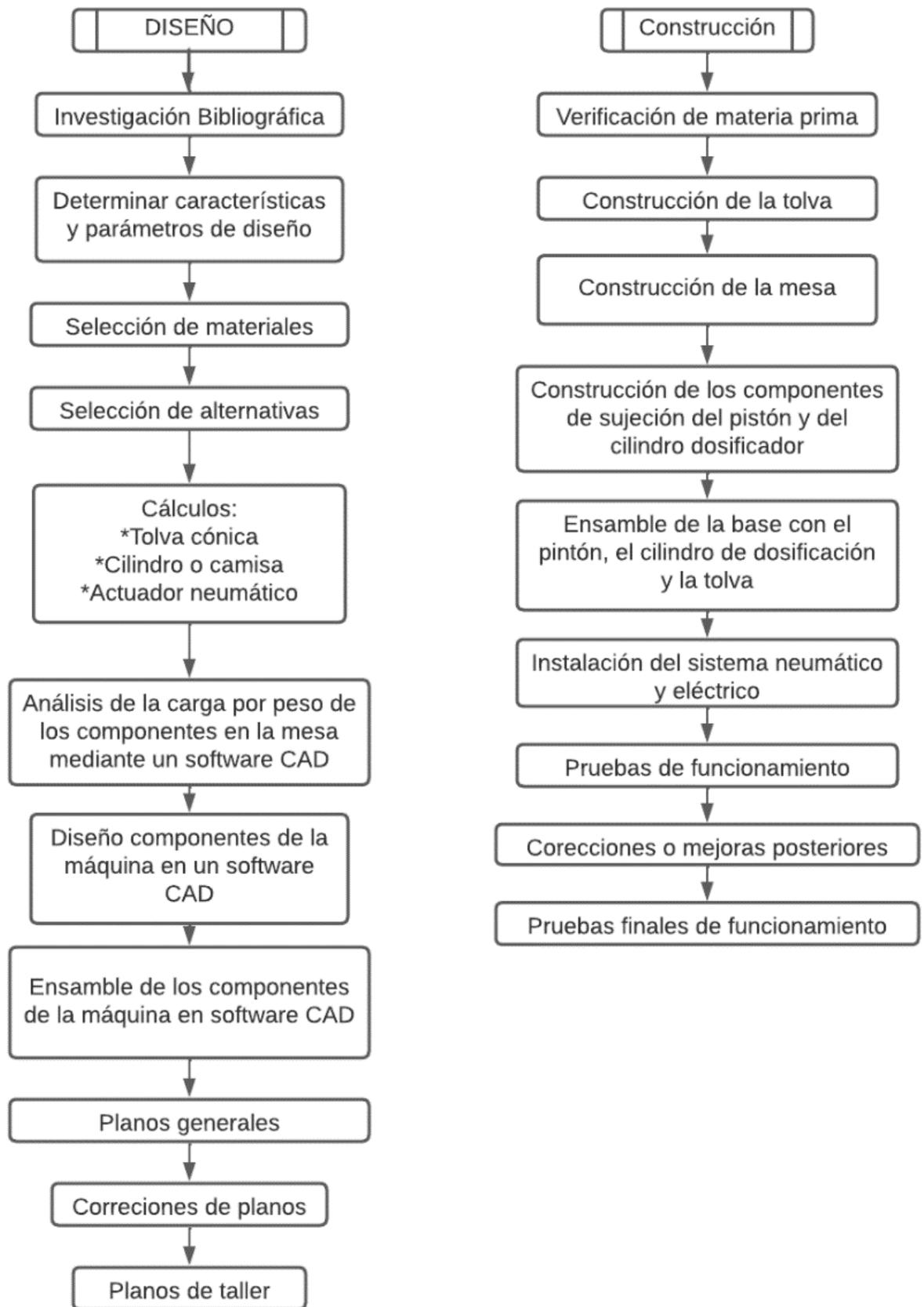
- Tecnológicas físicas
- Tecnología social
- Tecnologías formales

De estos tipos de tecnologías en el proyecto se aplicará la física, están comprometidas con crear, mejorar procesos de producción, optimizar equipos, procedimientos, mecanismos, máquinas, en el área de la tecnología de las ingenierías por ejemplo mecánica, civil, agrícola, minera, etc. [24]

La tecnología tecnológica es la más adecuada para la investigación para nuestra máquina dosificadora de líquidos viscosos, donde buscamos información sobre máquinas, estudios anteriores; donde vamos mejorando el proceso de dosificación, la cantidad y el volumen de dosificación optimizando el procedimiento de llenado de los moldes de helado.

### **2.3 Diagramas de diseño y construcción**

Como métodos para el diseño y construcción de la máquina dosificadora tenemos los siguientes diagramas que nos permitirá seguir un proceso continuo, ordenado como se muestra en la Figura 27, para llegar a la producción completa de la máquina para posteriormente realizar pruebas de funcionamiento y comparaciones con el proceso de llenado de la industria artesanal de helados.



**Figura 27.** Diagramas de proceso de diseño y construcción

**Fuente:** Autor

## 2.4 Determinación de características y parámetro de diseño

Se realizará un análisis cuantitativo para las características y parámetros de diseño, se inicia con una fase conceptual donde aplicamos la investigación bibliográfica para recolectar información sobre máquinas dosificadoras anteriores, tipos, aplicaciones, tamaños, tipos de dosificadores, realizamos una investigación de campo para recolectar información sobre el proceso realizado dentro del proceso de llenado de los moldes de helado, el espacio utilizado en la heladería para conocer un tamaño requerido de la máquina para que pueda instalarse dentro del proceso de producción de helados.

Para los parámetros tenemos de la misma forma una investigación bibliográfica para calcular los componentes de una máquina, el proceso a seguir en un diseño en función de las cantidades requeridas por la industria, los materiales necesarios y permitidos dentro de la industria alimenticia. También en la investigación de campo se realiza para conocer las herramientas, máquinas, elementos que se pueden utilizar según un tipo de máquina dosificadora permitiendo ir seleccionando un tipo de máquina adecuado y que sea fácil de instalar en la heladería.

Para la máquina dosificadora se requiere que esta tenga la capacidad de almacenar 10000ml, para envasar en vasos de helado de 115 ml, donde se necesitara diseñar el cilindro de almacenaje para que suministre los 115ml para cada vaso. Como otro parámetro necesitamos la densidad de la mezcla de helado véase en la Tabla 7.

**Simbaña Arévalo Karen Alejandra**, en su tesis de grado de Ingeniería en Mecatrónica presentada a la Universidad Técnica del Norte con el tema: “Diseño y construcción de máquina dosificadora de helados de crema para la industria artesanal” realizada en el año 2016, menciona en sus pruebas de cálculo de densidad, que no existe valores específicos de esta mezcla; los helados de crema no tiene una densidad fija esta es variable dependiendo del tiempo con el cual se hace el batido o de la pulpa de la fruta por lo que en las pruebas con los sabores de mora, chocolate, coco, fresa, guanábana, taxo, calculando la densidad mediante su masa y relación con la masa de la batidora industrial se obtuvo una densidad promedio de  $0.39522 \text{ gr/cm}^3 = 0.39522 \text{ gr/ml}$ . [7]

**Tabla 7.** Parámetros de diseño

<b>Parámetros de diseño</b>	<b>Características</b>
Densidad del helado	0.39522 gr/ml = 395.22 kg/m <sup>3</sup>
Presión de suministro	70 – 100 psi

**Fuente:** Autor

## 2.5 Selección de alternativas

Para la selección de la mejor alternativa realizamos la Tabla 8 con las alternativas con las ventajas y desventajas de diseño y construcción, para que cumplan con los requisitos de la Heladería Lulú, esta recopilación de información se realizó una investigación cuantitativa, entre las alternativas tenemos:

- Volumétrico
- Pistón
- Servomotor
- Tornillo sin fin

**Tabla 8.** Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de dosificadores

<b>Sistema</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Volumétricos	Trabaja con fluidos de mediana viscosidad, mermeladas, chocolates, yogurt, cremas, leches, jarabes.  Empuje realizado por pistones	Llenado por cantidades específicas a la tolva de envase.  Costo alto por pistones  Determinar de alguna forma la cantidad a dosificar  Dosificaciones fijas
Pistón	Trabaja con fluidos líquidos, líquidos densos o viscosos como shampoo, yogur, grasa, tomate triturado, jaleas, dulce de membrillo, etc  Empuje llevado hacia la punta dosificadora	Necesita un compresor para alimentar el sistema neumático.  Hay varios modelos con más pistones que eleva los costos del diseño

	Dosificaciones regulables	
Servomotor	Funciona con fluidos de baja viscosidad Trabaja sin presión de aire Servomotor de 12 voltios	No trabaja con fluidos de media y alta viscosidad.
Tornillo sin fin	Dosificación constante Trabaja con motor monofásico	No hay precisión en el llenado de los envases.

**Fuente:** Autor

Elaboramos la Tabla 9 con los aspectos a analizar las alternativas, funcionamiento, mantenimiento, costo, capacidad, tamaño, tecnología, estos aspectos serán valorados según una tabla de ponderaciones, determinando una calificación a cada alternativa, siendo el valor mayor la que es la mejor opción cumpliendo con los aspectos antes mencionados.

**Tabla 9.** Cuadro de terminologías

<b>Término</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
Fabricación	F	Debe ser sencilla, con componentes fácil de encontrar y adquirir en el País.
Costo	C	Debe ser el menor posible en construcción, producción, mantenimiento y reparación.
Tecnología	T	El modelo de dosificación debe ser lo más actual posible.
Capacidad	K	Llenar aproximadamente 45 vasos de helados por cada 200000 ml.
Tamaño	T	La máquina debe ser pequeña por el espacio disponible en la heladería.

Mantenimiento	M	Para dar un mantenimiento preventivo, su diseño tiene que ser por partes fáciles de armar y desarmar, de igual manera para un mantenimiento preventivo.
---------------	---	---

**Fuente:** Autor

En la Tabla 10, tenemos las siguientes denominaciones y aclaraciones de las variables expuestas o utilizadas en la tabla de ponderaciones:

**Tabla 10.** Denominaciones y variables de la tabla de ponderación

Variable	Significado
Alternativa 1	Dosificador volumétrico
Alternativa 2	Dosificador de pistón
Alternativa 3	Dosificador de servomotor
Alternativa 4	Dosificador de tornillo sin fin
C1	Calificación valorada sobre 10
C2	Calificación por peso asignado

**Fuente:** Autor

La calificación (C1) es un valor sobre 10 siendo 0 un factor de dificultad y 10 de facilidad de realizar el proyecto, (C2) es la calificación de C1 por el peso asignado, la suma total más cercano al 10 será la mejor alternativa para desarrollarla.

**Tabla 11.** Matriz de ponderación de alternativas

Características		Alternativa 1		Alternativa 2		Alternativa 3		Alternativa 4	
Factor Relevante	Peso Asignado	C1	C2	C1	C2	C1	C2	C1	C2
Fabricación	0.1	8	0.8	10	1	10	1	3	0.3

Costo	0.4	2	0.8	5	2	5	2	2	0.8
Tecnología	0.2	4	0.8	8	1.6	5	1	5	1
Capacidad	0.1	9	0.9	10	1	8	0.8	8	0.8
Tamaño	0.1	5	0.5	8	0.8	9	0.9	7	0.7
Mantenimiento	0.1	8	0.8	8	0.8	10	1	6	0.6
Total	1		4.6		7.2		6.7		4.2

**Fuente:** Autor

En la Tabla 11. Se pondero ciertas características que son esenciales para la máquina dosificadora, con los valores ponderados y en la suma total de la máquina con un dosificador de pistón tiene el valor de 7.2 siendo el mayor, es decir que es la opción con mejores condiciones en cuanto a diseño, adquisición de componentes, costo, y construcción siendo la mejor opción para la necesidad de la heladería Lulú.

## 2.5 Cálculos de la máquina mediante ingeniería y modelado CAD

Para el diseño de la máquina se realiza una investigación cuantitativa, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre los cálculos según el componente a diseñar, se procede a analizar los procesos y cómo será la aplicación que tendrá cada componente, según el caso se aplicaran ecuaciones que permite analizar el fenómeno de manera cuantitativa para seleccionar materiales, las ecuaciones necesarias para el diseño de la máquina dispensadora, nos basamos en las consideraciones de diseño del libro de Shigley, en la Tabla 12. Se puede observar las ecuaciones necesarias para el diseño teórico de los componentes mecánicos de la máquina.

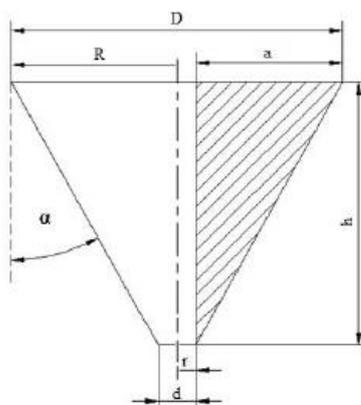
### 2.5.1 Cálculo de la tolva

Para el diseño de la tolva utilizaremos las variables definidas como:

- Volumen de  $0.01\text{m}^3$
- Diámetro inferior de  $0.035\text{m}$

➤ Densidad del helado de  $1060 \text{ kg/ m}^3$

Utilizamos la fórmula de volumen para un cono truncado como se observa en la Figura 28. Sacamos la relación entre la altura y los radios mediante la tangente del ángulo alfa ecuación (1) para luego despejar la altura dejando la ecuación en función de los radios y reemplazamos la altura en la ecuación (2)



**Figura 28.** Dimensiones básicas de la tolva

**Fuente:** [4]

$$\tan \alpha = \frac{a}{h} = \frac{R - r}{h} \quad \text{Ecuación (1)}$$

Donde:

$\alpha$ : Ángulo del triángulo rectángulo ( $30^\circ$ )

a: Cateto opuesto al ángulo  $\alpha$  [cm]

h: Altura o cateto adyacente del ángulo  $\alpha$  [cm]

R: Radio superior de la tolva [cm]

r: Radio inferior de la tolva [cm]

$$\tan 30^\circ = \frac{R - 1.75 \text{ cm}}{h}$$

Despejamos h de la ecuación (1)

$$h = \frac{R - 1.75 \text{ cm}}{\tan 30^\circ} \quad \text{Ecuación (1.1)}$$

$$V_{tolva} = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr) \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

$V_{tolva}$ : Volumen de la tolva [ $\text{cm}^3$ ]

h: Altura de la tolva [cm]

R: Radio superior de la tolva [cm]

r: Radio inferior de la tolva [cm]

$$R^3 = \frac{3 \tan 30^\circ * V_{tolva}}{\pi} + r^3 = \frac{3 \tan 30^\circ (10000)}{\pi} + 1.75^3$$

$$R^3 = 5518.65 \text{ cm}^3$$

$$R = 17.67 \text{ cm}$$

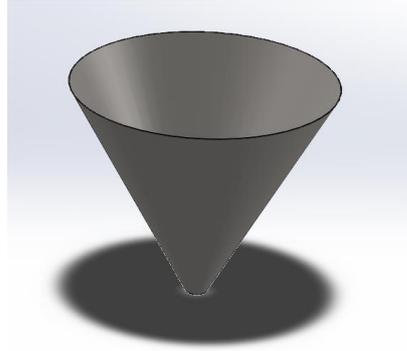
Resolviendo la ecuación en función de los radios reemplazamos el valor del radio superior de la tolva en la ecuación (1.1) para obtener la altura de la tolva.

$$h = \frac{17.67 \text{ cm} - 1.75 \text{ cm}}{\tan 30^\circ}$$

$$h = 27.57 \text{ cm}$$

### **Análisis del factor de seguridad de la tolva**

Para el análisis del factor de seguridad nos ayudaremos del software de diseño componentes mecánicos por elementos finitos. Primero realizaremos la tolva con las medidas obtenidas anteriormente mediante el software de diseño CAD, para el diseño de la tolva utilizaremos un espesor de chapa de 0.7mm, este espesor se utilizará por motivos de soldadura ya que con espesores menores es complicado realizar la soldadura a tope.



**Figura 29.** Diseño de la tolva

**Fuente:** Autor

Con el diseño de la tolva en CAD realizamos el análisis del factor de seguridad de la tolva tomando en cuenta condiciones de servicio y de funcionamiento:

Condiciones de servicio sería el peso del recipiente de 20 litros de donde se vierte la mezcla de helado en la tolva, analizamos que el recipiente se pone en contacto con la tolva en un punto donde ejercerá una fuerza puntual de 208 N que es el peso del recipiente con 20 litros de mezcla.

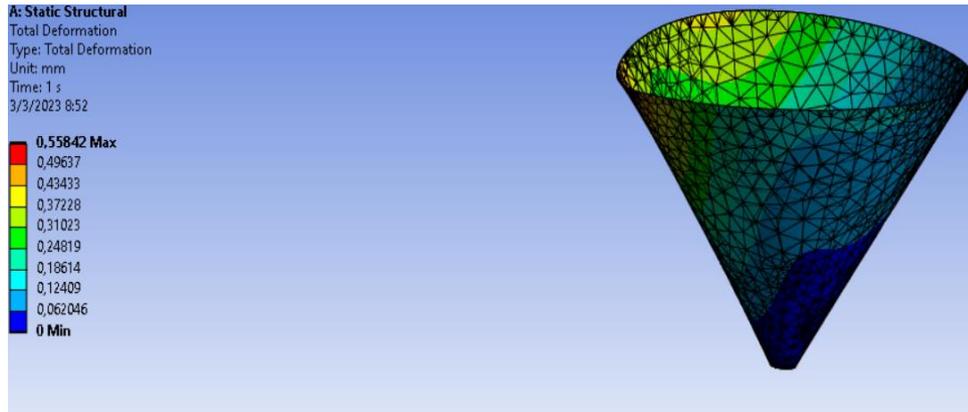
Condiciones de funcionamiento tenemos la fuerza hidrostática sobre las paredes de la tolva, este valor será calculado en el software de diseño por elementos finitos.

### **Teoría de falla del esfuerzo cortante máximo**

En el software de diseño por elementos finitos seleccionaremos esta teoría para determinar el factor de seguridad de la tolva, esta teoría es para materiales dúctiles y para cargas estáticas siendo un diseño conservador a comparación de las otras teorías.

El factor de seguridad que debemos obtener debe estar en el rango de 1.2 a 2, son valores para diseños bajo cargas estáticas, para las que haya un alto grado de confianza en todos los datos del diseño

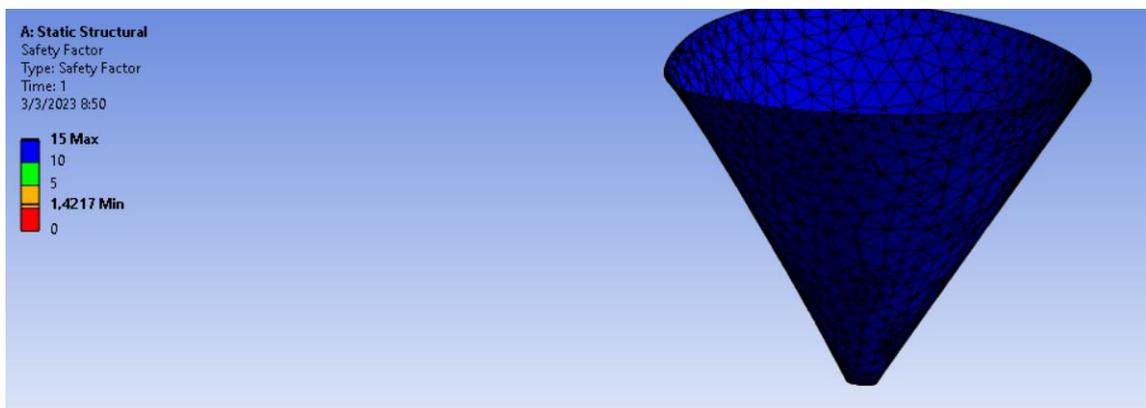
Como resultado tenemos una presión hidrostática máxima de 3400 Pa calculada en el software de elementos finitos



**Figura 30.** Deformación unitaria

**Fuente:** Autor

En la figura 30, tenemos una deformación donde se aplicó la fuerza de servicio tenemos una deformación máxima de 0.55mm.



**Figura 31.** Análisis de factor de seguridad

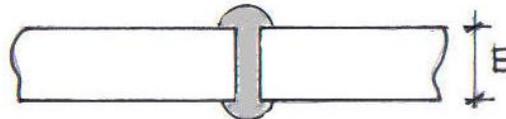
**Fuente:** Autor

En la figura 31, tenemos un factor de seguridad mínimo para este espesor de 0,7mm es de 1.42, este valor está dentro de rango de factor de seguridad para materiales dúctiles.

### 2.5.2 Diseño estático para el proceso de soldadura de la tolva

Realizamos un diseño estático para comprobar que la soldadura no fallará por los esfuerzos del fluido hacia las paredes de la tolva, se podría controlar la soldadura

mediante la NORMA AWS D1.6-D1.6M-2017; pero solo permite el control para uniones entre dos materiales que al menos sea uno acero inoxidable siempre y cuando el espesor mínimo sea de 1,5mm. Debido a que nuestra soldadura es de un espesor de 0.7mm no podemos evaluarlo mediante la NORMA AWS.



