



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

PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR PARA ENVASAR
JABÓN LÍQUIDO EN BOTELLAS DE 250 ml EN LA ASOCIACIÓN DE
PERSONAS DE LA TERCERA EDAD SAN ANTONIO DE QUISAPINCHA
DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA.”**

AUTOR: Henry Gabriel Amores Bastidas

TUTOR: Ing. Oscar Iván Analuiza Maiza, Mg.

AMBATO – ECUADOR

Agosto – 2023

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR PARA ENVASAR JABÓN LÍQUIDO EN BOTELLAS DE 250 ml EN LA ASOCIACIÓN DE PERSONAS DE LA TERCERA EDAD SAN ANTONIO DE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, elaborado por el Sr. Henry Gabriel Amores Bastidas, portador de la cédula de ciudadanía C.I. 055020900-1, estudiante de la Carrera de Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

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

Ambato, agosto 2023



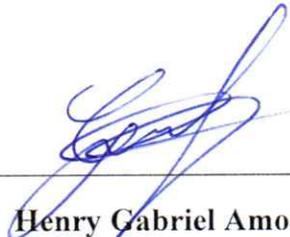
Ing. Oscar Iván Analuiza Maiza, Mg.

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Henry Gabriel Amores Bastidas, con C.I. 055020900-1 declaro que todos los contenidos y actividades expuestos en el desarrollo del presente Proyecto Técnico con el tema: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR PARA ENVASAR JABÓN LÍQUIDO EN BOTELLAS DE 250 ml EN LA ASOCIACIÓN DE PERSONAS DE LA TERCERA EDAD SAN ANTONIO DE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA”**, así como también los diseños, ideas, criterios, tablas, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, agosto 2023



Henry Gabriel Amores Bastidas

C.I. 055020900-1

AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura consulta y proceso 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 ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, agosto 2023



Henry Gabriel Amores Bastidas

C.I. 055020900-1

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

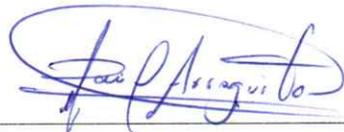
Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del proyecto Técnico, realizado por el estudiante Henry Gabriel Amores Bastidas de la Carrera de Mecánica bajo el tema “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR PARA ENVASAR JABÓN LÍQUIDO EN BOTELLAS DE 250 ml EN LA ASOCIACIÓN DE PERSONAS DE LA TERCERA EDAD SAN ANTONIO DE QUISAPINCHA DE LA PROVINCIA DE TUNGURAHUA**”.

Ambato, agosto 2023

Para constancia firman



Ing. Vanessa Morales Rovalino, MSc.
MIEMBRO CALIFICADOR



Ing. Cesar Daniel Arregui Toro, Mg.
MIEMBRO CALIFICADOR

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo principalmente a mis padres Henry y Alexandra por su inmenso amor, paciencia y comprensión, quienes me han apoyado a lo largo de este trayecto sin dejar de creer en mí, con su sabiduría supieron guiarme día a día, me dieron la fortaleza para conseguir esta meta siendo un pilar fundamental en mis años de formación.

A mis hermanos Paulo y Carolina por no dejar de apoyarme y tener fe en que lograría cumplir este sueño.

A mis amigos que han estado junto a mi durante todos estos años en las buenas y las malas, con quienes tuve el gusto de compartir aulas y gratos momentos.

Gracias.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Técnica de Ambato, especialmente a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, que han permitido que realice mis estudios y cumplir la meta de ser un profesional.

A toda mi familia, por apoyarme desde el principio de mi etapa universitaria, dándome consejos y aportando con su granito de arena durante estos años de estudio.

A todos mis docentes que formaron parte de mi formación como profesional, por sus conocimientos impartidos y experiencias a lo largo de la carrera.

Al Lcdo. Jorge Amores, coordinador de la Unidad de Vinculación de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por darme la apertura para la realización de este proyecto técnico y el apoyo durante el proceso de realización de este.

Al Ing. Oscar Iván Analuiza Maiza, por su guía durante la realización de este proyecto técnico.

A José Alberto Garces Escobar, representante de las asociaciones de adultos mayores de la provincia de Tungurahua por permitirme acercarme a la comunidad de adultos mayores para la debida realización de este proyecto técnico.

A mis amigos, quienes fueron mi compañía durante toda la etapa universitaria dentro de las aulas de la facultad.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDO

A.- PAGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN.....	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
ABREVIATURAS.....	xix
RESUMEN EJECUTIVO.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPITULO I.....	1
1. Antecedentes.....	1
1.1. Antecedentes investigativos.....	1
1.1.1. Justificación.....	2
1.1.2. Marco teórico.....	3
1.1.3. La dosificación.....	4
1.1.4. Precisión de dosificación.....	4
1.1.4.1. Repetitividad.....	4
1.1.4.2. Linealidad.....	5
1.1.5. Tipos de dosificadores.....	5
1.1.5.1. Volumétricos.....	5
1.1.5.2. Dosificadores de tornillo.....	6
1.1.5.3. Dosificadores de compuerta rotativa.....	6
1.1.5.4. Dosificadores de banda rodante.....	7
1.1.5.5. Dosificadores de pistón neumático.....	7
1.1.6. Envasadora lineal.....	9

1.1.7.	Envasadora lineal por nivel.....	9
1.1.8.	Envasadora lineal por volumen.....	9
1.1.9.	Envasadora de baja capacidad.....	10
1.1.10.	Envasadora de baja capacidad por nivel	11
1.1.11.	Envasadora de baja capacidad por volumen	11
1.1.12.	Neumática	12
1.1.13.	Cilindro neumático.....	13
1.1.14.	Cilindro neumático de simple efecto.....	13
1.1.15.	Cilindro neumático de doble efecto	14
1.1.16.	Válvula check o válvula de retención	14
1.1.17.	Manguera Tubing.....	15
1.1.18.	Unidad de mantenimiento	16
1.1.19.	Simbología de los elementos neumáticos	17
1.1.20.	Materiales en contacto con productos de consumo humano	17
1.1.21.	Acero inoxidable	17
1.1.22.	Principio del proceso TIG	22
1.1.23.	Equipo de soldadura.....	23
1.1.24.	Densidad del producto a dosificar.....	24
1.1.25.	Densidad y viscosidad del jabón líquido.....	25
1.1.26.	Características del jabón líquido artesanal	25
1.2.	Objetivos	28
1.2.1.	Objetivo general	28
1.2.2.	Objetivos específicos	28
CAPITULO II.....	30	
2.	Metodología	30
2.1.	Recursos humanos	30
2.1.1.	Recursos institucionales	30

2.1.2.	Materiales de construcción.....	30
2.2.	Métodos.....	33
2.2.1.	Modalidad de investigación	33
2.2.2.	Tipo de investigación	35
2.2.3.	Programas de diseño	35
2.2.4.	Análisis de alternativas de dosificado	36
2.2.5.	Envasado manual	36
2.2.6.	Sistema de dosificación volumétrico lineal.....	37
2.2.7.	Sistema de dosificado rotativo	38
2.2.8.	Selección del sistema de dosificado adecuado.....	39
2.2.9.	Desarrollo del proyecto.....	39
2.2.10.	Parámetros de diseño	39
2.2.11.	Tolva	40
2.2.12.	Presión dentro de la tolva.....	42
2.2.13.	Esfuerzos en el cordón de soldadura.....	42
2.2.14.	Espesor de la pared de la tolva.....	43
2.2.15.	Cámara de dosificado.....	44
2.2.16.	Presión interna de la cámara de dosificado	45
2.2.17.	Espesor del tubo de dosificado.....	46
2.2.18.	Velocidad del fluido.....	47
2.2.19.	Circuito hidráulico	48
2.2.20.	Perdidas menores	48
2.2.21.	Perdidas mayores	48
2.2.22.	Velocidad y presión del fluido	49
2.2.23.	Pistón y vástago	49
2.2.24.	Dimensiones del pistón	50
2.2.25.	Material del pistón	50

2.2.26.	Esfuerzos en el vástago	51
2.2.27.	Resistencia a la fatiga.....	52
CAPITULO III.....	54	
3.	Resultados	54
3.1.	Análisis de las alternativas y selección	54
3.2.	Diseño de la dosificadora.....	55
3.2.1.	Breve descripción del funcionamiento.....	55
3.2.2.	Parámetros de la tolva	57
3.2.3.	Presión soportada dentro de la tolva	58
3.2.4.	Espesor de la pared de la tolva.....	58
3.2.5.	Diseño de la soldadura en la tolva.....	61
3.2.6.	Peso de la tolva	65
3.2.7.	Longitud del cilindro de dosificado	66
3.2.8.	Tiempo teórico de llenado.....	66
3.2.9.	Cálculo de caudal	67
3.2.10.	Cálculo de velocidad del fluido	67
3.2.11.	Perdidas menores del sistema	68
3.2.12.	Perdidas mayores del sistema	72
3.2.13.	Presión en el interior del sistema	73
3.2.14.	Fuerza de succión.....	74
3.2.15.	Selección de cilindro neumático	76
3.2.16.	Cálculo de la pared de la cámara de dosificado	78
3.2.17.	Dimensiones del pistón	80
3.2.18.	Peso del pistón	82
3.2.19.	Peso de la cámara de dosificado.....	82
3.2.20.	Diseño del vástago	83
3.2.21.	Diseño del vástago por resistencia a la fatiga	85

3.2.22.	Peso del vástago	89
3.2.23.	Selección de pernos.....	90
3.2.24.	Área de los pernos.....	90
3.2.25.	Factor de seguridad de los pernos	92
3.2.26.	Selección de horquillas y cabeza de rotula	93
3.3.	Análisis en software de diseño.....	94
3.3.1.	Circuito neumático.....	94
3.3.2.	Ensamblaje en software CAD.....	95
3.4.	Análisis por elemento finito	97
3.4.1.	Tolva	97
3.4.2.	Vástago	97
3.4.3.	Cámara de dosificado.....	98
3.4.4.	Velocidad y presión del sistema.....	99
3.5.	Análisis ergonómico	101
3.5.1.	Mediciones tomadas en campo	102
3.5.2.	Diseño de la mesa de trabajo.....	102
3.5.3.	Mesa de trabajo ensamblada	104
3.6.	Construcción	105
3.6.1.	Elementos estructurales.....	107
3.6.2.	Elementos neumáticos.....	115
3.7.	Pruebas de funcionamiento	119
3.7.1.	Ensayo de repetitividad.....	119
3.8.	Propuesta de mejoramiento.....	122
3.9.	Parámetros de funcionamiento.....	123
3.10.	Mantenimiento	124
3.11.	Tiempo de llenado.....	127
3.12.	Análisis de costos.....	127

3.12.1. Costos directos	127
3.12.2. Costos indirectos	129
3.12.3. Costo total	129
CAPITULO IV.....	131
4. Conclusiones y recomendaciones	131
4.1. Conclusiones	131
4.2. Recomendaciones	131
5. Bibliografía	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Dosificadora semiautomática.	4
Figura 2: Dosificadora de tornillo.	6
Figura 3: Dosificador de compuerta rotativa.	7
Figura 4: Dosificador de banda rodante.	7
Figura 5: Dosificador de pistón neumático.	8
Figura 6: Envasadora lineal por nivel.	9
Figura 7: Envasadora lineal por volumen.	10
Figura 8: Envasadora de baja capacidad.	10
Figura 9: Envasadora de baja capacidad por nivel.	11
Figura 10: Envasadora de baja capacidad por volumen.	12
Figura 11: Cilindro neumático simple.	14
Figura 12: Cilindro neumático de doble efecto.	14
Figura 13: Válvula check.	15
Figura 14: Mangueras Tubing.	16
Figura 15: Unidad de mantenimiento FESTO.	16
Figura 16: Diagrama de método TIG.	22
Figura 17: Circuito de soldadura.	23
Figura 18: Proceso de desodorización del aceite quemado.	26
Figura 19: Pesaje del hidróxido de sodio.	26
Figura 20: Mezcla del hidróxido de sodio con el aceite filtrado.	26
Figura 21: Obtención de la pasta jabonosa.	27
Figura 22: Medición de pH del producto.	27
Figura 23: Jabón líquido embotellado.	28
Figura 24: Cilindros neumáticos de doble efecto de acero inoxidable.	31
Figura 25: Válvula de estrangulamiento de acero inoxidable.	31
Figura 26: Diagrama de funcionamiento de la válvula antirretorno.	31
Figura 27: Válvula distribuidora de 5/2 vías.	32
Figura 28: Diferentes tipos de válvulas 3/2 vías normalmente cerradas.	32
Figura 29: Fin de carrera mecánico con rodillo de contacto.	32
Figura 30: Marcha y Paro neumático.	32
Figura 31: Unidad de mantenimiento FESTO.	33
Figura 32: Rueda de acero inoxidable con freno.	33

Figura 33: Diagrama de flujo del procedimiento global.	34
Figura 34: Flujograma de evaluación de variables.	40
Figura 35: Parámetros de diseño.	41
Figura 36: Distancia desde la cámara de dosificado a la boquilla.	46
Figura 37: Puntos de cambio de sección.	47
Figura 38: Casos de estudio de discos planos.	50
Figura 39: Condiciones en los extremos.	52
Figura 40: Diagrama del equipo durante la succión de producto.	56
Figura 41: Diagrama del equipo durante el empuje del producto.	56
Figura 42: Dimensiones de la tolva.	57
Figura 43: Esfuerzos de la tolva.	59
Figura 44: Planchas de acero inoxidable comerciales.	60
Figura 45: Soldadura a tope.	62
Figura 46: Sección de la tolva.	62
Figura 47: Curva de reducción brusca.	68
Figura 48: Coeficientes k para accesorios.	69
Figura 49: Pérdidas por expansión súbita.	71
Figura 50: Tramos de la succión.	75
Figura 51: Cilindros de acero inoxidable PARKER.	77
Figura 52: Código de producto PARKER.	77
Figura 53: Esfuerzos en cilindros de pared gruesa.	78
Figura 54: Dimensiones del pistón.	81
Figura 55: Factor de concentración de esfuerzos.	88
Figura 56: Diagrama de fuerza aplicada.	90
Figura 57: Cabezas de rotula SGS.	93
Figura 58: Horquillas SG.	94
Figura 59: Circuito neumático.	95
Figura 60: Ensamble de los elementos del dosificador.	95
Figura 61: Resultados del estudio por elementos finitos de la tolva.	97
Figura 62: Resultado del estudio por elemento finito del vástago.	98
Figura 63: Resultado del estudio por elemento finito de la cámara de dosificado. ...	98
Figura 64: Resultados del estudio por elemento finito de la base frontal rediseñada.	99
Figura 65: Velocidades dentro del sistema.	100

Figura 66: Presión dentro del sistema por contorno.....	100
Figura 67: Presión vectorial dentro del sistema.	101
Figura 68: Porcentaje de adultos mayores por género en la asociación visitada.	102
Figura 69: Espacio para las piernas y altura de mesas de trabajo o escritorios con bordes.	103
Figura 70: Mesa de trabajo.....	105
Figura 71: Montaje del equipo en la mesa de trabajo.	106
Figura 72: Verificación de la materia prima.	107
Figura 73: Proceso de corte de piezas.	108
Figura 74:Proceso de construcción de la tolva.....	109
Figura 75:Proceso de fabricación de la boquilla.	110
Figura 76: Construcción de la mesa de trabajo	111
Figura 77: Fabricación del pistón.....	112
Figura 78: Fabricación del vástago.	113
Figura 79: Construcción de la cara de dosificado.	114
Figura 80: Elementos del circuito neumático.....	116
Figura 81: Montaje del circuito neumático.	117
Figura 82: Montaje general del dosificador.	118
Figura 83: Llenado de la tolva con el jabón.	119
Figura 84: Presión de trabajo.	120
Figura 85: Probeta de medición.	120
Figura 86: Accionamiento del dosificador.....	121
Figura 87: Regulador de presión.	123
Figura 88: Agujero de escape de aire.	123
Figura 89: Aseguramiento del regulador de presión.....	124
Figura 90: Unión de vástago y pistón.	125
Figura 91: Vástago y pistón retirados del cilindro.	125
Figura 92: Pistón y vástago desacoplado.	126
Figura 93: O-ring retirado de la ranura.	126
Figura 94: Medida para el O-ring.....	126

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Simbología de elementos neumáticos.....	17
Tabla 2: Designaciones, composiciones, propiedades mecánicas y aplicaciones de los aceros inoxidables.....	18
Tabla 3: Soldabilidad de los aceros inoxidables AISI.....	19
Tabla 4: Características generales de los aceros inoxidables.....	20
Tabla 5: Características de la suelta TIG con diferentes corrientes.....	24
Tabla 6: Características de los jabones líquidos obtenidos.....	29
Tabla 7: Materiales a ser empleados.....	31
Tabla 8: Software de diseño.....	35
Tabla 9: Características generales del envasado manual.....	36
Tabla 10: Características del sistema de dosificado volumétrico.....	37
Tabla 11: Características del sistema de dosificado rotativo.....	38
Tabla 12: Matriz de selección de proceso para jabón.....	55
Tabla 13: Juntas y sus respectivas eficiencias.....	60
Tabla 14: Esfuerzos tangenciales y normales a diferentes alturas.....	61
Tabla 15: Velocidades en los tramos de interés.....	68
Tabla 16: Factor de fricción para acero.....	70
Tabla 17: Numero de Reynolds para cada tramo.....	72
Tabla 18: Coeficiente k y k1.....	80
Tabla 19: Factor de material.....	85
Tabla 20: Factor de confiabilidad.....	85
Tabla 21: Factores de tamaño.....	86
Tabla 22: Dimensiones de roscas de tornillos.....	88
Tabla 23: Grado de pernos normalizados.....	90
Tabla 24: Propiedades mecánicas de pernos normalizados.....	91
Tabla 25: Elementos de ensamblaje.....	96
Tabla 26: Dimensiones de mesas y escritorios en milímetros.....	104
Tabla 27: Datos obtenidos del ensayo.....	121
Tabla 28: Número teórico de botellas por minuto.....	127
Tabla 29: Número real de botellas por minuto.....	127
Tabla 30: Costos directos de fabricación.....	128
Tabla 31: Costos indirectos.....	130

Tabla 32: Costos totales.	130
--------------------------------	-----

ABREVIATURAS

AISI	American Iron and Steel Institute
cP	Centipoise
pH	Potencial de Hidrogeno
SAE	Sociedad de Ingeniero Automotrices
SIN	Sistema Integrado de Consulta de Clasificacion y Nomenclatura
TIG	Tungsten Inert Gas

RESUMEN EJECUTIVO

La Asociación de Personas de la Tercera Edad de San Antonio de Quisapincha, en la provincia de Tungurahua, requiere un método de envasado para jabón líquido artesanal. En colaboración con la Unidad de Vinculación de la Universidad Técnica de Ambato, se planteó diseñar y construir una dosificadora semiautomática de jabón con presentación de 250 ml para reducir costos de fabricación.

El estudio se fundamentó en fuentes bibliográficas y estudios de campo, se demostró la factibilidad de implementar el equipo. Se utilizaron materiales seguros para el contacto con el jabón, destacando el acero inoxidable AISI 304 por su durabilidad y resistencia a la corrosión. Se seleccionó un método de envasado eficiente y adecuado a la capacidad productiva de la asociación para garantizar su viabilidad económica, del mismo modo se empleó un sistema neumático para facilitar su uso. Se realizaron cálculos, diseños y procesos de mecanizado, se generaron planos y simulaciones computacionales. Asimismo, se llevaron a cabo estudios ergonómicos y de tiempo de producción para determinar la capacidad de llenado de botellas. La dosificadora semiautomática propuesta ofrece una solución efectiva y segura para el envasado del jabón líquido artesanal, el uso de un cilindro neumático de doble efecto permite la dosificación precisa de 50 ml por accionamiento. Los materiales utilizados y el diseño del equipo garantizan su durabilidad y eficiencia a largo plazo.

Este proyecto contribuye al bienestar de la asociación y tiene el potencial de aplicarse en otros contextos similares de ser requerido.

Palabras clave: Dosificadora, Cilindro neumático, Doble efecto, Semiautomático, Ergonomía.

ABSTRACT

The Association of Senior Citizens of San Antonio de Quisapincha, in the province of Tungurahua, requires a packaging method for handmade liquid soap. In collaboration with the Linking Unit of the Technical University of Ambato, the idea was to design and build a semiautomatic soap dispenser with a 250-ml presentation to reduce manufacturing costs.

The study was based on bibliographic sources and field studies, demonstrating the feasibility of implementing the equipment. Safe materials were used for contact with the soap, especially AISI 304 stainless steel for its durability and resistance to corrosion. An efficient packaging method suitable for the association's production capacity was selected to ensure its economic viability, and a pneumatic system was used to facilitate its use. Calculations, designs, and machining processes were carried out, and plans and computer simulations were generated. Ergonomic and production time studies were also carried out to determine the bottle filling capacity. The proposed semi-automatic dosing machine offers an effective and safe solution for the packaging of handmade liquid soap; the use of a double-acting pneumatic cylinder allows precise dosing of 50 ml per drive. The materials used and the design of the equipment guarantee its long-term durability and efficiency.

This project contributes to the welfare of the association and has the potential to be applied in other similar contexts if required.

Keywords: Dosing machine, Pneumatic cylinder, Double acting, Semi-automatic, Ergonomics.

CAPITULO I

1. Antecedentes

1.1. Antecedentes investigativos

De acuerdo con la investigación realizada por Sani Centeno [1], cuando se trata de líquidos, las dosificadoras de pistón lineal predominan en el mercado para diferentes ámbitos de envasado de productos líquidos, para este caso refrescos destinados para el consumo humano. Las dosificadoras de este tipo suelen presentarse con más de dos boquillas y son ideales para empresas pequeñas con niveles de producción considerables, de modo que así se disminuye el tiempo de envasado conforme se aumentan las boquillas de la dosificadora.

Dado que el jabón líquido presenta una densidad y viscosidad algo mayor a la del agua puede presentar cierta dificultad para el envasado, según la investigación de Molina [2] para productos de esta naturaleza se recomiendan dosificadores de pistón, sean manuales, automáticas o semiautomáticas, de modo que se reduzcan los desperdicios en el ejercicio de envasado del producto, dado que por sus características físicas se dificulta realizarlo de manera manual, esto genera posibles desperdicios dado lo difícil que sería manejar el flujo que ingresa a la botella.

Un caso similar de productos de alta viscosidad sería el shampo, de acuerdo con Andrade y Hernández [3], al igual que el jabón líquido entra en la categoría de producto cosmético de aseo personal, además de ser tensoactivo, es decir la tensión superficial del producto no se rompe con facilidad como con el agua, su diferencia principal es que el shampo presenta una densidad muchísimo mayor debido a otros elementos aditivos en su producción, estos productos presentan viscosidades en el orden de los 5000 cP en adelante, para el caso del shampo un dosificado lineal rotativo se presenta como una opción ideal debido a su viscosidad elevada.

De acuerdo con la formula estándar para un producto de esta naturaleza que encontramos en el Sistema Integrado de Consulta de Clasificación y Nomenclatura (SIN) [4] la densidad del producto, en este caso el jabón viene dada por el ácido graso

empleado para su producción, en este caso el ácido graso empleado es aceite vegetal con una densidad en el orden de los $0,900 \text{ g/cm}^3$ y viscosidad en el orden 1070 cP . Según Guerrero Gonzales [5], la densidad del aceite vegetal varía conforme al origen y la temperatura a la que se realiza la medición, por ejemplo para un aceite de oliva a 25°C la densidad está entre $0,916 - 0,912 \text{ g/cm}^3$ y para el aceite de girasol es un poco mayor estando entre $0,921 - 0,919 \text{ g/cm}^3$, así mismo sus viscosidades varían en el orden de $4,67 \cdot 10^{-2} - 7,80 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m} \cdot \text{s}$.

1.1.1. Justificación

Para el envasado de productos, en la actualidad se emplean los dosificadores, cuya tarea principal es inyectar una cierta cantidad de producto, sea este líquido o sólido en los envases para su posterior sellado de acuerdo con [6] que nos expone algunos métodos muy empleados en la industria. Como tal el jabón líquido debido a su alta viscosidad y densidad superior al agua, lo hacen un material difícil de dosificar de forma artesanal, es decir, empleando nada más que un patrón visual para llenar los envases del producto, para ello el empleo de un dosificador cumple con la tarea de dar el volumen requerido sin producir pérdidas ni desperdicios.[6]

Según [6] los dosificadores pueden ser manuales, semi automáticos o automáticos, estos últimos requieren de un controlador electrónico programable para cumplir sus funciones. Para el ambiente en el que se va a desempeñar el equipo y también tomando en cuenta la edad de los operarios, se seleccionará el tipo adecuado de dosificador.

El grupo de ancianos a cargo de la fabricación de jabón líquido realiza la mayor parte del proceso de manera artesanal, empleando técnicas impartidas por el proyecto de vinculación con la sociedad de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato. Por factores de edad o impedimento de movilidad, la dosificación del producto puede llegar a ser difícil, con la implementación de la máquina dosificadora se espera evitar que los usuarios llenen los envases empleando embudos u otros utensilios artesanales que generan un gasto de energía, tiempo y desperdicio del producto.

Específicamente centrándose en el tipo de producto a envasar, que sería el jabón líquido, se debe tomar en cuenta sus propiedades físicas, como la densidad y la viscosidad, a partir de ello podemos idear el tipo de dosificador apto para el producto.

El diseño preliminar del equipo se hará pensando en las limitaciones físicas del operario y las características físicas del jabón, asegurando que no existan desperdicios. Para el diseño de la maquina se partirá por un bosquejo y posteriormente dimensionamiento de las partes que conforman el equipo, como seria el cilindro, la tolva y los diámetros para los conductos de alimentación y de inyección. También se diseñará el sistema neumático de accionamiento y se seleccionará el pistón con la carrera adecuada para desempeñar la función de actuador. Una vez determinado los parámetros para el diseño, los sistemas de accionamiento y los materiales, se realizará un análisis ergonómico de la máquina de acuerdo con [7] ya que teniendo en cuenta que los usuarios son adultos de la tercera edad los movimientos repetitivos pueden ser perjudiciales para su salud y por ende se llevara a cabo un análisis para determinar si existen riesgos laborales por el accionamiento del equipo.

Implementando el dosificador se espera reducir tiempo, esfuerzo y el desperdicio del producto en comparación a un llenado manual. El presente trabajo está destinado al diseño de una dosificadora para el jabón líquido, el cual será empleado por adultos de la tercera edad, por lo que tendrá la ventaja de contar con un sistema de accionamiento neumático semi automático de un solo pulso para facilitar el uso del equipo.

1.1.2. Marco teórico

De acuerdo con [2] el envasado es un método de dosificación de productos de diferente naturaleza, sean líquidos, solidos o gases. La finalidad del envasado es introducir los productos en envases de volúmenes específicos para asegurar que su vida útil sea lo más prolongada posible, muchos de los procesos de envasado someten a los productos a cambios de temperatura, procesos de desinfección o en el caso de los alimentos para consumo humano, son sellados al vacío para evitar la presencia de agentes contaminantes o microorganismos que comprometan la integridad de los productos alimenticios.

Existen diferentes tipos de envases, así que se puede intuir que del mismo modo los sistemas de envasado varían y se adaptan a los envases en los que se presentan los productos, sean estos en bolsas, latas o botellas, los sistemas de envasado no solo deben estar pensados en el tipo de producto que se va a dosificar, también en el tipo de envase, el volumen de producción y si requieren de un sellado al vacío, los sistemas de envasado varían mucho entre el tamaño de la industria, por ejemplo en la figura 1

se aprecia un dosificador semiautomático que se emplea principalmente en industrias de bajo volumen de producción.[2]



Figura 1: Dosificadora semiautomática.[2]

1.1.3. La dosificación

De acuerdo con [8] el principio de funcionamiento de una dosificadora es controlar el volumen de los productos y asegurar que el volumen administrado a los envases sea siempre constante, los dosificadores generalmente regulan el despacho del producto en diferentes etapas de la producción. En la actualidad varias empresas del Ecuador utilizan este proceso como PRONACA, CERVECERÍA NACIONAL, LA UNIVERSAL, entre otras.

1.1.4. Precisión de dosificación

Este aspecto debe ser tomado en cuenta durante el control de administración del líquido. Sin embargo, sin importar que las aplicaciones puedan ser desde la regulación de un material sencillo hasta otros más complejos, como la mezcla de varios ingredientes en dosis concretas a la vez en los que se involucran varios dosificadores y líneas de producción, generalmente la precisión se limita a los dosificadores de manera individual.[8]

Los aspectos con los que se mide la precisión de un dosificador son el cumplimiento de los siguientes estadísticos:

Repetitividad y Linealidad

1.1.4.1. Repetitividad

Este estadístico consiste en la cuantificación de la proporción de descarga en un periodo de tiempo corto, de este modo se mide la variabilidad esperada en la corriente

de descarga. La repetitividad se mide a través de la similitud en un serie de muestras, tomadas de la corriente de descarga.[8]

1.1.4.2. Linealidad

La linealidad está representada por una línea recta perfecta, es decir que esa tiene correspondencia con el punto de estado inicial y la proporción promedio de dosificación actual a lo largo de un periodo de tiempo.[8]

Para una medición lineal, se toma un grupo de muestras cronometradas, estas se toman de la corriente de descarga del dosificador, generalmente se toma un grupo de 10 muestras consecutivas, las cuales son pesadas, se calcula el peso promedio y el porcentaje de desviación entre el promedio calculado y el valor promedio esperado.[8]

1.1.5. Tipos de dosificadores

En la industria, los dosificadores se adaptan al tipo de producto a inyectar, por tal motivo se toma en cuenta los siguientes tipos de dosificadores:

- Volumétricos.
- Gravimétricos.
- Por decremento de peso.

1.1.5.1. Volumétricos

Para este tipo de dosificadores se debe determinar la dosis, midiendo el volumen del producto que se desplaza a una velocidad constante. No se mide el flujo, opera desplazando un cierto volumen de producto por unidad de tiempo, del cual se obtiene un flujo proporcional en peso correspondiente a la calibración del proceso.[8] La dosificación volumétrica es muy popular dentro de la industria de alimentos, cosmética y de producción que incluye moldes de inyección, dentro de este grupo estos son los métodos más populares:

- Dosificadores de tornillo.
- Dosificadores de compuerta rotativa.
- Dosificadores de banda rodante.
- Dosificadores de pistón.