H: sin preparación

**Figura 31.** Soldadura a tope sin preparación de junta

**Fuente:** Autor

$$F_l = \frac{P \cdot d_p \cdot h}{2} \quad \text{Ecuación (8)}$$

Donde:

$F_l$ : Fuerza longitudinal a través de las paredes de la tolva [N]

P: Presión interna del fluido [N]

$d_p$ : Diámetro promedio de la tolva [m]

h: Altura de la tolva [m]

$$F_l = \frac{1068.92 \text{ Pa} \cdot 0.2115 \text{ m} \cdot 0.2757 \text{ m}}{2}$$

$$F_l = 62.33 \text{ N}$$

### 2.5.2.1 Esfuerzo normal medio

$$\sigma_l = \frac{F}{h \cdot l} \quad \text{Ecuación (9)}$$

Dónde:

$\sigma_l$ = Esfuerzo normal medio [Pa]

F= Carga de tensión o compresión [N]

h= Media de la garganta 0.0007 m

l= Longitud de la soldadura 0.3534 [m]

$$\sigma_l = \frac{62.33 \text{ N}}{0.0007\text{m} * 0.3534\text{m}}$$

$$\sigma_l = 0.25 \text{ [MPa]}$$

### 2.5.2.2 Esfuerzo medio a cortante

$$\tau = \frac{F}{h * l} \quad \text{Ecuación (10)}$$

Dónde:

$\tau$  = Esfuerzo cortante medio, [Pa]

$$\tau = 0.25 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{adm} = 0.4 * S_y \quad \text{Ecuación (11)}$$

Donde:

$\tau_{adm}$ : Esfuerzo cortante admisible [Mpa]

$$\tau_{adm} = 110.4 \text{ MPa}$$

$$\tau_{adm} \geq \tau_{req} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

$\tau_{adm}$ : Esfuerzo cortante admisible [Mpa]

$\tau_{req}$ : Esfuerzo cortante requerido o calculado [Mpa]

$$110.4 \geq 0.25$$

$$\sigma_{adm} = 0.6 * S_y \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

$\sigma_{adm}$ : Esfuerzo a tensión admisible [Mpa]

$$\sigma_{adm} = 0.6 * 276 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} = 165.6 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{adm} \geq \sigma_{req} \quad \text{Ecuación (12)}$$

Donde:

$\sigma_{adm}$ : Esfuerzo a tensión admisible [Mpa]

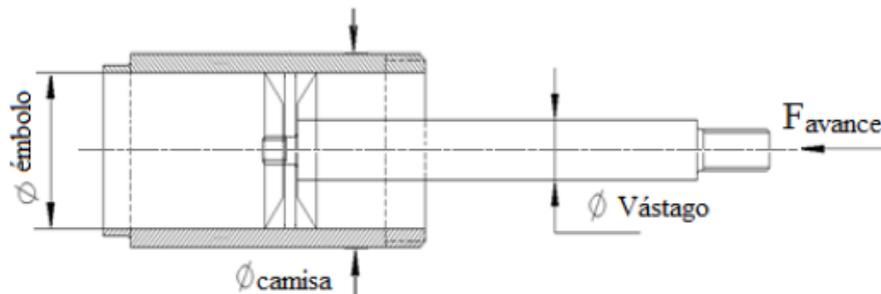
$\sigma_{req}$ : Esfuerzo a tensión requerido o calculado [Mpa]

$$165.6 \geq 0.25$$

El diseño de la soldadura a esfuerzo de tensión y cortante están por debajo de límite permisible por lo que se cumplen las dos condiciones de soldadura en un material de 0,7mm.

### 2.5.3 Selección del cilindro neumático

Escogemos una tubería de acero inoxidable de 1 ½ pulgada del catálogo de acero DIPAC del Anexo 2, de espesor de 1.1mm para determinar el área útil, para el diámetro de 25.9mm, que es el diámetro interior del tubo de acero inoxidable, donde se moverá el émbolo para succionar y empujar el fluido.



**Figura 32.** Diagrama de vástago, émbolo, camisa y el cilindro

**Fuente:** [7]

En la Figura 32, se puede observar los componentes que funcionaran dentro y fuera del cilindro, para ello debemos determinar la fuerza de avance del vástago.

$$A = \pi * r^2 \quad \text{Ecuación (13)}$$

Donde:

A: Área del émbolo [m<sup>2</sup>]

r: radio del émbolo [m]

$$A = \pi * 0.01795^2$$

$$A = 0.001m^2$$

$$F_a = A * P_t \quad \text{Ecuación (14)}$$

Donde:

Fa: Fuerza de avance del vástago [N]

A: Área de contacto del émbolo con el fluido [m<sup>2</sup>]

Pt: Presión de aire de trabajo suministrada 5 [Bar]

$$F_a = 0.001 [m^2] * 500000 \left[ \frac{N}{m^2} \right]$$

$$F_a = 500 [N]$$

Seleccionamos el cilindro ISO 15552, véase en el (Anexo 3), revisamos en el catálogo de METALWORKS que tenga una fuerza de empuje y succión no mayor a la fuerza de avance teórica debido a la acción de una fuerza de fricción entre el émbolo y la camisa y entre otros factores,

ACTUADORES		FUERZAS DESARROLLADAS EN EMPUJE Y TRACCIÓN (TEÓRICAS)													
		Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	Aire útil cm <sup>3</sup>	Fuerza en empuje y tracción en daN en función de la presión de ejercicio en bar									
						1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
DATOS TÉCNICOS GENERALES	8	4	empuje tracción	0.50 0.38	0.5 0.4	1.0 0.8	1.5 1.1	2.0 1.5	2.5 1.9	3.0 2.3	3.5 2.6	4.0 3.0	4.5 3.4	5.0 3.8	
	10	4	empuje tracción	0.79 0.66	0.8 0.7	1.6 1.3	2.4 2.0	3.1 2.6	3.9 3.3	4.7 4.0	5.5 4.6	6.3 5.3	7.1 5.9	7.9 6.6	
	12	6	empuje tracción	1.13 0.85	1.1 0.8	2.3 1.7	3.4 2.5	4.5 3.4	5.7 4.2	6.8 5.1	7.9 5.9	9.0 6.8	10.2 7.6	11.3 8.5	
	16	6	empuje tracción	2.01 1.73	2.0 1.7	4.0 3.5	6.0 5.2	8.0 6.9	10.1 8.6	12.1 10.4	14.1 12.1	16.1 13.8	18.1 15.6	20.1 17.3	
	16	8	empuje tracción	2.01 1.51	2.0 1.5	4.0 3.0	6.0 4.5	8.0 6.0	10.1 7.5	12.1 9.0	14.1 10.6	16.1 12.1	18.1 13.6	20.1 15.1	
	20	8	empuje tracción	3.14 2.64	3.1 2.6	6.3 5.3	9.4 7.9	12.6 10.6	15.7 13.2	18.8 15.8	22.0 18.5	25.1 21.1	28.3 23.8	31.4 26.4	
	20	10	empuje tracción	3.14 2.36	3.1 2.4	6.3 4.7	9.4 7.1	12.6 9.4	15.7 11.8	18.8 14.1	22.0 16.5	25.1 18.8	28.3 21.2	31.4 23.6	
	25	10	empuje tracción	4.91 4.12	4.9 4.1	9.8 8.2	14.7 12.4	19.6 16.5	24.5 20.6	29.5 24.7	34.4 28.9	39.3 33.0	44.2 37.1	49.1 41.2	
	32	12	empuje tracción	8.04 6.91	8.0 6.9	16.1 13.8	24.1 20.7	32.2 27.6	40.2 34.6	48.3 41.5	56.3 48.4	64.3 55.3	72.4 62.2	80.4 69.1	
	40	12	empuje tracción	12.57 11.44	12.6 11.4	25.1 22.9	37.7 34.3	50.3 45.7	62.8 57.2	75.4 68.6	88.0 80.0	100.5 91.5	113.1 102.9	125.7 114.4	

Figura 33. Datos técnicos generales de actuadores

Fuente: Catálogo Metal Works

Fa es necesaria para realizar el desplazamiento del vástago para la tracción y empuje, para la presión de 5 bares tenemos las fuerzas de empuje y tracción del cilindro con los siguientes valores:

$$F_t = 34.6 [daN] = 346 [N]$$

$$F_e = 40.2 [daN] = 402 [N]$$

#### 2.5.4 Cálculo del volumen para la camisa

Necesitamos llenar vasos medianos de aluminio de helado medianos, en la Figura 34 se observa la forma del molde de helado con las siguientes dimensiones de alto de 7cm, diámetro de la base de 3cm, y el diámetro superior de 6cm:



**Figura 34.** Vaso Molde Cono De Aluminio para Helado Mediano

**Fuente:** [24]

Determinamos el volumen y la cantidad de mezcla que cabe dentro de este molde para diseñar el cilindro.

$$V_{Molde} = \frac{\pi h}{3} (R^2 + r^2 + Rr) \quad \text{Ecuación (15)}$$

Donde:

$V_{molde}$ : Volumen del molde de helado [cm<sup>3</sup>]

h: Altura del molde de helado [cm]

R: Radio superior del molde [cm]

r: Radio inferior del molde [cm]

$$V_{\text{Molde}} = \frac{\pi * 7}{3} (3^2 + 1.5^2 + 3 * 1.5)$$

$$V_{\text{Molde}} = 115.45 \text{ cm}^3$$

$$m = \rho * V_{\text{Molde}} \quad \text{Ecuación (16)}$$

Donde:

m: Masa del helado por molde [Kg]

$\rho$ : Densidad del helado [Kg/m<sup>3</sup>]

$V_{\text{Molde}}$ : Volumen del molde [m<sup>3</sup>]

$$m = 395.22 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.000115 \text{ m}^3$$

$$m = 0.046 \text{ kg}$$

#### 2.5.4.1 Cálculo del volumen y masa del émbolo

$$V_e = \frac{\pi * \phi^2}{4} * L \quad \text{Ecuación (17)}$$

Donde:

$V_e$ : Volumen del émbolo [m<sup>3</sup>]

$\phi$ : Diámetro del émbolo o interior de la camisa [m]

L: Longitud del émbolo 0.02m por la longitud de la rosca del vástago del cilindro ISO 15552

$$V_e = \frac{\pi * (0.0359 \text{ m})^2}{4} * 0.02 \text{ m}$$

$$V_e = 2.02 \times 10^{-5} [\text{m}^3]$$

$$m_e = \rho_{304} * V_e \quad \text{Ecuación (18)}$$

Donde:

$m_e$ : Masa del émbolo [Kg]

$\rho_{304}$ : Densidad del acero inoxidable AISI 304 [Kg/m<sup>3</sup>]

$V_e$ : Volumen del émbolo [m<sup>3</sup>]

$$m_e = 7300 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] * 2.02 \times 10^{-5} [m^3]$$

$$m_e = 0.1477 \text{ kg}$$

#### 2.5.4.2 Cálculo del volumen de la camisa

$$V_{camisa} = V_{molde} + V_e \quad \text{Ecuación (19)}$$

Donde:

$V_{camisa}$ : Volumen de la camisa [m<sup>3</sup>]

$V_{molde}$ : Volumen del molde [m<sup>3</sup>]

$V_e$ : Volumen del émbolo [m<sup>3</sup>]

$$V_{camisa} = 0.000115m^3 + 2.02 \times 10^{-5} m^3$$

$$V_{camisa} = 1.37 \times 10^{-4} m^3$$

#### 2.5.4.3 Cálculo de la longitud de la camisa

$$V_{camisa} = \pi * r_{\text{émbolo}}^2 * h_{camisa} \quad \text{Ecuación (20)}$$

Donde:

$V_{camisa}$ : Volumen de la camisa [m<sup>3</sup>]

$r_{\text{émbolo}}$ : Radio del émbolo [m]

$h_{camisa}$ : Altura o largo de la camisa [m]

$$h_{camisa} = \frac{V_{camisa}}{\pi * r_{\acute{e}mbolo}^2} \quad \text{Ecuación (20.1)}$$

$$h_{camisa} = \frac{1.37 \times 10^{-4} m^3}{\pi * (0.01795 m)^2}$$

$$h_{camisa} = 0.135 m$$

#### 2.5.4.4 Presión dentro del cilindro o camisa

Para calcular esta presión en el interior de la camisa emplearemos la teoría de cilindro de pared delgada.

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación (21)}$$

Donde:

P: Presión dentro de la camisa [Pa]

F: Fuerza de empuje del cilindro ISO 15552 [N]

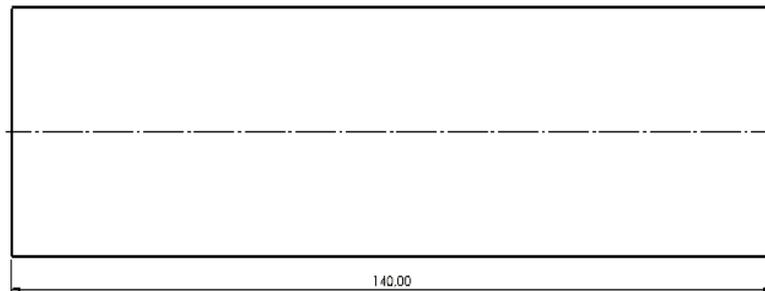
A: Área de la cara del émbolo [m<sup>2</sup>]

$$P = \frac{246 [N]}{0.001 [m^2]}$$

$$P = 246000 [Pa]$$

#### 2.5.4.5 Esfuerzos internos por succión dentro de la camisa

En la Figura 35, tenemos el cilindro dosificador donde succionará y se empujará el fluido para diseñar este componente se realizará los cálculos por la teoría de paredes delgadas, utilizamos la Ecuación (11) y (12).



**Figura 35.** Camisa de succión

**Fuente:** Autor

$$\sigma_t = \frac{P \cdot d_p}{2t} \quad \text{Ecuación (22)}$$

Donde:

$\sigma_t$ : Esfuerzo tangencial dentro del cilindro [Mpa]

P: Presión de la fuerza de empuje [Pa]

$d_p$ : Diámetro promedio [m]

t: Espesor de la camisa [m]

$$\sigma_t = \frac{246 \times 10^3 * 0.0359}{2 * 0.0011} = 4.01 \text{Mpa}$$

$$\sigma_t = 4.01 \text{Mpa}$$

$$\sigma_l = \frac{P \cdot d_p}{4t} \quad \text{Ecuación (23)}$$

$\sigma_l$ : Esfuerzo longitudinal dentro del cilindro [Mpa]

P: Presión de la fuerza de empuje [Pa]

$d_p$ : Diámetro promedio [m]

t: Espesor de la camisa [m]

$$\sigma_l = \frac{246 \times 10^3 * 0.0359}{4 * 0.0011} = 2 \text{Mpa}$$

$$\sigma_l = 2Mpa$$

Analizamos los esfuerzos calculados mediante la teoría del esfuerzo cortante máximo con un factor de seguridad de 2 y el esfuerzo de fluencia del acero inoxidable es 276Mpa.

$$\sigma_l + \sigma_t \leq \frac{S_y}{n} \quad \text{Ecuación (24)}$$

Donde:

$\sigma_t$ : Esfuerzo tangencial dentro del cilindro [Mpa]

$\sigma_l$ : Esfuerzo longitudinal dentro del cilindro [Mpa]

$S_y$ : Límite de fluencia 276 [Mpa]

$n$ : Factor de seguridad de 2

$$4.01Mpa + 2Mpa \leq \frac{276Mpa}{2}$$

$$6.01 \leq 138$$

Analizando la desigualdad tenemos que los esfuerzos internos de la camisa son bajos en relación del límite de fluencia del AISI 304 con un factor de seguridad que es el esfuerzo permisible con lo que el cilindro resiste los esfuerzos de empuje y succión.

## 2.5.5 Análisis estático de la camisa

### 2.5.5.1 Peso de los componentes sobre la mesa

$$W_{tolva} = m_{tolva} * g \quad \text{Ecuación (25)}$$

Donde:

$W_{tolva}$ : Peso de la tolva [N]

$m_{tolva}$ : Masa de la tolva 1.03 [Kg]

$g$ : Gravedad 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

$$W_{tolva} = 1.03kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{tolva} = 10.1 [N]$$

$$m_{fluido} = \rho_{fluido} * V_{fluido} \quad \text{Ecuación (26)}$$

Donde:

$m_{fluido}$ : Masa del fluido [N]

$\rho_{fluido}$ : Densidad del fluido 395.22 [Kg/m<sup>3</sup>]

$V_{fluido}$ : Volumen del fluido 0.01[m<sup>3</sup>]

$$m_{fluido} = 395.22 * 0.01$$

$$m_{fluido} = 3.95kg$$

$$W_{fluido} = m_{fluido} * g \quad \text{Ecuación (27)}$$

Donde:

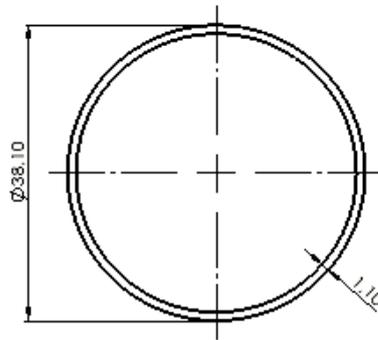
$W_{tolva}$ : Peso de la tolva [N]

$m_{tolva}$ : Masa de la tolva 1.03 [Kg]

g: Gravedad 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

$$W_{fluido} = 3.95kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{fluido} = 38.77[N]$$



**Figura 36.** Área circular hueca

**Fuente:** Autor

$$V_{camisah} = \pi * (D - d)^2 * h_{camisa} \quad \text{Ecuación (28)}$$

Donde:

$V_{camisah}$ : Volumen de la camisa hueca [m<sup>3</sup>]

D: Diámetro mayor [m]

d: Diámetro menor [m]

$h_{camisa}$ : Altura o largo de la camisa [m]

$$V_{camisah} = \pi * (0.0381 - 0.0359)^2 * 0.14$$

$$V_{camisah} = 2.13 \times 10^{-6} [m^3]$$

$$W_{camisa} = \rho_{AISI304} * V_{camisah} * g \quad \text{Ecuación (29)}$$

$$W_{camisa} = 7300 \frac{kg}{m^3} * 2.13 \times 10^{-6} m^3 * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$W_{camisa} = 0.15 [N]$$

$$W_{total} = W_{tolva} + W_{fluido} + W_{válvula} + W_{accesorios} \quad \text{Ecuación (30)}$$

Donde:

$W_{total}$ : Peso total sobre la camisa [N]

$W_{tolva}$ : Peso de la tolva [N]

$W_{fluido}$ : Peso del fluido [N]

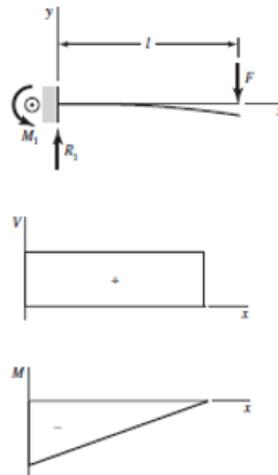
$W_{válvula}$ : Peso de la válvula 6.37 [N]

$W_{accesorios}$ : Peso de los accesorios 4.88 [N]

$$W_{total} = 10.1N + 38.77N + 6.37N + 4.88N$$

$$W_{total} = 60.12 N$$

### 2.5.5.2 Momento máximo utilizamos el análisis de voladizo con carga a un extremo



**Figura 37.** Cortante, momento y deflexión de vigas

**Fuente:** Autor

$$M = W_t * L \quad \text{Ecuación (31)}$$

Donde:

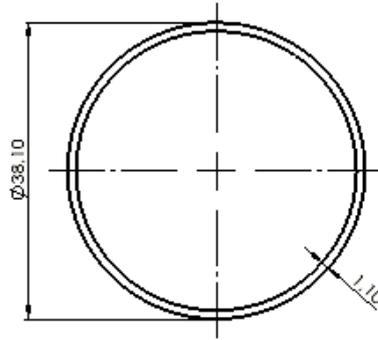
M: Momento máximo [Nm]

$W_t$ : Peso sobre la camisa [N]

L: Longitud del voladizo (camisa + longitud de la válvula) [m]

$$M = 60.12 * 0.15$$

$$M = 9.018 \text{ Nm}$$



**Figura 38.** Área circular hueca

**Fuente:** Autor

$$A_{ch} = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \quad \text{Ecuación (32)}$$

Donde:

$A_{ch}$ : Área circular hueca [m<sup>2</sup>]

D: Diámetro mayor [m]

d: Diámetro menor [m]

$$A_{ch} = \frac{\pi}{4} (0.0381^2 - 0.0359^2)$$

$$A_{ch} = 1.27 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

### 2.5.5.3 Momento de inercia de una sección circular hueca

Según el Anexo 5, utilizamos la siguiente ecuación.