La selección de un método de dosificación viene en función de la naturaleza de la sustancia, tomando en cuenta su fluidez y la dosis que se requiere inyectar.[8]

1.1.5.2. Dosificadores de tornillo

En la figura 2 se muestra un esquema simple del funcionamiento de un dosificador de tornillo, el elemento principal del equipo es el tornillo sinfín situado en la parte inferior de la tolva, por cada vuelta del tornillo se libera un determinado volumen del producto.[8]

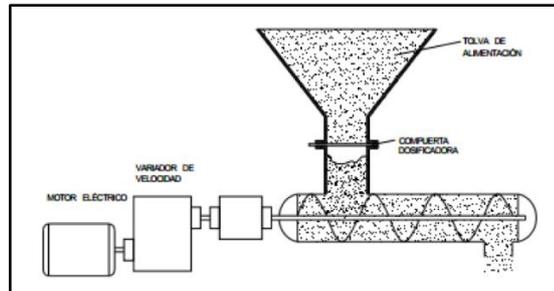


Figura 2: Dosificadora de tornillo.[8]

La velocidad del tornillo es dada por un sistema de reducción de velocidad ensamblado a un motor. Este tipo de equipo puede funcionar de manera continua o intermitente. Es más comúnmente empleado dentro de la industria de conformado de productos plásticos, los materiales empleados por su consistencia se imposibilita el uso de simplemente pistones para empujar el material. Estos son empleados más por la naturaleza del fluido que por la exactitud en el ingreso de la sustancia.[8]

1.1.5.3. Dosificadores de compuerta rotativa

En la figura 3 se muestra el mecanismo empleado para los dosificadores de compuerta rotativa, que tal y como se aprecia tiene una construcción simple y robusta, sin embargo, este tipo de dosificador es menos preciso que el mecanismo de tornillo sinfín. Para controlar la velocidad de giro se emplea una caja reductora o a su vez directamente un motor junto a un variador de velocidad, esto para controlar la velocidad con la que se despacha el producto.[8]

Este tipo de dosificador se ve comúnmente en la industria que maneja granos secos tales como arroz, maíz, café sin moler, etc.

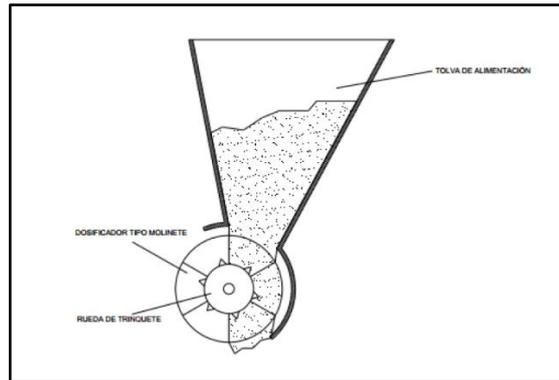


Figura 3: Dosificador de compuerta rotativa.[8]

1.1.5.4. Dosificadores de banda rodante

El dosificador de banda o tapiz rodante es aquel cuyo despacho viene determinado por dos parámetros.

- La velocidad de la banda.
- La cantidad de producto que pasa a la banda, modificando la cantidad mediante una compuerta ubicada en la salida de la tolva.

Este tipo de dosificador de constitución simple no conviene para sólidos de carácter fundible como es el caso del carbón activo, que puede estancarse en la salida de la tolva como se puede apreciar en la figura 4.[8]

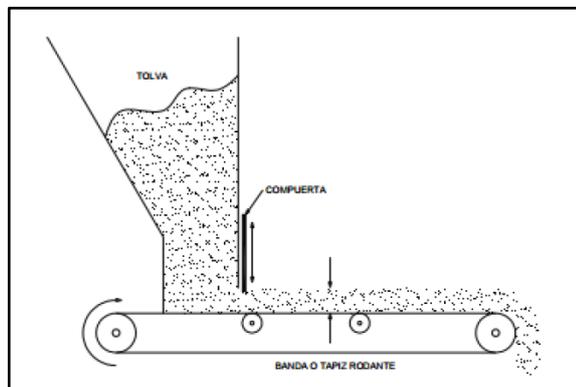


Figura 4: Dosificador de banda rodante.[8]

1.1.5.5. Dosificadores de pistón neumático

Este tipo de dosificadores se emplean principalmente en productos líquidos y semilíquidos. Consiste en uno o más cilindros en los cuales ingresa el volumen y mediante uno o más pistones el producto es desalojado del cilindro. Este tipo de dosificador es perfecto para productos líquidos densos o con alta viscosidad como el

jabón líquido, yogurt, grasa, tomates triturados, mermeladas, miel, etc. También se emplea para líquidos como el agua, jugos, refrescos, vinos, etc.[8]

El cilindro empleado generalmente es de un volumen fijo previamente determinado y se descarga la cantidad de veces que se requiera para completar la dosis requerida. El peso específico en relación con el volumen desplazado nos permite saber los cm^3 medidos. Un pistón simple y dos válvulas sirve perfectamente como actuador para el proceso de dosificación como se muestra en la figura 5.[8]

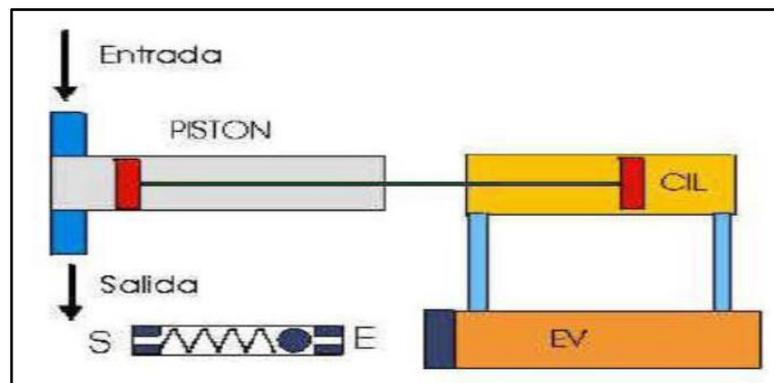


Figura 5: Dosificador de pistón neumático.[8]

Para este caso en particular un cilindro neumático es el encargado de empujar el pistón de dosificación. La electroválvula EV se encarga iniciar y detener el avance del cilindro. Las válvulas del dosificador cuentan con una pequeña bolilla empujada por un resorte. La función principal de este mecanismo es que al existir presión del líquido dentro del cilindro la misma se abre por esta presión dejando pasar la cantidad de líquido desde el cilindro.[8]

La dosificadora de pistón da paso a diferentes tipos de envasadoras que emplean principalmente esta configuración para desempeñar sus funciones de este modo tenemos la siguiente clasificación de las envasadoras que emplean este tipo de dosificadores.

- Envasadora lineal.
- Envasadora lineal por nivel.
- Envasadora lineal por volumen.
- Envasadora de baja capacidad.
- Envasadora de baja capacidad por nivel.
- Envasadora de baja capacidad por volumen.

1.1.6. Envasadora lineal

Las envasadoras de este tipo son maquinas que alcanzan velocidades de producción moderadas, son prácticas y no hace falta accesorios para realizar cambios en el formato de presentación del producto, muchas de estas operan de forma automática consiguiendo un proceso confiable y eficiente en términos de tiempo. Se emplean especialmente en plantas embotelladoras con capacidades de producción media.[9]

1.1.7. Envasadora lineal por nivel

Las envasadoras lineales de este tipo emplean un sistema de boquillas que ingresan y sellan los envases. La espuma y el exceso del producto generado en el primer envasado cae al reservorio y vuelven a circular por el sistema, esto ayuda a evitar grandes pérdidas de producto.[9]La principal característica de estas envasadoras es que cuentan con un sistema de transporte, el cual generalmente es una banda transportadora, en el cual las botellas se mueven y son coladas bajo las boquillas de llenado, todo el proceso es controlado mediante sensores que detectan a las botellas una vez ubicadas en el sitio correcto para su llenado; en la figura 6 se aprecia la distribución de este tipo de máquina.[9]



Figura 6: Envasadora lineal por nivel.[9]

1.1.8. Envasadora lineal por volumen

En este tipo de envasadora se emplea un pistón de carrera controlada, el pistón es el encargado de succionar el producto, luego es dirigido a una precámara, las cuales están diseñadas con los volúmenes requeridos los cuales son envasados en los recipientes

empleando boquillas; de este modo se logra envasar productos de alta y mediana viscosidad, un ejemplo de este tipo se puede apreciar en la figura 7.[9]

1.1.9. Envasadora de baja capacidad

Se las conoce con este nombre debido a que su capacidad de envasado por hora es reducida puesto que son manuales, además este tipo de envasadora se usan generalmente en microempresas ya que su nivel de producción es baja comparada con empresas de gran tamaño; de este modo estas microempresas mejoran su proceso productivo empleando equipos sencillos, pero económicos; un ejemplo común de este tipo de dosificador se puede apreciar en la figura 8.[9]



Figura 7: Envasadora lineal por volumen.[9]



Figura 8: Envasadora de baja capacidad.[10]

1.1.10. Envasadora de baja capacidad por nivel

Son equipos que principalmente manejan un solo volumen de envase [11], de acuerdo con [12] estas envasadoras trabajan con una pequeña bomba que se ubica en la parte inferior, la cual es capaz de presurizar las mangueras con líquido para el momento en el que se abran las válvulas se realice el llenado de los envases de manera rápida. Los envases se colocan debajo de las boquillas, luego estas se abren de manera manual dejando que el líquido llene los envases, una vez terminado el ciclo de llenado el operador se encarga de sellar el envase empleando un turbo neumático el cual realiza el proceso de tapado del producto, la cantidad de válvulas empleadas está en función de la cantidad de botellas que se desee envasar por hora.[12]

Los productos idóneos para este tipo de envasadora son:

- Bebidas.
- Salsas y aderezos.
- Agentes de limpieza en fase líquida.
- Productos industriales tales como solventes, tintas entre otros, siempre que posean una baja viscosidad.

En la figura 9 podemos apreciar una envasadora de este tipo.



Figura 9: Envasadora de baja capacidad por nivel.[9]

1.1.11. Envasadora de baja capacidad por volumen

Este tipo de envasadora por su constitución está diseñado para trabajar en pequeñas producciones de líquidos con viscosidades altas, medias o bajas que no sean espumosos. Su principio de funcionamiento se basa en un pistón de carrera controlada dentro de un cilindro que cuenta con el volumen requerido para la inyección del producto, en este caso el pistón se encarga de la succión del líquido desde el tanque de

almacenamiento, este líquido ingresa al cilindro con el volumen requerido que posteriormente es inyectado.[9] Este tipo de dosificador como el que tenemos en la figura 10 no cuenta con un sistema autónomo de accionamiento por lo que siempre debe contar con un operario, además el tiempo empleado en la tarea de envasado suele ser mayor a los demás tipos de envasadora ya que se llena un envase a la vez y el operario se encarga de cambiar de envases una vez terminado el ciclo de llenado.



Figura 10: Envasadora de baja capacidad por volumen.[13]

1.1.12. Neumática

La neumática se define como la ciencia que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido, este aire es empleado para poner en marcha sistemas mecánicos. En la actualidad la neumática se emplea ampliamente dentro de las grandes industrias, se ha vuelto tan indispensable como la propia electricidad que es fundamental en el día a día dentro de la industria.[14]

La neumática cuenta con varias ventajas, así también con algunas desventajas que son:

VENTAJAS

- Componentes de bajo costo.
- Diseño fácil.
- Implementación sencilla.
- Fácil absorción y presurización del aire.
- No posee propiedades explosivas.
- No genera contaminantes una vez liberado al ambiente.
- Cambios instantáneos de dirección.
- Se puede regular su flujo y velocidad al ingresar a los actuadores.[14]

DESVENTAJAS

- Al ser un gas pueden presentarse fugas.
- Requiere preparación.
- La presión máxima de trabajo es de 7 bares.
- Se requiere instalaciones especiales para poder recuperar el aire empleado en un proceso.
- En circuitos de grandes extensiones hay una alta posibilidad de tener pérdidas, por fugas o en los propios actuadores.[9]

1.1.13. Cilindro neumático

Estos actuadores se caracterizan por convertir la energía del aire comprimido en energía cinética y en fuerza. Como objetivo principal del cilindro es producir trabajo a partir de movimiento rectilíneo, esto se logra al acoplar un embolo o vástago de material rígido al cilindro, de este modo el mecanismo puede empujar elementos acoplados en su extremo o simplemente sujetarlos.[15]

La fuerza de empuje viene dada por la ecuación fundamental que relaciona la fuerza, presión y el área en la que se aplica, de este modo se tiene la ecuación 1.[15]

$$F = P * A \qquad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

F: Es la fuerza.

P: Es la presión manométrica.

A: El área del embolo o pistón.

Los cilindros se clasifican en varios tipos, entre los más importantes tenemos:

1.1.14. Cilindro neumático de simple efecto

Como su nombre lo indica, tiene como particularidad fundamental, que uno de sus movimientos están dados por el uso de aire comprimido, mientras que el otro se da gracias a un resorte que viene incorporado dentro del cilindro, este resorte generalmente viene colocado entre la tapa delantera y el pistón, o a su vez entre el pistón y la tapa posterior; el trabajo de este pistón solo es aprovechable en uno de estos dos sentidos, la fuerza que aplica el cilindro sería la resta de la fuerza total restada la fuerza de oposición del resorte, lo que supone una desventaja ya que parte de la fuerza

del pistón es usada para vencer la oposición del resorte, como se puede apreciar en la figura 11.[15]

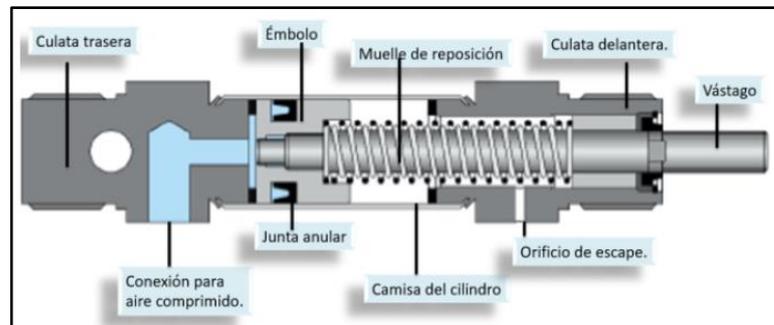


Figura 11: Cilindro neumático simple.[16]

1.1.15. Cilindro neumático de doble efecto

Este tipo de cilindro realiza el trabajo tanto en el avance como en el retroceso del vástago, gracias a la acción del aire comprimido. La constitución de este cilindro es exactamente la misma que el cilindro de simple efecto con sutiles diferencias en su arquitectura.[16]

La diferencia principal entre ambos cilindros es que, en lugar de tener un orificio de entrada del aire comprimido, este posee dos entradas para el ingreso del aire, de modo que el trabajo del vástago se realiza de ambos sentidos, en la figura 12 se muestra un esquema básico del cilindro neumático de doble efecto.[16]

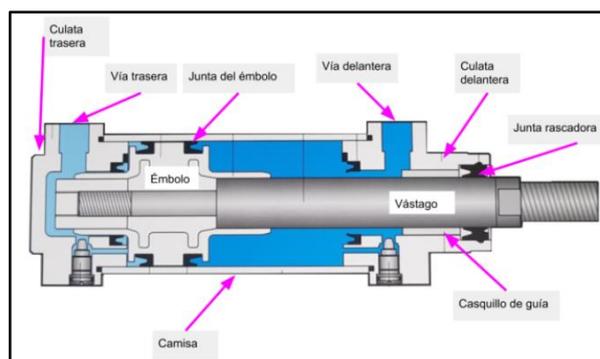


Figura 12: Cilindro neumático de doble efecto.[16]

1.1.16. Válvula check o válvula de retención

Las válvulas check son dispositivos generalmente usados para sistemas hidráulicos que permiten el flujo de líquidos en una sola dirección, es decir, previene el flujo en sentido contrario, aislando completamente la zona anterior de donde ahora están los fluidos.[17]

Las válvulas son sensibles al flujo de líquido y dependen de la corriente o presión del líquido. El disco interior permite el paso, lo que hace que la válvula se abra, posteriormente, el mismo disco se cierra evitando el paso de líquido, la figura 13 muestra un esquema de constitución de la válvula.[17]

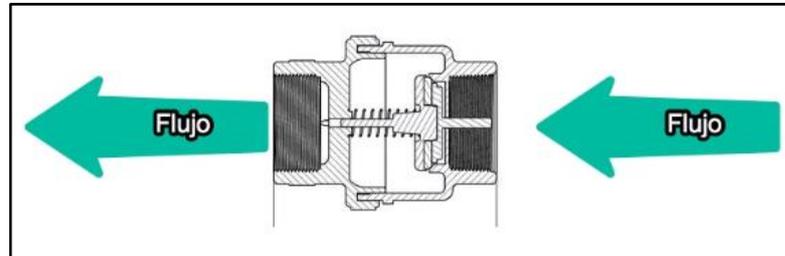


Figura 13: Válvula check.[17]

1.1.17. Manguera Tubing

De acuerdo con [18] las mangueras tubing o simplemente mangueras neumáticas, son el medio más popular para transportar aire comprimido dentro de los sistemas neumáticos, esta manguera es capaz de soportar la presión del aire y transportarlo a los diferentes actuadores del sistema. La manguera tubing es un elemento de gran importancia al transportar el aire comprimido, por tal motivo dentro del mercado la encontramos fabricada de varios materiales y diámetros.

Se sabe que el caudal está estrechamente asociado al área por la que pasa un fluido, de tal modo de acuerdo con [19] tenemos la siguiente relación.

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

Q es el caudal medido en (m³/s)

V es la velocidad medida en (m/s)

A el área transversal medida en (m²)

De modo que se puede relacionar el diámetro del elemento a la cantidad de caudal o flujo de aire que puede circular por él, de modo que se puede intuir que, a mayor caudal se tendrá un diámetro mayor; del mismo modo escoger el tipo de manguera es importante, de esto también dependerá el funcionamiento del sistema.[18]

Los materiales más empleados en la fabricación de las mangueras tubing son el poliuretano, nylon, teflón y polietileno; pero debido a sus características mecánicas, costos y beneficios el material principal empleado es el poliuretano, en la figura 14 podemos apreciar las mangueras en sus distintas presentaciones.

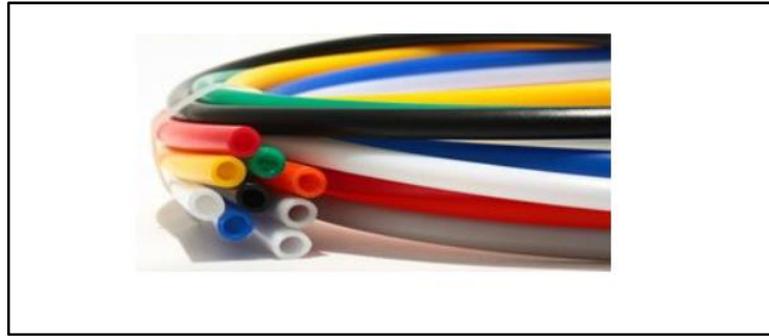


Figura 14: Mangueras Tubing.[20]

1.1.18. Unidad de mantenimiento

Los compresores al aspirar aire del ambiente, obligatoriamente este aire presentara cierta humedad y sus filtros de aspiración no pueden cambiar eso, ni eliminar en su totalidad las partículas contenidas en el aire de la atmosfera del lugar donde se sitúa el compresor. La vida útil y seguridad del compresor depende en buena parte del acondicionamiento del aire de aspiración.[21] El aire comprimido presenta suciedades como óxidos, polvo, agua, etc., las partículas liquidas en el aire, son las que causan deterioro en las instalaciones neumáticas y en sus componentes, lo que provoca desgaste exagerado y prematuro en las superficies en contacto, ejes, vástagos, juntas, reduciendo la duración de estos elementos dentro del compresor.[9] Durante las conexiones y desconexiones del compresor o compresores, se generan oscilaciones en la presión del aire, lo que impide un funcionamiento estable de la instalación o de los actuadores. Para evitar que esto suceda se recomienda emplear las unidades de mantenimiento neumático, la figura 15 nos muestra un ejemplo de una unidad de mantenimiento de la marca FESTO.[9]

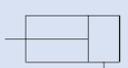
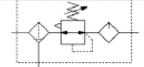
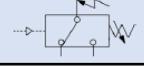
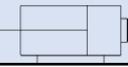


Figura 15: Unidad de mantenimiento FESTO.[21]

1.1.19. Simbología de los elementos neumáticos

En la tabla 1 se aprecia la simbología empleada para identificar a los elementos neumáticos, en ella podemos encontrar la simbología estandarizada y la descripción de cada uno de estos elementos.

Tabla 1: Simbología de elementos neumáticos.[22]

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Válvula de dos vías, cerrada posición normal		Cilindro de efecto simple, vástago simple, carrera de retroceso por fuerza externa
	Válvula de dos vías, abierta posición normal		Cilindro de doble efecto, vástago simple
	Válvula de 3 vías, cerrada posición normal		Cilindro de doble efecto vástago simple anti giro
	Válvula de 3 vías, abierta posición normal		Cilindro de simple efecto, vástago simple, carrera por resorte, carrera por retroceso por aire
	Unidad de mantenimiento		Cilindro de doble efecto con amortiguación ajustable en ambos extremos, vástago simple
	Combinación de filtro, regulador y lubricador		Combinación de filtro y regulador
	Presostato neumático		Cilindro de doble efecto, montaje muñón trasero, vástago simple

1.1.20. Materiales en contacto con productos de consumo humano

Estos materiales son aquellos que estarán en contacto de forma directa o indirecta con alimentos, productos farmacéuticos, cosméticos, productos de aseo e higiene personal, etc. Todos los materiales calificados para estar en contacto con productos destinados a consumo humano deben cumplir con la característica de que sus propiedades no deben transmitirse a los productos de modo que no sean dañinos para la salud del consumidor.[23]

1.1.21. Acero inoxidable

Los aceros inoxidables son una aleación compuesta de Hierro (Fe), Carbono (C), Cromo (Cr) y Níquel (Ni). El hierro es uno de los elementos base de todos los aceros inoxidables. Sin embargo, para que el hierro adquiriera la característica de ser inoxidable, los contenidos de cromo en la aleación deben ser al menos de un 11.5%. Adicionalmente se agregan otros elementos, de modo que estos aporten otras propiedades, generalmente se emplean casi nueve veces más hierro que cromo, de tal

modo que el cromo es un elemento muy importante en la aleación, tanto en los aceros inoxidable de la serie 300 como en los de la serie 400, donde las propiedades anticorrosión son de gran importancia.[24] De acuerdo con la composición de los elementos aleantes mencionados anteriormente y de las aplicaciones generales de los aceros inoxidable tenemos la siguiente tabla:

Tabla 2: Designaciones, composiciones, propiedades mecánicas y aplicaciones de los aceros inoxidable.[25]

Número AISI	Número UNS	C	Composición (% en peso) ^a			Condiciones ^b	Propiedades mecánicas			Aplicaciones más corrientes
			Cr	Ni	Otros		Resistencia a la tracción [psi × 10 ³ (MPa)]	Límite elástico [psi × 10 ³ (MPa)]	Ductilidad (% EL en 2 pulg.)	
Ferrítico										
409	S40900	0,08	11		1,0 Mn,	Recocido	65(448)	35(240)	25	Tubos de escape Válvulas (alta temperatura), moldes para vidrio
446	S44600	0,20	25		0,75 Ti 1,5 Mn	Recocido	80(552)	50(345)	20	
Austenítico										
304	S30400	0,08	19	9	2,0 Mn	Recocido	85(586)	35(240)	55	Industria alimentaria Estructuras soldadas
316L	S31603	0,03	17	12	2,0 Mn, 2,5 Mo	Recocido	80(552)	35(240)	50	
Martensítico										
410	S41000	0,15	12,5		1,0 Mn	Recocido Q y T	70(483)	40(275)	30	Cañones de rifles Cuchillería, instrumental quirúrgico
440A	S44002	0,70	17		1,0 Mn, 0,75 Mo	Recocido Q y T	140(965)	100(690)	23	
							105(724)	60(414)	20	
							260(1790)	240(1655)	5	
Precipitación										
17-7PH	S17700	0,09	17	7	1,0 Mn, 1,0 Al	Solución tratada Precipitación	130(897) 215(1480)	40(275) 195(1345)	35 9	Cuchillos, muelles

^a La composición se completa con hierro.
^b Q y T significan templado y revenido.

Todos los aceros inoxidable mencionados son fácilmente soldables empleando los procesos normales de soldadura, no obstante, difieren en los tratamientos térmicos de pre-soldadura y post-soldadura. Para los aceros inoxidable austeníticos (serie 300), con excepción de los grados de maquinado libre, son muchos más soldables que los ferríticos-martensíticos. Esto se debe a que el coeficiente de dilatación térmica del acero inoxidable austenítico es aproximadamente un 50% mayor que el acero al carbono, el inconveniente de estos aceros es que pueden presentar algunos problemas de deformación, por tal motivo se debe implementar prácticas de soldadura para

controlar la deformación, en la tabla 3 se detalla la soldabilidad de estos materiales.[26]

Tabla 3: Soldabilidad de los aceros inoxidable AISI.[26]

		SOLDABILIDAD			
		Arco	Gas		
Austeníticos	301	1	2	1	Acero inoxidable de uso general que se trabaja con facilidad. Se fabrica fácilmente, para aplicaciones decorativas o resistentes a la corrosión.
	302	1	3	1	
	304, 304LC	1	3	1	Acero inoxidable para servicio general que se trabaja con facilidad.
	308	1	3	1	Se usa cuando se requiere mejor resistencia a la corrosión que la del acero 18-8.
	309	1	3	1	Alta resistencia a la formación de escamas, y buena resistencia a altas temperaturas.
	310	1	3	1	Más cromo y níquel para mayor resistencia a la formación de escamas en alto calor.
	316, 316LC	1	2	1	Excelente resistencia a la corrosión química.
	317	1	2	1	Mayor contenido de aleación que el 316, para una mejor resistencia a la corrosión.
	321	1	2	1	Estabilizado al titanio para impedir la precipitación del carburo.
	347	1	2	1	Estabilizado al columbio para impedir la precipitación del carburo.
Martensíticos	403	2	2	2	Se usa para álabes de turbina forjados.
	410	2	3	2	Uso general, bajo precio, tratable térmicamente.
	414	2	3	2	Se ha agregado níquel, para hojas de cuchillo, resortes.
	416	4	3	4	De maquinado libre.
	420	2	3	2	De más alto contenido de carbono para cuchillería e instrumentos de cirugía.
	431	2	2	2	Propiedades mecánicas altas.
	440 ^a	5	3	4	Para instrumentos, cuchillería, válvulas.
	440B	5	3	4	Con mayor contenido de carbono que el 440A.
	440C	5	3	4	Con mayor contenido de carbono que el 440A o
	501	2	3	2	B para alta dureza.
502	2	3	2	Menor resistencia a la corrosión que los tipos al cromo-níquel.	
	405	2	3	2	No templable cuando se enfría al aire desde

En la tabla 4 se enlista las características más destacadas de los diferentes aceros inoxidables que podemos encontrar comercialmente.

Tabla 4: Características generales de los aceros inoxidable.[27]

Propiedad	Austeníticos		Ferríticos	Martensíticos
Designación comercial	Serie 200 Serie 300	Cr, Ni, Mn Cr, Ni	Serie 400 Cr	Serie 400 Cr, C
Endurecimiento	Por deformación en frío, pasando su estructura metalográfica a contener martensita. No se endurecen por tratamiento térmico.		No son tratables térmicamente y endurecen poco por deformación.	Por tratamiento térmico llegando sobre 1000 °C (austenita). Tiene buena templabilidad incluso en el aire.
Magnetismo	No son magnéticos en estado recocido. Después de endurecidos se vuelven magnéticos		Sí	Sí
Resistencia a la corrosión	Excelente, mejor que la de los ferríticos y martensíticos a altas temperaturas. Esta resistencia es superior a la de otros tipos de aceros inoxidables, debido a que el Ni actúa como estabilizante de la capa protectora de óxido.		Buena en estado de recocido.	Buena hasta 500°C.
Ventajas	Tienen mayor tenacidad que los ferríticos debido a mayor plasticidad por la estructura cúbica centrada en la cara, y su ductilidad los hace más idóneos para aplicar procesos de soldadura.		Resisten la corrosión inducida por cloruros, pitting, corrosión bajo tensión (cloruro a alta temperatura), por ácidos orgánicos, en medios cáusticos, para la producción de la urea. Aumentan sus propiedades mecánicas mediante elementos intersticiales como Carbono y Nitrógeno.	Mayor dureza y son utilizados para herramientas, cuchillería, etc.
Soldabilidad	Excelente		Buena. Soldadura frágil por problema de crecimiento de grano (no se puede dar un tratamiento térmico de recristalización).	Buena. Soldadura frágil, tiende a la fisuración. Necesita precalentamiento (200-300 °C) y postcalentamiento de revenido (600°C-750°C).
Temperatura de uso	Temperaturas criogénicas y elevadas hasta aproximadamente los 925°C pero con riesgo de sensibilización.		A 400 y 530 °C de exposición se fragilizan.	Luego de realizado el temple es necesario un revenido a 600°C.