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) \quad \text{Ecuación (33)}$$

Donde:

$I_x$ : Inercia en el eje x [m<sup>4</sup>]

$I_y$ : Inercia en el eje y [m<sup>4</sup>]

D: Diámetro mayor de la camisa [m]

d: Diámetro menor de la camisa [m]

$$I_x = I_y = \frac{\pi}{64} (0.0381^4 - 0.0359^4)$$

$$I_x = I_y = 2.18 \times 10^{-8} m^4$$

$$\sigma_F = \frac{M_{max} * C}{I} \quad \text{Ecuación (34)}$$

Donde:

$\sigma_F$ : Esfuerzo por flexión [MPa]

$M_{max}$ : Momento flector máximo [Nm]

C: Distancia del eje centroidal al lugar de máximo esfuerzo 0.01905 [m]

I: Momento de inercia [m<sup>4</sup>]

$$\sigma_F = \sigma_y = \frac{9.018 \text{ Nm} * 0.01905 \text{ m}}{2.18 \times 10^{-8} m^4}$$

$$\sigma_y = 7.88 \text{ Mpa}$$

#### 2.5.5.4 Calculamos el esfuerzo por la carga axial

$$\sigma_a = \frac{F}{A_{trans}} \quad \text{Ecuación (35)}$$

Donde:

$\sigma_a$ : Esfuerzo por carga axial [MPa]

F: Fuerza de empuje del cilindro ISO 15552 [N]

A<sub>trans</sub>: Área circular hueca de la camisa [m<sup>2</sup>]

$$\sigma_a = \sigma_x = \frac{402 \text{ N}}{1.27 \times 10^{-4} m^2}$$

$$\sigma_x = 3.16 \text{ [MPa]}$$

#### 2.5.5.5 Análisis según la teoría de falla de Von Misses

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ecuación (36)}$$

$$\sigma' = \sqrt{3.16^2 - (3.16 * 7.88) + 7.88^2 + 0^2}$$

$$\sigma' = 9.84 \text{ [MPa]}$$

Para el análisis aplicamos la ecuación de diseño

$$n = \frac{S_y}{\sigma'}$$

Ecuación (77)

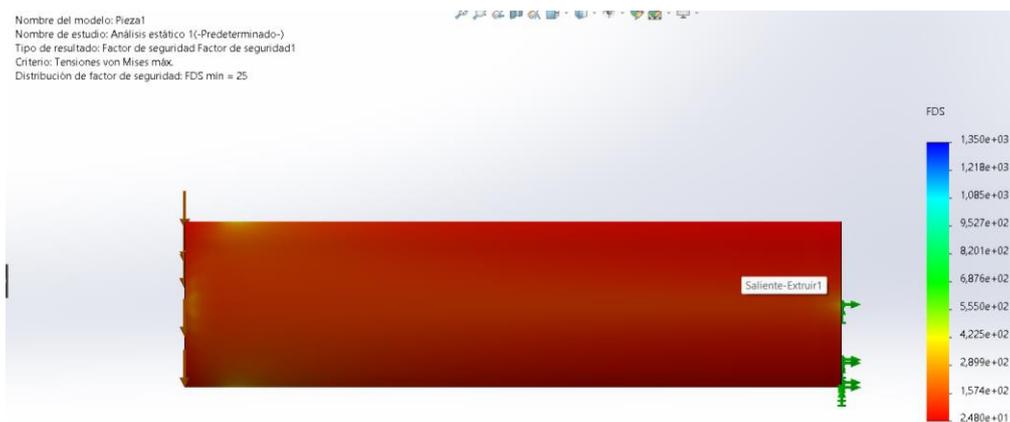
$$n = \frac{276 \times 10^6}{9.84 \times 10^6}$$

$$n = 28$$

El factor de seguridad de 28,9 nos indica el peso sobre la camisa es menor que la resistencia de la camisa al ser un acero inoxidable AISI 304.

### 2.5.5.6 Análisis según la teoría de falla de Von Mises

Como comprobación realizamos una simulación en un software CAD para determinar el factor de seguridad.



**Figura 39.** Análisis estático de la camisa

**Fuente:** Autor

En la Figura 39. Ver el análisis que nos muestra un factor de seguridad mínimo de 25 cercano al valor que se determinó mediante los cálculos.

### 2.5.6 Selección de pernos

Para la selección de pernos utilizamos los de grado A 307, en este tipo están incluidos los pernos y varillas roscadas según la norma ASTM A307; los cuales con pernos de

acero al carbono de baja resistencia conocidos también como pernos de hierro y que van desde la medida de ¼” hasta las 4”, el material que se suele utilizar es la varilla lisa de acero A36.

En los pernos de grado A307 existen tres tipos los cuales son:

- 307 A pernos de cabeza hexagonal o redonda, varillas roscadas que tienen aplicaciones generales.
- 307 B pernos hexagonales pesados destinados a juntas de bridas y en sistemas de tuberías de hierro fundido
- 307 C pernos para anclajes sin cabeza, doblados y rectos, para sistemas estructurales.

### 2.5.6.1 Cálculo para los pernos de sujeción de la camisa y el cilindro neumático

Los valores de  $F_{nv}$  y  $F_{nt}$  se indican en el anexo 7. En la Figura 40 se indica el tipo de perno a usar.



**Figura 40.** Pernos de cabeza hexagonal hueca

**Fuente:** [26]

$$\phi_{rn} = \phi * F_{nv} * A_b \quad \text{Ecuación (38)}$$

Donde:

$\phi_{rn}$ : Fuerza a cortante [N]

$F_{nv}$ : Esfuerzo de ruptura a cortante del perno [N]

$A_b$ : Área de sección transversal del perno [mm<sup>2</sup>]

$$A_b = \pi * r^2 = \pi * 5^2 = 78.54 [mm^2]$$

$$\phi_{rn} = 0.75 * 188 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] * 78.54 [mm^2]$$

$$\phi_{rn} = 11.74 [kN]$$

$$\phi_{rn} = \phi * Fnt * A_b \quad \text{Ecuación (39)}$$

Donde:

$\phi_{rn}$ : Fuerza a cortante [N]

$Fnt$ : Esfuerzo de ruptura a tensión del perno [N]

$A_b$ : Área de sección transversal del perno [mm<sup>2</sup>]

$$A_b = \pi * r^2 = \pi * 5^2 = 78.54 [mm^2]$$

$$\phi_{rn} = 0.75 * 310 \left[ \frac{N}{mm^2} \right] * 78.54 [mm^2]$$

$$\phi_{rn} = 18.26 [kN]$$

### 2.5.6.2 Para cortante

La fuerza que debe resistir el perno en cortante es de 100 N, el cual es el peso de todos los componentes que están sobre la mesa base (cilindro neumático ISO 15552, camisa, émbolo, válvula, uniones, abrazaderas, tolva, mezcla de helado).

$$W_{total} < \phi_{rn} \quad \text{Ecuación (40)}$$

$$0.1 [kN] < 11.74 [kN]$$

La resistencia del perno es aproximadamente 10 veces mayor que todo el peso de la máquina y que solo se tomó en cuenta un perno de una sola placa para el análisis tenemos que ese peso total se repartiría para todos 8 pernos que sujetan el cilindro ISO 15552 y resisten a cortante.

Ahora si analizamos los pernos a cortante con las fuerzas de empuje y tracción del cilindro ISO 15552, tenemos:

$$F_{tracción} < F_{empuje} < \phi_{rn} \quad \text{Ecuación (41)}$$

$$0.346 [kN] < 0.402[kN] < 11.74[kN]$$

De igual manera resiste el perno A307 de 5mm a estas fuerzas cortantes.

### 2.5.6.3 Para tensión

Como las fuerzas de tracción y empuje del cilindro neumático son 415 N y 483 N respectivamente tenemos:

$$F_{tracción} < F_{empuje} < \phi_{rn} \quad \text{Ecuación (42)}$$

$$0.346 [kN] < 0.402[kN] < 18.26[kN]$$

Como la fuerza de tracción y empuje del cilindro ISO 15552 son menores a la resistencia a la tensión el perno A307 de diámetro de 5 mm.

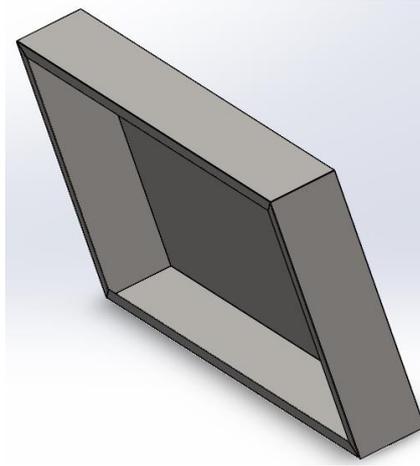
$$W_{total} < \phi_{rn} \quad \text{Ecuación (43)}$$

$$0.1 [kN] < 18.26 [kN]$$

### 2.5.7 Análisis de carga sobre la mesa mediante un software CAD

Para un análisis de los esfuerzos de forma computacional, se utiliza el programa de simulación y análisis SOLIDWORKS, donde desarrollamos el componente como la mesa de soporte de los componentes de sistema de dosificación, la cual se encuentra apoyada en la mesa, analizamos el peso total calculados de todos los componentes sobre la superficie de la mesa y analizamos mediante la herramienta de análisis estático para comprobar el funcionamiento ideal.

En la Figura 41, se indica el diseño realizado en SolidWorks de la mesa base de la máquina dosificadora con los dobleces.

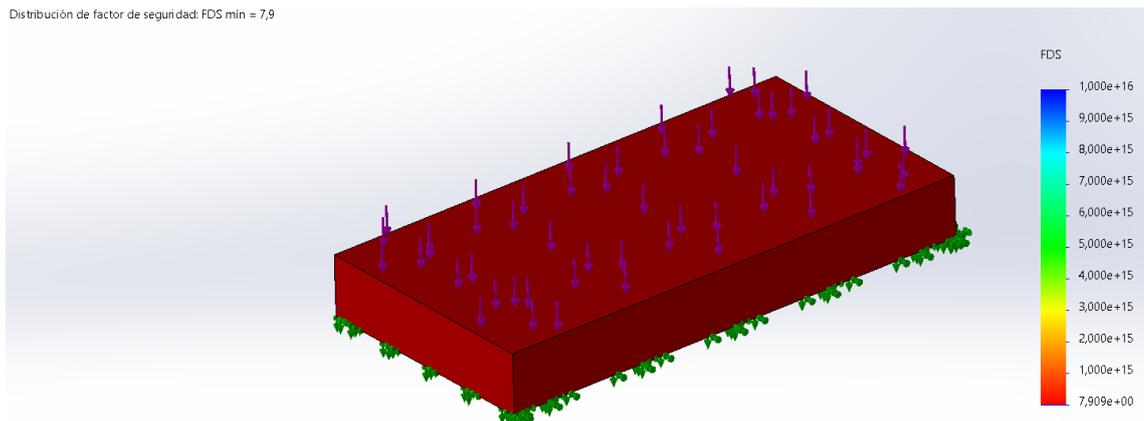


**Figura 41.** Mesa base realizado los dobleces

**Fuente:** Autor

Realizamos un análisis del diseño de la mesa base, con el peso de 100 [N], es un peso equivalente a la suma del peso de la tolva, el cilindro neumático, la válvula de dosificación, la camisa, émbolo, y las bases de sujeción del cilindro y el pistón. Con esta fuerza calculamos en el software el factor de seguridad que debe ser superior a 2

Distribución de factor de seguridad: FDS min = 7,9



**Figura 42.** Mesa base realizado los dobleces

**Fuente:** Autor

En la Figura 42, tenemos los resultados del análisis en el software de diseño y simulación donde tenemos un factor de seguridad de 7.9 que es casi 4 veces mayor a 2, entonces el espesor y diseño de la chapa metálica es el adecuado para el peso de los componentes de la máquina, escogimos un acero inoxidable AISI 304 de espesor de

0.07mm, para realizar una soldadura TIG con electrodo de tungsteno y argón como gas de protección.

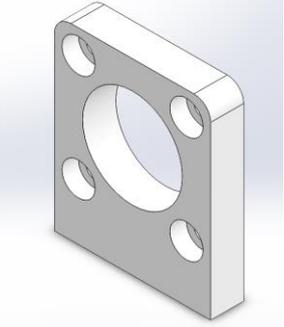
## 2.6 Diseño de componentes en software CAD

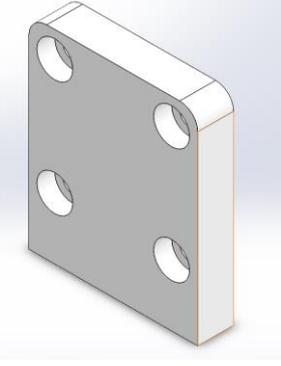
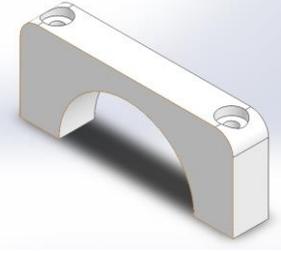
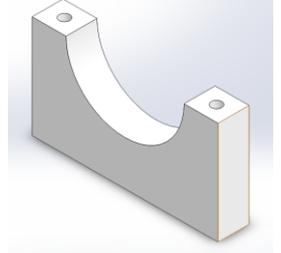
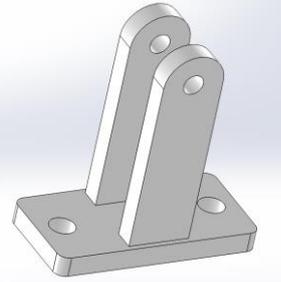
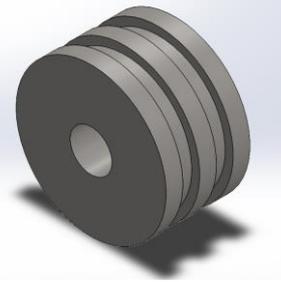
En el diseño de componentes en software CAD hay diferentes formas de tomar o iniciar el diseño, entre los softwares tenemos los métodos de diseño ascendente y descendiente o a su vez se pueden unificar los dos métodos en para un mejor diseño.

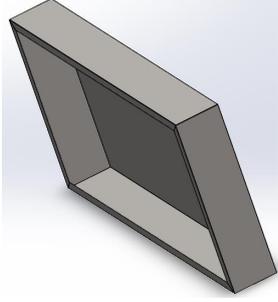
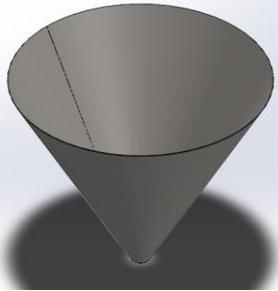
Para este proyecto utilizaremos el diseño ascendente como método tradicional se diseñan o modelan los componentes, piezas o elementos para posteriormente unificarlos en un diseño total o más conocido como ensamble con relaciones de posición, en el ensamble se puede cambiar piezas elaborando nuevas, el reemplazo es individual por lo que si hay cambios en las piezas se ven reflejados en el ensamble. Al usar este método trabajamos las piezas que no se pueden comprar de manera estándar.

Para este proyecto utilizaremos el diseño ascendente como método tradicional se diseñan o modelan los componentes, piezas o elementos para posteriormente unificarlos en un diseño total como se muestra en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Componentes modelados en software

<b>Denominación</b>	<b>Figura</b>
Base superior del cilindro 15552	

<p>Base inferior del cilindro 15552</p>	
<p>Base superior del cilindro dosificador</p>	
<p>Base inferior del cilindro dosificador</p>	
<p>Base del cilindro 6432</p>	
<p>Émbolo del cilindro dosificador</p>	

Mesa base	
Tolva de almacenamiento	

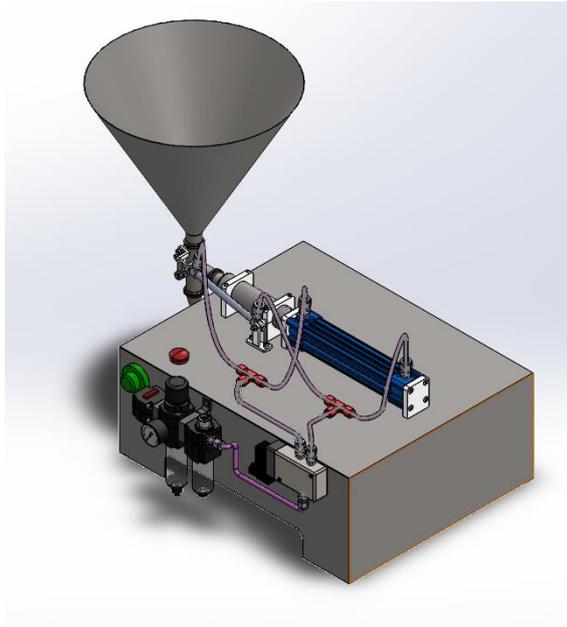
Fuente: Autor

## 2.7 Ensamble de los componentes de la máquina dosificadora son software CAD

Se puede construir ensambles complejos con un gran conjunto de componentes, las piezas y componentes pueden ser unidos en sistemas, un sistema es un subensamble que para la mayoría de operaciones son iguales para los dos tipos de ensambles, si en un subensamble se elimina una pieza esta se actualiza en el ensamble general automáticamente.

Los subensambles y los ensambles conectan los componentes o las piezas mediante las relaciones de posición geométricas, mientras se siguen uniendo más componentes, se va restringiendo movimientos de algunos componentes, es decir, se limitan los grados de libertad. Entre los componentes que diseñamos según el diseño ascendente podemos utilizar también la lista de materiales o las bibliotecas que contienen ya ciertas piezas prediseñadas.

En la Figura 43, se muestra el ensamble de los componentes unidos mediante tornillos, pernos, abrazaderas, empaques u orings, mangueras de alimentación de aire, entre otros.



**Figura 43.** Máquina dosificadora de líquidos viscosos

**Fuente:** Autor

## **2.8 Planos generales**

Una vez realizado el ensamble general de la máquina dosificadora hacemos planos de cada componente que necesita de fabricación, como por ejemplo la tolva, así realizamos de todas los componentes a fabricar, en el plano del ensamble de la máquina completa se realiza un alista de materiales donde se especifican los componentes que existen de en el mercado, su diseño, tamaño existe de forma estándar. Los componentes a fabricar se debe realizar el dibujo o plano mecánico donde nos regimos a la norma CPE INEN 003:1989 (CODIGO DE DIBUJO TÉCNICO MECÁNICO), en esta norma nos indica disposiciones para representar los dibujos mecánicos de piezas y componentes. El dibujo técnico se rige mediante a técnicas que son reguladas por las normas ISO, las normas nos permiten expresar con un compendio de materiales actualizados, para facilitar la interpretación de los planos. [26]

## **2.9 Construcción de la máquina dosificadora**

Para este proceso de construcción de la máquina dosificadora, seguimos la secuencia mostrada en la Figura 27, verificamos la materia prima adquirida que cumplan con los requerimientos físicos y el estado del mismo.

En este proceso de construcción e instalación de los componentes de la máquina tenemos diferentes herramienta y equipos para realizar esta tarea como:

- Soldadora TIG
- Torno
- Dobladora o plegadora
- Taladro de pedestal
- Taladro manual
- Tronzadora
- Esmeril
- Amoladora
- Tijeras del tol
- Brocas
- Matillo, destornilladores, teflón, flexómetro, etc.

## 2.10 Componentes complementarios del sistema neumático

El sistema neumático utiliza componentes de unión a los actuadores por donde de transportar el aire comprimido proporcionado por el compresor, en la heladería tienen un compresor de 60 litros y de 3Hp de potencia que abastecerá el cilindro neumático y sus componentes, en la Tabla 13 se indica componentes neumáticos para la instalación del sistema.

**Tabla 13.** Componentes neumáticos

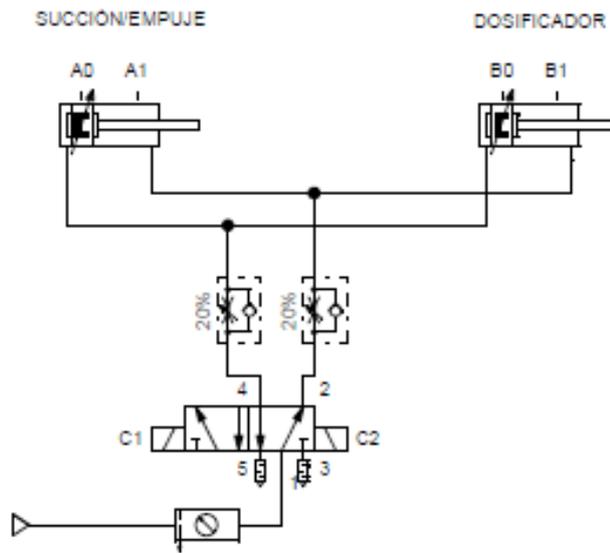
Cantidad	Elemento Neumático	Gráfico
1	Cilindro doble efecto	
1	Electroválvula 5/2	

1	Unidad de mantenimiento	
1	Racor codo 1/4*6mm	
1	Racor T 1/4*6mm	
1	Manguera neumática poliuretano	

Fuente: [24]

### 2.10.1 Diagrama del sistema neumático

En la Figura 44, se muestra como está conectado y controlado los dos cilindros neumáticos mediante una electroválvula.



**Figura 44.** Diagramas del sistema neumático

**Fuente:** Autor

## 2.11 Proceso de construcción

Con los planos de taller procedemos a seleccionar el orden según la Tabla 2.1, para la construcción tenemos pasos básicos que funcionan para todos los componentes a construir:

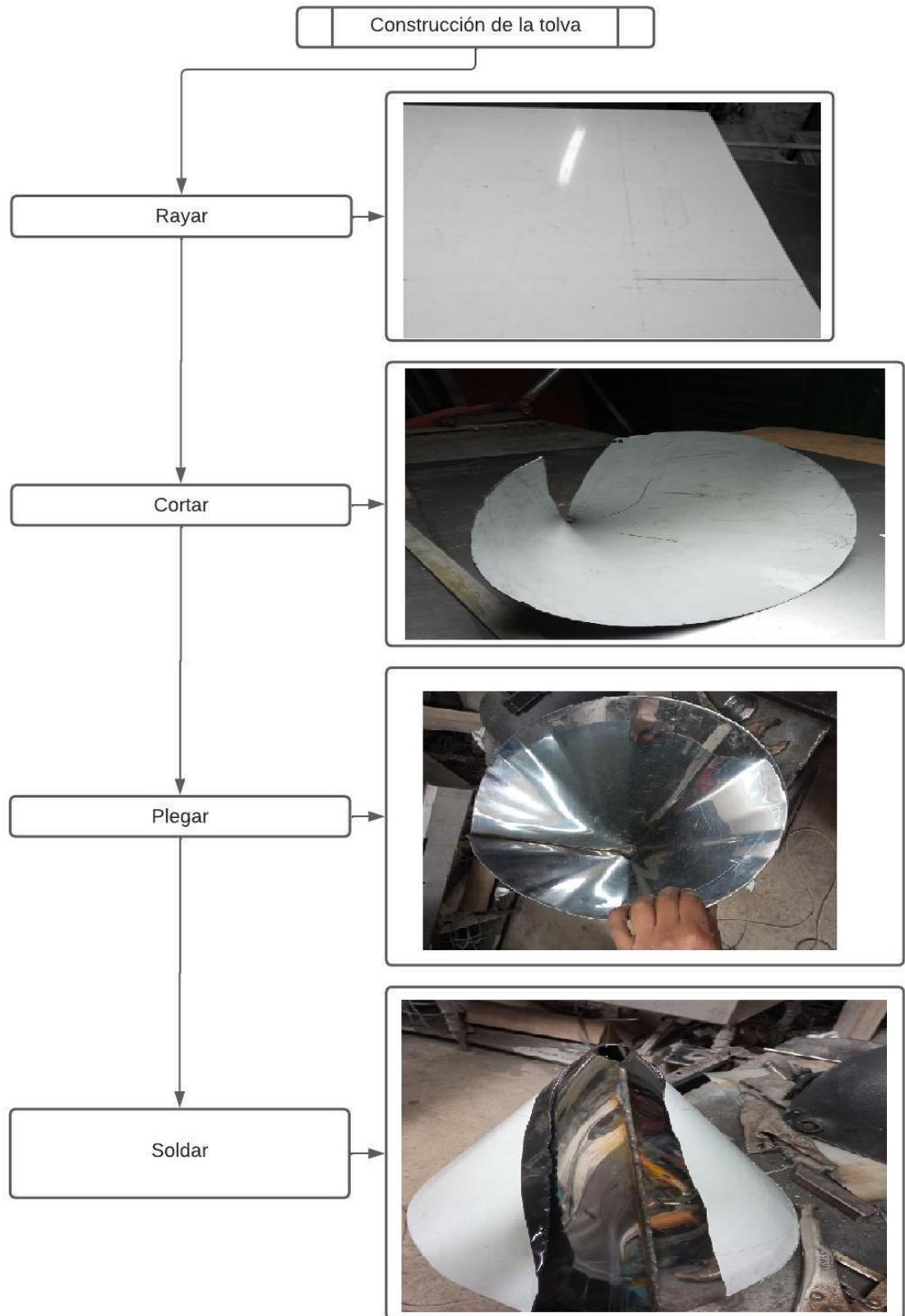
- Seleccionamos el material.
- Trazamos el componente con las medidas especificadas en el plano.
- Según el tipo de material realizamos el corte con la herramienta o equipo necesario
- Plegamos, o unimos las piezas a soldar o a empernar
- Los componentes que necesitan soldar lo realizamos con suelda TIG
- Uniones o ensambles que no se pueden soldar lo hacemos con pernos o abrazaderas
- Una vez realizado los componentes ensamblamos los subsistemas
- Los subsistemas los unimos en un ensamble general
- Realizamos las conexiones neumáticas y eléctricas

Con los planos de taller procedemos a seleccionar el orden según el diagrama de construcción antes presentado, como se indica en la Figura 45, Figura 46, Figura 47, Figura 48, Figura 49.



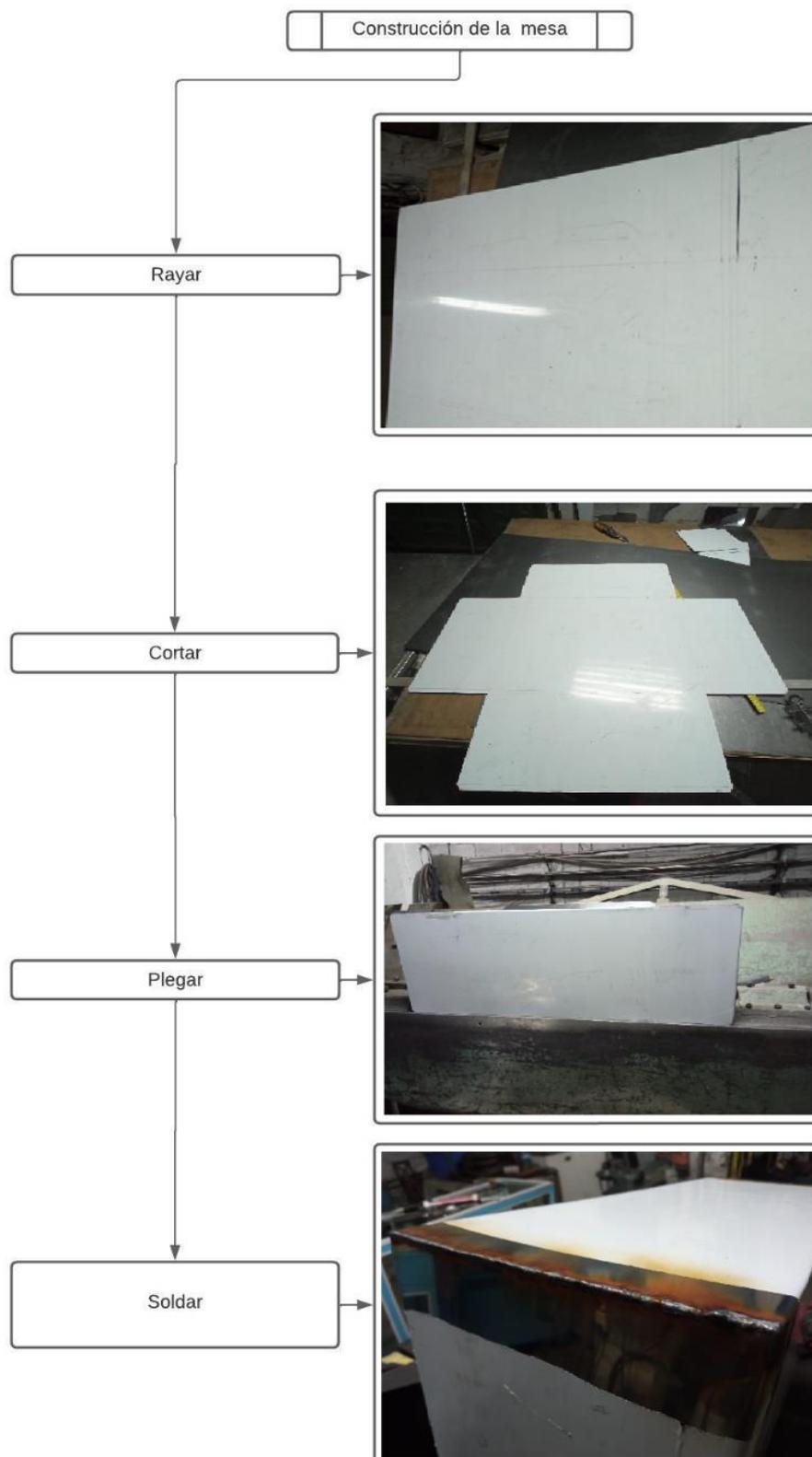
**Figura 45.** Verificación de materia prima

**Fuente:** Autor



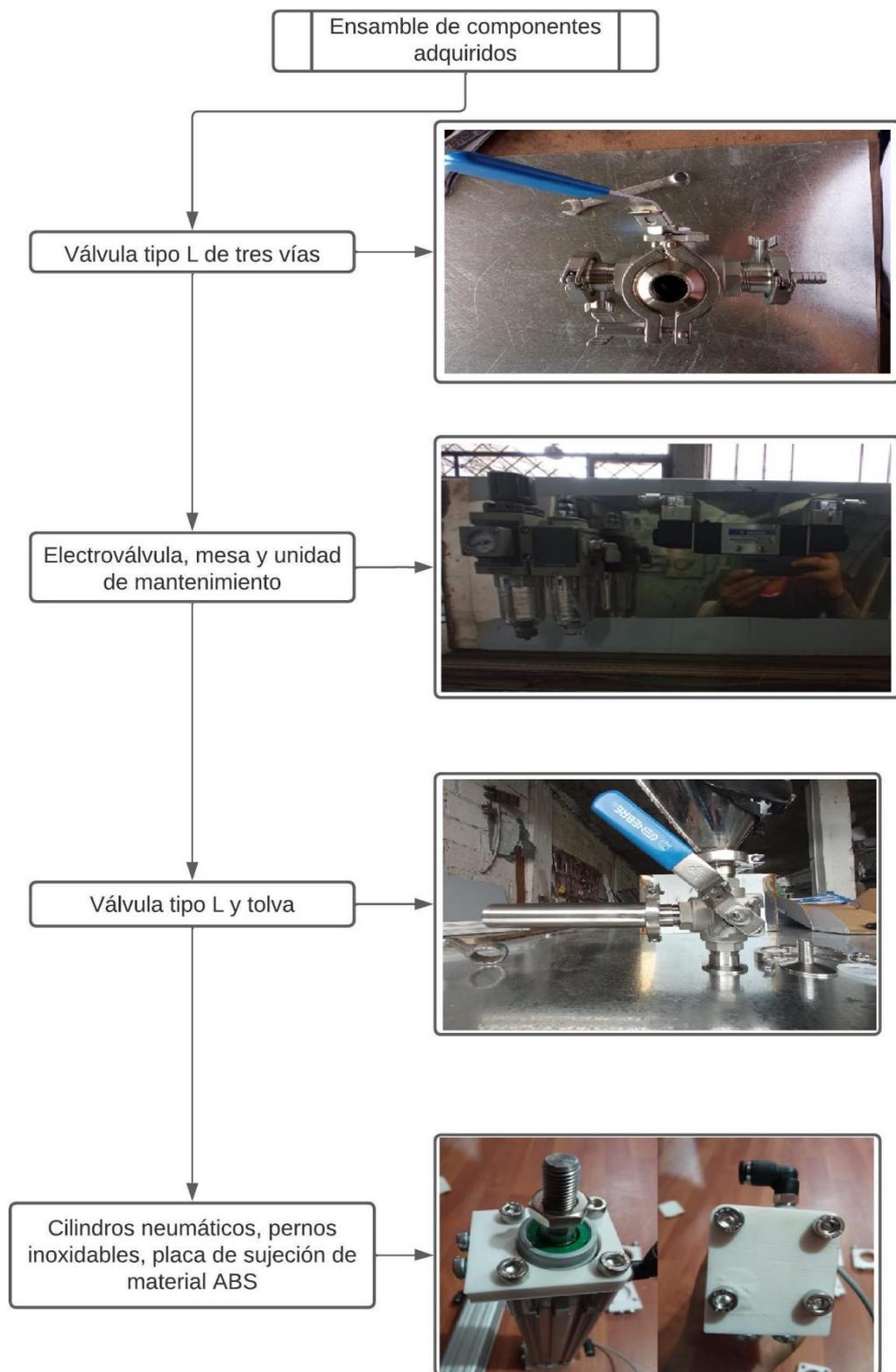
**Figura 46.** Construcción de la tolva

**Fuente:** Autor



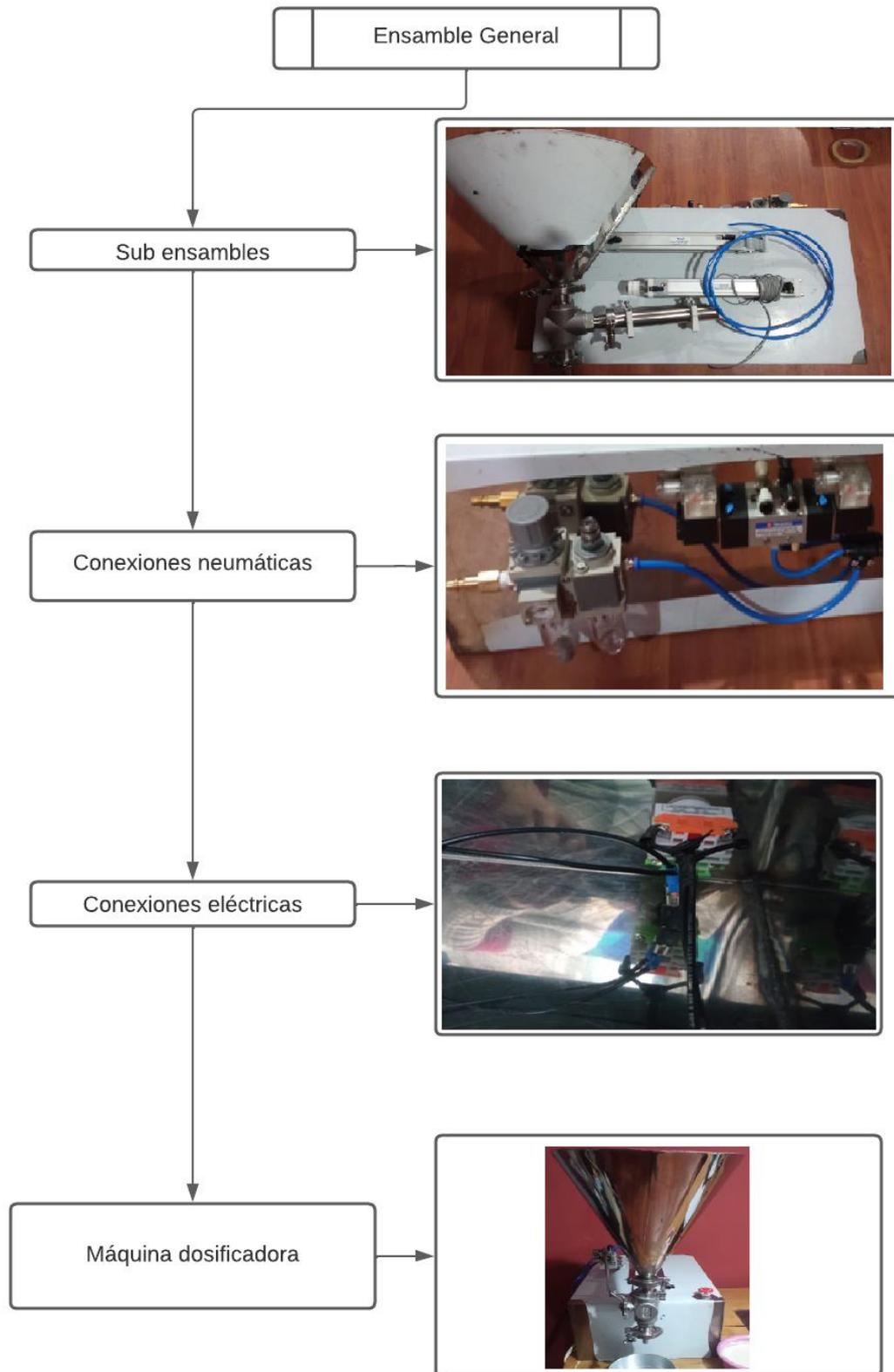
**Figura 47.** Construcción de la mesa

**Fuente:** Autor



**Figura 48.** Ensamble de componentes adquiridos

**Fuente:** Autor



**Figura 49.** Ensamble general

**Fuente:** Autor

## **2.12 VISCOSÍMETRO DIGITAL NAHITA SERIE 810.**

### **2.12.1. Principio de funcionamiento y aplicaciones**

Son instrumentos digitales de alta tecnología de microchip individual de 16 bits donde un sensor de torsión controla la resistencia viscosa detectando, procesando e indicando los valores obtenidos del líquido en la pantalla.

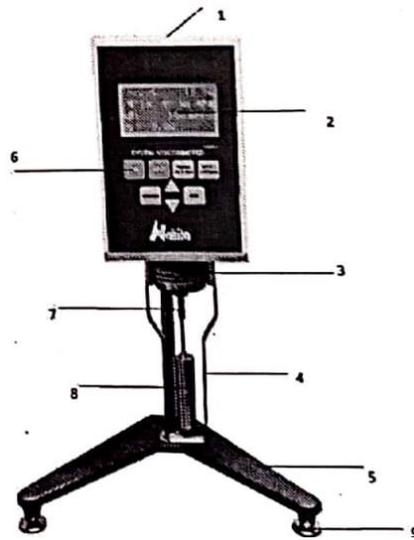
Características del instrumento:

- De uso fácil y rápido
- Mediciones de alta precisión
- Velocidad de rotación constante
- Sistema anti interferencias
- Amplio rango de funcionamiento (110v, 220v, 50Hz, 60 Hz)

Este equipo permite mediciones de viscosidad de adhesivos base solventes, emulsiones, bioquímicos, cosméticos, pinturas, recubrimientos, tintas de impresión, etc.

Partes del equipo en la Figura 50 y 51:

- 1) Nivel de burbuja
- 2) Pantalla LCD
- 3) Protector superior
- 4) Protector del husillo
- 5) Base
- 6) Cuadro de mandos
- 7) Sujeción del husillo
- 8) Husillo
- 9) Patas regulables



**Figura 50.** Partes del viscosímetro digital serie 810

**Fuente:** Autor



**Figura 51.** Partes del viscosímetro digital serie 810

**Fuente:** Autor

### 2.12.2 Instalación y funcionamiento

Instalación:

- 1) Desembale el equipo y extraiga el soporte y base para su montaje
- 2) Colocar la pieza en forma de T a la parte trasera del instrumento y fijarla
- 3) Situar el otro extremo en el soporte de sujeción
- 4) Ajusta las 3 patas regulables para centrar y nivelar el instrumento

5) Retirar el capuchón protector para colocar el usillo

Funcionamiento:

- 1) Preparar la muestra, ponerlo en un recipiente plano con diámetro no menor a 60 mm
- 2) Enrosque el mango de protección del husillo en sentido contrario a las agujas del reloj en el extremo inferior del instrumento
- 3) Seleccionar el husillo adecuado y enroscar en sentido antihorario
- 4) Gire la manija de elevación para sumergir lentamente el husillo en el líquido hasta que el marcador del husillo este alineado con el nivel del líquido
- 5) Ajuste el equilibrio del instrumento nuevamente
- 6) Debe mantener la temperatura de prueba estable para garantizar una lectura exacta, de lo contrario la lectura puede variar
- 7) El valor más cercano al 50% es el valor aceptable para la viscosidad

### 2.12.3 Medición de viscosidad

Se realizó la medición de la mezcla a diferente viscosidad para comprobar el funcionamiento de la máquina esto mediante el viscosímetro serio 810 del cual se obtuvo los siguientes resultados en la Tabla 14 y Tabla 15.

**Tabla 14.** Prueba de viscosidad 1 con el usillo #2

<b>Mezcla de menor viscosidad</b>		
<b>Velocidad (rpm)</b>	<b>Viscosidad (mPa*s)</b>	<b>%</b>
6	996	99,6
12	658,8	74,5
30	483,9	48,3
60	158,6	11,4

**Fuente:** Autor

**Tabla 15.** Prueba de viscosidad 2 con el usillo #3

<b>Mezcla de mayor viscosidad</b>		
<b>Velocidad (rpm)</b>	<b>Viscosidad (mPa*s)</b>	<b>%</b>
6	8736,1	43,6
12	5816,2	58,1
30	4358,6	86,7
60	1258,8	99,7

**Fuente:** Autor

El primer ensayo se obtuvo 48,3%, con una viscosidad de 483,9 mPa\*s con el usillo #2 a una velocidad de 30 rpm. Para el segundo ensayo tenemos dos valores que son aceptables dentro del rango establecido por el viscosímetro siendo 8736,1 mPa\*s con un 43,6% a una velocidad de 6rpm y 5816,2 mPa\*s con un 58,1% a una velocidad de 12 rpm ambos con el usillo #3. Esto se realizó para comparar los dos fluidos dentro de la máquina dosificadora.

### **2.13 Pruebas de funcionamiento**

Se utilizó la investigación aplicada para realizar una adquisición de datos del proceso manual en cuanto a tiempo y cantidad dosificada en un minuto, la cantidad de vasos llenos, cuanto se desperdició, estos aspectos nos permitirán comparar con la máquina en el mismo intervalo de tiempo, comparamos la cantidad de vasos llenos y la cantidad de desperdicio y la afectación a la salud a nivel personal de los trabajadores en este proceso.

En la Figura 52, se presenta la máquina dosificadora armada y el fluido viscoso a dosificar.



**Figura 52.** Preparación para pruebas de funcionamiento

**Fuente:** Autor

Figura 53, se suministró aire comprimido del compresor mediante la manguera con acople rápido en la unidad de mantenimiento este suministro va entre valores de 1-5 bares para el correcto funcionamiento de los pistones.