<p>Aplicación</p>	<p>Industria química, farmacéutica, aeronáutica, naval, alimenticia, petroquímica y de transporte.</p> <p>Recipientes y cañerías.</p>	<p>Resistencia mecánica 50% mayor que los aceros al carbono.</p> <p>Utensilios de industria química (405, 430, 446).</p> <p>Intercambiadores de calor, plantas de procesamiento de petróleo o gas natural.</p>	<p>Álabes de turbinas (410, 416). Herramientas quirúrgicas, cojinetes, válvulas (440), equipo químico, aplicaciones aeronáuticas.</p>
<p>Estructura metalográfica</p>	<p>Austeníticos</p>	<p>Formada por austenita en estado recocido. La adición mínima de 8% de Níquel transforma el acero inoxidable en austenítico por ser un estabilizador de esta fase del hierro.</p> <p>La austenita o hierro γ tiene un sistema de cristalización cúbico centrado en la cara y existe cuando el material se halla entre 910 y 1400°C no sufre transformaciones de fase.²</p>	
<p>Ferríticos</p>	<p>Hasta los 911° C el Hierro cristaliza en una estructura cúbica centrada en el cuerpo, denominada ferrita o hierro α. El Cr es formador de Ferrita. Debe limitarse el % C hasta 0,1 para evitar ser martensíticos.</p>		
<p>Martensíticos</p>	<p>La martensita es un micro constituyente de los aceros templados que se forma por enfriamiento rápido desde la fase austenítica. Se puede obtener martensita enfriando a temperatura ambiente. Esta estructura sobresaturada de Carbono en Hierro α se forma en condiciones de no equilibrio.</p> <p>Tienen el mayor contenido de C (0,1% hasta 1%) que los otros aceros y a medida que incrementa el C tiende a cambiar su estructura cristalina de BCC a tetragonal centrada en el cuerpo.</p> <p>Si se desea templarlos es necesario un revenido de alivio de esfuerzos a 600°C, lo que confiere un endurecimiento adicional.</p>		
<p>Conformabilidad</p>	<p>Austeníticos</p>	<p>Excelente</p> <p>La estructura cristalina FCC tiene un alto grado de plasticidad y esto implica que la fase austenítica transmita su tenacidad, reducción en área, y excelente resistencia al impacto aun a bajas temperaturas.</p>	
<p>Ferríticos</p>	<p>Muy Bueno</p> <p>Es un material dúctil y maleable responsable de la buena forjabilidad de las aleaciones con bajo contenido en Carbono y es ferromagnético hasta los 770 °C (temperatura de Curie a la que pierde dicha cualidad). La ferrita puede disolver muy pequeñas cantidades de Carbono. Reducciones (85% antes del recocido de recristalización) durante el laminado en frío es una variable en el control de la deformabilidad.</p>		
<p>Martensíticos</p>	<p>Bajo</p> <p>Alto contenido de Carbono convierte frágil a la estructura, la estructura martensítica después de la cementita es el constituyente más duro de los aceros.</p>		

1.1.22. Principio del proceso TIG

Este método de suelda emplea un electrodo refractario bajo una atmosfera de gas inerte. Este método puede usarse con o sin metal de aportación. El gas empleado, generalmente argón, aísla el punto de suelda de la atmosfera exterior evitando así su contaminación. El arco eléctrico se establece entre un electrodo de tungsteno no consumible y la pieza a soldar. Del mismo modo el gas envuelve al electrodo lo que evita que este se oxide.[28]

El material empleado para la fabricación del electrodo se utiliza tungsteno. Es un metal escaso en la tierra que normalmente se encuentra en forma de oxido o sales en ciertos minerales. Es de un color gris acerado, duro y denso, es el metal con el punto de fusión más elevado y el punto de ebullición más elevado de todos los elementos conocidos, estas características son las que lo hacen idóneo para las puntas no consumibles para las sueldas TIG.[28]

En la figura 16 se aprecia cómo funciona la soldadura TIG.

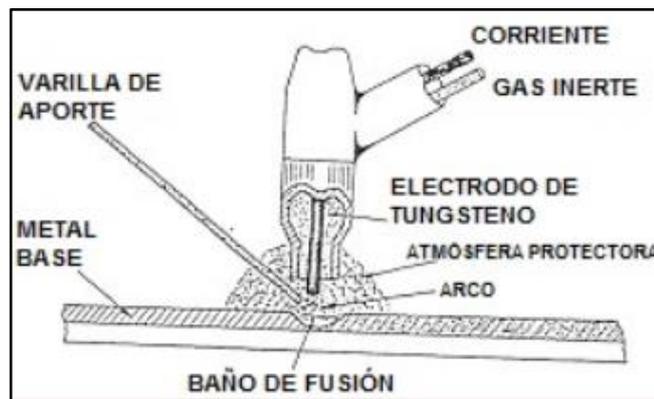


Figura 16: Diagrama de método TIG.[28]

Parámetros de la soldadura TIG

- **Fuente de calor:** se realiza por medio del arco eléctrico.
- **Tipo de electrodo:** electrodo de tungsteno no consumible.
- **Protección:** gas inerte, helio, argón, argón-helio, argón-hidrogeno.
- **Aporte:** se emplean varillas que generalmente son de la misma composición que el material base.
- **Proceso:** suele realizarse de manera manual, pero existe también configuraciones autónomas y semiautomáticos.
- **Aplicación:** se puede aplicar a una amplia gama de metales.[28]

1.1.23. Equipo de soldadura

Circuito de soldadura. Está compuesto principalmente por los siguientes elementos (figura 17):

- Generador de corriente.
- Soplete porta electrodo de tungsteno con haz de cables.
- Varilla de material de aporte.
- Bomba de gas con circuito de presión.
- Pinza con cable de masa.
- Grupo de enfriamiento por agua.



Figura 17: Circuito de soldadura.[29]

Ventajas del proceso

- Se puede emplear para unir la mayoría de los metales.
- Produce un arco estable.
- Es un proceso adaptable, puede ser manual o automatizado para fabricación en serie.
- Es un proceso que no genera escoria.
- Puede realizar cordones lisos y regulares.
- Puede o no emplear materiales de aporte.
- Puede usarse en todo tipo de unión y posición.
- El proceso puede ser utilizado con corriente continua o con corriente alterna.[29]

En la tabla 5 se muestran las características de la soldadura TIG con las dos alternativas de corriente.[30]

Tabla 5: Características de la suelda TIG con diferentes corrientes.[30]

Tipo de corriente	Corriente continua		Corriente alterna
	Directa	Inversa	
Polaridad			
Flujo de electrones e iones			
Aspecto de la penetración			
Acción decapante	No	Si	Si. Una vez durante el semiciclo positivo.
Balance calórico (aproximado)	70% en la pieza 30% en el electrodo	30% en la pieza 70% en el electrodo	50% en la pieza 50% en el electrodo
Penetración	Profunda y estrecha	Ancha y menos profunda	Media
Comportamiento del electrodo	Excelente Ej. 400 A; 3,2 mm	Pobre Ej. 30 A; 3,2 mm	Buena Ej. 225 A; 3,2 mm

1.1.24. Densidad del producto a dosificar

La densidad es un término empleado tanto en la física como en la química y se entiende como la relación que existe entre la masa de una sustancia y su volumen. Es una propiedad intrínseca de la materia, esta no depende de la cantidad de sustancia.[31]

Esta propiedad se expresa habitualmente en kg/m^3 o g/cm^3 , varía en mayor o menor medida todo esto en función de la presión y la temperatura, también se ve sujeto a los cambios de estado de la sustancia. En el caso de los gases, debido a la baja cohesión entre sus partículas, los gases presentan una menor densidad que los líquidos y del mismo modo los líquidos presentan menor densidad que los sólidos.[31]

La densidad se puede definir de varias formas:

- **Densidad absoluta.** Es la ecuación fundamental que relaciona la masa y el volumen de una sustancia.[31]

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

ρ : es la letra griega rho, que representa a la densidad.

m : es la masa de la sustancia.

v : es el volumen de la misma sustancia.

- **Densidad relativa.** Es la relación entre la densidad de una sustancia y la densidad de otra sustancia completamente diferente.[31]

$$\rho_{rel} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

ρ_1 es la densidad de la primera sustancia.

ρ_2 es la densidad de la segunda sustancia.

1.1.25. Densidad y viscosidad del jabón líquido

El jabón líquido es un producto de uso doméstico corriente, tiene varias presentaciones en función del uso para el que fue fabricado, principalmente se usa para lavar platos, fregar suelos, lavar ropa, bañarse o lavarse las manos. Los médicos suelen emplearlo para eliminar gérmenes en heridas infectadas.[32]

El jabón líquido es una base con grasa. El jabón empleado para el baño solo se diferencia del detergente para lavar la ropa en ciertas propiedades químicas. Sin embargo, una propiedad que todos comparten son los tensioactivos. Los tensioactivos en realidad son moléculas que se adhieren a la suciedad de un material. Las moléculas tensioactivas retienen la suciedad en el agua hasta que estas se aclaran.[32]

De acuerdo con [33] los jabones líquidos se encuentran en una viscosidad aproximada de entre 1000 cP y 5000 cP este valor puede cambiar de acuerdo a los ingredientes sumados a su composición final, para el jabón con el que se trabaja su viscosidad es de 1996 cP obtenidos de forma experimental como se aprecia en el anexo 7.

El producto para envasar en cuestión tiene como base grasa aceite de cocina por lo que podemos partir como primera instancia para sus propiedades físicas la densidad del propio aceite de cocina, para este caso la densidad del aceite de palma es de 932kg/m^3 y su viscosidad en promedio es de 70 mPas.

1.1.26. Características del jabón líquido artesanal

La Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología bajo la dirección de la Unidad de Vinculación con la Sociedad han diseñado un método de refinamiento de jabón a partir del reciclado de aceite vegetal quemado, dando como resultado la obtención de jabón sólido y líquido, el aceite debe pasar una serie de pasos y procesos previos antes de poder ser convertido en jabón para su posterior dosificado.

Primer proceso: En la figura 18 el jabón líquido se desarrolla a partir de aceite vegetal quemado, por lo que se parte de la desodorización del aceite usado. Este proceso químico permite remover compuestos de humedad, color y mal olor presentes en el aceite, estos repercuten en sus propiedades organolépticas. Este proceso permite tener como resultado un aceite de mejores características.[34]



Figura 18: Proceso de desodorización del aceite quemado.[34]

Segundo proceso: Una vez refinado el aceite se procede a la elaboración del jabón que se da a partir de una reacción química denominada saponificación. La saponificación involucra una serie de procesos los cuales inician con la disociación de las grasas en un medio alcalino, lo que permite la separación de la glicerina y ácidos grasos. El medio alcalino usado suele ser bases fuertes como el hidróxido de sodio (sosa) o hidróxido de potasio (potasa) (figura 19).[34]

El medio empleado en este caso es el hidróxido de sodio que es un compuesto químico, solido blanco cristalino, corrosivo e incoloro, el cual, al interactuar con el agua, para el caso del hidróxido actúa como ácido, este se neutraliza y libera energía como calor y vapores tóxicos al ambiente, en la figura 20 se aprecia el proceso de mezcla del componente.[34]



Figura 19: Pesaje del hidróxido de sodio.[34]



Figura 20: Mezcla del hidróxido de sodio con el aceite filtrado.[34]

Tercer proceso: Una vez que se han dissociado las grasas con el medio alcalino induciendo la separación de la glicerina y ácidos grasos, los ácidos grasos se agrupan inmediatamente con las moléculas del medio alcalino, formando sales sódicas o potásicas dependiendo del tipo de medio empleado, a este nuevo compuesto comúnmente se le conoce como jabón (figura 21).[34]



Figura 21: Obtención de la pasta jabonosa.[34]

Cuarto proceso: Una vez obtenida la pasta jabonosa se deja reposar durante una noche, posteriormente se mide el pH del producto obtenido, tomando una pequeña cantidad de pasta y mojándola con agua destilada para así medir con mayor facilidad empleando una banda de pH, el producto debe estar en un rango de pH de 8 a 9, en la figura 22 se aprecia el procedimiento de medición de pH.[34]



Figura 22: Medición de pH del producto.[34]

Quinto proceso: Una vez obtenido el pH adecuado se procede a diluir la pasta a baño maría a fuego bajo, una vez derretida la pasta se añade el agua destilada en una relación de 1:1,7 (1 masa de jabón por 1,7 de agua) para el proceso descrito se añadió 560ml de agua destilada para 320g de masa. Posteriormente se añadió 50ml de alcohol industrial a la mezcla.[34]

Sexto proceso: Una vez terminada la mezcla se retira del baño maría y se deja reposar durante toda la noche, cubierto y en un lugar oscuro. Pasado el tiempo de reposo se procede a medir el pH empleando la misma metodología descrita anteriormente. Adicionalmente para culminar se adicionan 10g de ácido cítrico, 10ml de vitamina E y fragancia. Finalmente se vierte e; jabón en los embaces (figura 23).[34]



Figura 23: Jabón líquido embotellado.[34]

En la tabla 6 se muestran las características de los jabones líquidos obtenidos durante el proceso.

1.2.Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Diseño y construcción de una dosificadora de jabón líquido para adultos de la tercera edad.

1.2.2. Objetivos específicos

- **Determinar parámetros de diseño.**

En este objetivo nos basaremos en toda la bibliografía requerida para el diseño del equipo, como la respectiva revisión de normas y métodos para la construcción del equipo. El análisis del producto y el método de dosificación más adecuado en función del producto y el volumen de la producción.

- **Diseño de máquina dosificadora para adultos mayores.**

Después de la revisión de normas, bibliografía y haber seleccionado el método de inyección adecuado, se comenzará con el análisis ergonómico del equipo, parámetros

óptimos para la dosificación para cumplir con el requerimiento. El diseño de las piezas para la dosificadora empleando Software de diseño CAD y posteriormente los planos constitutivos del equipo.

- **Construcción de la maquina dosificadora.**

Una vez hecho los planos se procede a la construcción del equipo, el maquinado de las piezas necesarias de modo que se logre cumplir el objetivo, empleando materiales que cumplan las normas para la ejecución de la tarea de dosificado, el montaje del sistema neumático y su posterior calibración.

- **Pruebas de funcionamiento y propuesta de mejoramiento.**

Finalizadas las fases anteriores de la investigación, definidos los parámetros, cálculos, diseño, construcción y montaje del sistema neumático y mecánico de la dosificadora; se debe realizar las pruebas de funcionamiento para establecer los parámetros de llenado, tiempo de carga y descarga, verificación de funcionamiento y posibles aspectos a tomar en cuenta para el mejoramiento.

Tabla 6: Características de los jabones líquidos obtenidos.[34]

TIPO	Modelo	Descripción	pH	Color	Olor	Evidencia
Jabón Líquido de tocador	M1	Sin aditivos adicionales	7-8	Amarillo-Transparente	Manzanilla	
	M2	Vitamina C	7-8	Marrón-transparente	Romero	
	M3	Vitamina E	8-9	Blanco	Manzanilla	
	M4	Carbón activado	8	Gris	Sin olor	

CAPITULO II

2. Metodología

2.1. Recursos humanos

- Tutor: Ing. Mg. Oscar Analuiza.
- Ejecutor del proyecto: Henry Gabriel Amores Bastidas

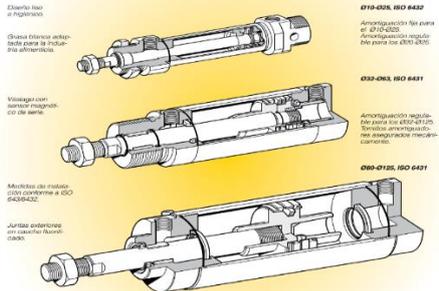
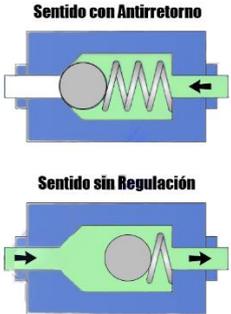
2.1.1. Recursos institucionales

- Suelda TIG
- Amoladora
- Taladro
- Entenalla
- Herramientas de mano
- Flexometro 7m
- Calibrador pie de rey
- Pernos
- Plancha de acero inoxidable AISI 304 espesor 3mm
- Esmeril
- Tuercas

2.1.2. Materiales de construcción

A continuación, en la tabla 6 se muestran los materiales y elementos a ser empleados en la construcción del equipo, se detallan las características más importantes de cada uno, además de posteriormente mediante el dimensionamiento del equipo verificar mediante los catálogos del fabricante si los elementos cumplen los requerimientos solicitados.

Tabla 7: Materiales a ser empleados.

Nº	Elemento	Característica técnica	Imagen
1	Cilindro neumático de doble efecto	Normativa: ISO 6432 y 6431. Diámetro: 10 - 125 mm. Presión máxima: 10bar. Material: Acero inoxidable AISI 304.	 <p>Figura 24: Cilindros neumáticos de doble efecto de acero inoxidable.[35]</p>
2	Regulador de caudal 1/4" y 1/8" a M8	Material: Acero Inoxidable, Aluminio o Plástico. Caudal: 0 a 3300 l/min. Estrangulación en ambos sentidos. Salida paralela.	 <p>Figura 25: Válvula de estrangulamiento de acero inoxidable.[36]</p>
3	Válvula antirretorno o válvula check	Material: Acero inoxidable, Aluminio, Plástico, Acero galvanizado. Caudal: 5 a 200 l/min. Paso en un solo sentido.	 <p>Figura 26: Diagrama de funcionamiento de la válvula antirretorno.[37]</p>

4	Válvula de impulsos neumáticos distribuidora de 5/2 vías	Material: Aluminio, Acero inoxidable. Posiciones: 2 Presión máxima: 15 bar. Accionamiento: Neumático.	 <p>Figura 27: Válvula distribuidora de 5/2 vías.[38]</p>
5	Válvula de 3/2 vías normalmente cerrada	Material: Aluminio, Acero inoxidable, Plástico. Posiciones: 2 Presión máxima: 15 bar. Accionamiento: Mecánico, neumático, electrónico.	 <p>Figura 28: Diferentes tipos de válvulas 3/2 vías normalmente cerradas.[39]</p>
6	Válvula fin de carrera 3/2 vías normalmente cerrada de accionamiento mecánico	Material: Aluminio, Acero inoxidable. Posiciones: 2. Presión máxima: 15 bar. Accionamiento: Mecánico.	 <p>Figura 29: Fin de carrera mecánico con rodillo de contacto.[40]</p>
7	Válvula neumática de accionamiento mecánico con enclavamiento 3/2 vías (Pulsador Marcha y Paro)	Material: Aluminio, Acero inoxidable. Posiciones: 2. Presión máxima: 15 bar. Accionamiento: Mecánico.	 <p>Figura 30: Marcha y Paro neumático.[41]</p>

8	Unidad de mantenimiento	Material: Aluminio, Acero inoxidable, Plástico Lubricación por goteo. Presión máxima: 15 bar. Filtración de humedad.	 <p>Figura 31:Unidad de mantenimiento FESTO.[21]</p>
9	Ruedas 2" con freno	Material: Aluminio, Acero inoxidable, Plástico duro. Rodamiento de lubricación sellado. Carga máxima: 70 kg Freno de pedal.	 <p>Figura 32: Rueda de acero inoxidable con freno.[42]</p>

2.2. Métodos

Para el presente proyecto se abordará varias fases, en base a investigaciones previas y recientes realizadas por la Unidad de Vinculación con la Sociedad de la Universidad Técnica de Ambato en conjunto con la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología, se ejecutará todos los pasos requeridos. En la figura 33 nos muestra brevemente el procedimiento global dentro del marco de ejecución del presente proyecto.

2.2.1. Modalidad de investigación

- **Bibliográfica**

Para este proyecto se emplea la modalidad bibliográfica, ya que se usan diferentes investigaciones referentes al tema, libros de Ingeniería Mecánica, documentos de sitios web, fichas técnicas, normativas y folletos, que permiten aportar con los conocimientos requeridos para el desarrollo del proyecto, de modo que tanto el método adecuado de dosificado, materiales y elementos se seleccionaron siguiendo las recomendaciones y cumpliendo con las normativas.

- **De campo**

Al tratarse de un proyecto técnico desarrollado a partir de una investigación previa realizada en la Unidad de Vinculación con la Sociedad para la Asociación de Personas de la Tercera Edad San Antonio de Quisapincha de la provincia de Tungurahua, es pertinente la recolección de información respecto a la producción de jabón dentro de asociación, además de la recolección de datos necesarios para el posterior estudio ergonómico para el desarrollo de este proyecto.

- **Experimental**

El proyecto también posee una metodología de carácter experimental, dado que una vez ensamblado el equipo se procederá a la comprobación de su funcionamiento, realizando un análisis experimental para obtener los parámetros óptimos de funcionamiento, permitiendo obtener las mejores condiciones de trabajo.

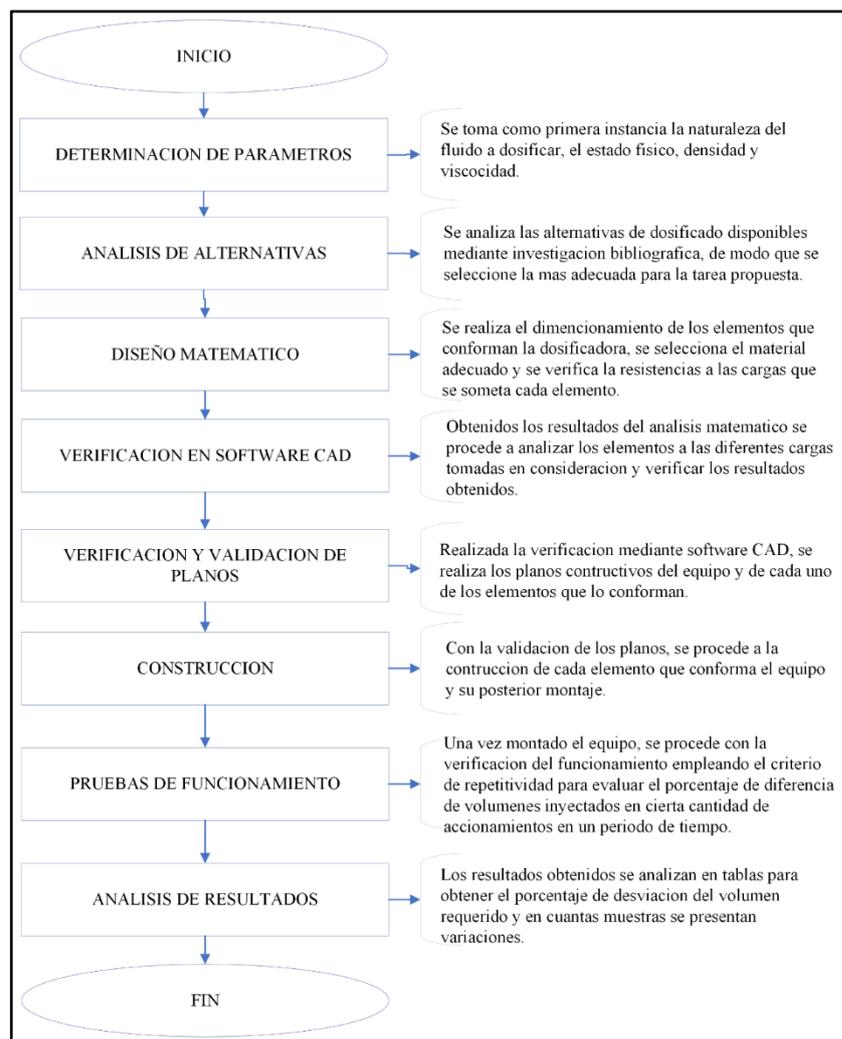


Figura 33: Diagrama de flujo del procedimiento global.

2.2.2. Tipo de investigación

- **Exploratoria**

Para el desarrollo de este proyecto se toma en cuenta un enfoque exploratorio, como se mencionó anteriormente la bibliografía nos muestra las diversas maneras de dosificar los productos dentro de la industria, sin embargo en todos los métodos se parte de la naturaleza del producto a ser envasado para deducir un método de dosificado óptimo, posteriormente se toma en cuenta los volúmenes de envasado y la presentación de dicho producto; toda la investigación previa nos da lo necesario para el correcto desarrollo del trabajo planteado.

- **Descriptiva**

Se detalla los pasos a seguir durante el desarrollo del proyecto, para cumplir con los objetivos propuestos, los problemas que se presenten y las soluciones que se den a dichos problemas durante el estudio del sistema de dosificado para satisfacer la necesidad de la asociación.

- **Explicativa**

Se dará explicación de todos los aspectos fundamentales empleados sobre el dosificador de jabón líquido, de modo que se pueda socializar el conocimiento adquirido de modo que este sea comprendido por las personas interesadas en conocer el método de dosificado empleado en este proyecto.

2.2.3. Programas de diseño

Tabla 8: Software de diseño.

No	Software	Descripción
1	AutoCAD	Es un programa usado generalmente para la realización de bocetos, dibujos, planos, estructuras y piezas que deben cumplir con ciertos parámetros, da la posibilidad de editar las dimensiones de los bocetos.[43]
2	SolidWorks	SolidWorks es un software CAD de automatización de diseño mecánico que permite a los diseñadores croquizar ideas con rapidez, experimentar con diferentes operaciones y cotas, además de permitir producir modelos y dibujos detallados.[44]

3	ANSYS	Actualmente el software de simulación CAE multifísico y simulación por elemento finito FEA líder en el mundo. Permite la resolución del análisis de diferentes elementos en condiciones diferentes, puede analizarse un mismo elemento o equipo bajo varias condiciones físicas o una mezcla de ellas.[45]
4	ANSYS-FLEUNT	Es una de las numerosas herramientas con las que cuenta el software ANSYS, esta potente herramienta de CFD (dinámica de fluidos computacional) permite analizar el comportamiento de diferentes tipos de fluidos bajo diferentes condiciones, a través de diferentes materiales y varias condiciones.[46]
5	FluidSIM	Es te software de simulación está diseñado para la realización de esquemas para neumática, hidráulica e ingeniería eléctrica.[47]

2.2.4. Análisis de alternativas de dosificado

Las alternativas que se toman en cuenta para este caso debido a la naturaleza del fluido son tres:

- Sistema de envasado manual.
- Sistema de dosificado volumétrico lineal.
- Sistema de dosificado rotativo.

De estos se saca las características más importantes, al igual que sus ventajas y desventajas a continuación.

2.2.5. Envasado manual

En la tabla 9 se detalla las características del envasado manual.

Tabla 9: Características generales del envasado manual.[48]

SISTEMA DE ENVASADO MANUAL	
Características generales	
SISTEMA	Manual
MATERIAL	N/A

PRESIÓN DE AIRE	N/A
TIPO DE CONTROL	-Pulso del operario. -Patrones de medición visual
VELOCIDAD DE LLENADO	2 - 4 envases/minuto
PRECISIÓN	± 5%
VOLUMEN DE TRABAJO	100 - 500 ml
ALIMENTACIÓN	-Tanque de almacenamiento.
VENTAJAS	-Ocupa poco espacio. -Se envasan varios volúmenes. -No requiere mantenimiento. -Ideal para procesos artesanales. -Poco consumo de energía. -Requiere baja inversión.
DESVENTAJAS	-Baja precisión de llenado. -Tiempo de llenado elevado.

2.2.6. Sistema de dosificación volumétrico lineal

En la tabla 10 se saca a detalle las características del sistema de dosificado lineal.

Tabla 10: Características del sistema de dosificado volumétrico.[48]

SISTEMA DE DOSIFICADO VOLUMÉTRICO LINEAL	
Características generales	
SISTEMA	Neumático
MATERIAL	Acero inoxidable 304, 316L
PRESIÓN DE AIRE	0,4 - 0,6 Mpa
TIPO DE CONTROL	-Sistema semiautomático. -Finales de carrera. -Pulsador marcha y paro.
VELOCIDAD DE LLENADO	2 - 10 envases/minuto
PRECISIÓN	± 2%

VOLUMEN DE TRABAJO	100 - 5000 ml
ALIMENTACIÓN	-Tanque de almacenamiento. -Tolva. -Banda transportadora. -Bomba.
VENTAJAS	-Ocupa poco espacio. -Variedad de volúmenes de dosificado. -Volumen de dosificado ajustable. -Fácil mantenimiento. -Bajo consumo de energía. -Baja inversión inicial. -Llenado preciso. -Se puede dosificar productos de alta viscosidad.
DESVENTAJAS	-Se requiere mínimo dos operarios.

2.2.7. Sistema de dosificado rotativo

En la tabla 11 se detalla las características del sistema de dosificado rotativo.

Tabla 11: Características del sistema de dosificado rotativo.[48]

SISTEMA DE DOSIFICADO ROTATIVO	
Características generales	
SISTEMA	Neumático
MATERIAL	Acero inoxidable 304, 316L
PRESIÓN DE AIRE	0,4 - 0,6 Mpa
TIPO DE CONTROL	-Sistema automático. -Uso de sensores de proximidad. -PLC. -Pantalla de comando.
VELOCIDAD DE LLENADO	10 - 20 envases/minuto
PRECISIÓN	< 1%
VOLUMEN DE TRABAJO	100 - 5000 ml

ALIMENTACIÓN	-Contador de unidades. -Tolva. -Posicionador de envase. -Banda transportadora.
VENTAJAS	-Alta eficiencia. -Elevada velocidad y precisión de trabajo. -Solo se requiere de un operario.
DESVENTAJAS	-Alto consumo de energía. -Se requiere de mayor disponibilidad de espacio. -Mantenimiento complejo y costoso. -Se requiere de una elevada inversión inicial.

2.2.8. Selección del sistema de dosificado adecuado

Para la selección del proceso de dosificado que mejor se adapte a las necesidades, a la naturaleza del producto y a las capacidades físicas de los operarios se ha desglosado las variables dependientes e independientes en el flujograma de la figura 34.

2.2.9. Desarrollo del proyecto

En los siguientes apartados daremos inicio al desarrollo del proyecto, una vez recopilada la información requerida junto con los antecedentes investigativos podemos iniciar a diseñar el equipo.

2.2.10. Parámetros de diseño

Para el dosificador debemos tomar en cuenta los diferentes tipos de esfuerzos a los que se verán sujetos los elementos que van a conformar las partes principales del equipo, varios elementos deberán cumplir con un factor de seguridad al ser sometidos a las diferentes cargas al momento de ser calculadas, de modo que en el siguiente diagrama de la figura 35 se toma en cuenta los parámetros principales a tomar en cuenta.