**Figura 53.** Alimentación del sistema neumático

**Fuente:** Autor

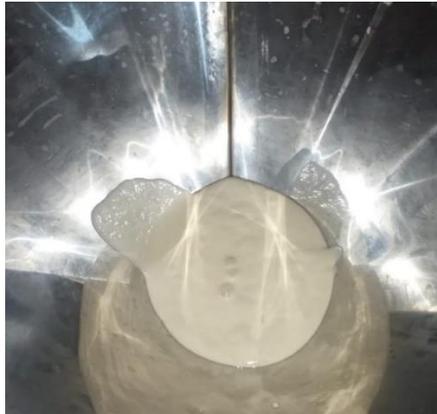
Figura 54, se muestra el fluido a dosificar que tiene una consistencia viscosa con una cantidad aproximada de 1 litro para realizar pruebas de llenado en los moldes de helado.



**Figura 54.** Mezcla de helado en su estado viscoso

**Fuente:** Autor

Figura 55, se vertió la mezcla de helado dentro de la tolva para proceder a realizar el llenado de los moldes de helado.



**Figura 55.** Mezcla de helado dentro de la tolva

**Fuente:** Autor

Con el fluido dentro de la tolva se procedió a encender la máquina como se muestra en la Figura 56, primero retiramos el enclavamiento del paro de emergencia y encendemos la máquina, al estar encendida nos indica que está encendida la luz roja de las bobinas de las electroválvulas.



**Figura 56.** Encendido de la máquina

**Fuente:** Autor

Una vez encendida la máquina se colocó el molde de helado bajo la boquilla de dosificación como se indica en la Figura 57.



**Figura 57.** Preparación para la dosificación

**Fuente:** Autor

Para la dosificación se presiona una sola vez el pedal de inicio, primero se accionara el pistón primario con el movimiento de succión, una vez realizado su recorrido se acciona el pistón secundario de la válvula tipo L de tres vías cerrando el paso de la tolva al cilindro dosificador y abriendo el paso del cilindro hacia la boquilla; por último se acciona el pistón primario en sentido de empuje así dosificando la mezcla dentro

del molde de helado con el volumen diseñado y necesitado como se muestra en la Figura 58.



**Figura 58.** Dosificación en molde

**Fuente:** Autor

**Tabla 16.** Volumen de moldes

# Molde	Volumen (ml)	Error (%)
1	114,1	0,8
2	114,2	0,7
3	114,1	0,8
4	114,4	0,5
5	114,2	0,7
6	114,3	0,6
7	114,3	0,6

8	114,4	0,5
9	114,1	0,8
10	114,2	0,7
<b>Promedio</b>	114,23	0,7

**Fuente:** Autor

Tabla 16. Se muestra los valores medidos de 10 moldes dosificados por la máquina teniendo un promedio de 114,23 ml que es muy cercano al valor del volumen del molde de 115ml, calculamos el error de todas las muestras mediante la siguiente ecuación:

$$e = \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor medido})}{\text{Valor real}} * 100\%$$

Tenemos un error 0,7%.

## CAPITULO III

### 3. Resultados

Para los resultados utilizamos la metodología, métodos, pasos, procedimientos antes mencionados en el capítulo 2, siguiendo una secuencia lógica y ordenada, para que se comprendan de donde y como se obtuvieron los resultados para cada uno de los componentes y elementos de la máquina.

#### 3.1. Máquina dosificadora vs proceso manual

El volumen que puede soportar cada molde de helado es de 115ml calculados en el capítulo 2, para 10000ml que es equivalente a los 10 litros que caben en la tolva de almacenamiento; con los 10 litros se llenan aproximadamente 87 moldes de helado, este cálculo nos sirve para realizar comparaciones de optimización en el proceso de dosificación donde 87 es el valor teórico, el valor real es la cantidad dosificada por la máquina y llenado manualmente. Estos valores son variables de la ecuación para el desperdicio (D).

$$D = \frac{|V_{teórico} - V_{real}|}{V_{teórico}} * 100\%$$

**Tabla 17.** Resultados

Volumen (lt)	Máquina dosificadora		Llenado manual		Diferencia tiempo (s)
	Tiempo (s)	Moldes (unid)	Tiempo (s)	Moldes (unid)	
1	22	7	31	6	9
2	51	17	61	11	10
3	72	24	112	16	40
4	94	32	138	22	44
5	121	41	189	29	68
6	153	52	218	34	65

7	170	58	257	42	87
8	199	67	284	47	85
9	229	78	326	61	97
10	240	82	401	73	161
<b>Desperdicio (%)</b>	-	5,74	-	16,09	-

**Fuente:** Autor

En la Tabla 17, se muestran los resultados de la dosificación realizada de forma manual y con la máquina dosificadora donde se pueden apreciar lo siguiente:

- Tenemos 82 moldes con la máquina y 73 con el llenado manual con 10 litros de la mezcla de helado.
- Para dosificar 10 litros de helado de forma manual se necesita de 401s (6,68 min) y con la máquina 240s (4min).
- La diferencia entre los tiempos de llenado es de 161s (2,7min)
- La máquina dosificadora tiene 5,74% de desperdicio porque la mezcla se queda adherida en las paredes de la máquina que entran en contacto.
- El llenado manual tiene 16,09% de desperdicio, por contacto de la mezcla con varios recipientes (jarras, cucharones, bandejas, etc) y también por verter la mezcla fuera de los moldes de helado en el proceso manual.

## **3.2. Análisis de costos**

### **3.2.1. Costos directos**

Tenemos como costos directos a los materiales, accesorios, componentes, consumibles (electrodos, teflón, cinta aislante), que se usan en la construcción de la máquina dosificadora los cuales se presentan en la Tabla 18.

**Tabla 18.** Costos directos

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Subtotal</b>
0.5	Chapa de acero inoxidable AISI 304	122x122 cm	110	55
2	Cilindro neumático ISO 15552	D=32 mm C=150 mm	75	150
1	Electroválvula	5/2, 6mm, 110v	42	42
1	Válvula tipo L de tres vías – Acero inoxidable AISI 304	1 ½”	161	161
1	Unidad de mantenimiento	6 mm	32	32
1	Sensor magnético	5v-110v	28	28
3	Abrazaderas tipo clamp	1 ½”	18	54
3	Orings abrazaderas	1 ½”	6	18
8	Racor codo	6 mm	1,25	10
4	Racor recto	6 mm	1	4
1	Tubo neumático	6 mm	3	3
1	Pulsador On/Off	110v-220v	4	4
1	Paro de emergencia	110v-220v	5	5
6	Electrodos acero inoxidable	308L	3	18
6	Impresiones filamento	ABS	6	36
1	Tubo de acero inoxidable AISI 304	140 mm	3	3

1	Émbolo maquinado acero inoxidable AISI 304	40 mm	28	28
12	Pernos Allen con tuerca	1"	15	1,8
1	Boquilla tipo clamp	1 ½"	8	8
1	Cable solido #12	6 m	0,55	3,3
1	Cinta Aislante		0,9	0,9
3	Relés	110v-220v	8	24
2	Base cilindro neumático ISO 15552	D=32 mm C=150mm	15	30
1	Acople rápido manguera suministro de aire	½" a 6mm	4	4
<b>TOTAL</b>				<b>\$ 723</b>

**Fuente:** Autor

### 3.2.2. Costos indirectos

Son todos los costos adicionales a los materiales, es decir costos por manipulación o transformación de la materia prima y componentes adquiridos, mediante la habilidad humana con herramientas y máquinas se detallan en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Costos indirectos

Operario	Horas	Valor/Hora	Subtotal
Maestro soldador	72	5	360
Ayudante metalmecánico	40	3.5	140
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 500</b>

**Fuente:** Autor

### 3.2.2. Costo total

Tenemos dos costos de los cuales tenemos que sumarle un 10% de ese valor para cualquier imprevisto que se tenga durante la adquisición o construcción de la máquina dosificadora y se muestra en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Costo Total

<b>Costos</b>	<b>Valor</b>
Costos directos	723
Costos indirectos	500
10% imprevistos	122,3
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 1345,3</b>

**Fuente:** Autor

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Diseño y construcción de una máquina dispensadora de líquidos viscosos, mejorará el proceso de llenado de los moldes de helado de crema de la Heladería Lulú.

#### 4.1 Conclusiones

- El parámetro de diseño principal es la densidad del helado con un valor de  $395.22 \text{ kg/m}^3$ , el cual permitió determinar las fuerzas que actúan en varios componentes de la máquina.
- Los cálculos realizados en base a la teoría de cilindros de pared delgada permitieron establecer el factor de seguridad, el espesor del material y la selección del actuador neumático para la construcción de la máquina.
- Los ensayos realizados en las pruebas de viscosidad del helado indican que el fluido debe tener un valor igual a  $8736 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , para una dosificación adecuada y constante.
- Para una correcta dosificación se debe regular la presión de suministro de aire según la viscosidad o densidad que tiene la mezcla, con un valor de viscosidad entre  $8000$  a  $9000 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , no se requiere regulación.
- En comparación con el llenado manual, la máquina dosifica  $13\%$  más de moldes con un  $40\%$  menos de tiempo, siendo muy eficiente en comparación con el proceso anterior. Además, se obtuvo una reducción en el desperdicio del fluido en un  $10.35\%$ .

#### 4.2 Recomendaciones

- En la construcción de la máquina se facilita calibración de los cilindros neumáticos ISO 15552 con la utilización de dos electroválvulas monoestables envés de una electroválvula  $5/2$  biestable.

- De preferencia la viscosidad de la mezcla debe estar a valores entre 8000 a 9000 mPa\*s, para que la máquina trabaje de forma correcta sin tener que volver a calibrarla
- Para la construcción de la tolva, realizar un diseño con una ceja en la unión para facilitar el barolado y la soldadura.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. D. Fernández, "Automatización del llenado de una máquina de helados vending," Pregrado, Fac. Control y Automatización, Inst. Politécnico Nacional, Zacatenco, México, 2015.
- [2] J. León, L. Maticorena, C. Ludeña, R. Farfán, P. Montoya, "Diseño de una línea de producción de helados de crema a base de licor en Piura," Pregrado, Fac. de Ingeniería, PIRHUA. Univ., Piura, Perú, 2014.
- [3] C. H. Pinto, H. Durán, "Diseño, modelamiento y simulación de máquina dosificadora de alimento granulado para animales," Pregrado, Fac. Ingeniería de Diseño y Automatización electrónica, Salle. Univ., Bogotá, Colombia, 2006.
- [4] L.E. Gómez, "Estudio de un sistema de dosificación para sólidos aplicable en la elaboración de tabletas de chocolate y su incidencia en la producción de la Empresa Chocolates Doña Olguita en la parroquia de Huachi Chico," Pregrado, Fac. Ingeniería Civil y Mecánica, Técnica de Ambato. Univ., Ambato, Ecuador, 2014.
- [5] F. J. Guerrero, "Diseño y construcción de máquina dosificadora de fluidos viscosos para Micro Empresas del sector Agroindustrial," Tesis, Fac. Ingeniería Industrial, PIURA. Univ., Piura, Perú, 2021.
- [6] C. Díaz, "Diseño de un sistema de llenado automático para fluidos líquidos y viscosos para la Empresa Cosmético Yambal -98//9S.A.," Tesis, Fac. de Ingenierías, Tecnológico de Costa Rica. Inst., Cartago, Costa Rica, 2021.
- [7] K. A. Simbaña, "Diseño y construcción de máquina dosificadora de helados de crema para la industria artesanal," Tesis, Fac. Ingenierías, Técnica del Norte. Univ., Ibarra, Ecuador, 2016.
- [8] I. A. Valarezo, "Diseño de una dosificadora de jabones de glicerina con capacidad de setenta y dos unidades por minuto," Pregrado, Fac, Ingeniería Mecánica, Politécnica Nacional. Esc., Quito, Ecuador, 2016.
- [9] N. D. López, D. Cuero, "Diseño de máquina llenadora para fluidos viscosos," Pregrado, Fac. Ingenierías, Autónoma de Occidente. Univ., Cali, Colombia, 2009.
- [10] W. Sánchez, N. Jacho, Y. Pacheco y J. Pazmiño. "DOSIFICACIÓN DE LÍQUIDOS, PARA LA ELABORACION DE HELADOS CONTROLADO POR TECNOLOGÍA DE DISPOSITIVOS MÓVILES". Repositorio de la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE: Página de

- inicio. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9235/1/AC-ESPEL-MEC-0032.pdf> (accedido el 12 de abril de 2022).
- [11] A. Domingo, “Apuntes de mecánica de fluidos. Madrid,” Spain: Universidad Politécnica de Madrid, 2011.
- [12] Instituto Ecuatoriano de Normalización. "Norma Técnica Ecuatoriana 706:2005 (Helados. Requisitos)". Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN – Ecuador. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/706.pdf> (accedido el 12 de abril de 2022).
- [13] Shigley, “Mechanical Engineering Design,” 6a ed. McGraw-Hill Publishing Co., 2001.
- [14] H. Terán, G. Torres, O. Arteaga, W. Sánchez, “Mecánica de Fluidos,” 1ra ed. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2018.
- [15] "Mecánica de Fluidos". [https://www.nebrija.es/~cmalagon/Fisica\\_Aplicada/transparencias/03-Fluidos/11\\_-\\_fluidos.pdf](https://www.nebrija.es/~cmalagon/Fisica_Aplicada/transparencias/03-Fluidos/11_-_fluidos.pdf) (accedido el 12 de abril de 2022)
- [16] C. Jiménez, “Mecánica de Fluidos,” Tesis, Física. Esc., Tecnológico de Costa Rica, Inst., Cartago, Costa Rica, 2021.
- [17] R. Mott, “Machine Elements in Mechanical Design,”. PRENTICE-HALL INTERN, 2003.
- [18] "1.7 Viscosidad Cinemática | PDF | Líquidos | Viscosidad". Scribd. <https://es.scribd.com/doc/164721001/1-7-Viscosidad-cinemática> (accedido el 12 de abril de 2022).
- [19] INACAP. "Aplica el concepto de viscosidad en el estudio del movimiento de fluidos, en sistemas hidráulicos". <http://www.inacap.cl/web/material-apoyocedem/profesor/Construccion/Mecanica-de-los-Fluidos/G04Mecanica-de-los-Fluidos-Viscosidad.pdf> (accedido el 12 de abril de 2022).
- [20] C. F. Moreno, A. F. Angarita, “Construcción de máquina dosificadora de chocolate,” Pregrado, Fac. Tecnologías, Tecnológica de Pereira. Univ., Pereira, Colombia, 2015.
- [21] "Dosificadores volumétricos - TIMSA". Timsa. <https://www.timsa.com/equipos-de-dosificacion/dosificadores-volumetricos/> (accedido el 11 de abril de 2022).

- [22] E. Morán, “Máquina dosificadora de leche para la alimentación de terneras en la provincia del Carchi,” Pregrado, Fac. Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Técnica del Norte. Univ., Ibarra, Ecuador, 2015.
- [23] R. Mott, “Mecánica de Fluidos,”. PRENTICE-HALL INTERN, 2015.
- [24] “Google Search,” Google.com. [Online]. Available: <https://www.google.com/search>. [Accessed: 02-Jun-2022].
- [25] M. J. E. Tornero, “Actuadores neumáticos.” [Online]. Available: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamáquinas/carpetaapuntos.htm/Trabajos%20IM%202009-10/Manuel%20Jesus%20Esacalera-Antonio%20Rodriguez-Actuadores%20Neumaticos.pdf>. [Accessed: 02-Jun-2022]
- [26] [Online]. Available: <http://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/CPE-3.pdf>. [Accessed: 06-Jun-2022].

# ANEXOS

## Anexo 1. Especificaciones generales de planchas inoxidable DIPAC

Fuente: Catalogo de aceros DIPAC

PLANCHAS



### PLANCHAS INOXIDABLES

#### Especificaciones Generales

**Norma** 304, 316, 430  
**Espesores** Desde 0,40mm hasta 15,00mm  
**Rollos** X 1220  
**Planchas** 4 x 8  
 Largos y calidades especiales bajo pedido

Tipo de estructura	Tipo de Composición	Descripción de acuerdo a JIS*	Descripción de acuerdo a AISI**	Descripción de acuerdo a DIN***	COMPOSICION QUIMICA %					
					C	Si max	Mn	P max	S max	Ni
Austenita	17 Cr-5Ni-7Mn	SUS 201	201		0,15 max	1,00	5,50 ~ 7,50	0,06	0,030	3,50 ~ 5,5
	18 Cr-6Ni-10Mn	SUS 202	202		0,15 max	1,00	7,50 ~ 10,00	0,06	0,030	4,00 ~ 6,00
	17Cr-7Ni	SUS 301	301	4310	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	6,00 ~ 8,00
	18Cr-8Ni-highC	SUS 302	302	4300	0,15 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,00
	18Cr-8Ni	SUS 304	304	4301	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	8,00 ~ 10,50
	18Cr-8Ni-extra-low-C	SUS 304 L	304L	4306	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-12Ni	SUS 305	305	3955	0,12 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,50 ~ 13,00
	23Cr-12Ni	SUS 309 S	309 S	4845	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	25Cr-20Ni	SUS 310 S	310 S		0,08 max	1,50	2,00 - max	0,04	0,030	19,00 ~ 22,00
	18Cr-12Ni-2,5Mo	SUS 316	316	4401	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-12Ni-7,5Mo-extra-low-C	SUS 316 L	316 L	4404	0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	12,00 ~ 15,00
	18Cr-12Ni-2Mo-2Cu	SUS 316 J1		4505	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	10,00 ~ 14,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo	SUS 317		4402	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	18,00 ~ 15,00
	18Cr-13Ni-3,5Mo-extra-low-C	SUS 317 L	317 L		0,030 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	11,00 ~ 15,00
	18Cr-8Ni-Ti	SUS 321	321	4541	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
	18Cr-9Ni-Nb	SUS 347	347	4550	0,08 max	1,00	2,00 - max	0,04	0,030	9,00 ~ 13,00
Ferrite	13Cr-Al	SUS 405	405	4002	0,08 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	16Cr	SUS 429	429	4009	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr	SUS 430	430	4016	0,12 max	0,75	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	18Cr-Mo	SUS 434	434	4113	0,12 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Martensite	13Cr-low Si	SUS 403	403	4024	0,15 max	0,50	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr	SUS 410	410	4000	0,15 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	0,60 max
	13Cr-high C	SUS 420 J2	420	4021	0,26 ~ 0,40	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
	18Cr-high C	SUS 440 A	440 A		0,60 ~ 0,75	1,00	1,00 max	0,04	0,030	
Endurecido por precipitación	17Cr-7Ni-1Al	SUS 631	631		0,09 max	1,00	1,00 max	0,04	0,030	6,50 ~ 7,75

JIS\* Japanese Industrial Standards  
 AISI\*\* American Iron and Steel Institute  
 DIN\*\*\* Deutsche Industrie Normen

22

FAX: (823) 2293 750 / @dipa - Ecuador [www.dipacmetal.com](http://www.dipacmetal.com)

## Anexo 2. Propiedades de la tubería de acero inoxidable

Fuente: Catalogo de acero DIPAC





INOXIDABLE

### TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

**Especificaciones Generales**

Norma

Largo Normal

Otros largos

dimensiones

Espesor

AISI 304

6 mts.

previas consulta

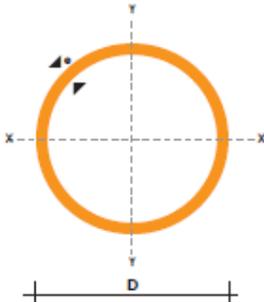
Desde 5/8" a 2 7/8"

Desde 0,8 mm a 2,0 mm



NOMENCLATURA

**A**= Area de la sección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>  
**I**= Momento de inercia de la sección, cm<sup>4</sup>  
**W**= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>  
**I**= Radio de giro de la sección cm



DIAMETRO EXTERIOR (D)		ESPESOR		PESO		PROPIEDADES	
Pulg	mm	e mm	P kg/6m	A cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.88	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.26	0.76
		0.95	3.18	0.83	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.28	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

40

PBX: (02) 2293 750 / Quito - Ecuador

[www.dipacmeta.com](http://www.dipacmeta.com)

### Anexo 3. Características de los actuadores (cilindro 15552)

Fuente: Catalogo de MetalWorks

A1

## CILINDRO ISO 15552

ACTUADORES

CILINDRO ISO 15552

Cilindros realizados de conformidad con la norma ISO15552; disponibles en varias versiones y con una amplia gama de accesorios:

- ejecución con o sin detección magnética
- simple efecto y doble - vástago simple o pasante
- posibilidad de elegir entre juntas en NBR, POLIURETANO, FKM/FPM (para altas temperaturas), para BAJA TEMPERATURA
- posibilidad de juntas rascadoras de vástago para ambientes agresivos
- ejecuciones especiales a petición
- accesorios de fijación, unidad de guía y de bloqueomecánico de vástago.

Están disponibles en tres series, que difieren según la forma de la camisa y, en consecuencia, el tipo de sensores y accesorios que se pueden montar.

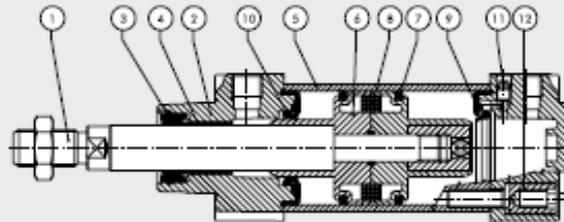
Estos cilindros se denominan serie STD, tipo A y serie 3.



DATOS TÉCNICOS	POLIURETANO	NBR	FKM/FPM	Baja Temperatura	Otras juntas de vástago
Presión máxima de funcionamiento	bar		10		
	MPa		1		
	psi		145		
Temperatura de funcionamiento	-25 ÷ +80	-10 ÷ +80	-10 ÷ +150 (No magnética)	-35 ÷ +80	Vea la siguiente página
Fluido	Aire sin lubricación, si se utiliza otro lubricado, la lubricación debe ser continua.				
Diámetros	32; 40; 50; 63; 80; 100; 125				
Tipo de construcción	Testero con tornillos autofortantes				
Camaras estándar	mm				
	Simple efecto:	para diámetros de 32 - 63 cámaras de 1 a 250			
	Efecto doble:	para diámetros de 32 - 80 cámaras de 1 a 2800			
		para diámetros de 100 - 125 cámaras de 1 a 2600			
Variantes	Doble efecto amortiguado, Simple efecto vástago retraído y salida amortiguada, Vástago pasante amortiguado, Amortiguamiento prolongado, Alta temperatura, Bloqueo de vástago, Estanqueidad aceite, Vástago pasante estanqueidad aceite, Bajo rozamiento, No stick-slip.				
Imanes para sensores	Todas las versiones con detección magnética a petición suministrado sin detección.				
Presión de arranque	Ø 32; 40: 0.4 bar Ø 50; 63 cámara < 1500 mm: 0.3 bar; cámara > 1500 mm: 0.4 bar Ø 80; 100; 125 cámara < 1500 mm: 0.2 bar; cámara > 1500 mm: 0.4 bar				Para juntas tipo R: Ø 32: 1.5 bar Ø 40; 50: 1 bar Ø 63: 0.8 bar Ø 80; 100; 125: 0.5 bar
Notas de uso	Para evitar saltos a velocidades inferiores a 0.2 m/s, utilizar la versión No stick-slip y aire no lubricado † Camaras máximas aconsejables, valores superiores pueden crear problemas de funcionamiento Ver los "Datos técnicos generales" del cilindro al comienzo del capítulo Ver los "Datos técnicos generales" del cilindro al comienzo del capítulo				
Fuerza a desarmar a 6 bar en empuje/tracción					
Pesos					

#### COMPONENTES

- 1 VÁSTAGO: acero C45 o inox., cromado en profundidad
- 2 CABEZA: en aluminio fundido a presión
- 3 JUNTAS VÁSTAGO: en poliuretano NBR, FKM/FPM, FKM/FPM con rascador metálico
- 4 CASQUILLO DE GUÍA: Fleje de acero con recubrimiento de bronce y PTFE
- 5 CAMISA: en aluminio perfilado anodizado
- 6 PISTÓN: en tecnopolímero autolubrificante con ojiva de amortiguación integrada (en aluminio con patin de PTFE para los diámetros 80-100-125)
- 7 JUNTAS PISTÓN: Poliuretano, NBR o FKM/FPM
- 8 IMANES: en plastoferrita
- 9 BÚFER + OR estáticos: NBR o FKM/FPM
- 10 JUNTAS AMORTIGUACION: Poliuretano, NBR o FKM/FPM
- 11 PUNZÓN: de amortiguación en OT 58 con sistema de seguridad escape punzón con total apertura
- 12 TORNILLOS: de ensamblaje automático autofortante (Top Tite).



A1.24

## Anexo 4. Fuerza de empuje y tracción del cilindro neumático

Fuente: Catalogo de MetalWorks

FUERZAS DESARROLLADAS EN EMPUJE Y TRACCIÓN (TEÓRICAS)													
Diámetro cilindro D mm	Diámetro eje d mm	Movimiento	Aire útil cm <sup>3</sup>	Fuerza en empuje y tracción en daN en función de la presión de ejercicio en bar									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
8	4	empuje	0.50	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		tracción	0.38	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8
10	4	empuje	0.79	0.8	1.6	2.4	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9
		tracción	0.66	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6
12	6	empuje	1.13	1.1	2.3	3.4	4.5	5.7	6.8	7.9	9.0	10.2	11.3
		tracción	0.85	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	6	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.73	1.7	3.5	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
16	8	empuje	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		tracción	1.51	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.6	12.1	13.6	15.1
20	8	empuje	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		tracción	2.64	2.6	5.3	7.9	10.6	13.2	15.8	18.5	21.1	23.8	26.4
20	10	empuje	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		tracción	2.36	2.4	4.7	7.1	9.4	11.8	14.1	16.5	18.8	21.2	23.6
25	10	empuje	4.91	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.5	34.4	39.3	44.2	49.1
		tracción	4.12	4.1	8.2	12.4	16.5	20.6	24.7	28.9	33.0	37.1	41.2
32	12	empuje	8.04	8.0	16.1	24.1	32.2	40.2	48.3	56.3	64.3	72.4	80.4
		tracción	6.91	6.9	13.8	20.7	27.6	34.6	41.5	48.4	55.3	62.2	69.1
40	12	empuje	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		tracción	11.44	11.4	22.9	34.3	45.7	57.2	68.6	80.0	91.5	102.9	114.4
40	16	empuje	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		tracción	10.56	10.6	21.1	31.7	42.2	52.8	63.3	73.9	84.4	95.0	105.6
50	16	empuje	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		tracción	17.62	17.6	35.2	52.9	70.5	88.1	105.7	123.4	141.0	158.6	176.2
50	20	empuje	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		tracción	16.49	16.5	33.0	49.5	66.0	82.5	99.0	115.5	131.9	148.4	164.9
63	16	empuje	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		tracción	29.16	29.2	58.3	87.5	116.6	145.8	175.0	204.1	233.3	262.5	291.6
63	20	empuje	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		tracción	28.03	28.0	56.1	84.1	112.1	140.2	168.2	196.2	224.2	252.3	280.3
80	20	empuje	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		tracción	47.12	47.1	94.2	141.4	188.5	235.6	282.7	329.9	377.0	424.1	471.2
80	25	empuje	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		tracción	45.36	45.4	90.7	136.1	181.4	226.8	272.1	317.5	362.9	408.2	453.6
100	25	empuje	78.54	78.5	157.1	235.6	314.2	392.7	471.2	549.8	628.3	706.9	785.4
		tracción	73.63	73.6	147.3	220.9	294.5	368.2	441.8	515.4	589.0	662.7	736.3
125	32	empuje	122.72	122.7	245.4	368.2	490.9	613.6	736.3	859.0	981.7	1104.5	1227.2
		tracción	114.68	114.7	229.4	344.0	458.7	573.4	688.1	802.7	917.4	1032.1	1146.8
160	40	empuje	201.06	201.1	402.1	603.2	804.2	1005.3	1206.4	1407.4	1608.5	1809.6	2010.6
		tracción	188.50	188.5	377.0	565.5	754.0	942.5	1131.0	1319.5	1508.0	1696.5	1885.0
200	40	empuje	314.16	314.2	628.3	942.5	1256.6	1570.8	1885.0	2199.1	2513.3	2827.4	3141.6
		tracción	301.59	301.6	603.2	904.8	1206.4	1508.0	1809.6	2111.1	2412.7	2714.3	3015.9
250	50	empuje	490.87	490.9	981.7	1472.6	1963.5	2454.4	2945.2	3436.1	3927.0	4417.8	4908.7
		tracción	471.24	471.2	942.5	1413.7	1885.0	2356.2	2827.4	3298.7	3769.9	4241.2	4712.4
320	63	empuje	804.25	804.3	1608.5	2412.8	3217.0	4021.3	4825.5	5629.8	6434.0	7238.3	8042.5
		tracción	773.08	773.1	1546.2	2319.2	3092.3	3865.4	4638.5	5411.6	6184.6	6957.7	7730.8

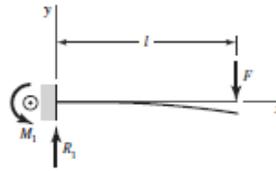
## Anexo 5. Cortante, momento y deflexión de vigas

Fuente: [13]

**Tabla A-9**

Cortante, momento y deflexión de vigas. (Nota: La fuerza y las reacciones de momento son positivas en las direcciones que se muestran; las ecuaciones de la fuerza cortante  $V$  y el momento cortante  $M$  siguen las convenciones de signos que se dieron en la sección 3-2.)

1 En voladizo: carga en extremo



$$R_1 = V = F \quad M_1 = Fl$$

$$M = F(x-l)$$

$$y = \frac{Fx^2}{6EI}(x-3l)$$

$$y_{\max} = -\frac{Fl^3}{3EI}$$



## Anexo 6. Propiedades de secciones

Fuente: [13]

**Tabla A-18**

Propiedades geométricas

### Parte 1 Propiedades de las secciones

$A$  = área

$G$  = ubicación del centroide

$I_x = \int y^2 dA$  = segundo momento de área con respecto al eje  $x$

$I_y = \int x^2 dA$  = segundo momento de área con respecto al eje  $y$

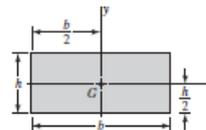
$I_{xy} = \int xy dA$  = momento mixto de área con respecto a los ejes  $x$  y  $y$

$J_G = \int r^2 dA = \int (x^2 + y^2) dA = I_x + I_y$

= segundo momento polar de área con respecto al eje que pasa por  $G$

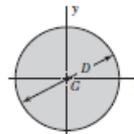
$k_x^2 = I_x/A$  = radio de giro al cuadrado con respecto al eje  $x$

Rectángulo



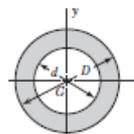
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Círculo hueco



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

## Anexo 7. Tornillos y pernos a cortante y tensión

Fuente: [26]

### CORTANTE.

$$\phi r_n = \phi * F_{nv} * A_b$$

$$\phi = 0,75 \quad \text{AISC 360 - 10}$$

$F_{nv}$  = Esfuerzo de ruptura a cortante del perno.

$A_b$  = Área de sección transversal del perno.

### $F_{nv}$ (MPa)

A307	A325		A490	
	N	X	N	X
188	372	457	457	579

### TENSIÓN.

$$\phi r_n = \phi * F_{nt} * A_b$$

$$\phi = 0,75 \quad \text{AISC 360 - 10}$$

$F_{nt}$  = Esfuerzo de ruptura a tensión del perno.

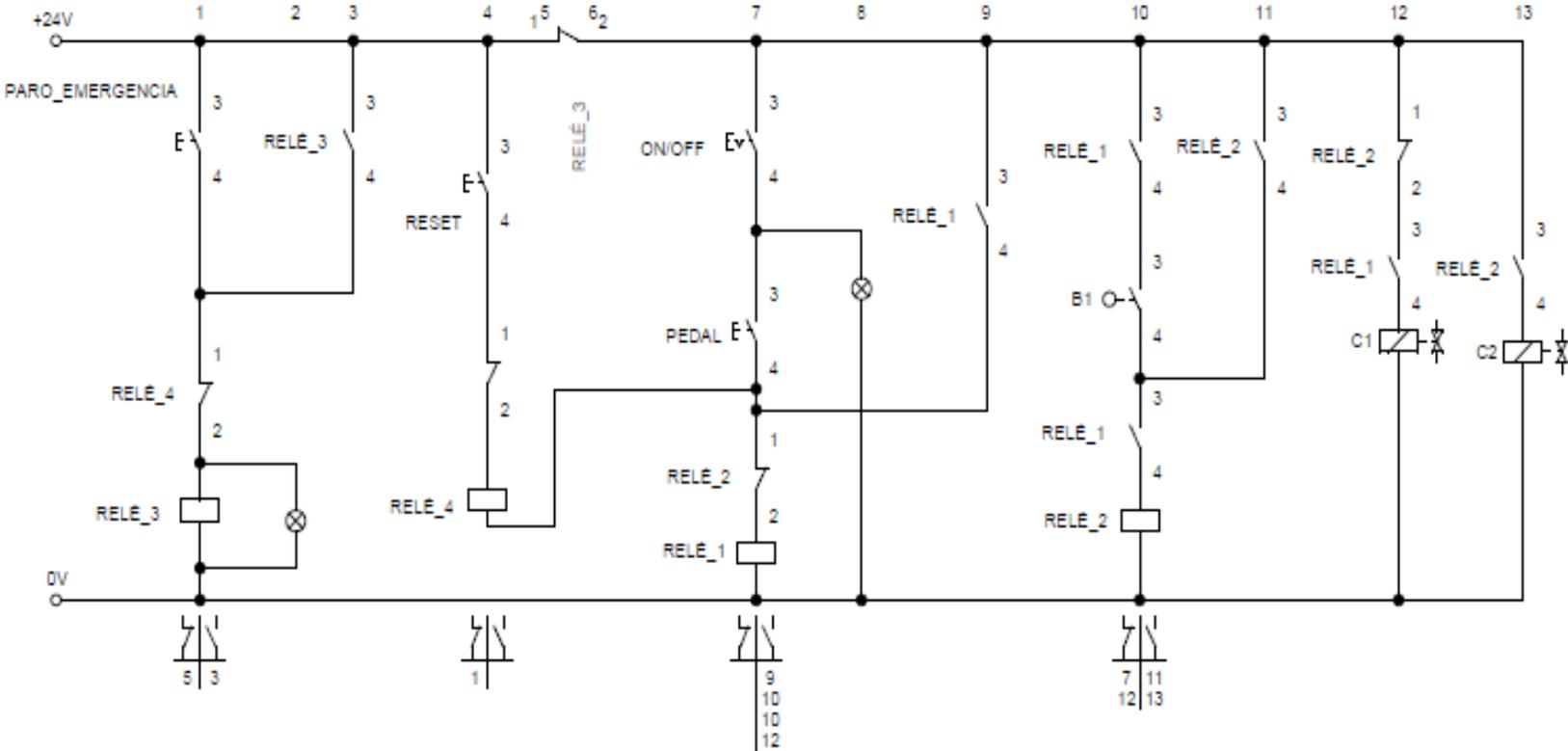
$A_b$  = Área de sección transversal del perno.

### $F_{nt}$ (MPa)

A307	A325	A490
310	620	780

Anexo 8. Diagrama del sistema eléctrico

Fuente: Autor



## Anexo 9. Esfuerzos permisibles del código AISC para metal de aporte

Fuente: Shigley Joseph, Mischke Charles. Diseño en Ingeniería Mecánica

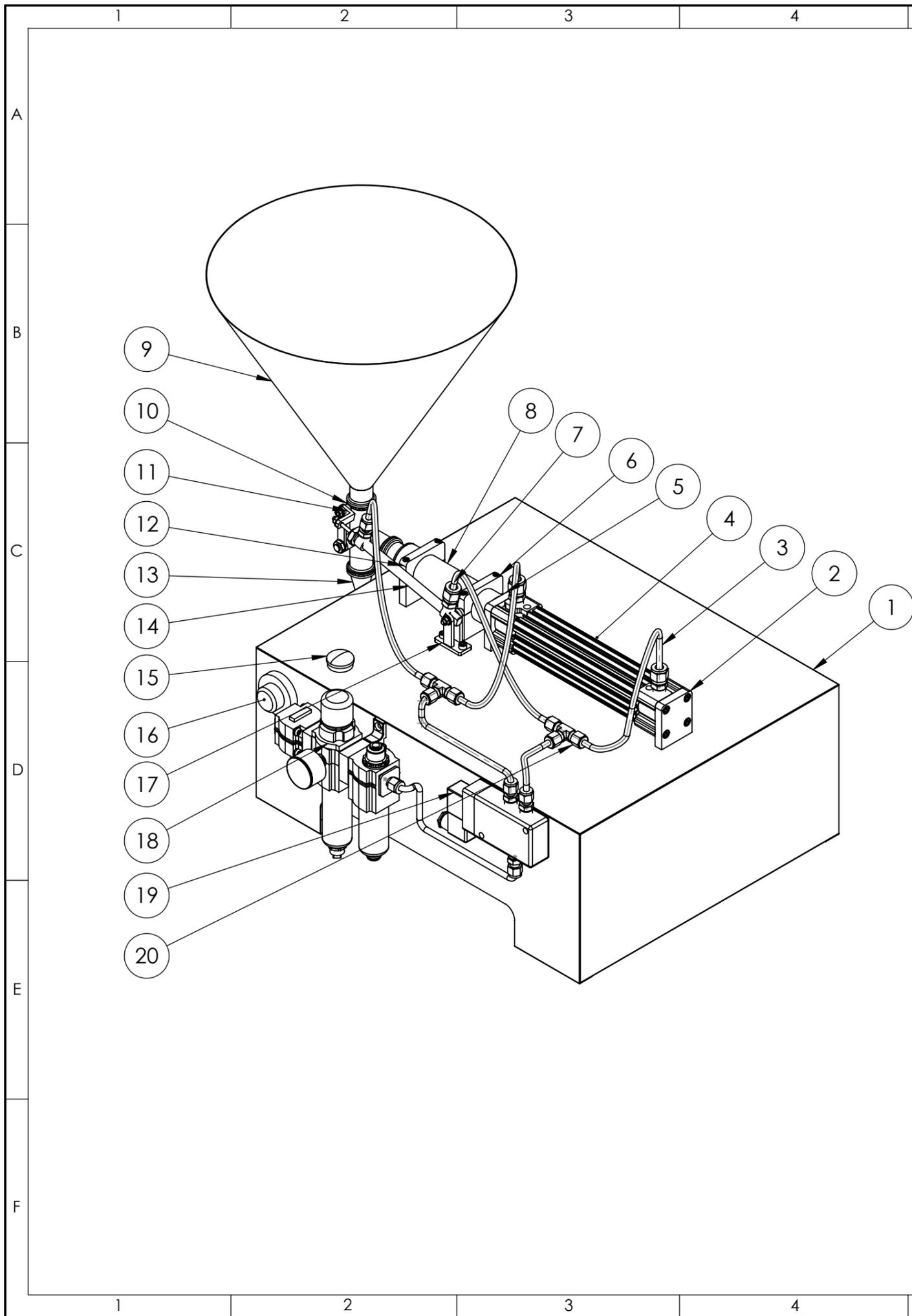
**Tabla 9-4** Esfuerzos permisibles del Código AISC para metal de aporte

Tipo de carga	Tipo de soldadura	Esfuerzo permisible	$n^*$
Tensión	A tope	$0.60S_y$	1.67
Aplastamiento	A tope	$0.90S_y$	1.11
Flexión	A tope	$0.60-0.66S_y$	1.52-1.67
Compresión simple	A tope	$0.60S_y$	1.67
Cortante	A tope o de filete	$0.30S_{ut}^{\dagger}$	

\*El factor de seguridad  $n$  se ha calculado mediante la teoría de la energía de distorsión.

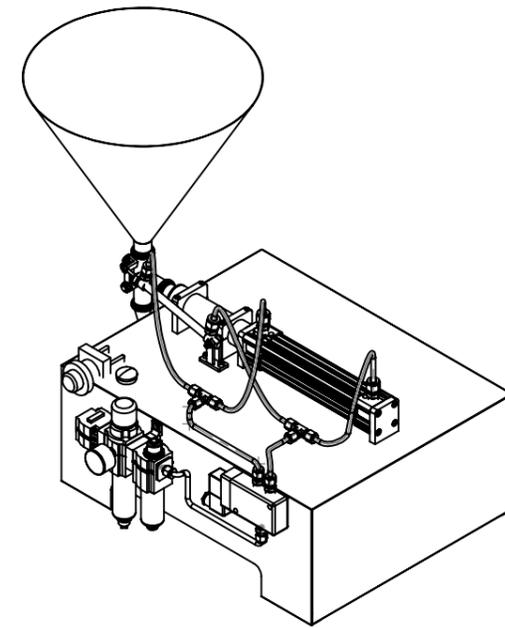
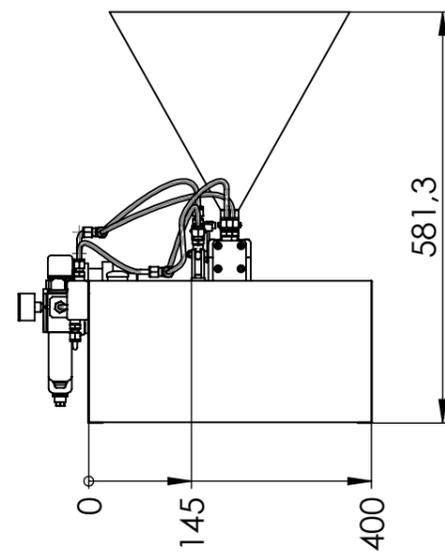
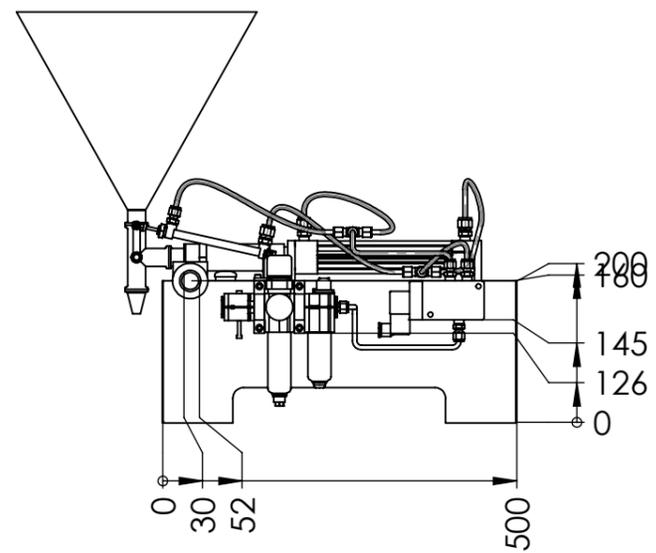
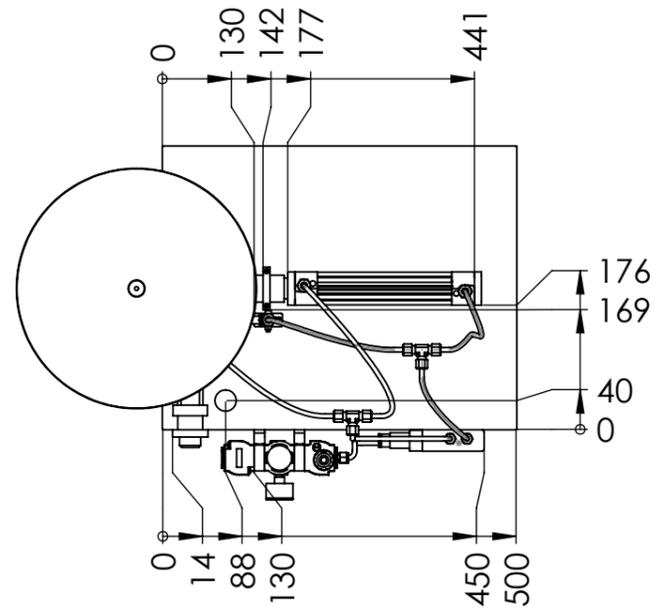
<sup>†</sup>El esfuerzo cortante en el metal base no debe exceder de  $0.40S_y$  del metal base.