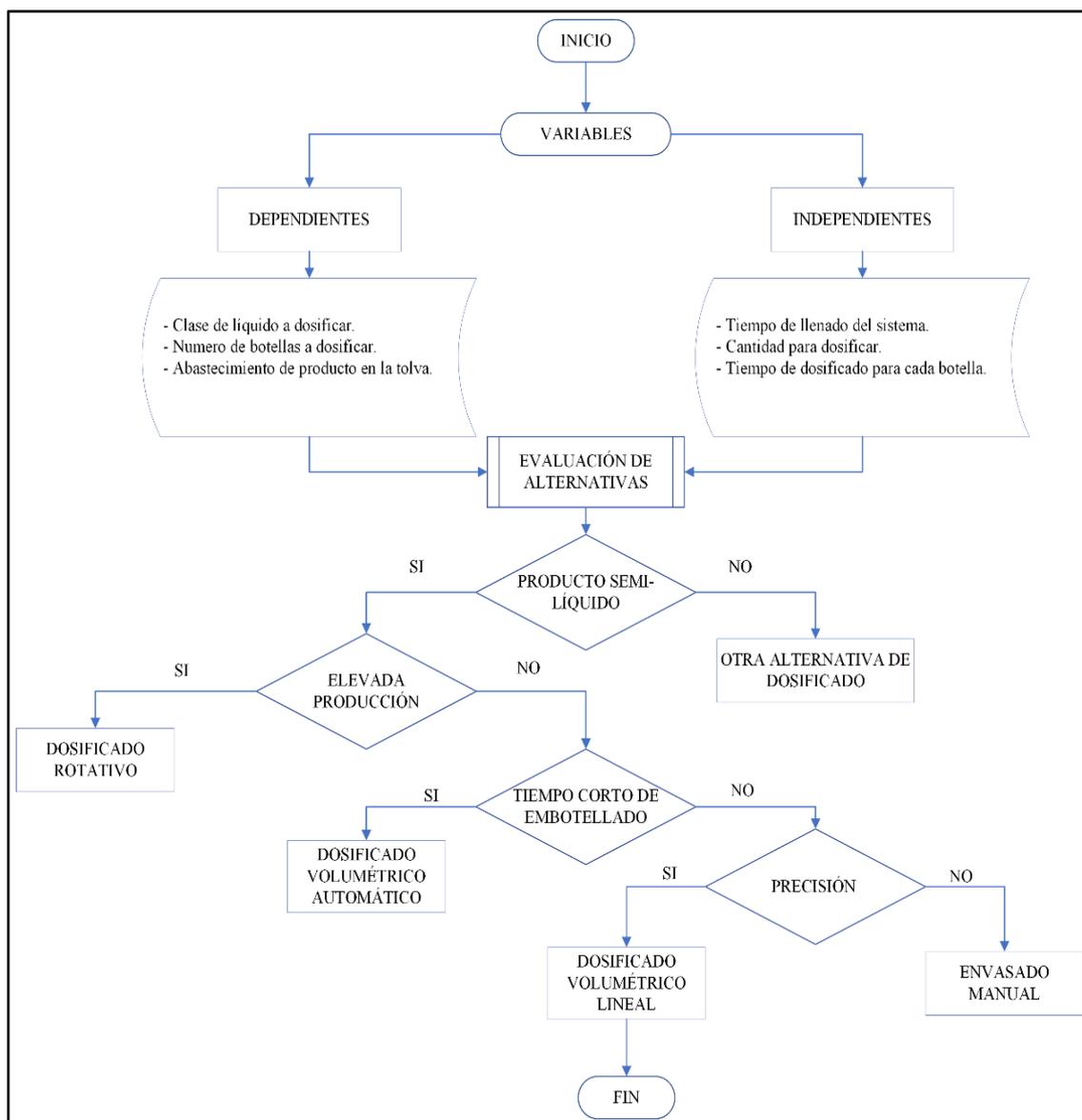


Figura 34: Flujograma de evaluación de variables.

2.2.11. Tolva

Para asegurar que exista abastecimiento de producto al dosificador, la tolva de alimentación será dimensionada para abastecer con 5 litros de producto. Los esfuerzos a los que está sometida la tolva son mínimos, pero debe proporcionar la rigidez suficiente.

De acuerdo con [8] se podría emplear acero común recubierto de pintura electrostática para evitar la corrosión de la tolva, sin embargo, a largo plazo la pintura se deterioraría por el contacto prolongado con el jabón, lo que provocaría que los trozo de pintura se mezclen con el jabón líquido, provocando que la impureza se filtre en el producto y causando problemas al equipo y a los consumidores.

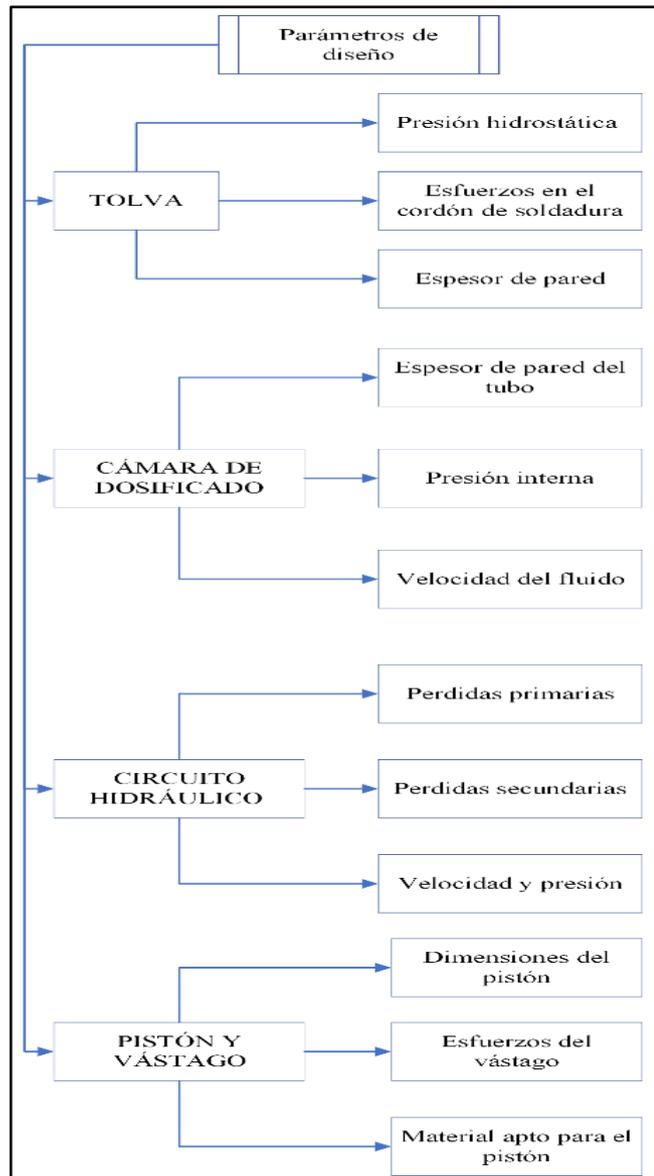


Figura 35: Parámetros de diseño.

De igual forma se puede tomar en cuenta el acero galvanizado, el revestimiento de zinc otorga una protección permanente, para la construcción de la tolva se requiere un proceso de solda, la unión es un punto vulnerable por tal motivo se deberá recubrir con pintura la unión soldada, volviendo al problema inicial.[8]

Por lo tanto, la conclusión es emplear acero inoxidable AISI 304 por sus características anticorrosivas y buenas propiedades mecánicas.

Para el dimensionamiento de la tolva emplearemos el volumen de un cono truncado de acuerdo a la ecuación dada por [49] tenemos lo siguiente:

$$V = 0,2618 h(D^2 + D * d + d^2) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

V: Volumen del cono.

D: diámetro mayor.

d: Diámetro menor.

h: Altura.

α : Angulo de inclinación.

2.2.12. Presión dentro de la tolva

Ya que los esfuerzos en la tolva son bajos no significa que no se deba realizar los cálculos respectivos para determinar la resistencia del elemento. Para evaluar la presión en el interior de la tolva se emplea la siguiente ecuación dada por [19].

$$p = \gamma * h \quad \text{Ecuación 6}$$

Donde:

p: Presión en el fondo del recipiente.

γ : Peso específico.

h: Altura de la tolva

ρ : Densidad.

g: Gravedad (9,81 m/s²)

Desglosando la ecuación 8 tenemos:

$$p = \rho * g * h \quad \text{Ecuación 7}$$

La presión de diseño es la presión obtenida aumentada un 10% de acuerdo con [50].

$$p_d = p + 0.1p \quad \text{Ecuación 8}$$

2.2.13. Esfuerzos en el cordón de soldadura

Dentro del presente trabajo se evaluará el esfuerzo para la junta soldada a pesar de que los esfuerzos en la tolva son relativamente bajos.

Para las cargas de compresión o tensión el esfuerzo normal en la junta soldada se da por medio de la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{e l_s} \quad \text{Ecuación 9}$$

La ecuación para el esfuerzo promedio de soldadura lo obtenemos de [51], debido a la carga cortante empleamos la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F_2}{el_s} \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

σ : Esfuerzo normal medio.

τ : Esfuerzo cortante medio.

F_2 : Fuerza de la sección transversal.

P : Resultante de la fuerza F_1 .

e : Garganta de la soldadura.

l_s : Longitud de la soldadura.

2.2.14. Espesor de la pared de la tolva

En el caso de recipientes con forma de cuerpos de revolución, cuyas paredes sean delgadas, que no presenten cambios bruscos en la geometría, posean simetría axial y que actúa una presión normal en las paredes, puede utilizarse la teoría membranar de acuerdo con [52]. Debido a que la tolva cumple con las condiciones mencionadas anteriormente, se puede evaluar mediante las siguientes ecuaciones para los esfuerzos tangenciales y longitudinal dadas por [19].

$$\sigma_t = \frac{p_d R_m}{t \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\sigma_m = \frac{p_d R_m}{2t \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 12}$$

Donde:

σ_t : Esfuerzo tangencial.

σ_m : Esfuerzo longitudinal.

p_d : Presión diseño.

t : Espesor de la pared.

R_m : Radio medio.

α : Angulo de inclinación.

h : Altura del líquido.

γ : Peso específico.

S : Esfuerzo de diseño de material.

E : Eficiencia de la junta.

Di: Diámetro interno.

Reemplazando las ecuaciones 6, 7, 8 y 11 tenemos:

$$\sigma_t = \frac{\gamma h + 0,1\gamma h * R_m}{t \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\sigma_m = \frac{\gamma h + 0,1\gamma h * R_m}{2t \cos \alpha} \quad \text{Ecuación 14}$$

Para el espesor de la tolva se emplea la siguiente ecuación:

$$t = \frac{p D_i}{2 \cos \alpha (SE - 0,6p)} \quad \text{Ecuación 15}$$

Reemplazando las ecuaciones 8 y 6 en la ecuación 16.

$$t = \frac{\gamma h + 0,1\gamma h * D_i}{2 \cos \alpha (SE - 0,6) \gamma h + 0,1\gamma h} \quad \text{Ecuación 16}$$

2.2.15. Cámara de dosificado

El producto a dosificar es jabón líquido por lo tanto lo que se busca es que el producto no se contamine con partículas de óxido o pintura que pueden obstruir la salida del dosificador, para esto se empleara un acero inoxidable similar al de la tolva, siguiendo las pautas dadas por [53] para la selección del tubo de acero adecuado.

Para el diámetro del cilindro se debe tomar en cuenta no solo las medidas comerciales disponibles, sino también el hecho de que mientras menor sea el diámetro interior el pistón deberá recorrer una mayor distancia, también se debe tomar en cuenta la disponibilidad de sellos normalizados para el pistón.

Para el cilindro se tomó un diámetro comercial de 0,022225 m (7/8") dentro del catálogo de PROACERO S.C.C. en el anexo se detallan otras características, sin embargo, de momento solo se tomará como estimación el diámetro interior, posteriormente se calculará el recorrido requerido.

La carrera del pistón o longitud de trabajo que es la distancia que recorre el pistón de dosificado para inyectar el fluido se denomina L_e , esta longitud no es más que una

longitud estimada ya que se requieren los cálculos en las alturas de la tolva hasta la cámara y pérdidas secundarias dentro del sistema para tener una longitud de diseño L. Estos valores se obtienen usando las ecuaciones dadas por [8].

$$V_r = Le * A \quad \text{Ecuación 17}$$

$$Le = \frac{V_r}{\pi r_c^2} \quad \text{Ecuación 18}$$

Donde:

Le: Longitud de trabajo.

Vr: Volumen real.

A: Área interna del cilindro.

rc: Radio del cilindro.

Para el caudal de salida que se tomara en cuenta se empleara la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t} \quad \text{Ecuación 19}$$

Donde:

Q: Cudal en la salida.

V: Volumen a dosificar.

t: Tiempo de descarga.

2.2.16. Presión interna de la cámara de dosificado

Para determinar la presión requerida se debe evaluar las pérdidas dentro del sistema. Para ello se requiere de la ecuación general de la energía dada por [19], se presenta así:

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + hl + h_r \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

ha: Energía añadida al sistema.

hr: Energía cedida del sistema.

hl: Pérdidas de energía.

P2: Presión en el punto 2.

γ : Peso específico del líquido.

Z1: Distancia desde el punto 1 al 2.

Z2: Distancia desde el punto de referencia.

V2: Velocidad en el punto 2.

g: Gravedad.

P1: Presión en el punto 1.

ρ : Densidad del fluido.

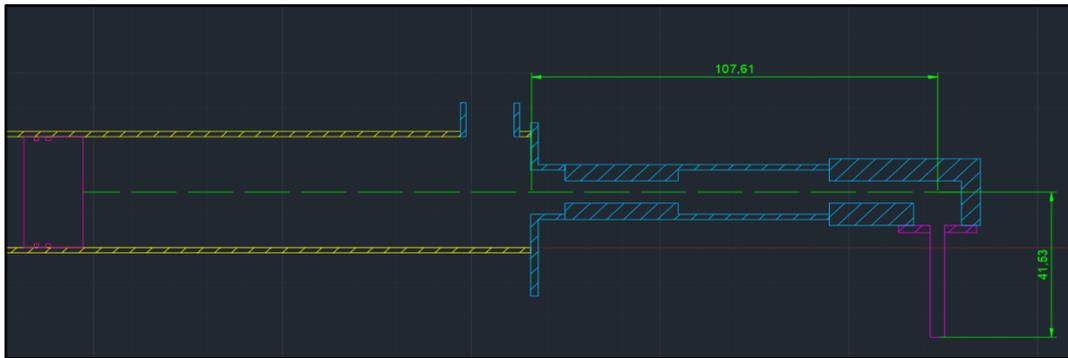


Figura 36: Distancia desde la cámara de dosificado a la boquilla.

Para facilitar el cálculo se toma Z2 con el origen en la boquilla de salida del dosificador, por tanto, su valor es cero, del mismo modo la presión P2 en ese punto es la atmosférica en la salida de la boquilla, h_a y h_r son cero porque no hay energía retirada ni añadida dentro del sistema (figura 36). Con esos valores reescribimos la ecuación 20 y nos queda del siguiente modo.

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{v_2^2}{2g} + h_l$$

2.2.17. Espesor del tubo de dosificado

El material considerado para el tubo, al igual que la tolva y los accesorios del sistema de dosificado será de acero inoxidable AISI 304 debido a que este almacenará el volumen que se requiere para la dosificación, además de que estará en contacto permanente con el pistón de dosificado, por lo que el material es ideal por sus propiedades mecánicas y dureza superficial.

El catálogo del anexo nos muestra los espesores disponibles para el diámetro que se ha seleccionado previamente, de modo que se procede a evaluar el espesor con la siguiente ecuación dada por [54], para poder determinar si se trata de un cilindro de pared gruesa o delgada. Si la pared tiene un espesor igual o menor a un décimo del radio interno se considera de pared delgada, en este caso se evaluará el tubo con la pared más delgada disponible para el diámetro que ya se seleccionó.

$$t \geq \frac{1}{10} * r_i \quad \text{Ecuación 21}$$

Donde:

t: Espesor de la pared.

ri: Radio interior.

2.2.18. Velocidad del fluido

Dentro del sistema se cuenta con varios cambios de sección y accesorio que pueden cambiar bruscamente la velocidad del fluido antes de llegar a su destino, como se observa en la figura 37 tenemos los puntos de importancia en el trayecto.

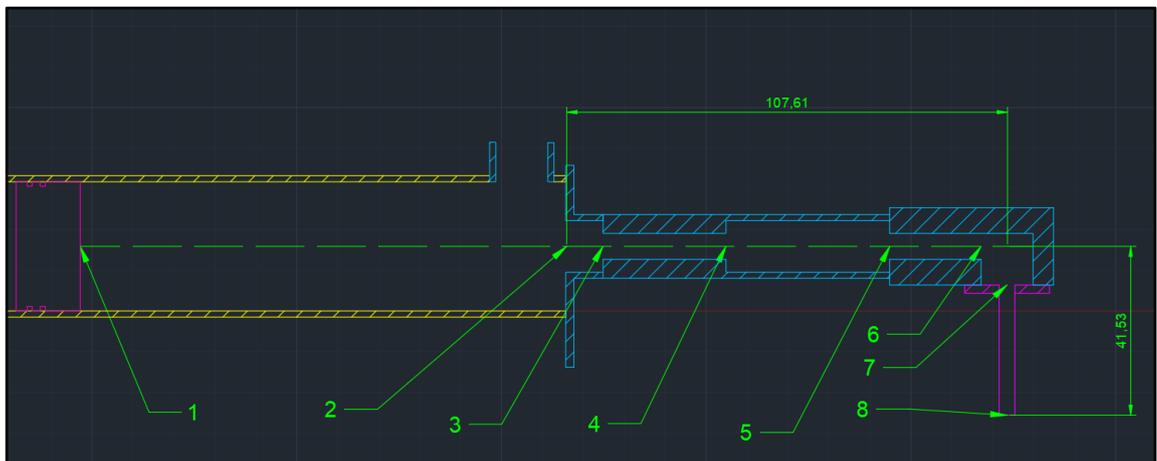


Figura 37: Puntos de cambio de sección.

El valor (v) es la velocidad del fluido en un determinado tramo de tubería y (k) es el coeficiente de resistencia. El coeficiente de resistencia depende del área de la tubería. Este resultado se compara con los correspondientes gráficos para el valor de k.

$$\frac{A_m}{A_M} = C$$

Ecuación 22

Donde:

A_m : Área menor.

A_M : Área mayor.

C: Valor de la relación.

2.2.19. Circuito hidráulico

Como se mencionó anteriormente el circuito hidráulico a tomar en cuenta en este caso se puede visualizar en la figura 37, dentro de este circuito contamos también con pérdidas debido a varios factores.

2.2.20. Perdidas menores

De acuerdo con Robert Mott [19], las pérdidas menores dentro de un sistema se presentan en tuberías debido a los aumentos o reducciones de diámetro dentro de las válvulas. La siguiente ecuación nos ayuda con la obtención de las pérdidas.

$$h_l = k * \frac{v^2}{2g}$$

Ecuación 23

Donde:

k: coeficiente de pérdidas menores.

v: velocidad del fluido en el tramo.

g: gravedad (9,81 m/s²).

2.2.21. Perdidas mayores

Estas son las pérdidas en el interior del fluido por fricción viscosa o por fricción con la superficie de la tubería, dependiendo si se trata de un flujo laminar o turbulento.[19] Para calcular las pérdidas se debe obtener el tipo de flujo en cada uno de los tramos del sistema, para este fin se emplea la formula del número de Reynolds.

$$N_R = \frac{v * D * \rho}{\eta}$$

Ecuación 24

Donde:

v: Es la velocidad en el tramo.

D: El diámetro de la tubería en el tramo.

ρ : Es la densidad del jabón líquido.

η : La viscosidad dinámica.

Para el criterio del número de Reynolds se toma en cuenta que si el valor obtenido es menor a 2000 es un flujo laminar, de ser mayor a este número se le considera turbulento.

Para las pérdidas mayores por cada tramo se emplea las siguientes ecuaciones.

$$h_l = f * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 25}$$

$$f = \frac{64}{N_R} \quad \text{Ecuación 26}$$

$$h_l = \frac{64}{N_R} * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 27}$$

2.2.22. Velocidad y presión del fluido

Para determinar la presión y la velocidad del fluido podemos emplear la ecuación 20, de tal modo que para obtener la presión del sistema al despejarse obtenemos lo siguiente:

$$P_1 = \rho * g * \left(\frac{v_8^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + h_l - Z_1 \right) \quad \text{Ecuación 28}$$

Por otro lado, para determinar la velocidad podemos emplear la ecuación 19, de modo que al despejarla obtenemos lo siguiente:

$$v = \frac{Q}{\left(\frac{\pi * D^2}{4} \right)} \quad \text{Ecuación 29}$$

2.2.23. Pistón y vástago

Para que el fluido pueda llegar hasta el extremo de la boquilla es necesario contar con un mecanismo que pueda empujar el fluido, este sería un sistema de vástago y pistón que estará sometido a cargas fluctuantes de compresión y tracción.

2.2.24. Dimensiones del pistón

Para el pistón se puede trabajar como una placa circular perforada con cargas distribuidas y apoyada en el centro, tal como se muestra en la siguiente figura para el caso 2.

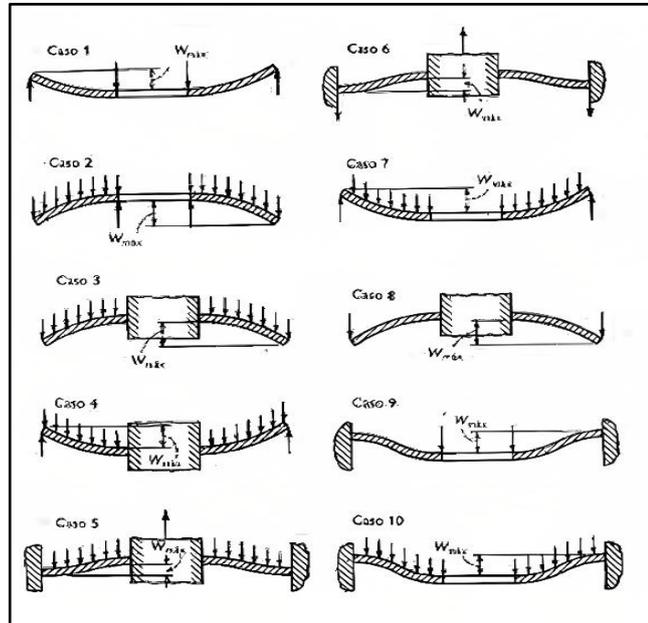


Figura 38: Casos de estudio de discos planos.[55]

De acuerdo con la ecuación dada por [55], se calcula el esfuerzo máximo de la siguiente forma.

$$\sigma_{max} = \frac{k \cdot p \cdot a^2}{h^2} \quad \text{Ecuación 30}$$

Donde:

a: Radio externo del pistón.

h: Espesor del pistón.

p: Carga distribuida en la superficie o presión.

k: Coeficiente de placas circulares.

2.2.25. Material del pistón

Para la construcción del cilindro se optó por emplear teflón, debido a su excelente comportamiento en contacto con químicos y otras soluciones, también posee un bajo coeficiente de fricción, lo que lo hace ideal para entrar en contacto con la pared del tubo de acero.[56]

El teflón se usa ampliamente para la fabricación de superficies en contacto con químicos, farmacéuticos y alimentos debido a que no desprende residuos y tampoco se adhieren los productos a este.[56]

Se evalúa el esfuerzo permisible del teflón $S_y = 25 \text{ MPa}$, ya que se tienen cargas dinámicas se toma un factor de seguridad de 2 para determinar el esfuerzo permisible.

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{2} = \frac{25 \text{ MPa}}{2} = 12,5 \text{ MPa}$$

2.2.26. Esfuerzos en el vástago

Este elemento es el que estará sometido a cargas dinámicas de compresión y tracción en cada ciclo de dosificado, para el análisis se puede considerar el vástago como una columna sometida a cargas axiales, como tal lo podemos evaluar a pandeo.

Para cargas axiales de compresión se usan las ecuaciones para columna, con este fin se usan los esfuerzos equivalentes S_{eq} de la columna, estos esfuerzos se relacionan con el esfuerzo del límite de fluencia del material S_y . [57]

$$S_{eq} = \frac{F}{A} * \frac{S_y (L/k)^2}{C \pi^2 E} \quad \text{Ecuación 31}$$

Un esfuerzo equivalente de columna para una carga real F deducida de la ecuación de J.B. Johnson es:

$$S_{eq} = \frac{F}{A} * \frac{1}{1 - \frac{S_y * (L/k)^2}{4 * C * \pi^2 * E}}$$

El valor de L/k que dictamina cuando debe usarse la ecuación de Euler o Johnson se calcula con la siguiente ecuación:

$$\frac{L}{k} = \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}} \quad \text{Ecuación 32}$$

Donde:

C: Constante dependiente de las condiciones de los extremos, de acuerdo con la figura 39, $C=2$.

E: Modulo de elasticidad.

A: Área transversal.

L: Longitud de la columna.

k: Radio mínimo de giro (Para secciones circulares $D/4$).

S_y : Limite de fluencia.

F: Carga real.

F_s : Factor de seguridad (2)

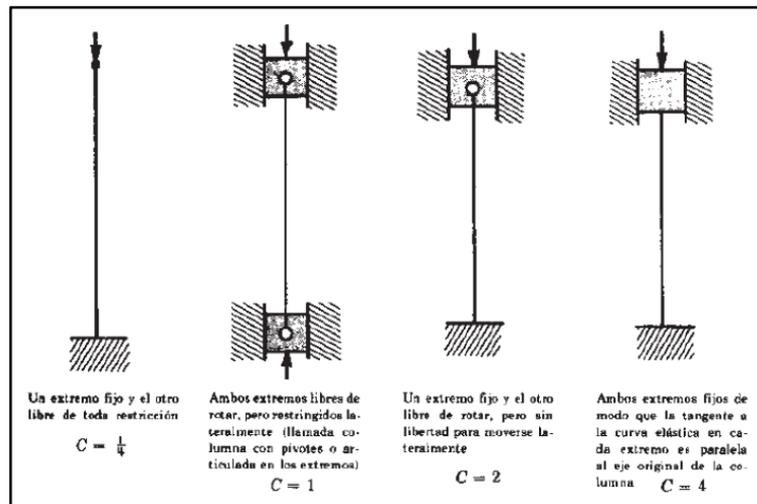


Figura 39: Condiciones en los extremos.[57]

En este tipo de estudios, la siguiente relación puede ser valida:

$$F_s = \frac{S_y}{S_{eq}} \quad \text{Ecuación 33}$$

2.2.27. Resistencia a la fatiga

La fatiga es una de las causas principales de fallas en los elementos metálicos, ya que el vástago del pistón está trabajando a cargas normales que fluctúan a compresión y tracción cuando este inyecta o absorbe el producto.

Para este estudio se emplea la resistencia a la fatiga la cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$S_n = 0,5 * S_u \quad \text{Ecuación 34}$$

Del mismo modo para el cálculo de la resistencia a la fatiga real empleamos la siguiente ecuación:

$$S'_n = C_m * C_s * C_r * C_p * S_n$$

Ecuación 35

Donde:

S_n : Es el límite de resistencia a la fatiga de una probeta.

C_m : Factor de material.

C_s : Factor del tipo de esfuerzo.

C_r : Factor de confianza.

C_p : Factor de tamaño.

CAPITULO III

3. Resultados

Para los resultados traemos a consideración los métodos mencionados en el capítulo anterior, de modo que se pueda comprender como y de donde se obtuvieron los resultados.

3.1. Análisis de las alternativas y selección

Para seleccionar la mejor alternativa para el dosificado se debe tener en cuenta algunos aspectos de producción y disponibilidad, de modo que el sistema se desempeñe de la mejor manera sin representar un riesgo de inversión para la asociación. Dentro de los parámetros a tomar en cuenta se han tomado los siguientes:

- **Costos de producción:** Se toma en cuenta todas las inversiones necesarias para la fabricación del producto, además de los gastos energéticos y de mano de obra que afectan directamente al valor final.[6]
- **Costos operacionales:** Se toma en cuenta los gastos en base a las operaciones, se toma en cuenta los gastos energéticos y el número de operaciones requeridos.[6]
- **Tamaño:** Característica dada en base al tamaño del equipo.[6]
- **Mantenimiento:** Se toma en cuenta la facilidad para dar mantenimiento a los equipos, el costo que este representa y la instrucción dada al operario para poder realizarlo.[6]
- **Facilidad de uso:** Se califica la complejidad y el conocimiento requerido para el uso del equipo, dado como mejor opción la alternativa que requiera una menor cantidad de preparación para el uso del equipo.[6]
- **Versatilidad:** Se refiere a la capacidad del equipo para mantener su funcionalidad óptima con distintos tipos de productos según la necesidad del usuario.[6]
- **Ergonomía:** Se califica la comodidad para el usuario al manejar el equipo, los movimientos que se deban realizar y el esfuerzo físico que representa las acciones que sean necesarias en el puesto de trabajo.[6]

Se calificará cada aspecto de la siguiente manera:

- Mejor alternativa: 10
- Regular: 5
- Peor alternativa: 1

En la tabla 12 se evaluará cada alternativa en base al tamaño de la empresa y teniendo en cuenta que el proceso de fabricación del jabón aún se encuentra en etapa artesanal.

Tabla 12: Matriz de selección de proceso para jabón.

Características	Manual	Lineal volumétrica	Rotativo volumétrico
Costos de producción	10	10	1
Costo de operación	10	10	1
Tamaño	10	10	1
Mantenimiento	1	10	1
Facilidad de uso	5	5	1
Versatilidad	1	10	10
Ergonomía	1	5	10
TOTAL	38	60	25

Como se puede observar en la matriz, tomando en cuenta los criterios de producción de la asociación se ha valorado cada proceso de dosificado para el jabón líquido y se ha seleccionado el más adecuado acorde al nivel productivo actual de la asociación, de modo que el método lineal volumétrico es el más adecuado para desempeñar la tarea de dosificado.

3.2. Diseño de la dosificadora

Una vez definido el proceso de dosificado adecuado en el capítulo anterior, se procede con la concepción inicial del diseño del dosificador, teniendo en cuenta principalmente el volumen que se requiere del producto que en este caso son 250ml, el cual es el punto de partida para el diseño.

A manera de optimizar recursos y permitir que el producto entregue una mayor variedad de volúmenes a gusto del usuario, el volumen para trabajo será de 50ml por cada accionamiento.

3.2.1. Breve descripción del funcionamiento

A grandes rasgos el equipo está conformado principalmente de los siguientes elementos:

- Una tolva de alimentación.
- Una cámara de dosificado cilíndrica.
- Un pistón.
- Una boquilla de dosificado.
- Soporte frontal y posterior para el cilindro.

El equipo está pensado para que el pistón realice un movimiento horizontal simple, con ayuda de un cilindro neumático de doble efecto, este realiza la succión del producto, en este punto las válvulas antirretornos colocadas tanto en el canal de alimentación como en la boquilla de dosificado permiten que al realizar la succión solo de paso al canal de alimentación (figura 40).

Por otro lado, al realizarse el dosificado, el pistón empuja el fluido, cuando esto ocurre, la válvula antirretorno en el canal de alimentación se bloquea evitando que el flujo regrese a la tolva y solo salga por la boquilla de dosificado para ser envasado (figura 41).



Figura 40: Diagrama del equipo durante la succión de producto.

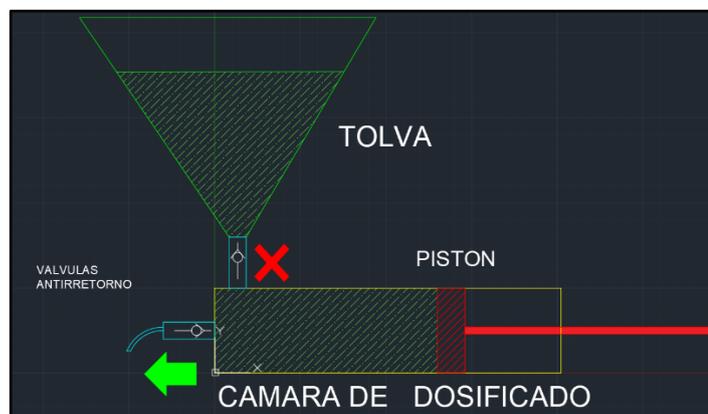


Figura 41: Diagrama del equipo durante el empuje del producto.

3.2.2. Parámetros de la tolva

Como premisa inicial nos impusimos un volumen de 0.005 m³ como volumen interior para abastecimiento. Las tolvas generalmente poseen forma cónica por lo que daremos uso de la ecuación 5 el cual corresponde al volumen de un cono truncado.

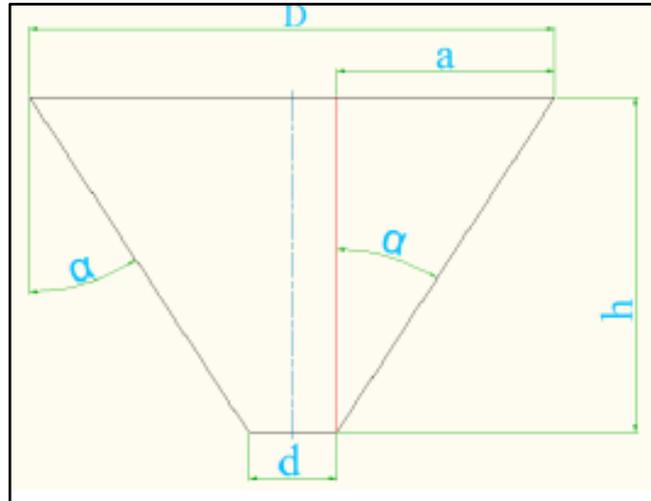


Figura 42: Dimensiones de la tolva.[8]

El ángulo de inclinación (α) tiene un valor asumido de 30° debido a las pérdidas de energía por contracción gradual, se sabe que a mayor ángulo será mayor el coeficiente de resistencia, la figura 38 nos indica donde se toma los datos en la tolva.[19]

Reemplazando los datos asumidos se tiene

$$\tan 30^\circ = \frac{a}{h} = \frac{D-d}{2h}$$

$$h = \frac{D-d}{2 \tan 30^\circ} \quad \text{Ecuación 36}$$

Se reemplaza la ecuación 36 en la ecuación 5, así tenemos que:

$$V = 0,2618 \frac{D-d}{2 \tan 30^\circ} (D^2 + D * d + d^2) \quad \text{Ecuación 37}$$

Despejando el diámetro mayor de la ecuación 37.

$$V = \frac{0,2618 D^3}{2 \tan 30^\circ} - \frac{0,2618 d^3}{2 \tan 30^\circ}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{2 * V * \tan 30^\circ + 0,2618d^3}{0,2618}}$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$D = \sqrt[3]{\frac{2(0,005)\tan 30^\circ + 0,2618(0,0127)^3}{0,2618}} = 0,280m = 280mm$$

Reemplazando en la ecuación 36 obtenemos la altura (h).

$$h = \frac{280 - 12,7}{2\tan 30^\circ} = 231,48mm \approx 231,5mm$$

3.2.3. Presión soportada dentro de la tolva

Empleando los datos obtenidos anteriormente podemos obtener la presión en la tolva, reemplazando los valores de la altura en la ecuación 7 tenemos

$$p = 932 * 9,81 * 0,2315 = 2116,58 \text{ N/m}^2$$

Del mismo modo para obtener la presión de diseño reemplazamos los valores en la ecuación 8 y así obtenemos lo siguiente:

$$p_d = p + 0.1p$$

$$p_d = 2116,58 + (0,1 * 2116,58) = 2328,238 \text{ N/m}^2$$

3.2.4. Espesor de la pared de la tolva

Para determinar el espesor de las paredes podemos partir de la figura 43 donde se nos muestra diagramada la tolva, destacamos la tolva en 5 secciones de interés y adicionalmente se muestra el centroide de la tolva, esto para facilitar los cálculos posteriores.

Para el espesor debemos tener en cuenta el esfuerzo de diseño máximo (S) para el material que se va a emplear en la construcción de la tolva, en este caso el acero inoxidable AISI 304 de los que conocemos su límite de fluencia (250 MPa) y su límite a la tracción (515 MPa).[58] Con estos valores podemos obtener sus esfuerzos de diseño de la siguiente manera:

$$S = 0,9S_y \quad \text{Ecuación 38}$$

$$S = 0,3S_u \quad \text{Ecuación 39}$$

Reemplazando los valores se tiene:

$$S = 0,9(205 \text{ MPa}) = 185 \text{ MPa}$$

$$S = 0,3(515 \text{ MPa}) = 155 \text{ MPa}$$

Para el esfuerzo de diseño se toma el menor valor $S=155 \text{ MPa}$. Para la junta soldada de la tolva, se estima que es una junta a tope con un solo cordón de suelda sin prueba de radiografía de acuerdo con [50] el valor del coeficiente “E” se obtiene de la siguiente tabla.

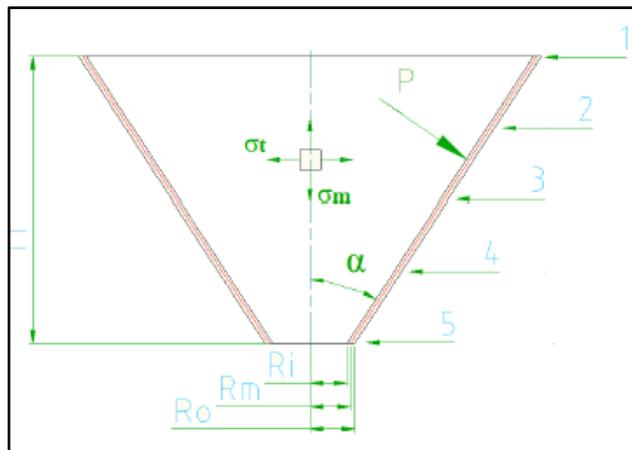


Figura 43: Esfuerzos de la tolva.[8]

De acuerdo con la tabla el valor de eficiencia de la junta es $E=0,6$. Tomando los valores conocidos se procede a evaluar el espesor (t), tomando en cuenta que los esfuerzos mayores se encuentran en la mitad del cono, por lo tanto, los diámetros considerados serán tomados a esa altura.

Reemplazando en la ecuación 16.

$$t = \frac{(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,116 \text{ m}) + 0,1(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,116 \text{ m})(0,1463 \text{ m})}{2 \cos(30^\circ) (155 * 10^6 \text{ Pa})(0,6) - 0,6(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,116 \text{ m}) + 0,1(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,116 \text{ m})}$$

$$t = 6,68 * 10^{-6} \text{ m} \approx 0,006 \text{ mm}$$

Ya que la tolva se somete a presiones demasiado bajas se asume un grosor comercial de $0,6 \text{ mm}$ para darle rigidez al elemento (figura 44).

Tabla 13: Juntas y sus respectivas eficiencias.[50]

TIPOS DE JUNTAS SOLDADAS		EFICIENCIA DE LA JUNTA. E		
TIPOS NORMA UW-12		Cuando la junta es:		
		a. Radiogra- fiada total- mente	b. Examinada por zonas	c. No Examinada
1	 <p>Junta a tope hecha por doble cordón de soldadura o por otro medio con el que se obtenga la misma calidad de metal de soldadura depositada sobre las superficies interior y exterior de la pieza. Si se emplea placa de respaldo, debe quitarse ésta después de terminar la soldadura.</p>	1.00	0.85	0.70
2	 <p>Junta a tope de un solo cordón con tira de respaldo que quede en su lugar después de soldar.</p> <p>En juntas circunferenciales, doblarlas.</p>	0.90	0.80	0.65
	 <p>Junta a tope de un solo cordón sin tira de respaldo</p>	-	-	0.60
4	 <p>Junta a traslape de doble filete completo</p>	-	-	0.55
5	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo con soldaduras de tapon</p>	-	-	0.50
6	 <p>Junta a traslape de un solo filete completo sin soldaduras de tapon</p>	-	-	0.45

Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
0.5	1220	2440	11.96
0.6	1220	2440	14.30
0.7	1220	2440 / 3000	16,75/20,59
0.9	1220	2440	21.54
1.0	1220	2440 / 3000	23,87/29,33
1.2	1220	2440	28.64
1.5	1220	2440 / 3000	35,18/43,25
2.0	1220	2440	47.86
2.5	1220	2440	58.00
3.0	1220	2440	71.61
4.0	1220	2440	95.68
5.0	1220	2440	119.60
6.0	1220	2440	143.52
8.0	1220	2440	191.36
10.0	1220	2440	239.20
12.0	1220	2440	287.04

Figura 44: Planchas de acero inoxidable comerciales.[59]

El radio medio se obtiene con la ecuación 40 donde R_i es el radio interior y R_o el radio exterior.[19]

$$R_m = \frac{R_o - R_i}{2} \quad \text{Ecuación 40}$$

En la tabla 14 se evalúa los esfuerzos normal y tangencial a diferente altura tomando la consideración de los 0,6 mm de espesor asumidos y el radio medio para dichas alturas.

Tabla 14: Esfuerzos tangenciales y normales a diferentes alturas.

No	Presión (Pa)	Rm(m)	h(m)	σ_t (Pa)	σ_m (Pa)
1	0	0,2803	0	0	0
2	582,0595	0,201	0,058	224,738	112,369
3	1164,119	0,134	0,116	299,433	149,717
4	1746,179	0,067	0,174	224,087	112,043
5	2328,238	0,013	0,232	58,249	29,125

Empleando la presión de diseño a diferentes alturas se obtienen los valores mostrados, como se puede apreciar en la tabla 14, cercana a la altura media se encuentran los mayores esfuerzos.

El esfuerzo tangencial dentro de la tolva se realiza reemplazando el valor de espesor comercial seleccionado para la tolva.

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{\gamma h + 0,1\gamma h * R_m}{t \cos \alpha} \\ &= \frac{(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,232\text{m}) + 0,1(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,232\text{m})(0,013)}{(0,0006\text{m})(\cos(30^\circ))} \\ &= 4087476,217 \text{ N/m}^2 \\ \sigma_m &= \frac{\gamma h + 0,1\gamma h * R_m}{2t \cos \alpha} \\ &= \frac{(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,232\text{m}) + 0,1(9142,92 \text{ N/m}^3)(0,232\text{m})(0,013)}{2(0,0006\text{m})(\cos(30^\circ))} \\ &= 2043738,108 \text{ N/m}^2 \end{aligned}$$

3.2.5. Diseño de la soldadura en la tolva

El tipo de junta que se toma en consideración para la tolva es una junta a tope de penetración total (figura 45), siguiendo los procedimiento recomendados por [60] y las correcciones dadas por la Lincoln Electric Company. [57]

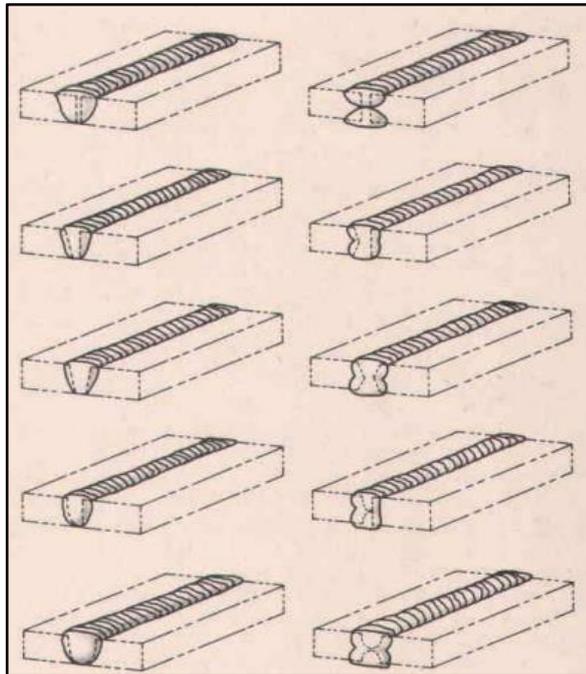


Figura 45: Soldadura a tope.[57]

Empleando la ecuación 9 y 10 podemos obtener los esfuerzos en la junta soldada, guiándonos en la figura 46 tenemos los esfuerzos de la siguiente manera:

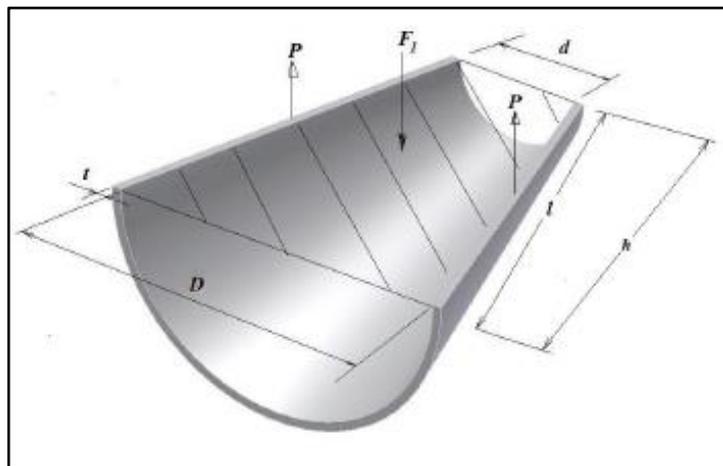


Figura 46: Sección de la tolva.[8]

Para un depósito que contenga un fluido a una presión P estará sometido en su sección longitudinal a la fuerza total F_1 a la cual se oponen las fuerzas equivalentes P que actúan en las dos secciones cortadas de la pared. Como se puede apreciar la fuerza F_1 es igual a la presión por el área en la que actúa (figura 46).[54]

$$2P = F_1 = p_d * A_1$$

Ecuación 41

$$A_1 = \frac{D+d}{2} * h \quad \text{Ecuación 42}$$

$$F_1 = p_d * h * \frac{D+d}{2} \quad \text{Ecuación 43}$$

Donde:

F_1 : Fuerza en la sección longitudinal.

A_1 : Área donde actúa la fuerza F_1 .

p_d : Presión de diseño (2328,238 N/m²).

D : Diámetro mayor (0,280 m).

d : Diámetro menor (0,0127 m).

t : Espesor de la tolva (0,0006 m).

h : Altura de la tolva (0,232 m).

Reemplazando los valores en la ecuación 43, tenemos la fuerza en la sección longitudinal.

$$F_1 = 2328,238 \frac{N}{m^2} * 0,232 m * \frac{0,280 m + 0,0127 m}{2}$$

$$F_1 = 79,05 N$$

Reemplazando en la ecuación 41.

$$2P = F_1$$

$$P = 39,52 N$$

Con la fuerza obtenida se reemplaza en la ecuación 9 para obtener el esfuerzo normal.

$$\sigma = \frac{P}{el_s} = \frac{39,52 N}{0,0006 m * 0,26731 m} = 246405,546 \frac{N}{m^2}$$

En la sección transversal para obtener la fuerza F_2 se utiliza la siguiente ecuación:

$$F_2 = P_1 \quad \text{Ecuación 44}$$

$$F_2 = \sigma_{m3} * A_3 \quad \text{Ecuación 45}$$

Donde:

σ_{m3} : Esfuerzo longitudinal en el punto 3.

P_1 : Resultante de la fuerza F_2 .

D_m : Diámetro medio en la tolva.

La fuerza resultante F_2 que actúa en el fondo de la tolva es contrarrestada por la fuerza opuesta P_1 en el punto 3 (véase la figura 43). Entonces el diámetro medio D_m es 0,147 m. El área a la mitad del cono es igual al espesor por la longitud de la circunferencia.

$$A_3 = \pi * D_m * t \quad \text{Ecuación 46}$$

Reemplazando en la ecuación 26:

$$F_2 = \sigma_{m3} * \pi * D_m * t \quad \text{Ecuación 47}$$

$$F_2 = 149,717 \frac{N}{m^2} * \pi * 0,147 m * 0,0006 m = 0,0414 N$$

Reemplazando valores en la ecuación 21:

$$\tau = \frac{F_2}{el_s} = \frac{0,0414 N}{0,0006 m * 0,26731 m} = 258,13 N/m^2$$

A continuación, se emplea la ecuación del esfuerzo de Von Mises (σ') para relacionar el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad \text{Ecuación 48}$$

$$\sigma' = \sqrt{(246405,546 N/m^2)^2 + 3(258,13 N/m^2)^2}$$

$$\sigma' = 246405,9516 N/m^2$$

Para el factor de seguridad de Von Mises se emplea el esfuerzo de fluencia del material de aporte en la soldadura $S_y = 205$ MPa.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ecuación 49}$$

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{205 * 10^6 \text{ N/m}^2}{246405,9516 \text{ N/m}^2} = 831,96$$

Como se puede observar el factor de seguridad en el cordón es demasiado elevado debido a que los esfuerzos en la tolva son demasiado pequeños.

3.2.6. Peso de la tolva

La tolva está fabricada en acero inoxidable por lo cual para el cálculo se emplea la ecuación dada por [19].

$$w = \rho * V * g \quad \text{Ecuación 50}$$

Donde:

w: Peso.

ρ : Densidad.

V: Volumen.

g: Gravedad (9,81 m/s²).

El volumen de la tolva se calcula con el volumen de un sólido el cual es la diferencia entre el volumen mayor y el volumen menor.

$$V_s = V_M - V_m \quad \text{Ecuación 51}$$

Donde:

D_o : Diámetro exterior mayor (0,2806 m)

D_i : Diámetro interior mayor (0,280 m)

d_o : Diámetro menor exterior (0,0133 m)

d_i : Diámetro menor interior (0,0127 m)

h: Altura de la tolva (0,232 m)

Se emplea la ecuación 5:

$$V_M = 0,2618 * (0,232\text{m})((0,2806 \text{ m})^2 + (0,2806\text{m}) * (0,0133\text{m}) + (0,0133\text{m})^2)$$

$$V_M = 0,0050 \text{ m}^3$$

$$V_m = 0,2618 * (0,232)((0,280\text{m})^2 + (0,280\text{m}) * (0,0127\text{m}) + (0,0127)^2)$$

$$V_m = 0,0049 \text{ m}^3$$

$$V_s = 0,0050 \text{ m}^3 - 0,0049 \text{ m}^3 = 1 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

La densidad del acero es 7850 kg/m^3 , se reemplaza en la ecuación 31 para obtener el peso de la tolva.

$$w = 7852 \text{ kg/m}^3 * (1 * 10^{-4}) * 9,81 \text{ m/s}^2 = 7,70 \text{ N}$$

La densidad del jabón líquido es de 932 kg/m^3 , por lo tanto, el peso si la tolva estuviera a su máxima capacidad seria.

$$w_j = 932 \text{ kg/m}^3 * 0,0049 \text{ m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 = 44,80 \text{ N}$$

3.2.7. Longitud del cilindro de dosificado

Para este apartado empleamos la ecuación 18 de modo que al reemplazar los datos teniendo en cuenta que vamos a tener una capacidad teórica de 50ml tenemos lo siguiente:

$$Le = \frac{50 \text{ cm}^3}{\pi * (1,11125 \text{ cm})^2} = 12,88 \text{ cm} = 0,13 \text{ m}$$

La distancia obtenida no toma en cuenta el volumen requerido dentro del sistema ni las perdidas.

Para dimensionar la pared del cilindro, la altura del embolo, el vástago; aún se requieren otros cálculos como la presión y la fuerza que actúa dentro del cilindro, lo que se realizara a continuación.

3.2.8. Tiempo teórico de llenado

El tiempo de llenado viene dado por el tiempo que el pistón tarda en salir completamente, empleando las válvulas de estrangulamiento nos hemos impuesto un tiempo de 4 segundos para la descarga, de modo que la velocidad de salida del líquido no sea exagerada para que no se derrame.

3.2.9. Cálculo de caudal

Empleando la ecuación 19 y reemplazando datos tenemos lo siguiente:

$$Q = \frac{0,00005 \text{ m}^3}{4 \text{ s}} = 1,25 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.2.10. Cálculo de velocidad del fluido

La velocidad que nos interesa es la velocidad con la que sale el fluido, por lo tanto, se emplea la siguiente ecuación tomando en cuenta que el diámetro de salida es de 0,0038m.

$$v = \frac{Q}{A} \quad \text{Ecuación 52}$$

Donde:

v: Es la velocidad del fluido en la salida.

Q: Caudal del fluido.

A: Área de la salida.

$$v = \frac{Q}{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)}$$

$$v = \frac{1,25 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi * (0,038\text{m})^2}{4}\right)} = 0,011 \text{ m/s}$$

Del mismo modo la velocidad en el interior de la cámara del dosificador sería:

$$v = \frac{1,25 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi * (0,022225 \text{ m})^2}{4}\right)} = 0,0322 \text{ m/s}$$

Se ha tomado en cuenta varios puntos del tramo entre la salida y la cámara donde se presentan cambios de sección por los accesorios que este posee (figura 37), de modo que en la tabla 15 se calculan las velocidades respectivas con el caudal de $1,25 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$.

Tabla 15: Velocidades en los tramos de interés.

Tramo	Diámetro (m)	Velocidad (m/s)
1-2	0,022225	0,0322
2-3	0,015875	0,0632
3-4	0,00635	0,3949
4-5	0,0127	0,0987
5-6	0,00635	0,3949
6-7	0,0127	0,0987
7-8	0,00381	1,0970

3.2.11. Pérdidas menores del sistema

De acuerdo con la figura 37 se tiene diferentes puntos de interés durante el trayecto del fluido desde la cámara de dosificado hasta la boquilla, de tal modo que se emplea la ecuación 22 para determinar estas pérdidas en cada una de las secciones.

Pérdida de energía tramo 1-2

En el primer tramo existe un cambio de sección brusco, para la relación se procede a emplear la ecuación 37.

$$C_1 = \frac{A_2}{A_1} = \frac{\pi * (0,0079375 \text{ m})^2}{\pi * (0,011125 \text{ m})^2} = 0,5$$

A continuación, se busca en la siguiente curva el valor de k en la figura 47.

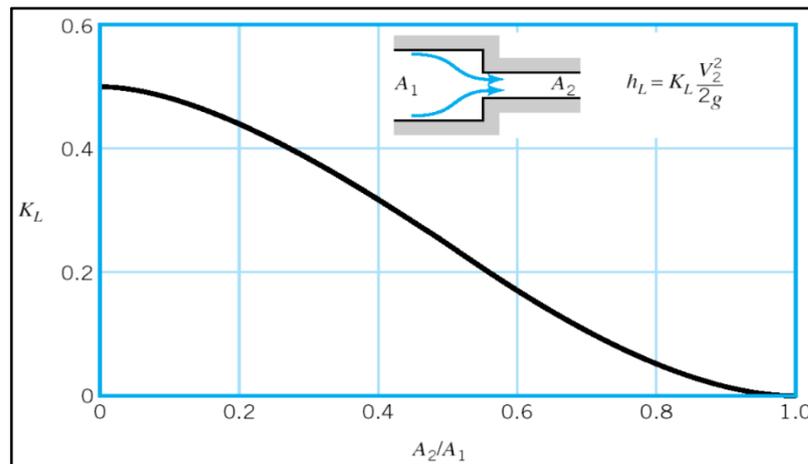


Figura 47: Curva de reducción brusca.[8]

Para este tipo de reducciones el valor de $k=0,3$. El valor de la velocidad promedio en el tramo 1-2 (v_{1-2}) según la tabla 16 es (0,0158 m/s), si lo reemplazamos en la ecuación 37 obtenemos lo siguiente:

$$h_{l1-2} = 0,3 * \frac{(0,0158 \text{ m/s})^2}{2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 0,000003817 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 2-3

En este tramo se contrae de manera brusca por lo que la velocidad sube un poco ($v=0,0632 \text{ m/s}$), ya que en este tramo se emplea un accesorio de unión roscada para la conexión, de acuerdo con [61], el valor de k es 0,08 según los valores de la figura 48.

Coeficientes de pérdida para componentes de tubería ($h_L = K_L \frac{V^2}{2g}$)		
Component	K_L	
a. TUBOS ACODADOS		
Regular de 90°, embridado	0.3	
Regular de 90°, roscado	1.5	
De 90° con gran radio, embridado	0.2	
De 90° con gran radio, roscado	0.7	
De 45° con gran radio, embridado	0.2	
Regular de 45°, roscado	0.4	
b. CODOS DE 180°		
Codo de 180°, embridado	0.2	
Codo de 180°, roscado	1.5	
c. CONEXIONES EN T		
Flujo de línea, embridado	0.2	
Flujo de línea, roscado	0.9	
Flujo derivado, embridado	1.0	
Flujo derivado, roscado	2.0	
d. UNION ROSCADA		
	0.08	
e. VALVULAS		
De globo, completamente abierta	18	
De ángulo, completamente abierta	2	
De compuerta, completamente abierta	0,15	
De compuerta, 1/4 cerrada	0,26	
De compuerta, 1/2 cerrada	2,1	
De compuerta, 3/4 cerrada	17	
De retención a bisagra, flujo hacia adelante	2	
De retención a bisagra, flujo hacia atrás	infinito	
De bola, completamene abierta	0,05	
De bola, 1/3 cerrada	5,5	
De bola, 2/3 cerrada	2,15	

Figura 48: Coeficientes k para accesorios.[61]

Con este valor se calcula la pérdida en el tramo.

$$h_{l2-3} = 0,08 * \frac{(0,0632 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,000016286 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 3-4

En el tramo 3-4 tenemos una disminución del diámetro, ($v=0,3949 \text{ m/s}$) se emplea la relación de áreas y se obtiene k de la figura 48.

$$C_2 = \frac{A_4}{A_3} = \frac{\pi * (0,003175 \text{ m})^2}{\pi * (0,00794 \text{ m})^2} = 0,15$$

$$h_{l3-4} = 0,45 * \frac{(0,3949 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,003576 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 4-5

En el tramo 4-5 tenemos una expansión debido a que en este tramo se coloca una esfera cromada que hará de válvula de retención tipo bola, para ellos se emplea la siguiente ecuación dada por [19].

$$k = 150 \text{ ft} \quad \text{Ecuación 53}$$

En la ecuación ft viene a ser el factor de fricción. El diámetro en esa sección es de 12,7 mm, con estos datos nos dirigimos a la siguiente tabla para obtener el valor de ft.

Tabla 16: Factor de fricción para acero.[19]

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_f
1/2	0.027	3 1/2, 4	0.017
3/4	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
1 1/4	0.022	8-10	0.014
1 1/2	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
2 1/2, 3	0.018		

Ya que se trata de una tubería de 1/2" el valor de ft es 0,027 este valor se reemplaza en la ecuación 53 y se obtiene el valor de k.

$$k = 150 * 0,027 = 4,05$$

$$h_{l4-5} = 4,05 * \frac{(0,0987 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,00201 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 5-6

En el tramo 5-6 tenemos una reducción brusca del diámetro, debido a un codo fabricado con unión roscada, $v=0,3949 \text{ m/s}$. Se procede a obtener la relación de áreas y el valor k de la figura 47.

$$C_3 = \frac{A_6}{A_5} = \frac{\pi * (0,003175 \text{ m})^2}{\pi * (0,00635 \text{ m})^2} = 0,25$$

El valor k obtenido es 0,3 aproximadamente.

$$h_{l5-6} = 0,3 * \frac{(0,3949 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,002384 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 6-7

En este tramo se expande el área por lo que tenemos una relación de áreas, posteriormente se obtiene el valor k_L de la siguiente figura.

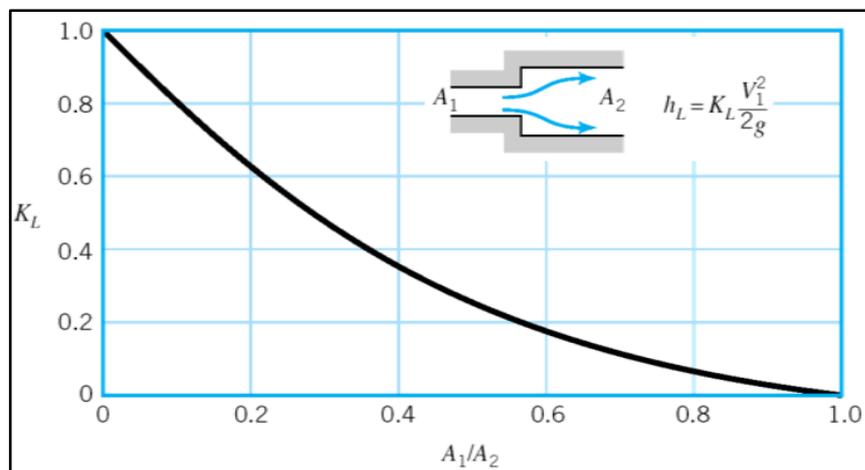


Figura 49: Pérdidas por expansión súbita.[61]

$$C_4 = \frac{A_6}{A_7} = \frac{\pi * (0,003175 \text{ m})^2}{\pi * (0,00635 \text{ m})^2} = 0,25$$

$$h_{l6-7} = 0,6 * \frac{(0,0987 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,0002979 \text{ m}$$

Perdida de energía tramo 7-8

En este tramo nos encontramos nuevamente con una reducción del área de la tubería, por lo que se realiza otra relación de áreas y obtenemos k de la figura 47.

$$C_5 = \frac{A_8}{A_7} = \frac{\pi * (0,001905 \text{ m})^2}{\pi * (0,00635 \text{ m})^2} = 0,09$$

De la tabla se obtiene k igual a 0,5.

$$h_{l7-8} = 0,5 * \frac{(1,0970 \text{ m/s})^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,03 \text{ m}$$

Total, de las perdidas menores (h_m)

Es la suma de las pérdidas de cada uno de los tramos.

$$h_{lm} = h_{l1-2} + h_{l2-3} + h_{l3-4} + h_{l4-5} + h_{l5-6} + h_{l6-7} + h_{l7-8} \quad \text{Ecuación 54}$$

$$h_{lm} = 0,038 \text{ m}$$

3.2.12. Perdidas mayores del sistema

Una vez más para obtener las perdidas empleamos los puntos de interés de la figura 37 y la ecuación del número de Reynolds en cada uno de los tramos que se muestran en la figura, de tal modo que obtenemos la siguiente tabla.