## **Anexo 10. Planos de taller**

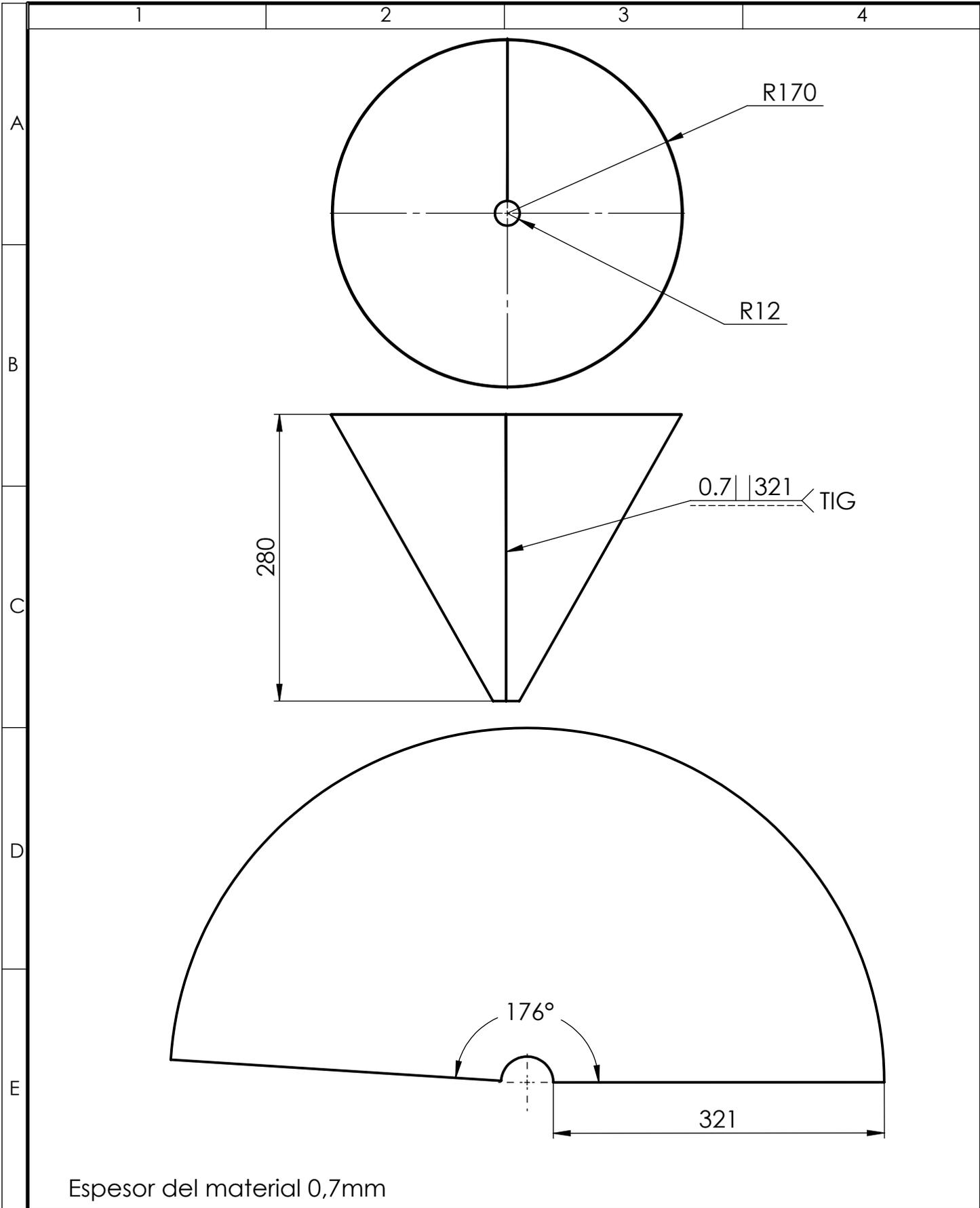


N. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones
2	ACOPLE T NEUMÁTICO		POLIETILENO	20			-
1	ELECTROVÁLVULA 5/2		VARIOS	19			-
1	UNIDAD DE MANTENIMIENTO		VARIOS	18			-
1	BASE DEL CILINDRO ISO 6432		ASTM A 36	17			-
1	BOTÓN DE ENCENDIDO		POL. PTFE	16			-
1	BOTÓN PARO DE EMERGENCIA		POL. PTFE	15			-
1	CILINDRO ISO 6432		VARIOS	14	ISO 64332		-
1	BOQUILLA DE DOSIFICACIÓN		AISI 304	13			-
1	BASE SUPERIOR DEL CILINDRO DOSIFICADOR		ASTM A 36	12			-
1	ACOPLE VÁLVULA TIPO L DE 3 VÍAS		ASTM A 36	11			-
1	VÁLVULA TIPO L DE 3 VÍAS		AISI 304	10	MODELO TIPO L		-
1	TOLVA		AISI 304	9			-
1	CILINDRO DOSIFICADOR		AISI 304	8			-
9	RACOR DE ROSCA RÁPIDA		POLIETILENO	7			-
1	BASE INFERIOR DEL CILINDRO DOSIFICADOR		ASTM A 36	6			-
1	BASE SUPERIO DEL CILINDRO ISO 15552		ASTM A 36	5			-
1	CILINDRO ISO 15552		VARIOS	4	ISO 15552		-
8	TUBO FLEXIBLE POLIURETANO		POLIURETANO	3			-
1	BASE INFERIOR DEL CILINDRO ISO15552		ASTM A 36	2			-
1	MESA		AISI 304	1			-

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±5 mm		11495.05 gr		VARIOS			
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJÓ: 4/7/2022		LLUMIGUSIN ALEX		ENSAMBLE DOSIFICADOR DE LÍQUIDOS VISCOSOS			1:5
REVISÓ: 28/2/2023		ING. OSCAR ANALUIZA					
APROBÓ: 28/2/2023		ING. OSCAR ANALUIZA					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 1 DE 11			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

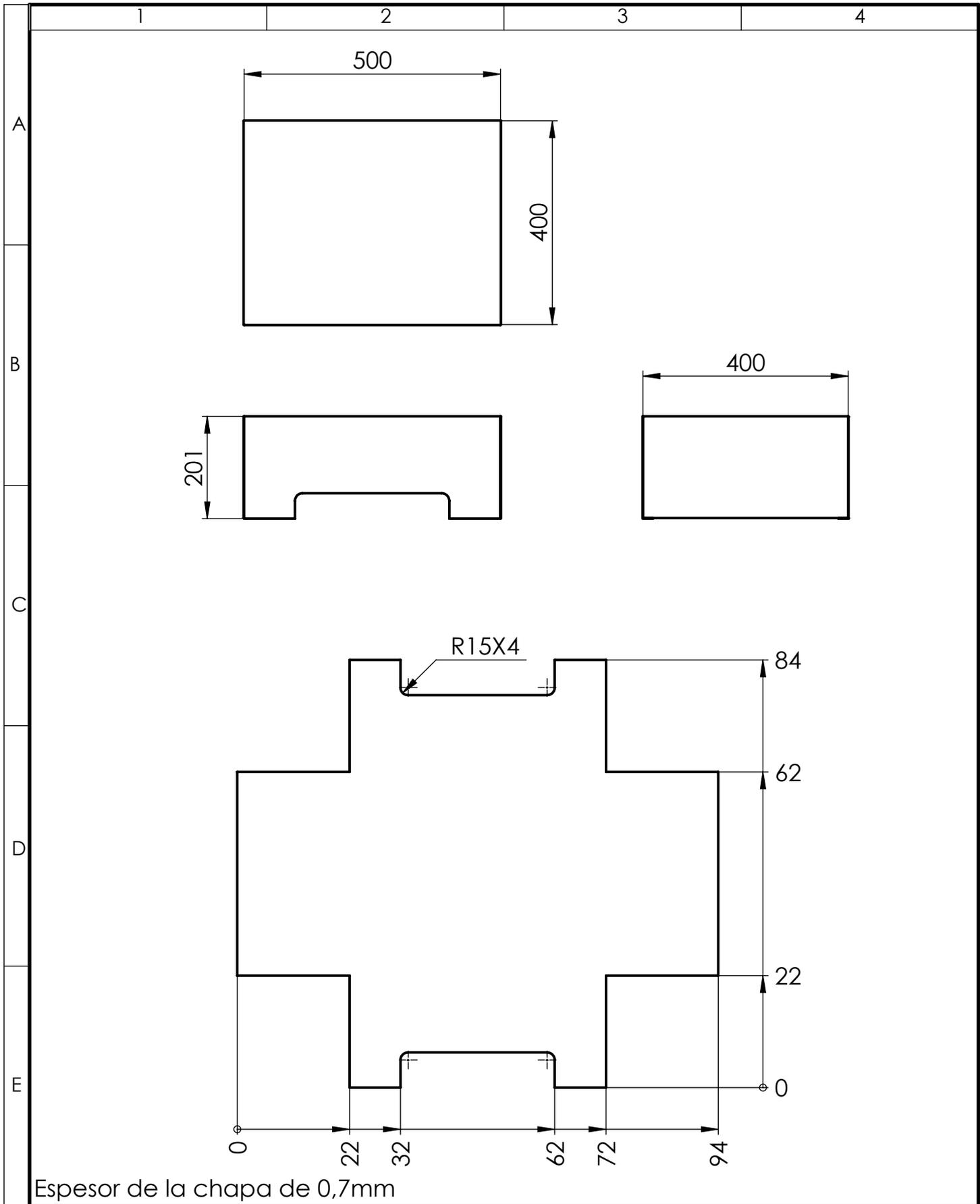


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				± 5 mm	11495.05 gr	VARIOS			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJÒ:	4/7/2022	LLUMIGUSIN ALEX	Máquina dosificadora de líquidos viscosos		1:5
				REVISÒ:	1/3/2023	ING. OSCAR ANALUIZA			
				APROBÒ:	1/3/2023	ING. OSCAR ANALUIZA			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA			N.º DE LÁMINA	HOJA 2 DE 11	REGISTRO:
							SUSTITUCION:		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:						



Espesor del material 0,7mm

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	1027,74 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	TOLVA	1:5
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 3 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



Espesor de la chapa de 0,7mm

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1 mm	123.21 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	Mesa	
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 4 DE 11	1:10
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:		REGISTRO:	

1

2

3

4

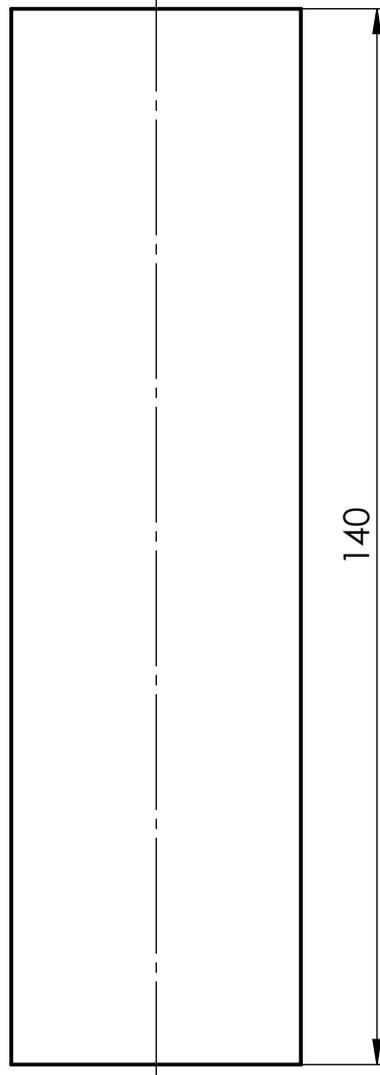
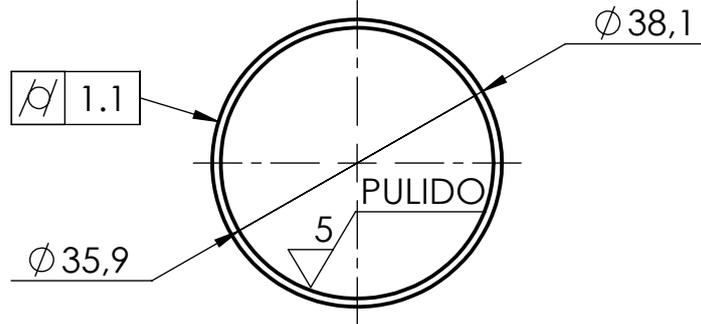
A

B

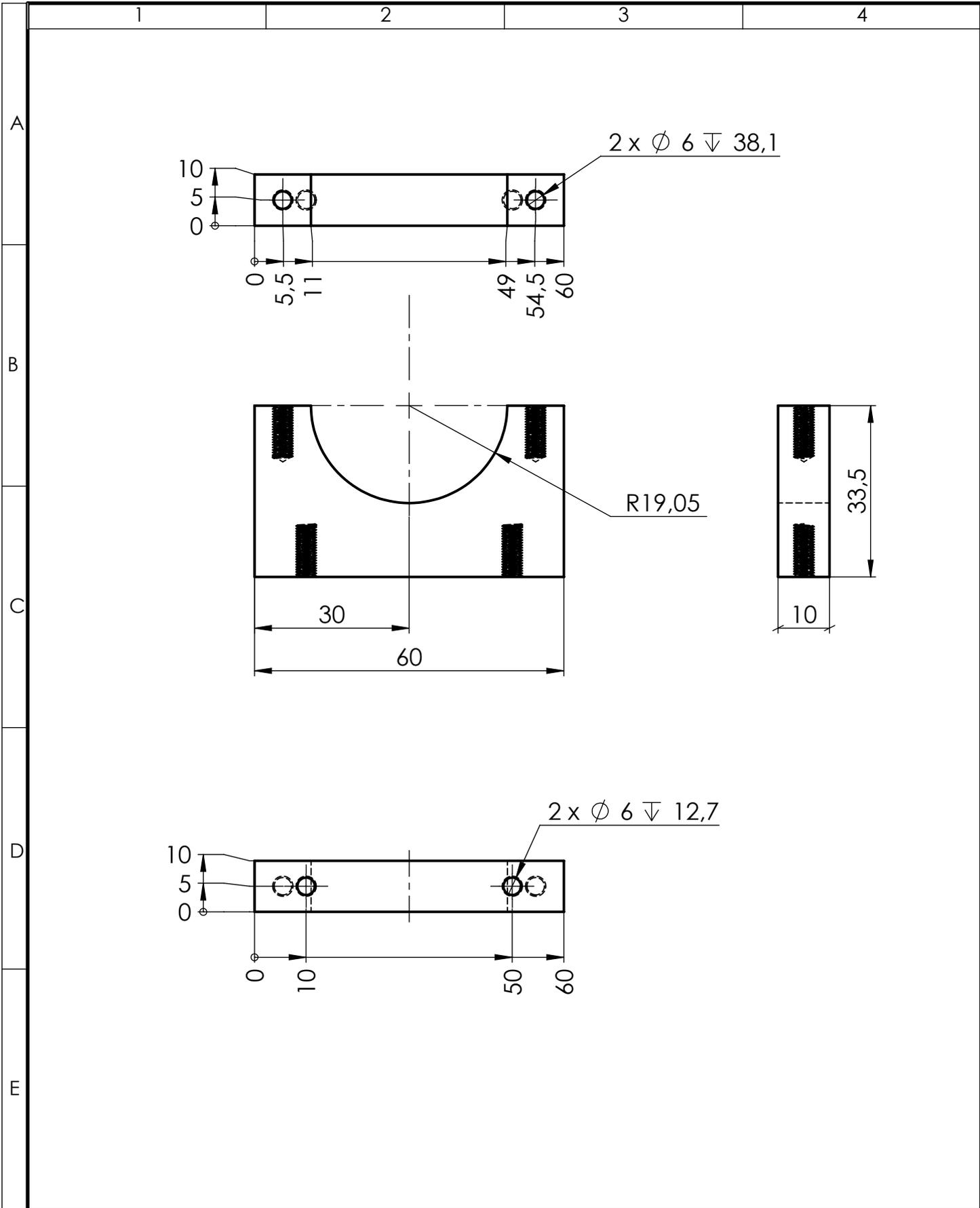
C

D

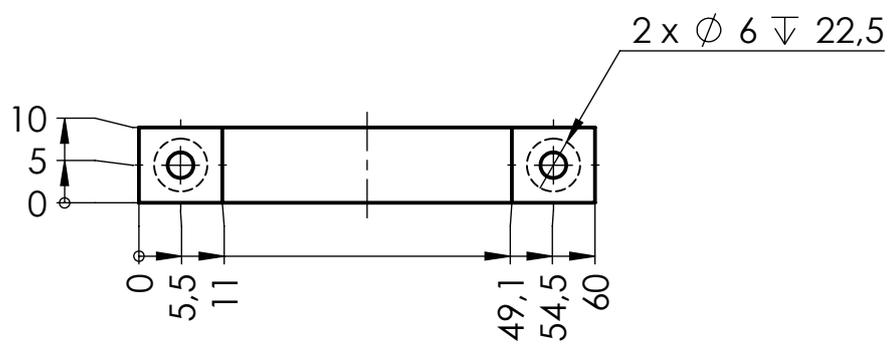
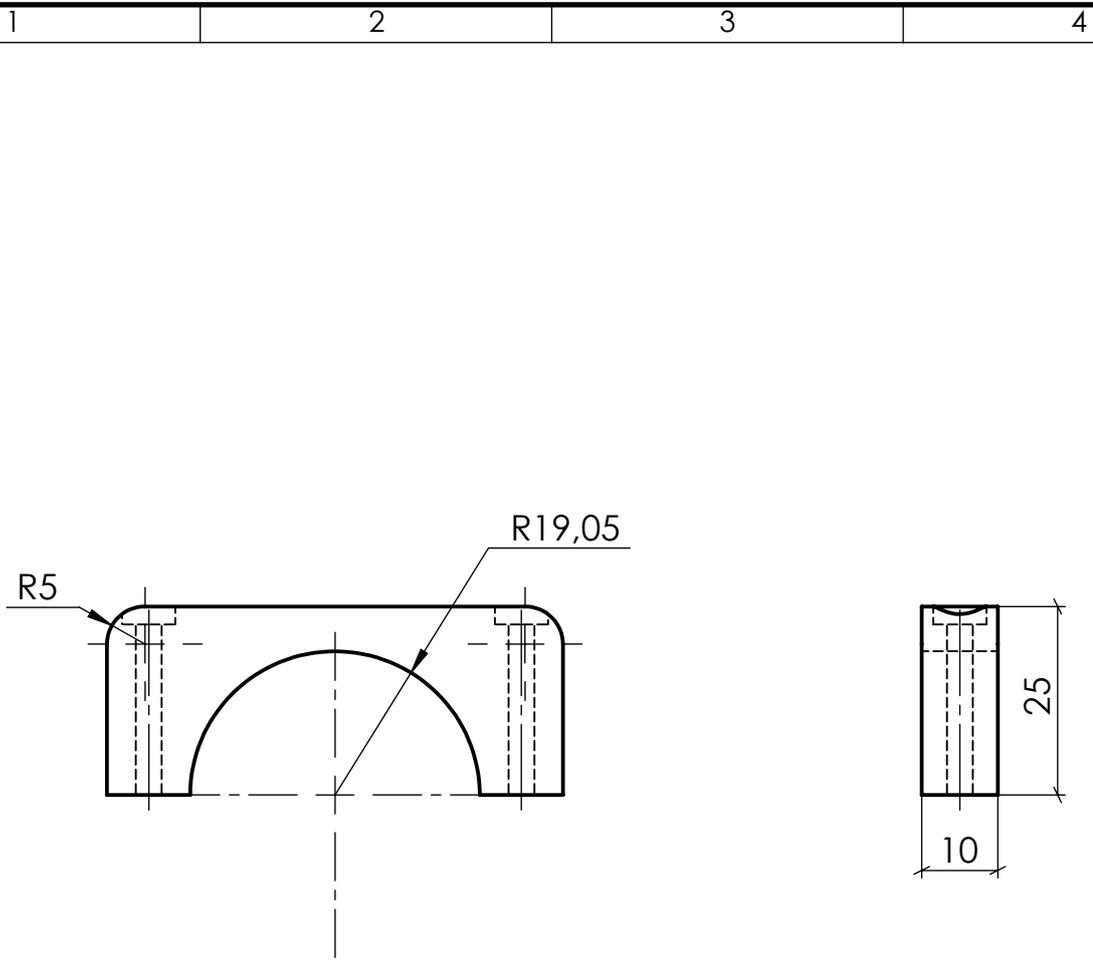
E