Tabla 17: Numero de Reynolds para cada tramo.

Tramo	Longitud (m)	Velocidad (m/s)	Diámetro (m)	Reynolds
1-2	0,1611	0,0322	0,022225	9,528
2-3	0,04	0,0632	0,015875	13,358
3-4	0,03	0,3949	0,00635	33,387
4-5	0,04	0,0987	0,0127	16,689
5-6	0,0223	0,3949	0,00635	33,387
6-7	0,004	0,0987	0,0127	16,689
7-8	0,04	1,097	0,00381	55,648

Con los valores de Reynolds obtenidos podemos observar que se trata de un flujo laminar, ahora podemos calcular las perdidas mayores para cada uno de los tramos del sistema.

Perdidas tramo 1-2

$$h_{lM1-2} = \frac{64 * (0,1611 \text{ m}) * (0,0322 \text{ m/s})^2 *}{(9,528) * (0,022225 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 2,3 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 2-3

$$h_{lM2-3} = \frac{64 * (0,04 \text{ m}) * (0,0632 \text{ m/s})^2 *}{(13,358) * (0,015875 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 2,46 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 3-4

$$h_{lM3-4} = \frac{64 * (0,03 \text{ m}) * (0,3949 \text{ m/s})^2 *}{(33,387) * (0,00635 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 71,98 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 4-5

$$h_{lM4-5} = \frac{64 * (0,04 \text{ m}) * (0,0987 \text{ m/s})^2 *}{(16,689) * (0,0127 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 6 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 5-6

$$h_{lM5-6} = \frac{64 * (0,0223 \text{ m}) * (0,3949 \text{ m/s})^2 *}{(33,387) * (0,00635 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 53,5 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 6-7

$$h_{lM6-7} = \frac{64 * (0,004 \text{ m}) * (0,0987 \text{ m/s})^2 *}{(16,689) * (0,0127 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 16,27 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdidas tramo 7-8

$$h_{lM7-8} = \frac{64 * (0,04 \text{ m}) * (1,097 \text{ m/s})^2 *}{(55,648) * (0,00381 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 740,5 * 10^{-3} \text{ m}$$

Perdida mayor total (h_{lM})

$$h_{lM} = 0,89 \text{ m}$$

Con los datos de la pérdida mayor y menor podemos obtener las pérdidas totales sumando ambos valores.

$$h_l = h_{lm} + h_{lM} = 0,03835 + 0,89 = 0,93 \text{ m}$$

3.2.13. Presión en el interior del sistema

Con los datos obtenidos podemos calcular la presión con la ecuación 28.

$$P_1 = \rho * g * \frac{v_8^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} + h_l - Z_1$$

$$P_1 = 932 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * \frac{\left(1,097 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - \frac{\left(0,0322 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} + 0,93 \text{ m} - 0,04 \text{ m}$$

$$= 560,31 \text{ N/m}^2$$

En el caso de que alguno de los elementos pueda fallar se toma en consideración un factor de seguridad 1,5.

Afecta al valor de la presión obtenida del siguiente modo:

$$P = 560,31 \text{ N/m}^2 * 1,5 = 840,47 \text{ N/m}^2$$

La fuerza aplicada en embolo del dosificador se obtiene multiplicando la presión por el área del cilindro del dosificado.

$$F = P * A_{cilindro} \quad \text{Ecuación 55}$$

$$F = 840,47 \text{ N/m}^2 * \pi * (0,0111125 \text{ m})^2 = 0,32 \text{ N}$$

Este resultado representa la fuerza y la presión teórica requerida para empujar el jabón a través del sistema hasta la boquilla, por lo tanto, un cilindro de doble efecto solo debe cumplir el parámetro de carrera para que sea empleado para la construcción del dosificador.

3.2.14. Fuerza de succión

Para la fuerza de succión se evalúa nuevamente la ecuación de la energía.

$$h_a + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_6}{\gamma} + Z_6 + \frac{v_6^2}{2g} + h_l + h_r$$

En la figura 48 podemos observar los tramos a tomarse en cuenta para la succión del jabón líquido a la cámara.

Se evalúa desde el punto 1 dentro del cilindro hasta el punto superior exterior de la tolva. Se despeja la presión de la ecuación tomando en cuenta los valores que se vuelven cero, nos queda del siguiente modo.

$$P_1 = \rho * g * \left(Z_6 - \frac{v_1^2}{2g} - h_l \right)$$

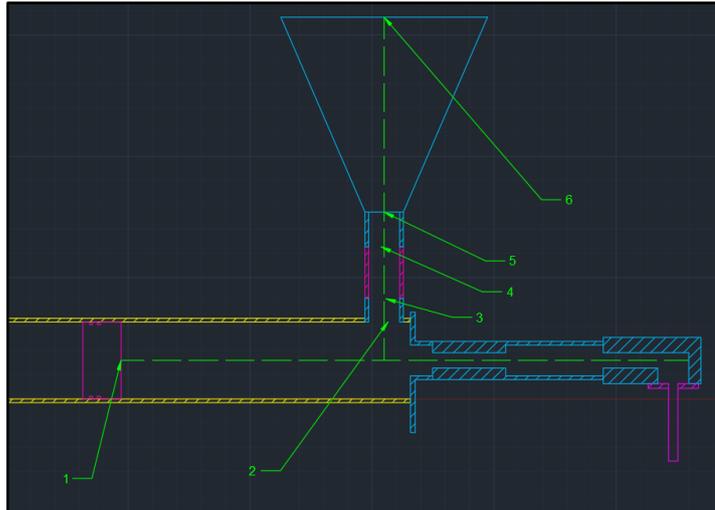


Figura 50: Tramos de la succión.

Ya que se tienen las pérdidas menores de los puntos anteriores, se evalúa la pérdida del tramo 2-5.

$$v = \frac{Q}{\left(\frac{\pi * D^2}{4}\right)}$$

$$v = \frac{1,25 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}}{\left(\frac{\pi * (0,0127 \text{ m})^2}{4}\right)} = 0,098 \text{ m/s}$$

En el tramo se tiene dos uniones roscadas y una válvula de retención.

Para la válvula de retención $k=2$.

La unión roscada tiene un valor $k=0,8$.

$$h_{\text{valvula}} = 2 * \frac{\left(0,098 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 9,79 * 10^{-4} \text{ m}$$

$$h_{\text{union}} = 0,8 * \frac{\left(0,098 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2 \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)} = 3,91 * 10^{-4} \text{ m}$$

Las pérdidas menores se suman y se obtiene.

$$h_{lm} = 1,76 * 10^{-3} \text{ m}$$

Para las pérdidas mayores se procede a calcular el número de Reynolds para la sección que se desconoce.

$$N_R = \frac{v * D * \rho}{\eta}$$

$$N_R = \frac{(0,098 \text{ m/s}) * (0,0127 \text{ m}) * (932 \text{ kg/m}^3)}{0,07 \text{ Pa} * \text{s}} = 16,57$$

Se calcula la pérdida mayor del tramo.

$$h_{LM2-5} = \frac{64 * (0,13 \text{ m}) * (0,098 \text{ m/s})^2}{(16,57) * (0,0127 \text{ m}) * 2(9,81 \text{ m/s}^2)} = 19,35 * 10^{-3} \text{ m}$$

Con los valores obtenidos se obtiene las pérdidas totales.

$$h_l = 0,02 \text{ m}$$

Reemplazamos los valores para obtener la presión de succión.

$$P_1 = 932 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (0,3773 \text{ m}) - \frac{(0,098 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2 * \frac{9,81 \text{ m}}{\text{s}^2}} - 0,02 \text{ m} = 3449,62 \text{ N/m}^2$$

Obtenemos la fuerza despejando la ecuación 45.

$$F = P * A_{cilindro}$$

$$F = (3449,62 \text{ N/m}^2) * \pi * (0,0111125 \text{ m})^2 = 1,33 \text{ N}$$

Ya que la succión se tiene una presión más elevada que en la evacuación del fluido se optó por un factor de seguridad de 2.

$$F = 1,33 \text{ N} * 2 = 2,67 \text{ N}$$

3.2.15. Selección de cilindro neumático

De acuerdo con el análisis realizado anteriormente el cilindro neumático debe proveer una fuerza superior a 2,67 N

Del siguiente catálogo de PARKER podemos seleccionar el cilindro más conveniente para desempeñar la función que se requiere.

Fuerza de los cilindros											
Las fuerzas indicadas de los cilindros son teóricas y deben reducirse según las condiciones de trabajo.											
Denominación del cilindro	Diámetro del cilindro mm	Fuerza teórica del cilindro a 6 bar		Denominación del cilindro	Fuerza teórica del cilindro a 6 bar						
		carrera + N	carrera - N		carrera + N máx.	N mín.	Muelle de retorno carrera N máx.	N mín.			
Doble efecto:				Simple efecto:							
P1S-S010D	10	47	39	P1S-S010SS-0010	38	36	11	9			
P1S-S012D	12	67	50	P1S-S010SS-0015	38	36	11	9			
P1S-S016D	16	120	103	P1S-S010SS-0025	39	36	11	8			
P1S-S025D	25	294	247	P1S-S010SS-0040	38	34	13	9			
P1S-S020M	20	188	158	P1S-S010SS-0050	39	34	13	8			
P1S-S025M	25	294	247	P1S-S010SS-0080	39	34	13	8			
Otros datos				P1S-S012SS-0010				53	51	16	14
Presión de trabajo		máx. 10 bar		P1S-S012SS-0015	53	51	16	14			
Temperatura de trabajo		máx. +80 °C		P1S-S012SS-0025	55	51	16	12			
		mín. -20 °C		P1S-S012SS-0040	52	48	19	15			
Modelo para altas temp.		máx. +120 °C (Ø10 - Ø16 mm)		P1S-S012SS-0050	53	48	19	14			
		máx. +150 °C (Ø20 - Ø25 mm)		P1S-S012SS-0080	55	48	19	12			
		mín. -10 °C		P1S-S016SS-0010	102	99	21	18			
Modelo para bajas temp.		máx. +60 °C		P1S-S016SS-0015	103	99	21	17			
		mín. -40 °C		P1S-S016SS-0025	106	99	21	15			
				P1S-S016SS-0040	106	95	25	14			
				P1S-S016SS-0050	108	95	25	12			
				P1S-S016SS-0080	107	95	25	13			
				P1S-S020SS-0010	163	161	27	25			
				P1S-S020SS-0015	164	161	27	24			
				P1S-S020SS-0025	167	161	27	21			
				P1S-S020SS-0040	166	159	29	22			
				P1S-S020SS-0050	168	159	29	20			
				P1S-S020SS-0080	170	161	27	18			
				P1S-S025SS-0010	256	253	41	38			
				P1S-S025SS-0015	258	253	41	36			
				P1S-S025SS-0025	262	253	41	32			
				P1S-S025SS-0040	261	250	44	33			
				P1S-S025SS-0050	264	250	44	30			
				P1S-S025SS-0080	264	251	43	30			

Figura 51: Cilindros de acero inoxidable PARKER.[35]

Para el dosificador se requiere un cilindro neumático que supere la carrera de trabajo calculada de 0,2104 m por lo que dentro de la web de PARKER procedemos a buscar un cilindro cuyas características cumplan con los requerimientos, empleando la nomenclatura proporcionada por el mismo catálogo.

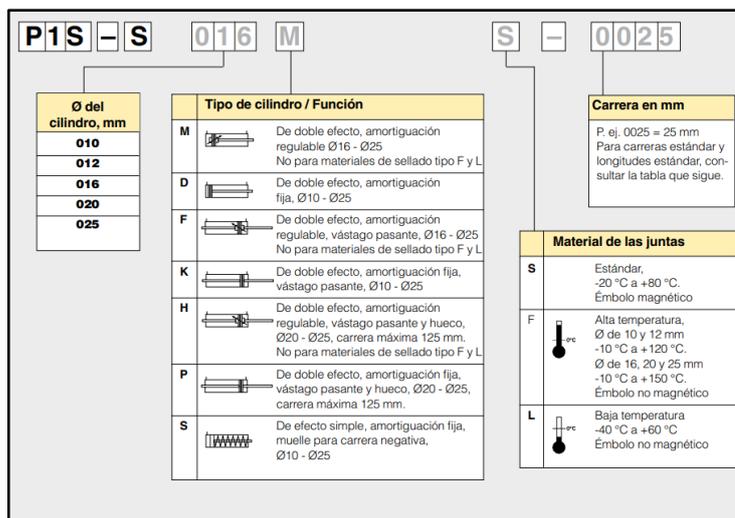


Figura 52: Código de producto PARKER.[35]

Habiendo seleccionado el código de interés para el cilindro que se busca, el fabricante dentro de la disponibilidad de sus productos podemos observar el cilindro seleccionado en los anexos. Este cilindro de 25 mm de diámetro tiene una fuerza nominal a 6 bar de

presión de 294 Newton (figura 51), por lo cual el factor de seguridad con el que se trabaja es:

$$FS = \frac{294 \text{ N}}{2,67 \text{ N}} = 110,11$$

El valor es elevado debido a que el cilindro requiere de fuerzas y presiones pequeñas para su funcionamiento.

3.2.16. Cálculo de la pared de la cámara de dosificado

Para el cálculo de la cámara se empleará la ecuación 21, para la cámara también se ha tomado en consideración el acero inoxidable AISI 304 de modo que empleando el catálogo del anexo 3 se seleccionó el grosor adecuado para la cámara de dosificado. Se selecciono el tubo con radio de 7/8“y un espesor de 1,2 mm conforme al catálogo.

$$r_i = \frac{22,225 \text{ mm}}{2} = 11,1125 \text{ mm}$$

$$t \geq \frac{1}{10} (11,1125 \text{ mm})$$

$$t \geq 1,11 \text{ mm}$$

Dado que el espesor es menor al valor obtenido del criterio se considera un cilindro de pared delgada, dado que las presiones en el interior del cilindro son bajas se procede a realizar el análisis con el valor de espesor previamente evaluado.

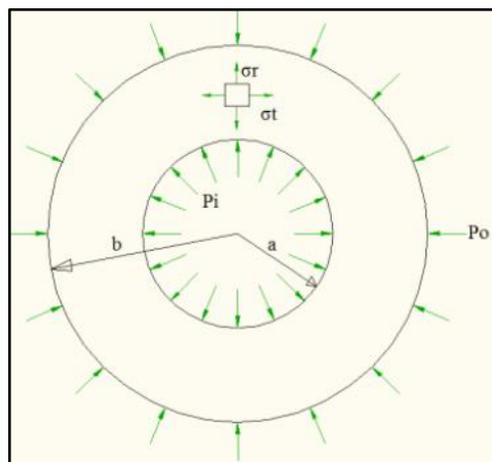


Figura 53: Esfuerzos en cilindros de pared gruesa.[54]

De acuerdo con Pytel & Singer, cuando la presión exterior es cero y el radio interior tiende hacia “a” se obtienen los esfuerzos máximos. Podemos calcular los esfuerzos tangenciales y radiales empleando las siguientes ecuaciones:

$$\sigma_r = \frac{a^2 * P_i}{b^2 - a^2} * 1 - \frac{b^2}{a^2} \quad \text{Ecuación 56}$$

$$\sigma_t = \frac{a^2 * P_i}{b^2 - a^2} * 1 + \frac{b^2}{a^2} \quad \text{Ecuación 57}$$

Donde:

a: Radio interno.

b: Radio externo.

Pi: Presión interna.

Ya que se seleccionó previamente el pistón conocemos que la fuerza que este puede generar es de 294N por lo tanto la presión generada por el pistón en el interior del tubo al ser accionado es de 757,83 kPa.

$$\begin{aligned} \sigma_r &= \frac{(0,0111125 \text{ m})^2 * \left(757833,6927 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}\right)}{(0,0117125 \text{ m})^2 - (0,0111125 \text{ m})^2} * 1 - \frac{(0,0117125 \text{ m})^2}{(0,0111125 \text{ m})^2} \\ &= -757833,6927 \text{ Pa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_t &= \frac{(0,0111125 \text{ m})^2 * (757833,6927 \text{ N/m}^2)}{(0,0117125 \text{ m})^2 - (0,0111125 \text{ m})^2} * 1 + \frac{(0,0117125 \text{ m})^2}{(0,0111125 \text{ m})^2} \\ &= 14424588,94 \text{ Pa} \end{aligned}$$

El valor mayor es para el esfuerzo tangencial, dado el signo se deduce que el elemento se encuentra a tensión. El esfuerzo radial al estar negativo se deduce que está trabajando a compresión. Como el esfuerzo mayor es el tangencial se toma como el esfuerzo máximo, de modo que se emplea para obtener el factor de seguridad.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{S_y}{\sigma_{max}} = \frac{205 \text{ MPa}}{14,43 \text{ MPa}} = 14,20$$

El factor de seguridad obtenido es elevado debido a las bajas presiones manejadas dentro del cilindro, se puede bajar el factor de seguridad empleando un cilindro de menor espesor, pero esto podría afectar a los procesos que se emplearan para la construcción del equipo posteriormente.

3.2.17. Dimensiones del pistón

Anteriormente se mencionó que el material para la construcción del pistón sería de teflón debido a sus excelentes propiedades químicas y bajo coeficiente de fricción, por lo tanto, empleando los datos anteriores mencionados en el capítulo 2 y la ecuación 30 procedemos a calcular las dimensiones del pistón.

El caso más adecuado para la evaluación del pistón de acuerdo con la figura 38 sería el caso 2, de este modo podemos evaluar su relación de radios así:

El coeficiente k de placas circulares requiere que se halle la relación de radios, de modo que se selecciona un diámetro comercial que será útil para él estudio y también para el vástago que será posteriormente usado para el pistón.

Del catálogo de PROACERO S.C.C. en el anexo, seleccionamos un eje de acero inoxidable disponible.

Para el estudio se selecciona un eje de 5/16" de diámetro, esa medida también será considerada posteriormente en el análisis del vástago.

$$\frac{a}{b} = \frac{22,225 \text{ mm}}{7,9375 \text{ mm}} = 2,8 \approx 3$$

En la siguiente tabla buscamos el valor de k con la relación que obtuvimos previamente.

Tabla 18: Coeficiente k y k1.[55]

a/b =	1,25		1,5		2		3		4		5	
Caso	k	k ₁										
1	1,10	0,341	1,26	0,519	1,48	0,672	1,88	0,734	2,17	0,724	2,34	0,704
2	0,66	0,202	1,19	0,491	2,04	0,902	3,34	1,220	4,30	1,300	5,10	1,310
3	0,135	0,00231	0,410	0,0183	1,04	0,0938	2,15	0,293	2,99	0,448	3,69	0,564
4	0,122	0,00343	0,336	0,0313	0,74	0,1250	1,21	0,291	1,45	0,417	1,59	0,492
5	0,090	0,00077	0,273	0,0062	0,71	0,0329	1,54	0,110	2,23	0,179	2,80	0,234
6	0,115	0,00129	0,220	0,0064	0,405	0,0237	0,703	0,062	0,933	0,092	1,13	0,114
7	0,592	0,184	0,976	0,414	1,440	0,664	1,880	0,824	2,08	0,830	2,19	0,813
8	0,227	0,00510	0,428	0,0249	0,753	0,0877	1,205	0,209	1,514	0,293	1,745	0,350
9	0,194	0,00504	0,320	0,0242	0,454	0,0810	0,673	0,172	1,021	0,217	1,305	0,238
10	0,105	0,00199	0,259	0,0139	0,480	0,0575	0,657	0,130	0,710	0,162	0,730	0,175

Con los datos que se obtuvo el valor de k es 3,34 una vez obtenido los valores despejamos el espesor del pistón h de la ecuación 50.

$$h = \sqrt{\frac{k \cdot p \cdot a^2}{\sigma_b}} \quad \text{Ecuación 58}$$

$$h = \sqrt{\frac{(3,34) * (0,75783 \text{ N/mm}^2) * (11,1125 \text{ mm})^2}{12,5 \text{ N/mm}^2}} = 5 \text{ mm}$$

Este valor obtenido representa el ancho mínimo que debe tener el pistón para resistir la presión, sin embargo, el valor real que se empleará será dado al sumarse los sellos hidráulicos en el pistón.

Otra forma de dimensionar el pistón es empleando la siguiente ecuación y relacionando el valor k_1 que para este caso es 1,220.

$$h = k_1 * 2a \quad \text{Ecuación 59}$$

$$h = (1,220) * 2(11,1125 \text{ mm}) = 27,12 \text{ mm} \approx 30 \text{ mm}$$

Ahora podemos sumarle a este valor las dimensiones de los sellos hidráulicos que se utilizaran en el pistón.

Para asegurar que el pistón tenga buena lubricación con el propio fluido sin dejar que este no pase a la cámara posterior se realizaron dos ranuras y adicional la ranura para el uso de O-ring para el sellado de este.

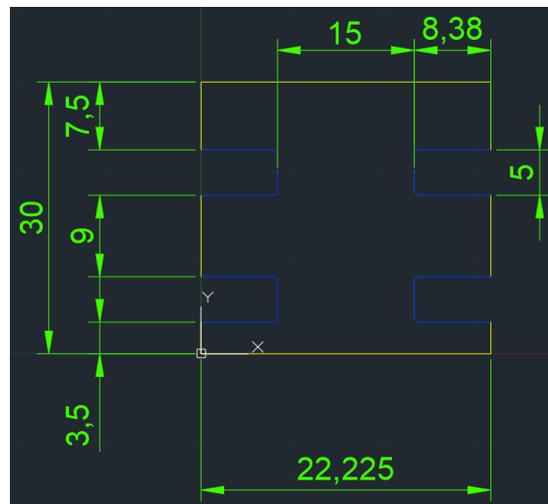


Figura 54: Dimensiones del pistón.

El factor de seguridad se obtiene partiendo de la ecuación 30 y reemplazando los datos obtenidos anteriormente.

$$\sigma_{max} = \frac{(2,15) * 757,83 \text{ kPa} * (0,022223)^2}{(0,03)^2} = 894,07 \text{ kPa}$$

$$Fs = \frac{25 \text{ MPa}}{894,07 \text{ kPa}} = 27,96$$

3.2.18. Peso del pistón

Con los valores que ya se tienen calculados, se procede a obtener el volumen del pistón para posteriormente obtener su peso.

$$V = \frac{\pi * (0,022225m)^2}{4} * 0,03m = 1,16 * 10^{-5} m^3$$
$$w_{piston} = \rho * V * g$$

$$w_{piston} = (2200 kg/m^3) * (1,16 * 10^{-5} m^3) * (9,81 m/s^2) = 0,25 N$$

3.2.19. Peso de la cámara de dosificado

El volumen teórico con el que se va a trabajar es de 50ml, de este valor se obtuvo una distancia (Le) para el cilindro de 0,13 m, adicional a este valor debemos aumentar el valor del pistón de dosificado y también el volumen que se queda dentro del sistema de succión e inyección respectivamente.

$$V_{inyeccion} = 8,6842 * 10^{-6} m^3$$

$$V_{succion} = 1,846 * 10^{-5} m^3$$

Sumando los volúmenes en ambos trayectos y transformándolos a mililitros tenemos:

$$V_{sistema} = 27,144 ml \approx 27ml$$

Este valor se suma al volumen de 50ml que se tenía anteriormente y se recalcula la distancia del cilindro de dosificado.

$$Le = \frac{77 cm^3}{\pi * (2,2225 cm)^2} = 4,96 cm \approx 0,05 m$$

Ahora aumentamos la medida del pistón hidráulico que es de 0,03 m tenemos un total de 0,08m.

$$L = 0,13 m + 0,08 m = 0,21 m$$

Ahora procedemos a calcular el volumen del cilindro.

$$V_{cilindro} = \frac{\pi(D_e^2 - D_i^2)}{4} * L$$

$$V_{cilindro} = \frac{\pi((0,023425 \text{ m})^2 - (0,022225 \text{ m})^2)}{4} * (0,21 \text{ m}) = 9,05 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$w_{cilindro} = 7850 \text{ kg/m}^3 * 9,05 * 10^{-6} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 0,69 \text{ N}$$

El peso del cilindro cuando está lleno junto con el pistón será:

$$w_{total} = 2,2849 \text{ N} + 0,69 \text{ N} + 0,25 \text{ N} = 3,2249 \text{ N}$$

3.2.20. Diseño del vástago

El vástago está sometido a cargas axiales de compresión y tracción, por lo tanto, se debe evaluar como una columna empleando el criterio de la ecuación 31, de modo que tenemos se realiza una evaluación inicial.

Para el vástago debemos tomar en cuenta las dimensiones obtenidas previamente, tanto la longitud del cilindro y la longitud del pistón. Además, se debe tomar en cuenta que el vástago llevara en el extremo opuesto una articulación necesaria para unirla al pistón neumático.

De tal modo que obtenemos una longitud aproximada para el vástago bajo las consideraciones mencionadas.

$$L_{vastago} = 0,25 \text{ m}$$

El vástago será fabricado con acero inoxidable AISI 304 para evitar daños en caso de filtración del producto a la antecámara del dosificador. Con esta consideración procedemos a reemplazar los datos en la ecuación 55.

$$S_{eq} = \frac{S_y}{F_s} = \frac{205 \text{ MPa}}{2} = 102,5 \text{ MPa}$$

Todavía no se puede determinar si se usara la ecuación de Euler o la de Johnson. Por lo que se emplea la ecuación 53, es decir la de Euler en la forma de esfuerzo equivalente y se despeja el diámetro.

$$D = \sqrt[4]{\frac{64 * F * S_y * L^2}{C * \pi^3 * E * S_{eq}}} \quad \text{Ecuación 60}$$

Para el cálculo la fuerza a considerar será la aplicada por el pistón.

$$D = \sqrt[4]{\frac{64 * (294N) * (205 \text{ N/mm}^2) * (250\text{mm})^2}{2 * \pi^3 * (2,1 * 10^5 \text{ N/mm}^2) * (102,5 \text{ N/mm}^2)}} = 0,92 \text{ mm}$$

Este valor se verifica usando L/k, se emplea los siguientes criterios para saber si emplea la ecuación de Euler o Johnson.

$$\text{Si } \frac{L}{k} > \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}} \text{ Se emplea la ecuacion de Euler}$$

$$\text{Si } \frac{L}{k} < \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}} \text{ Se emplea la ecuacion de Johnson}$$

Reemplazamos datos:

$$\frac{L}{\frac{1}{4}D} = \sqrt{\frac{2 * C * \pi^2 * E}{S_y}}$$

$$\frac{250\text{mm}}{\frac{0,92 \text{ mm}}{4}} = \sqrt{\frac{2 * (2) * \pi^2 * (2,1 * 10^5 \text{ N/mm}^2)}{205 \text{ N/mm}^2}}$$

$$1086,95 > 201,1$$

Para emplear Euler:

$$\frac{L}{k} > 201,1$$

$$1086,95 > 201,1$$

Se comprueba que se utilizó correctamente la ecuación de Euler para columnas esbeltas de sección uniforme. El resultado del diámetro del vástago se debe a que las fuerzas son demasiado pequeñas dentro del cilindro, este valor de diámetro es el valor mínimo aceptable para la columna.

3.2.21. Diseño del vástago por resistencia a la fatiga

Empleando las ecuaciones 34 y 35 podemos determinar el factor de seguridad del vástago a las cargas fluctuantes a las que está sometido.

Reemplazando datos en la ecuación 34 obtenemos la resistencia a la fatiga.

$$S_n = 0,5 * 515 \text{ MPa} = 257,5 \text{ MPa}$$

Para el factor de material nos basamos en la siguiente tabla para la selección del factor.

Tabla 19: Factor de material.[62]

Acero forjado:	$C_{ms} = 1.00$	Hierro colado maleable:	$C_{mt} = 0.80$
Acero colado:	$C_{ml} = 0.80$	Hierro colado gris:	$C_{mn} = 0.70$
Acero pulverizado:	$C_{uv} = 0.76$	Hierro colado dúctil:	$C_{jm} = 0.66$

Asumimos que se trata de acero colado para tal caso el valor del factor de material es 0,8. De acuerdo con [62] el factor por tipo de esfuerzo para el caso de esfuerzos axiales es 0,8.

Para el factor de confianza se selecciona el valor de la siguiente tabla.

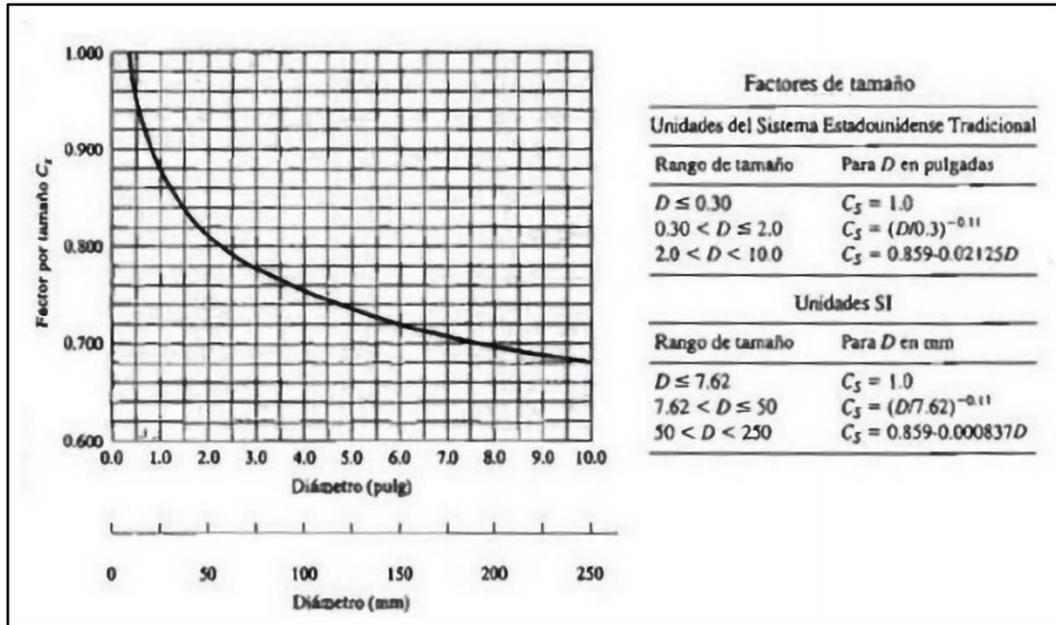
Tabla 20: Factor de confiabilidad.[62]

Factores de confiabilidad aproximados C_R	
Confiabilidad deseada C_R	
0.50	1.0
0.90	0.90
0.99	0.81
0.999	0.75

Ya que no se manejan cargas ni esfuerzos grandes y se ha sobredimensionado el vástago se emplea un factor de 0,9.