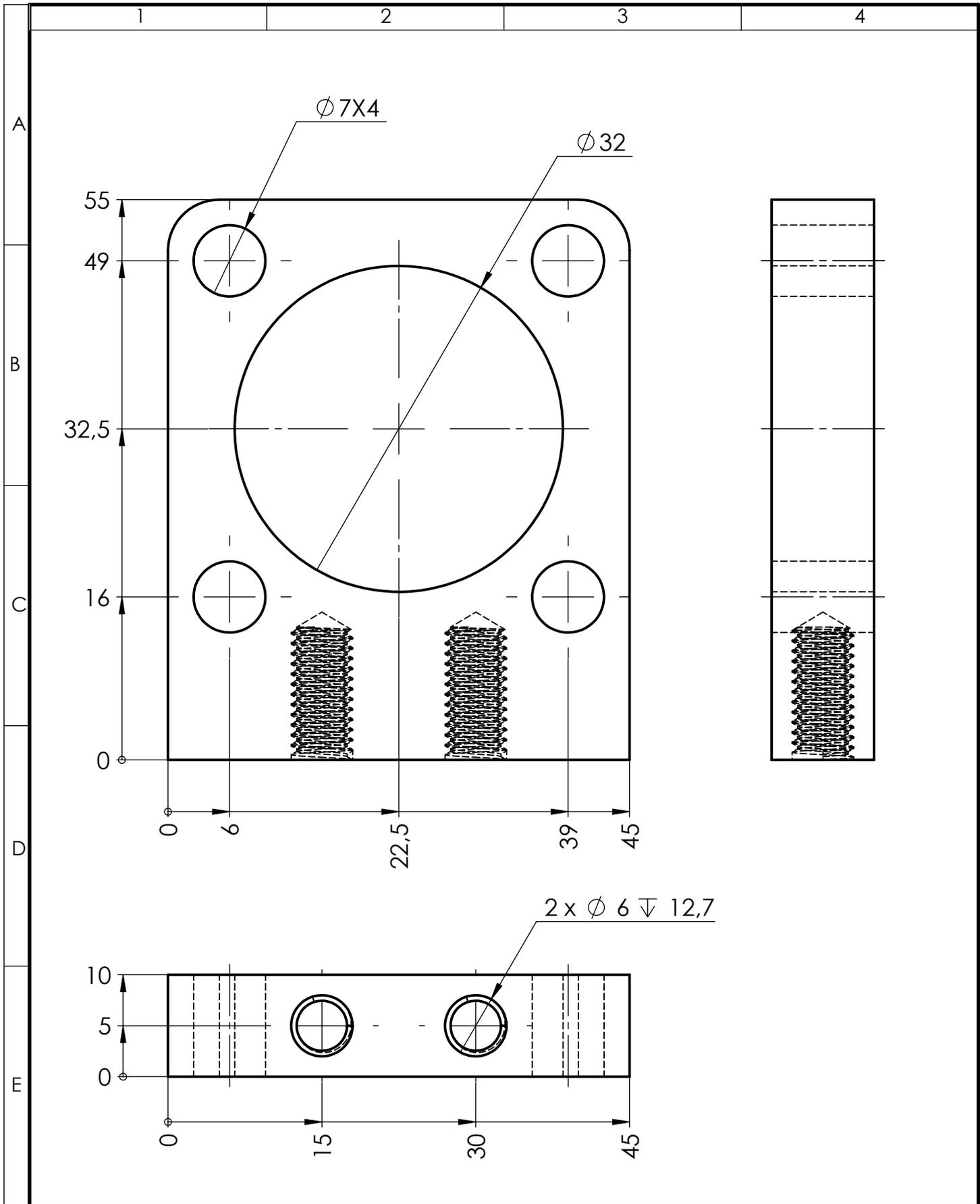
				TOLERANCIA: ± 1 mm	PESO: 123.21 gr	MATERIAL: ACERO AISI 304	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
					DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	Cilindro Dosificador
					REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA	
					APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA	
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 5 DE 11	1:1
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCIÓN:	REGISTRO:



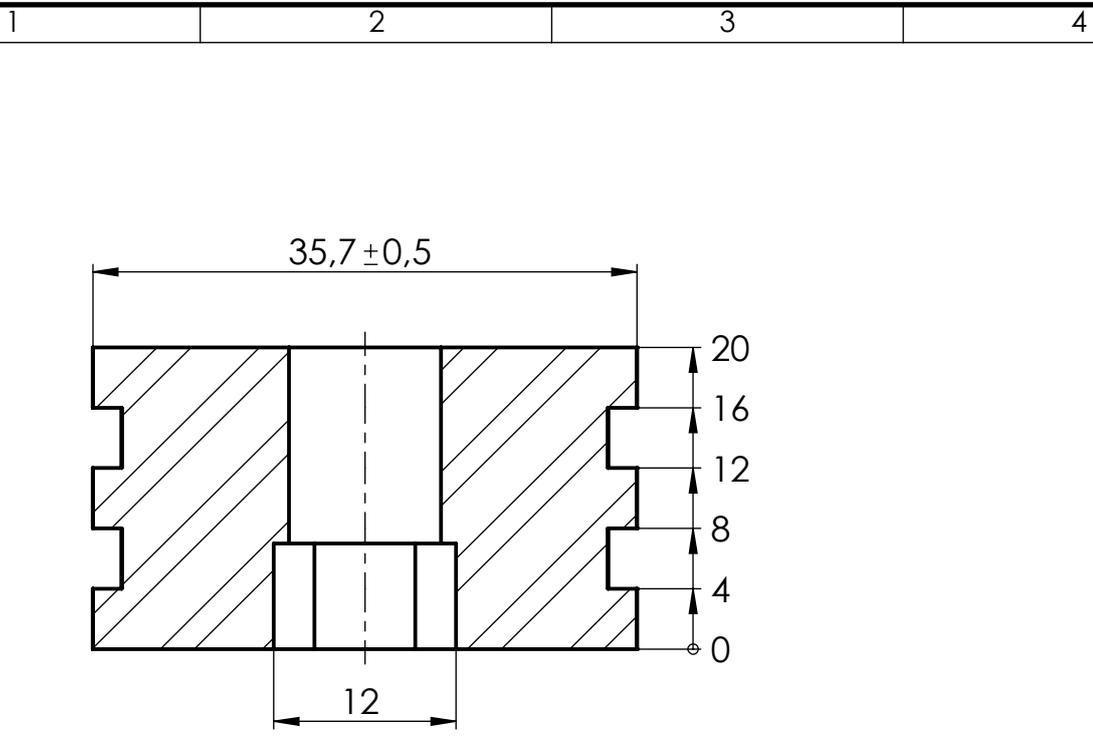
				TOLERANCIA: ±1mm	PESO: 123.21 gr	MATERIAL: <b>PETG</b>	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	<b>BASE INFERIOR CILINDRO DOSIFICADOR</b>	1:1
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				<b>U.T.A.</b> INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 6 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



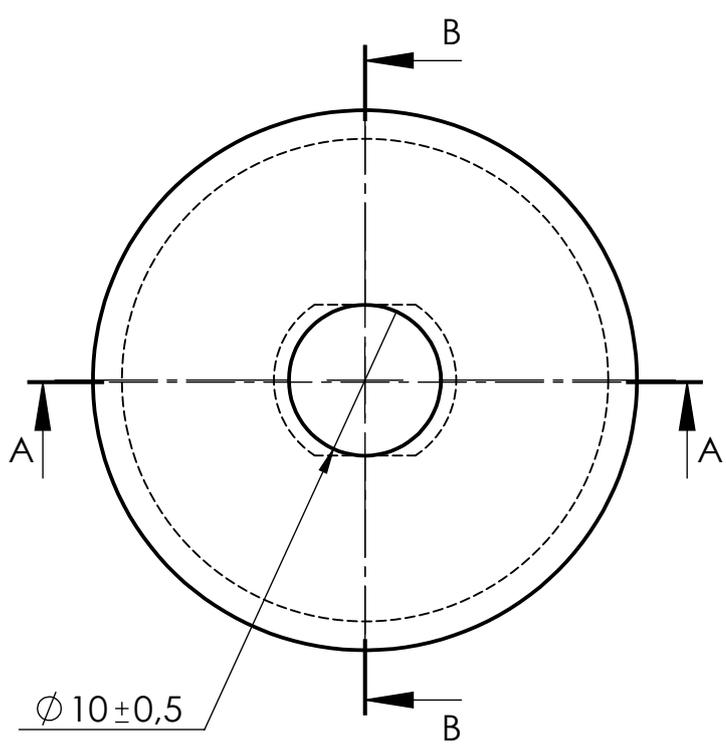
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1 mm	123.21 gr	PETG	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	BASE SUPERIOR CILINDRO DOSIFICADOR	1:1
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 7 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				$\pm 1\text{mm}$	123.21 gr	PETG	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	BASE SUPERIOR DEL CILINDRO 15552	1:1
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A. INGENIERIA MECÁNICA		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
						HOJA 8 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			

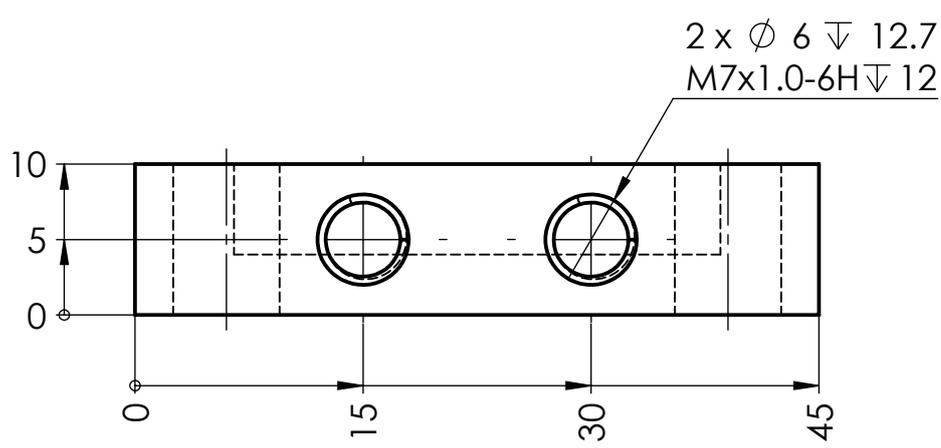
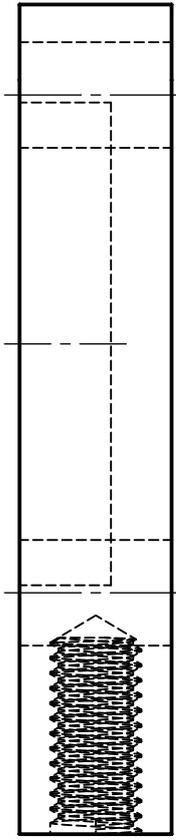
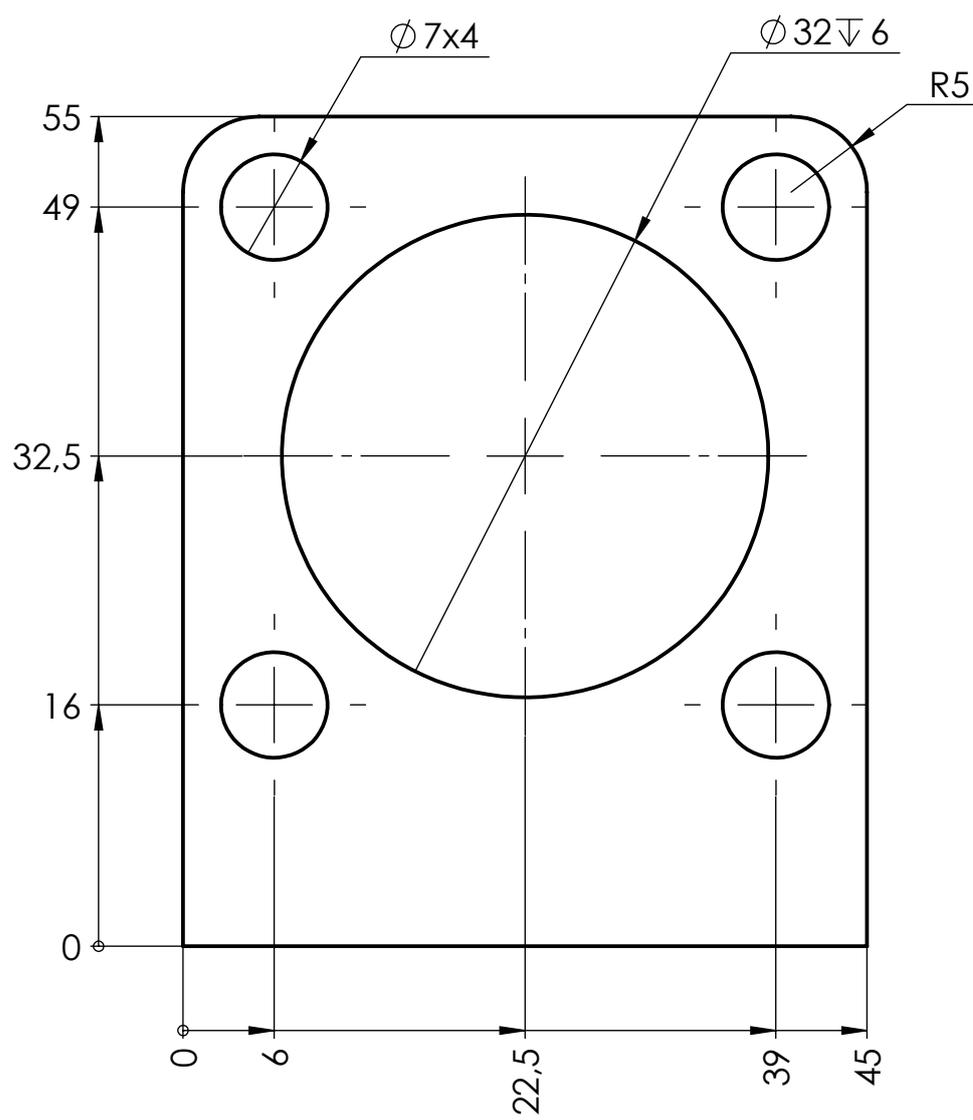


SECCIÓN A-A

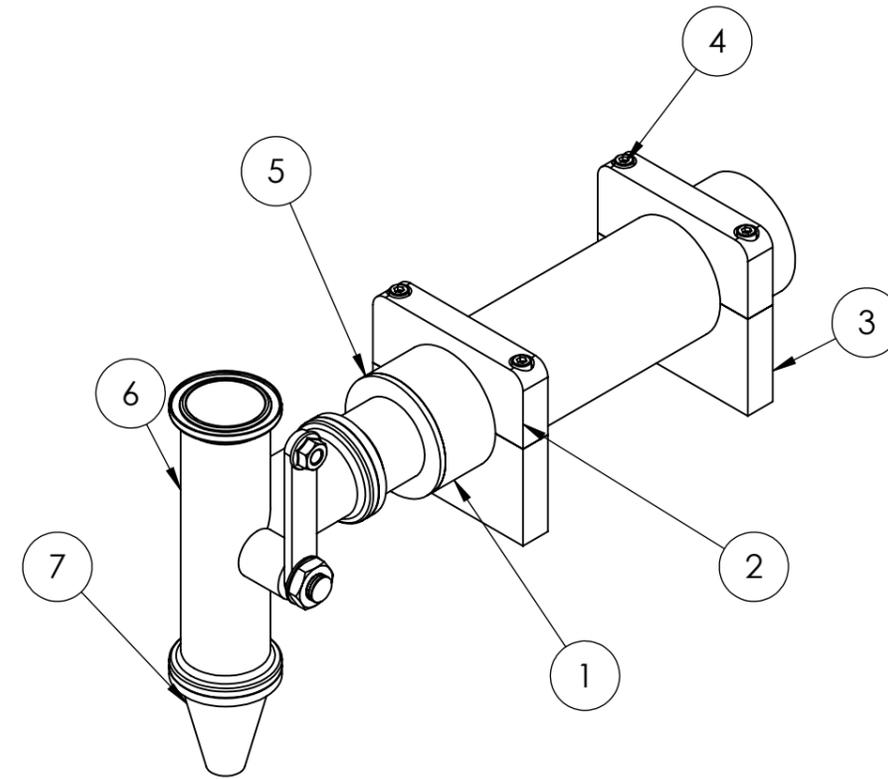
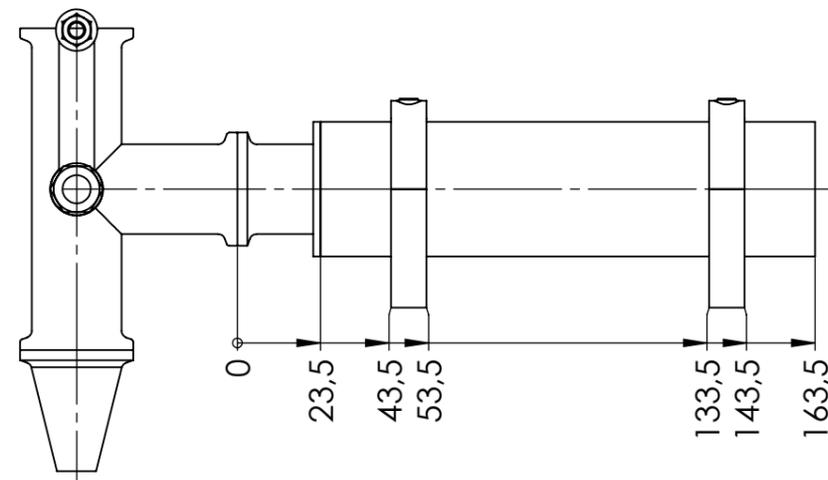
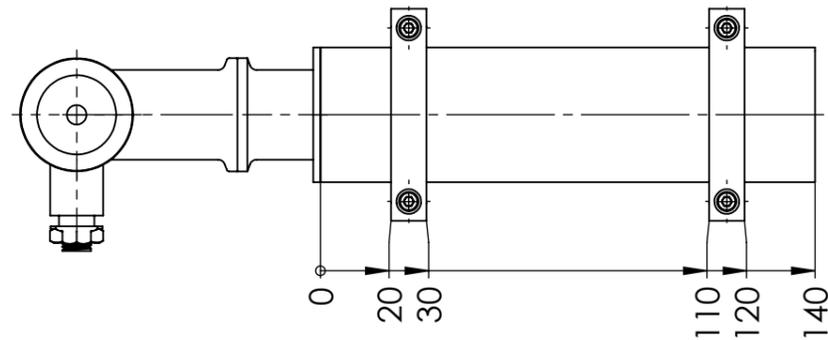


SECCIÓN B-B

				TOLERANCIA: ±1mm	PESO: 123.21 gr	MATERIAL: ACERO INOXIDABLE AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: ÉMBOLO	
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	ESCALA: 1:1	
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 9 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1mm	123.21 gr	PETG	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJÓ: 02/07/2022	LLUMIGUSIN ALEX	BASE INFERIOR CILINDRO ISO 15552	1:1
				REVISÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				APROBÓ: 05/07/2022	ING. OSCAR ANALUIZA		
				U.T.A.		N.º DE LÁMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECÁNICA		HOJA 10 DE 11	
EDICIÓN:	MODIFICACIÓN:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCIÓN:			



1	BOQUILLA DOSIFICADORA		AISI 304	7	-	-	-
1	VÁLVULA DE TRES VIAS TIPO L		AISI 304	6	-	-	-
1	ACOPLE CLAMP DE 1" A 1 1/2"		AISI 304	5	-	-	-
4	PERNO ALLIEN M8		AISI 304	4	-	-	-
2	BASE INFERIOR DEL CILINDRO ISO15552		PETG	3	-	-	-
2	BASE SUPERIO DEL CILINDRO ISO 15552		PETG	2	-	-	-
1	CAMISA O CILINDRO		AISI 304	1	-	-	-
N. de pieza	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	No. de orden	No. del Modelo/Semiproducto	Peso kg/pieza	Observaciones

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±5 mm		11495.05 gr		VARIOS			
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJÓ: 4/7/2022		LLUMIGUSIN ALEX		ENSAMBLE CAMISA, BASES Y VÁLVULA DE DOSIFICACIÓN			1:2
REVISÓ: 1/3/2023		ING. OSCAR ANALUIZA					
APROBÓ: 1/3/2023		ING. OSCAR ANALUIZA					
U.T.A.				N.º DE LÁMINA		REGISTRO:	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 11 DE 11			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			