Para el factor de tamaño empleamos la siguiente tabla.

Tabla 21: Factores de tamaño.[62]



Ya que se seleccionó previamente un diámetro de vástago de 5/16" (7,9375 mm) se procede a calcular C_s .

$$C_s = \left(\frac{7,9375}{7,62} \right)^{-0,11} = 0,995$$

Con todos los datos obtenidos procedemos a reemplazar los valores en la ecuación 58.

$$S'_n = 0,8 * 0,995 * 0,9 * 1,02 * 257,5MPa = 188,16MPa$$

Para este caso podemos emplear el método de Goodman dado que el vástago está sometido a esfuerzos fluctuantes, para este método se utiliza el factor de diseño (F_s) en la resistencia ultima y a fatiga, además también se emplea un factor de concentración de esfuerzos (K_1). Entonces tenemos la siguiente ecuación:

$$\frac{1}{F_s} = \frac{K_1 * \sigma_a}{S'_n} + \frac{\sigma_m}{S_u} \quad \text{Ecuación 61}$$

Con las siguientes ecuaciones podemos obtener el esfuerzo medio y el esfuerzo alternativo.

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ecuación 62}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2} \quad \text{Ecuación 63}$$

Los esfuerzos máximo y mínimo se calculan de la siguiente manera:

$$\sigma_{max} = \frac{F_{max}}{A} \quad \text{Ecuación 64}$$

$$\sigma_{min} = \frac{F_{min}}{A} \quad \text{Ecuación 65}$$

Donde:

F_{max} : Fuerza máxima (294N)

F_{min} : Fuerza mínima (0,32N)

A: Área.

Reemplazando y despejando en las ecuaciones 60 y 61 respectivamente tenemos:

$$\sigma_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2A} \quad \text{Ecuación 66}$$

$$\sigma_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2A} \quad \text{Ecuación 67}$$

Reemplazando ambas ecuaciones en la ecuación 59 y despejando el Área tenemos:

$$A = F_s * \frac{K_t * (F_{max} - F_{min})}{2S'_n} + \frac{F_{max} + F_{min}}{2S_u} \quad \text{Ecuación 68}$$

Citando textualmente a [62] **“Se asume 2,5 como valor del factor de diseño F_s ”**. Para el factor de concentración de esfuerzos se toma en cuenta que ambos extremos del vástago están roscados, se asumen los siguientes datos: $d=6\text{mm}$, $D=7,9375\text{mm}$, $r=2\text{mm}$.

$$\frac{r}{d} = \frac{2}{6} = 0,33$$

$$\frac{D}{d} = \frac{7,9375}{6} = 1,32$$

Con los datos obtenidos se procede a encontrar el valor K_c en la siguiente figura.

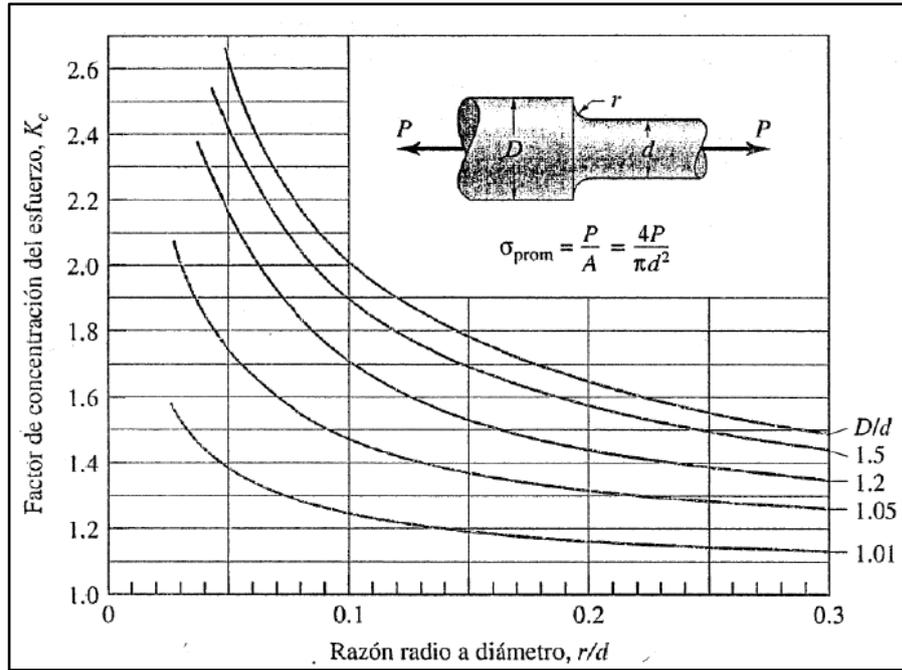


Figura 55: Factor de concentración de esfuerzos.[63]

Con los valores dados el factor de concentración de esfuerzos es 1,5. Con los valores obtenidos se reemplaza en la ecuación 66.

$$A = 2,5 * \frac{1,5 * (294N - 0,32N)}{2 \left(188,16 \frac{N}{mm^2}\right)} + \frac{294 + 0,32}{2 \left(515 \frac{N}{mm^2}\right)} = 3,64 mm^2$$

Con este valor buscamos el área útil en la siguiente tabla.

Tabla 22: Dimensiones de roscas de tornillos.[62]

Dimensiones de roscas de tornillos métricas				
Diámetro mayor básico, D (mm)	Roscas gruesas		Roscas finas	
	Paso (mm)	Área en esfuerzo de tensión (mm^2)	Paso (mm)	Área en esfuerzo de tensión (mm^2)
1	0.25	0.460		
1.6	0.35	1.27	0.20	1.57
2	0.4	2.07	0.25	2.45
2.5	0.45	3.39	0.35	3.70
3	0.5	5.03	0.35	5.61
4	0.7	8.78	0.5	9.79
5	0.8	14.2	0.5	16.1
6	1	20.1	0.75	22.0
8	1.25	36.6	1	39.2
10	1.5	58.0	1.25	61.2
12	1.75	84.3	1.25	92.1
16	2	137	1.5	167
20	2.5	245	1.5	272
24	3	353	2	384
30	3.5	561	2	621
36	4	817	3	865
42	4.5	1121		
48	5	1473		

Para el área de $3,64 \text{ mm}^2$ el valor más próximo es de $3,39$ para un diámetro básico de $2,5 \text{ mm}$, se asumieron datos de los diámetros y radio de muesca para obtener valores de C_p y concentración de esfuerzos K_t , empleando datos reales las diferencias son insignificantes.

El área encontrada es el área mínima que debe tener los extremos roscados, ahora empleando el área comercial del vástago de $5/16''$ ($4,949 \times 10^{-5} \text{ m}^2$), reemplazando este valor en las ecuaciones 64 y 65 tenemos.

$$\sigma_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2A} = \frac{294N + 0,32N}{2(4,949 * 10^{-5} \text{ m}^2)} = 2973530,006 \text{ N/m}^2$$

$$\sigma_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2A} = \frac{294N - 0,32N}{2(4,949 * 10^{-5} \text{ m}^2)} = 2967064,053 \text{ N/m}^2$$

Ahora despejamos el factor de seguridad de la ecuación 59 y reemplazamos los datos obtenidos.

$$F_s = \frac{1}{\frac{K_t * \sigma_a}{S'_n} + \frac{\sigma_m}{S_u}}$$

$$F_s = \frac{1}{\frac{1,5 * 2967064,053 \text{ N/m}^2}{1,8816 * 10^8 \text{ N/m}^2} + \frac{2973530,006 \text{ N/m}^2}{5,15 * 10^8 \text{ N/m}^2}} = 33,98$$

La razón por la que el factor de seguridad es elevado se debe a que las fuerzas y presiones obtenidas dentro del sistema son demasiado pequeñas.

3.2.22. Peso del vástago

Se emplea la ecuación del volumen con los datos que ya se tenían anteriormente.

$$V_{vastago} = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$V_{vastago} = \frac{\pi * (0,0079375\text{m})^2}{4} * 0,25\text{m} = 4,94 * 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$w_{vastago} = \rho * V_{vastago} * g$$

$$w_{vastago} = 7850 \text{ kg/m}^3 * 4,94 * 10^{-5} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 3,81 \text{ N}$$

3.2.23. Selección de pernos

De acuerdo con la siguiente tabla se muestra los pernos disponibles según la normalización SAE.

Tabla 23: Grado de pernos normalizados.[62]

Grade Designation	Products	Nominal Size Dia, In	Full Size Bolts, Screws, Studs Proof Load (Stress), psi	Full Size Bolts, Screws, Studs, Sems, Tensile Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Yield ⁽²⁾ Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Tensile Strength (Stress) Min, psi	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Elongation ⁽³⁾ Min, %	Machine Test Specimens of Bolts, Screws, and Studs Reduction of Area Min, %	Surface Hardness Rockwell 30N Max	Core Hardness Rockwell Min	Core Hardness Rockwell Max	Grade Identification Marking ⁽⁴⁾
1	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1-1/2	33 000 ⁽⁵⁾	60 000	36 000 ⁽⁶⁾	60 000	18	35	—	B70	B100	None
2	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 3/4 ⁽⁷⁾	55 000 ⁽⁵⁾	74 000	57 000	74 000	18	35	—	B80	B100	
		Over 3/4 thru 1-1/2	33 000	60 000	36 000 ⁽⁶⁾	60 000	18	35	—	B70	B100	None
4	Studs	1/4 thru 1-1/2	65 000	115 000	100 000	115 000	10	35	—	C22	C32	None
5	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1	85 000	120 000	92 000	120 000	14	35	54	C25	C34	Y
		Over 1 thru 1-1/2	74 000	105 000	81 000	105 000	14	35	50	C19	C30	Y
5, 1 ⁽⁸⁾	Sems	No. 4 thru 5/8	85 000	120 000	—	—	—	—	59.5	C25	C40	Y
5.2	Bolts, Screws	1/4 thru 1	85 000	120 000	92 000	120 000	14	35	56	C26	C36	Y
8	Bolts, Screws, Studs	1/4 thru 1-1/2	120 000	150 000	130 000	150 000	12	35	58.6	C33	C39	Y
8.1	Studs	1/4 thru 1-1/2	120 000	150 000	130 000	150 000	10	35	58.6	C33	C39	None
8.2	Bolts, Screws	1/4 thru 1	120 000	150 000	130 000	150 000	10	35	58.6	C33	C39	Y

Debido a la configuración del equipo, los pernos frontales que sostienen la tapa delantera del dosificador deben resistir la fuerza de empuje y succión del pistón neumático, por tanto, podemos decir que los pernos están sometidos a esfuerzos cortantes como se aprecia en la figura.

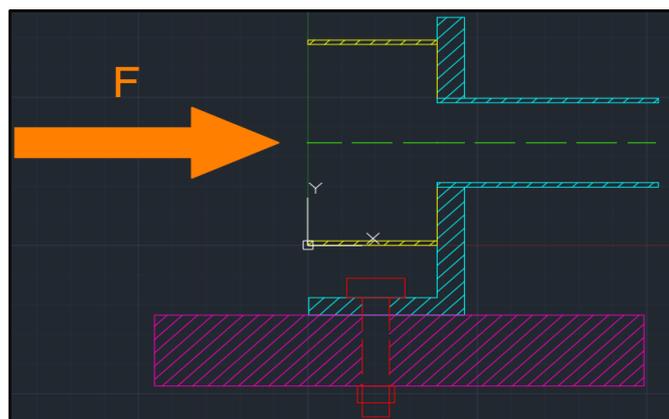


Figura 56: Diagrama de fuerza aplicada.

3.2.24. Área de los pernos

Para el análisis del área de los pernos primero debemos calcular el esfuerzo cortante admisible, esto se obtiene con las siguientes ecuaciones.

$$\tau = \frac{F}{A} \leq \tau \quad \text{Ecuación 69}$$

$$\tau = \frac{S_{Sy}}{FS} \quad \text{Ecuación 70}$$

$$S_{Sy} = 0,0577S_y \quad \text{Ecuación 71}$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante admisible.

S_{Sy} : Resistencia a la fluencia cortante.

S_y : Resistencia a la fluencia del acero.

FS: Factor de seguridad.

A: Área de corte.

F: Fuerza aplicada horizontalmente.

Como se ha venido haciendo a lo largo del análisis se empleará la fuerza más grande obtenida en los cálculos previos ($F=294N =29,98 \text{ Kg}$). De acuerdo la siguiente tabla podemos apreciar las características mecánicas para los diferentes grados de pernos disponibles.

Tabla 24: Propiedades mecánicas de pernos normalizados.[64]

Grado	Tamaño nominal, pulg.	Full Size Proofload, psi	Límite elástico, min, psi	Resistencia a la tracción, min, psi	Elongación, min, %	RA, min, %	Dureza, Rockwell	Temperatura de templado, min
1	1/4 a 1-1/2	33,000	36,000	60,000	18	35	B7 to B100	N/A
2	1/4 a 3/4	55,000	57,000	74,000	18	35	B80 to B100	N/A
	De 3/4 a 1-1/2	33,000	36,000	60,000	18	35	B70 to B100	
5	1/4 a 1	85,000	92,000	120,000	14	35	C25 to C34	800F
	De 1 a 1-1/2	74,000	81,000	105,000	14	35	C19 to C30	
8	1/4 a 1-1/2	120,000	130,000	150,000	12	35	C33 to C39	800F

Los requisitos de Grado 2 para diámetros de 1/4" a 3/4" se aplican solo a los pernos de hasta 6", y a espárragos de todas las longitudes. Para pernos de más de 6", se aplicarán los requisitos de Grado 1.

De acuerdo a la normativa SAE J429 [65], detalla todos los aspectos mecánicos y químicos de los materiales normados para ser empleados para la fabricación de pernos, en la tabla 25 se muestra los grados más usados comercialmente.

Empleando la ecuación 69 y el perno más común en el mercado que es de grado 8 con $S_y= 130.000 \text{ psi} = 91,43 \text{ kg/mm}^2$ tenemos lo siguiente:

$$S_{Sy} = 0,577(91,43 \text{ kg/mm}^2) = 52,76 \text{ kg/mm}^2$$

Ya que se trata de elementos sometidos a cargas cortantes fluctuantes, se considera un factor de seguridad de 1,5 y se reemplaza en la ecuación 68.

$$\tau = \frac{52,76 \text{ kg/mm}^2}{1,5} = 35,2 \text{ kg/mm}^2$$

Se procede a despejar el área de la ecuación 67 y tenemos lo siguiente:

$$A = \frac{F}{\tau} \quad \text{Ecuación 72}$$

$$A = \frac{29,98 \text{ kg}}{35,2 \text{ kg/mm}^2} = 0,85 \text{ mm}^2$$

Determinamos el área de cada perno sumiendo que se van a emplear dos pernos en la parte frontal.

$$A_{perno} = \frac{A}{2} \quad \text{Ecuación 73}$$

$$A_{perno} = \frac{0,85 \text{ mm}^2}{2} = 0,42 \text{ mm}^2$$

Este valor representa el área mínima del perno para soportar la carga aplicada. El área más próxima al valor que se obtuvo del cálculo anterior es de 0,460 mm² matemáticamente este valor pertenece a un perno con 0,76 mm de diámetro, pero comercialmente estos pernos se encuentran disponibles en medidas comprendidas de 3/16" a 1 1/2".

3.2.25. Factor de seguridad de los pernos

Se despeja la ecuación 70 y en ella se reemplaza la ecuación 71, de este modo tenemos la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{S_{sy}}{FS}$$

$$FS = \frac{S_{sy}}{\tau}$$

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{29,98 \text{ kg}}{0,85 \text{ mm}^2} = 35,27 \text{ kg/mm}^2$$

$$FS = \frac{52,76 \text{ kg/mm}^2}{35,27 \text{ kg/mm}^2} = 1,49$$

El área empleada para la verificación no existe comercialmente, la medida más próxima es para un perno de 3/16” con un área de 17,81 mm², por lo tanto, se calcula el factor de seguridad con esta medida comercial.

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{29,98 \text{ kg}}{17,81 \text{ mm}^2} = 1,68 \text{ kg/mm}^2$$

$$FS = \frac{52,76 \text{ kg/mm}^2}{1,68 \text{ kg/mm}^2} = 31,34$$

3.2.26. Selección de horquillas y cabeza de rotula

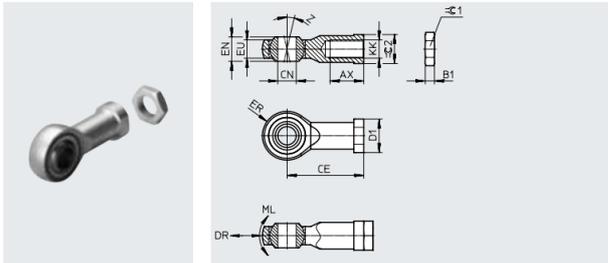
Para unir los componentes que conforman al dosificador y al pistón neumático se necesita de una unión articulada, esta unión está conformada por una horquilla y una cabeza de rotula seleccionadas de la siguiente figura en función del diámetro del eje del pistón neumático y del vástago del equipo.

Hoja de datos

Cabeza de rótula SGS

Suministro:
1 cabeza de rótula, 1 tuerca hexagonal según DIN 439

Material:
Acero galvanizado
En conformidad con la Directiva 2002/95/CE (RoHS)



Dimensiones y referencias de pedido

KK	AX	B1	CE	CN ø H7	D1 ø	DR ¹⁾ máx. [µm]	ER ±0,5	EN	EU
M4	10 -2	2,2	27±1,2	5	12	34	9	8	6
M6	12 -2	3,2	30±1,2	6	14	34	10	9	6,8
M8	16 -2	4	36±1,2	8	17	40	12	12	9
M10	20 -2	5	43±1,2	10	20	40	14	14	10,5
M10x1,25									
M12	22 -2	6	50±1,2	12	23	45	16	16	12
M12x1,25									
M16	28 -2	8	64±1,2	16	29	45	21	21	15
M16x1,5									
M20x1,5	33 -2	10	77±1,7	20	37	55	25	25	18
M27x2	51 -2	13,5	110±1,7	30	52	55	35	37	25
M36x2	56 +2	18	125±2,1	35	60	60	40	43	28
M42x2	60 +2	21	142±2,1	40	69	60	45	49	33
M48x2	65 +2	24	160±2,1	50	78	60	58	60	45

Figura 57: Cabezas de rotula SGS.[66]

Para el vástago del equipo se ha seleccionado una cabeza de rotula con roscado M8 que se ajusta a las dimensiones del diámetro previamente seleccionadas, en el anexo se detalla las características del elemento seleccionado.

Para la horquilla nos dirigimos nuevamente al catálogo para seleccionar la adecuada para el vástago del pistón neumático, en la siguiente figura tenemos las horquillas adecuadas para el modelo de vástago.

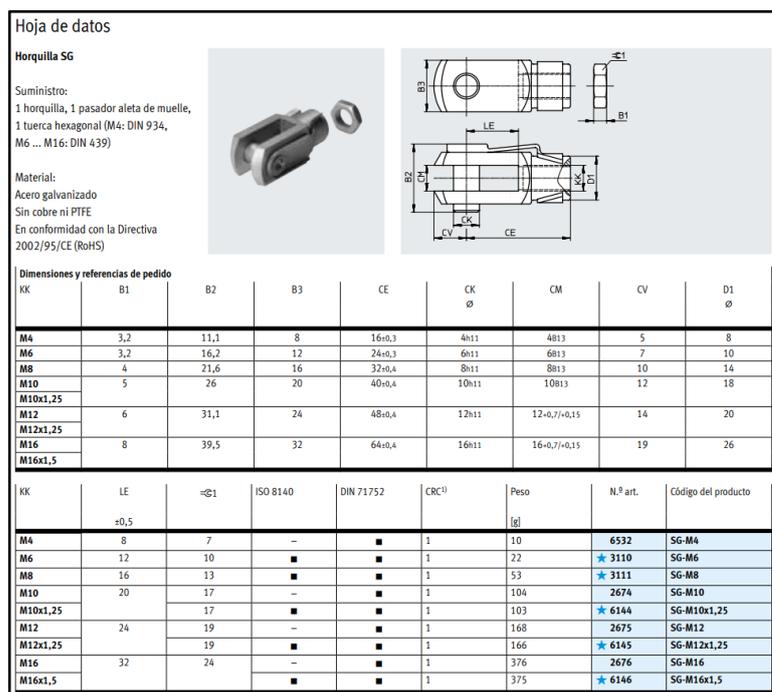


Figura 58: Horquillas SG.[66]

Para el vástago del pistón se selecciona una horquilla de roscado M10.

3.3. Análisis en software de diseño

3.3.1. Circuito neumático

El circuito neumático debe cumplir con la tarea de accionar el pistón con un solo pulso de accionamiento y automáticamente regresarlo a su posición, completando el ciclo y esperar a que se accione nuevamente para volver a cumplir el ciclo, adicionalmente debe contar con un botón de paro de emergencia con enclavamiento manual para detener el sistema en caso de ser requerido.

Con estas premisas se ha diseñado el siguiente circuito en el software de diseño de FESTO.[47]

El circuito presentado en la figura 59 cumple con la premisa de accionarse con el pedal y automáticamente el cilindro sale y regresa una vez que topa con el final de carrera para culminar con el ciclo a la espera de ser accionado nuevamente, del mismo modo la válvula de emergencia con botón de enclavamiento detiene el ciclo y se reanuda manualmente al retirar el enclavamiento de la válvula.

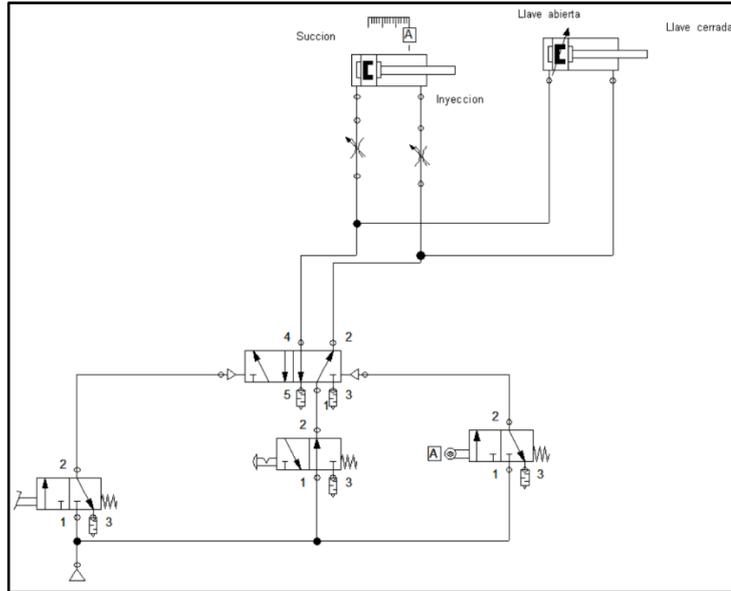


Figura 59: Circuito neumático.

3.3.2. Ensamblaje en software CAD

Con los datos obtenidos en los cálculos se dibujó cada elemento en el software de diseño, una vez obtenido los elementos que conforman la dosificadora y habiendo descargado los modelos 3D de los elementos que son fabricados, como los sellos hidráulicos y el cilindro neumático, tenemos la configuración del equipo de la siguiente manera.

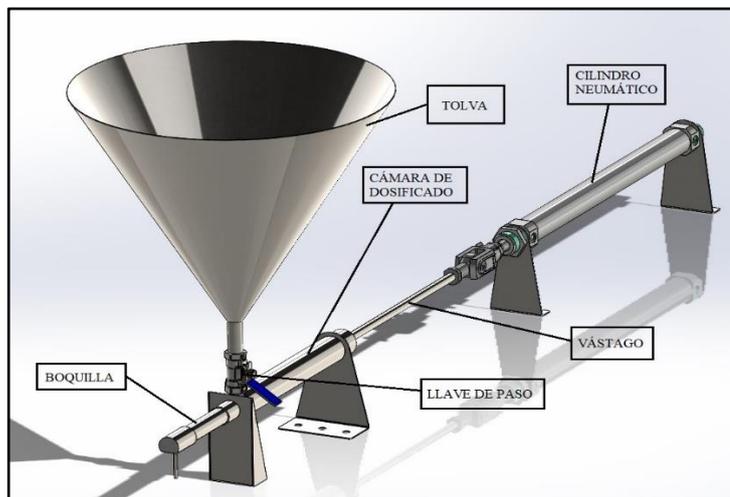
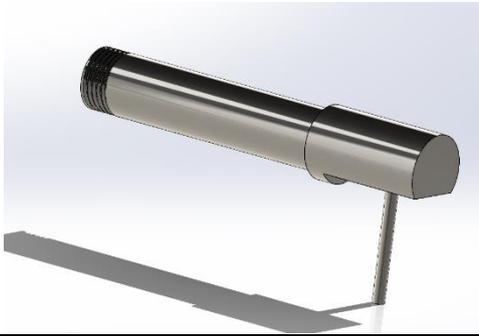
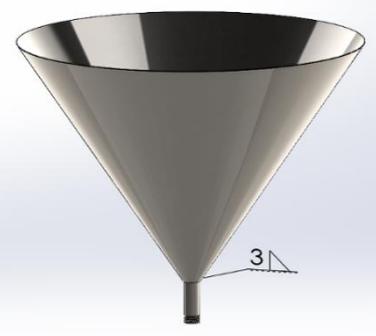
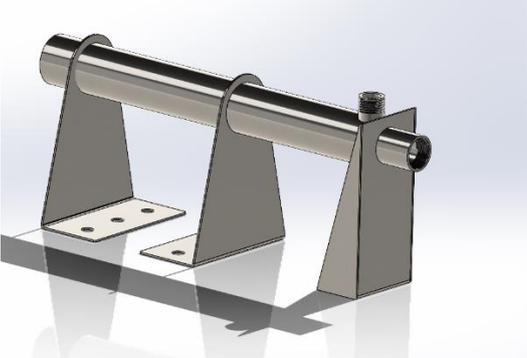
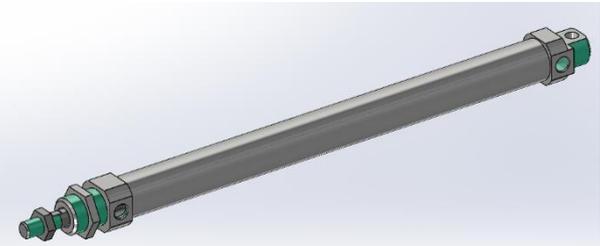
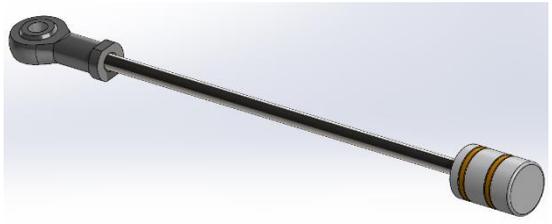


Figura 60: Ensamble de los elementos del dosificador.

En la tabla 25 se detalla los elementos del ensamblaje.

Tabla 25: Elementos de ensamblaje.

No	Elemento	Figura
1	Boquilla	
2	Tolva	
3	Cámara de dosificado	
4	Pistón neumático	
5	Pistón y vástago	

3.4. Análisis por elemento finito

3.4.1. Tolva

La tolva se realizó en el software CAD, el modelo en tres dimensiones se importó al software especializado para análisis por elemento finito, se emplearon las presiones calculadas anteriormente para determinar los esfuerzos equivalentes con ayuda del software arrojando los resultados que se pueden apreciar en la figura 61.

En el análisis realizado el esfuerzo máximo en Pa es de $3,2854 \times 10^7$, con este valor podemos calcular el factor de seguridad de la tolva con la ecuación 30.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{205 * 10^6 \text{ Pa}}{3,2854 * 10^7 \text{ Pa}} = 6,24$$

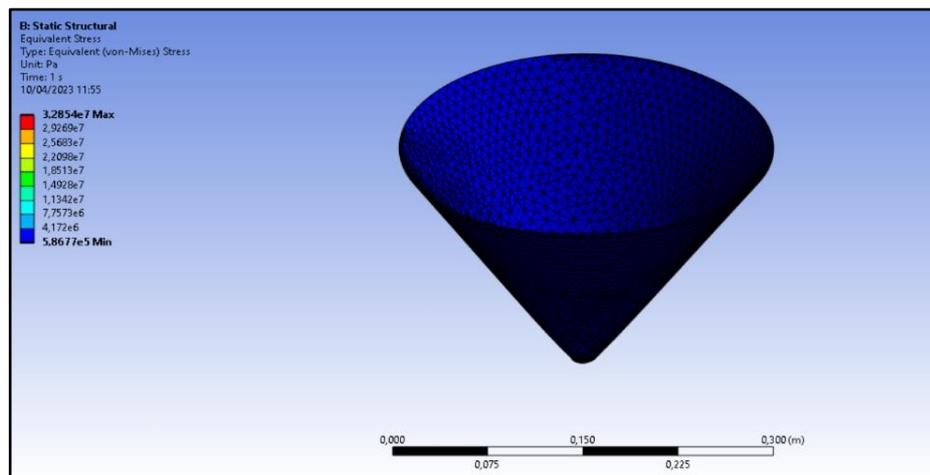


Figura 61: Resultados del estudio por elementos finitos de la tolva.

3.4.2. Vástago

Al igual que a la tolva, se le realizó al vástago un análisis sometándolo a la fuerza de empuje del pistón para determinar los esfuerzos, para el análisis se le trató como una columna con uno de sus extremos fijos y del otro la aplicación de la fuerza, ya que el vástago se encuentra en posición horizontal la gravedad actúa de forma perpendicular al vástago (figura 62).

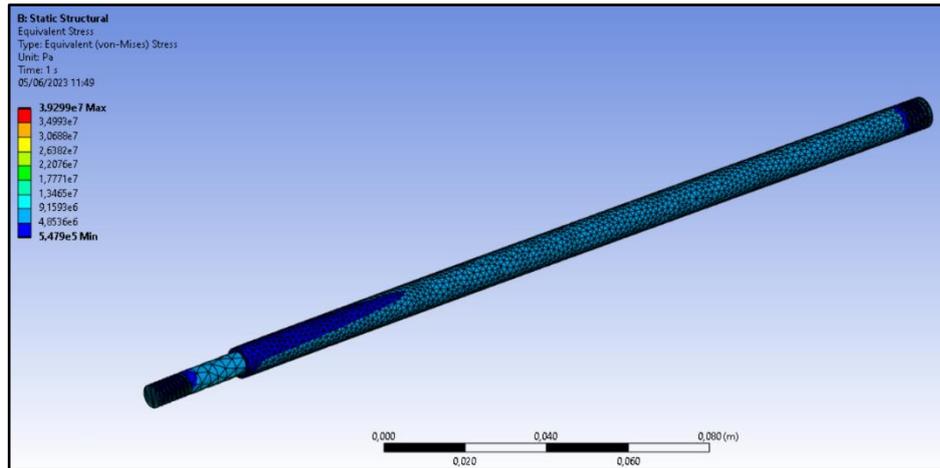


Figura 62: Resultado del estudio por elemento finito del vástago.

Reemplazando los datos calculamos el factor de seguridad del vástago sometido a la fuerza del pistón con el esfuerzo de Von Mises obtenido en la simulación.

$$Factor\ de\ seguridad = \frac{205 * 10^6\ Pa}{3,93 * 10^7\ Pa} = 5,21$$

3.4.3. Cámara de dosificado

El análisis realizado a la cámara se lo hizo en conjunto con sus dos bases de apoyo, la frontal que va soldada al cilindro que conforma la cámara y la posterior que sostiene el peso de la cámara para que no esté en voladizo. El primer análisis se hizo de la cámara y la tapa frontal sometidas a las fuerzas del pistón para el caso de la tapa frontal y en el cilindro se tomó la presión interna previamente calculada. (figura 63).

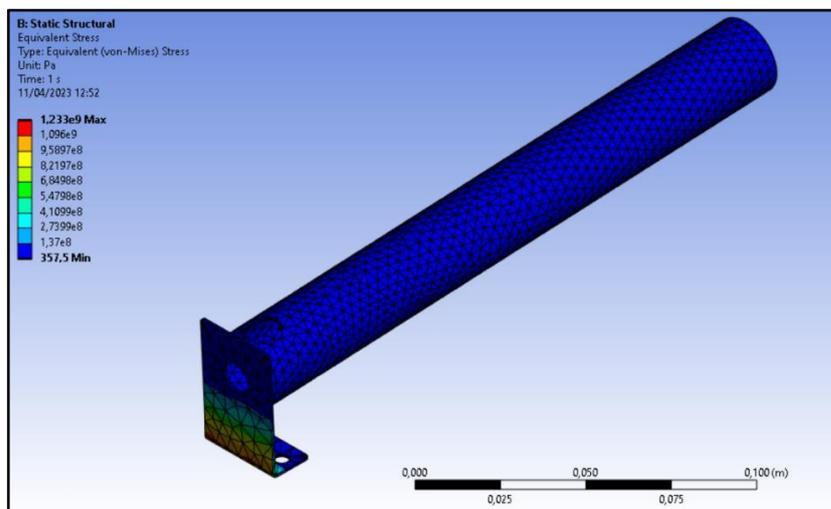


Figura 63: Resultado del estudio por elemento finito de la cámara de dosificado.

Reemplazando datos se calcula el factor de seguridad del conjunto.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{205 * 10^6 \text{ Pa}}{1,233 * 10^9 \text{ Pa}} = 0,16$$

Debido a que el factor de seguridad es extremadamente pequeño se procede a rediseñar la tapa frontal del dosificador.

Rediseño de la tapa frontal y base posterior

Para la tapa frontal se procedió aumentando la dimensión del rectángulo y agregando cartelas a los costados para brindar mayor soporte también se agregó una base posterior para mantener el cilindro y la cámara alineados, con el modelo rediseñado se volvió a realizar el estudio por elemento finito (figura 64).

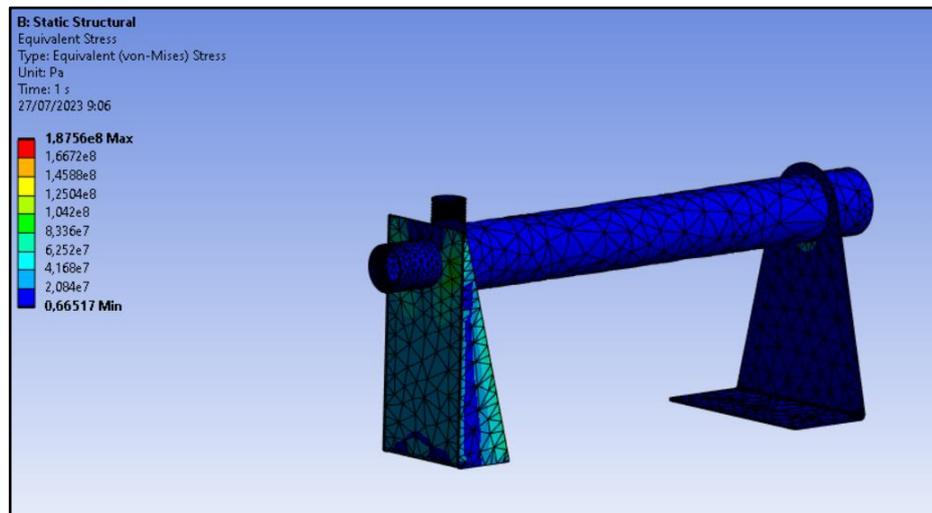


Figura 64: Resultados del estudio por elemento finito de la base frontal rediseñada.

Con el esfuerzo equivalente obtenido con la nueva configuración se procede a calcular el factor de seguridad con la ecuación.

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{205 * 10^6 \text{ Pa}}{1,88 * 10^8 \text{ Pa}} = 1,101$$

3.4.4. Velocidad y presión del sistema

Como estudio final, se realizó la simulación de la velocidad y la presión dentro del sistema que conforma la cámara de dosificado, pasando por la válvula de retención y llegando a la boquilla de dosificado como se puede observar en la figura 65 los resultados obtenidos.

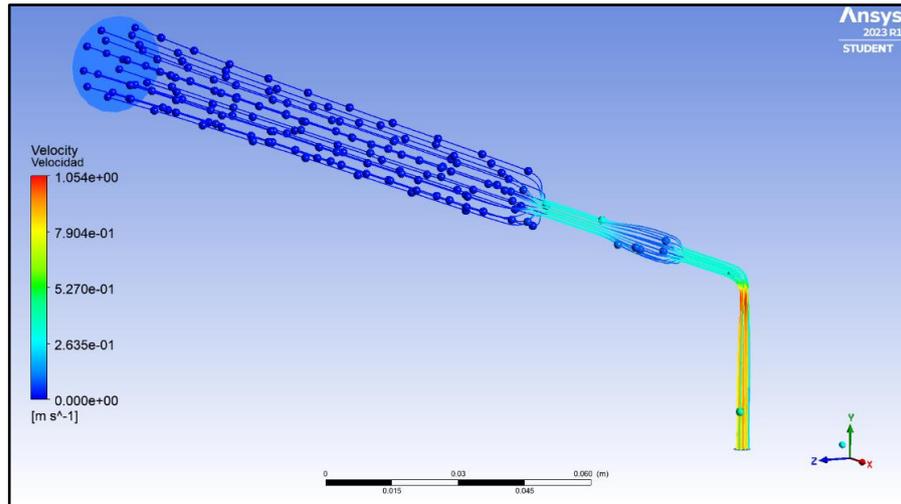


Figura 65: Velocidades dentro del sistema.

Tal como se puede apreciar en la figura, las velocidades obtenidas no difieren mucho de las velocidades calculadas en la tabla 16, por lo que el dimensionamiento es correcto. Del mismo modo se realizó la simulación de las presiones internas del sistema con la finalidad de descartar que en los cambios de sección bruscos existan concentradores de esfuerzos (figura 66).

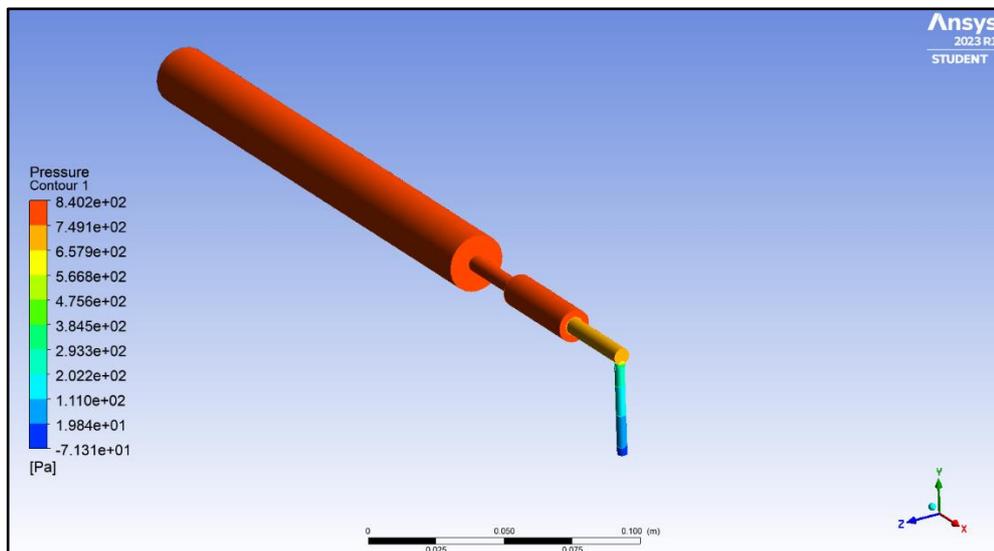


Figura 66: Presión dentro del sistema por contorno.

En la imagen se puede apreciar que las presiones mayores se encuentran en el cilindro y a medida que se acerca al cambio de sección la presión casi no sufre cambios, en la válvula de retención se tiene un ligero aumento de sección donde la presión vuelve a crecer, y al finalizar el tramo la presión baja de golpe.

En la siguiente figura se aprecia la presión en forma vectorial dentro del sistema.

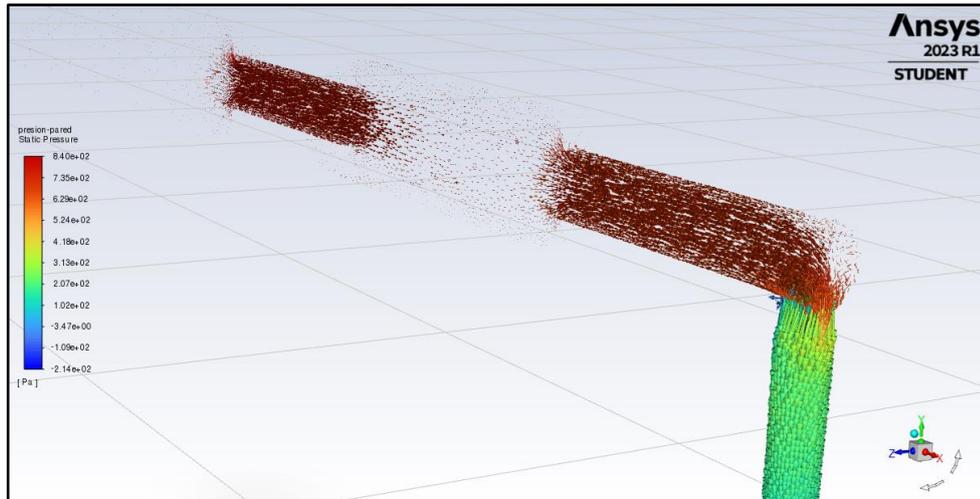


Figura 67: Presión vectorial dentro del sistema.

Como se aprecia dentro del sistema, en los cambios de sección no se concentra las presiones de manera exagerada.

3.5. Análisis ergonómico

La ergonomía es la disciplina que toma en consideración factores físicos, cognitivos, sociales organizacionales y ambientales, pero en un enfoque holístico, en el que cada factor no es analizado individualmente sino en conjunto en su interacción con los demás.[67]

Para este proyecto el análisis que se realizó es para determinar la altura adecuada del equipo, la tarea de dosificado se la realizara sentado, la maquina estará montada sobre una mesa móvil, de modo que el equipo debe estar a una altura que no provoque que los brazos se encuentren en una postura forzada y también que tengan la facilidad de poder accionar el pedal del equipo, todas esas consideraciones se deben tomar en cuenta al momento de realizar el análisis, además de también seleccionar la silla adecuada para desempeñar la tarea sin riesgo de que el usuario desarrolle malestares en la región lumbar al estar sentado ejecutando la labor de accionamiento del equipo. Para la construcción de la mesa se tomara en cuenta la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 1641 [68], del mismo modo para la selección de la silla se empleara la normativa NTE INEN 1647 [69]. Para los cálculos del diseño de la mesa y la selección de la silla se debe tener en cuenta la reducción de estatura de los usuarios debido al envejecimiento.

La tendencia a bajar de estatura ocurre en todas las razas y en ambos sexos. La pérdida de estatura se relaciona con los cambios que se dan en el envejecimiento de los huesos,

los músculos y las articulaciones. Las personas suelen perder alrededor de media pulgada (1,27 cm) cada 10 años pasados los 40 años. Esta pérdida se acelera cuando se pasa de los 70 años. Una persona puede llegar a perder en total hasta 3 pulgadas (7,5 cm) de su estatura a medida que envejece.[70]

3.5.1. Mediciones tomadas en campo

Para las medidas corporales tomadas en consideración para el diseño se empleó como guía la norma NTE INEN-7250-1[71], se definió los parámetros que serán útiles para el diseño, como al altura sentado, y la distancia de accionamiento para el pedal del equipo tomada desde el eje de la rodilla hasta el talón del pie extendido para el accionamiento.

En el anexo 8 tenemos los valores tomados de 50 adultos mayores, dentro de las asociaciones visitadas tenemos un mayor número de mujeres de la tercera edad que de hombres, de la muestra tomada 38 miembros son mujeres y 12 son hombres (figura 68).

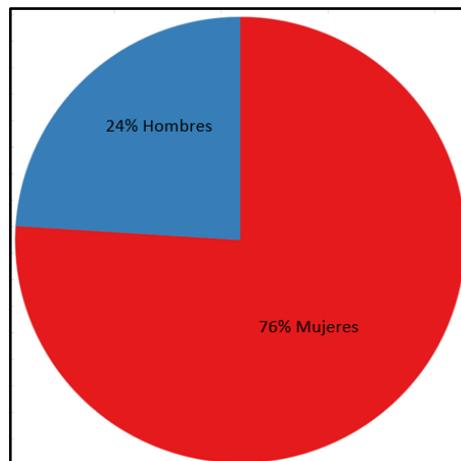


Figura 68: Porcentaje de adultos mayores por género en la asociación visitada.

3.5.2. Diseño de la mesa de trabajo

De acuerdo con la norma NTE INEN-1641 las primeras dimensiones a tenerse en cuenta son el espacio para las piernas, la profundidad mínima del espacio para las piernas y la altura a la superficie de trabajo, adicional a estos datos también se debe tener en cuenta la distancia para el pedal del equipo.

Para el pedal se toma como referencia las máquinas de coser, que tienen un pedal para el accionamiento del motor, de acuerdo con la siguiente investigación [72] la profundidad óptima para el pedal es de entre 22 – 24 cm desde el borde la mesa.

En la siguiente figura tenemos las dimensiones que deben tomarse en cuenta para la mesa de trabajo donde se va a montar el equipo.

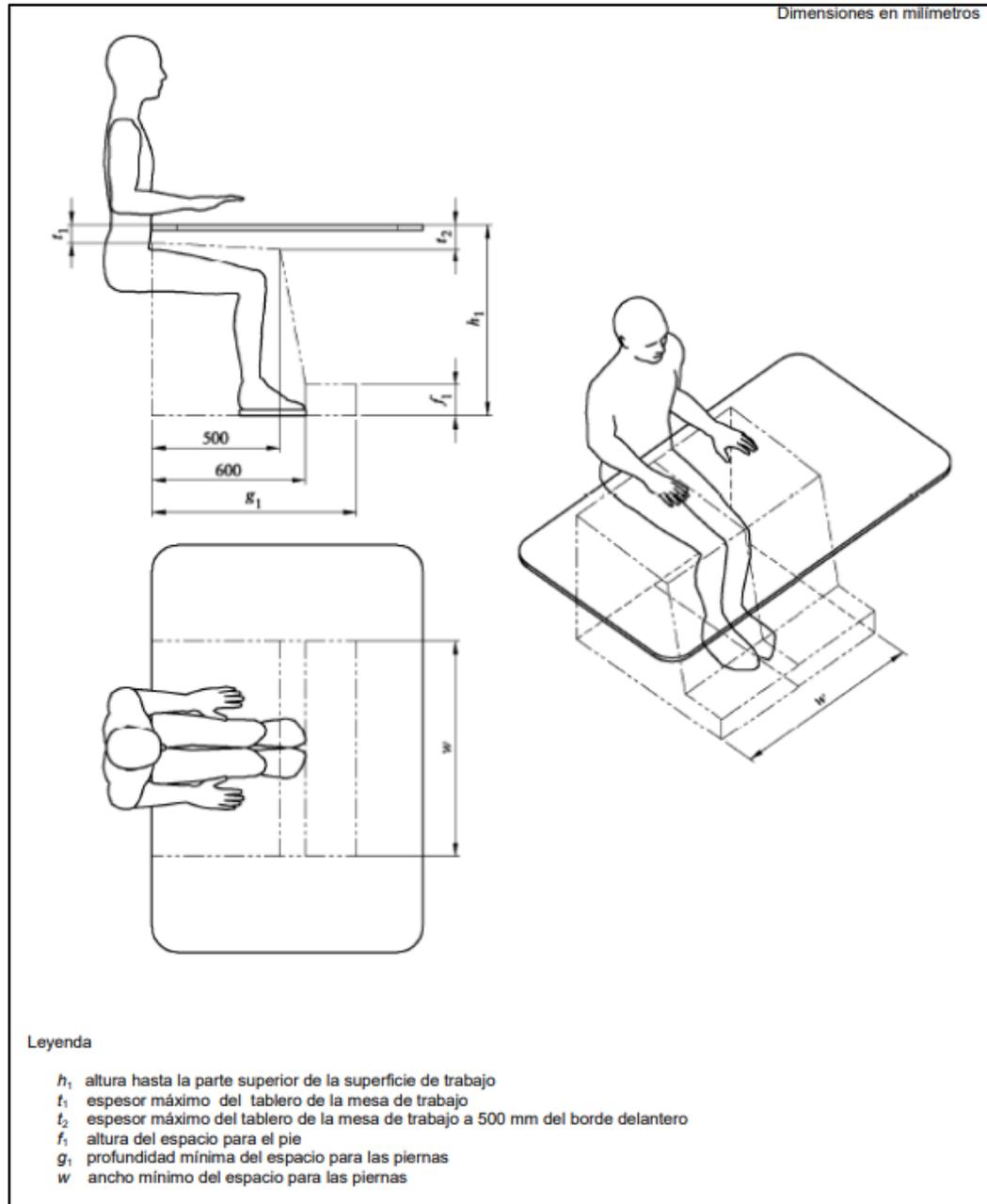


Figura 69: Espacio para las piernas y altura de mesas de trabajo o escritorios con bordes. [68]

Las dimensiones están tabuladas para diferentes criterios conforme la normativa para la fabricación de la mesa en la siguiente tabla.

Tabla 26: Dimensiones de mesas y escritorios en milímetros. [68]

Dimensiones			Tipo de mesa de trabajo o escritorio						
			Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D			
			Plenamente regulable	Plenamente ajustable	Altura fija	Regulable o ajustable de forma limitada ^a			
Altura de la superficie de trabajo	h_1	Solo sentado	Rango mínimo 650 a 850	Rango mínimo 650 a 850 ^a	740 ± 20	- tolerancia	min.	máx.	+tolerancia
		Solo de pie	Rango mínimo 950 a 1250	Rango mínimo 950 a 1250 ^a	1050 ± 20	- tolerancia	680	760	sí
		Sentado hasta de pie	Rango mínimo 650 a 1250	n/a	n/a	sí	1000	1180	sí
Espesor máximo del tablero de la mesa de trabajo (ver figura 1)	t_1	Por delante t_1	55°	55°	70	Rango mínimo 680 a 1180			
	t_2	A 500 mm del borde delantero t_2	80°	90°	100	70			
Altura mínima del espacio para la rodilla – solo posición de pie (ver figura 3)	k_1	Se aplica solo a mesas con altura superior a 850 mm	700 ^d	700 ^d	700 ^d	700 ^d			
Profundidad mínima de espacio para la rodilla – solo posición de pie (ver figura 3)	k_2		80	80	80	80			
Profundidad mínima de espacio para el pie - solo de pie (ver figura 3)	k_3		150	150	150	150			
Altura mínima del espacio mínimo para el pie	f_1	Solo sentado y sentado hasta de pie. Desde 600 mm hasta 800 mm desde el borde delantero, f_1	120	120	120	120			
	f_2	Solo de pie. Desde el borde delantero hasta 150 mm, f_2	120	120	120	120			

Dimensiones			Tipo de mesa de trabajo/escritorio			
			Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
			Plenamente regulable	Plenamente ajustable	Altura fija	Regulable o ajustable de forma limitada ^a
Profundidad mínima del espacio para las piernas ^c (ver figura 1)	g_1	Solo sentado y sentado hasta de pie	600	600	600	600
Profundidad mínima de la superficie de la mesa ^f	D		600	600	600	600
Ancho mínimo del espacio para las piernas	W	Solo sentado y sentado hasta de pie	1200	1000	850	850
		Solo de pie	790	790	790	790

^a Incremento máximo de 20 mm.
^b Solo se aplica a mesas de trabajo o escritorios para posición sentada y sentada hasta de pie.
^c El diseño del producto debe asegurar la profundidad mínima del espacio para las piernas.
^d Medido desde el suelo.
^e Se deben obtener los valores mínimos y máximos.
^f La dimensión D se mide como la dimensión menor en la zona de trabajo.

NOTA. No se especifica la dimensión del ancho (largura) de una mesa de trabajo o escritorio. El ancho y forma de las mesas de trabajo o escritorios pueden variar considerablemente. El tamaño real de la superficie de trabajo depende de las necesidades del usuario individual y de los requisitos de cada tarea.

Para la mesa se empleará las dimensiones del ancho para las piernas, la altura y la profundidad, ya que la tarea se desarrollará sentado no es necesario tomar en consideración los valores de pie para el diseño.

3.5.3. Mesa de trabajo ensamblada

Con los datos usados de la tabla 26 se dibujaron los elementos estructurales de la mesa de trabajo, donde va montado el equipo junto con los elementos de accionamiento neumático, para la altura se restaron 12 cm debido a que la mesa va montada sobre ruedas para facilitar su desplazamiento, con estas consideraciones tenemos la mesa de trabajo de la siguiente manera.



Figura 70: Mesa de trabajo.

Tomando en cuenta las medidas ergonómicas tomados en la asociación y las medidas que recomienda la normativa la superficie de trabajo tiene 85cm X 100cm de superficie una altura de 67cm a estos van sumado la altura de las ruedas de modo que no supere la medida de 74 cm establecida por la normativa, la estructura es de tubo cuadrado en acero ASTM A36 con medidas de 20x20x1,2mm.

Una vez que ya tenemos la mesa podemos instalar los elementos del circuito neumático en conjunto con el equipo, de manera que podamos tener una idea de cómo se vería el modelo real antes de construirlo, en la figura 71 podemos observar cómo queda el equipo una vez montado sobre la mesa.

Una vez montado el equipo se posiciono el pedal de accionamiento a una distancia adecuada de modo que el accionamiento se haga a un ángulo de entre 90°-110° tomando como centro el eje de la rodilla, de este modo no existe posiciones incómodas para el usuario ni se realizara sobreesfuerzos para el accionamiento, también se colocó el botón de paro de emergencia al costado derecho para que sea visible para los usuarios en caso de requerirse detener el proceso de dosificado, también cuanta con el final de carrera colocado detrás del cilindro de dosificado de modo que al llegar la horquilla que una el vástago con el cilindro neumático esta toque el final de carrera y el proceso vuelva a iniciar automáticamente.

3.6.Construcción

Una vez finalizado el cálculo, dimensionamiento y dibujo de planos de cada elemento que conforman al dosificador, se procede a la construcción de este, de acuerdo con los

sistemas que lo conforman tenemos la parte estructural que comprende los elementos metálicos y la parte neumática que comprende a las válvulas y actuadores neumáticos.

Elementos estructurales:

- Selección y adquisición del material.
- Preparación del material para realizar los respectivos cortes.
- Plegamos las piezas que lo requieran.
- Las piezas que requieren un proceso de solda se realiza con el proceso de soldadura TIG.
- Los elementos que no se pueden soldar se unen con remaches o pernos.

Elementos neumáticos:

- Selección y adquisición de válvulas y actuadores.
- Disposición de los elementos del circuito neumático conforme al circuito realizado en el software.
- Verificación de la funcionalidad de las válvulas.
- Montaje del actuador y prueba de funcionamiento.
- Calibración de la presión de aire de admisión.

Una vez tenemos los planos aprobados siguiendo el diagrama de la figura 27 procedemos a desglosar los subprocesos dentro de la construcción de la maquina dosificadora. Estos se subdividieron en elementos estructurales y elementos neumáticos.

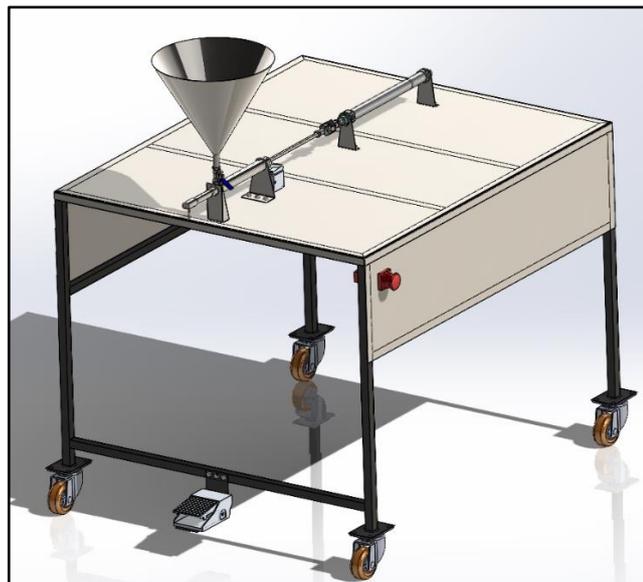


Figura 71: Montaje del equipo en la mesa de trabajo.

3.6.1. Elementos estructurales

Consta de todos los elementos móviles y estáticos que conforman a la máquina, aquí se detalla en los diagramas cada proceso realizado para la construcción de estos elementos.

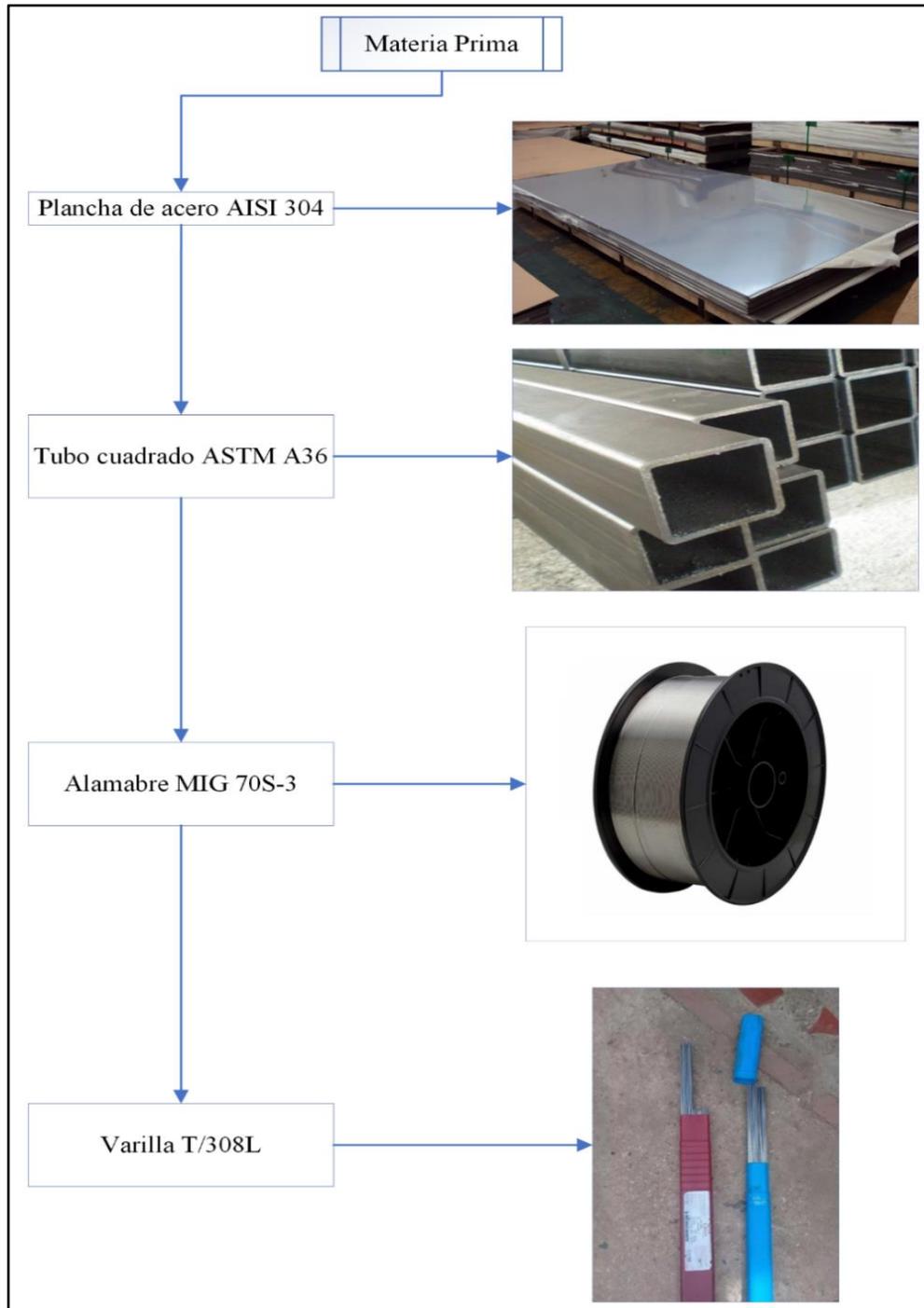


Figura 72: Verificación de la materia prima.

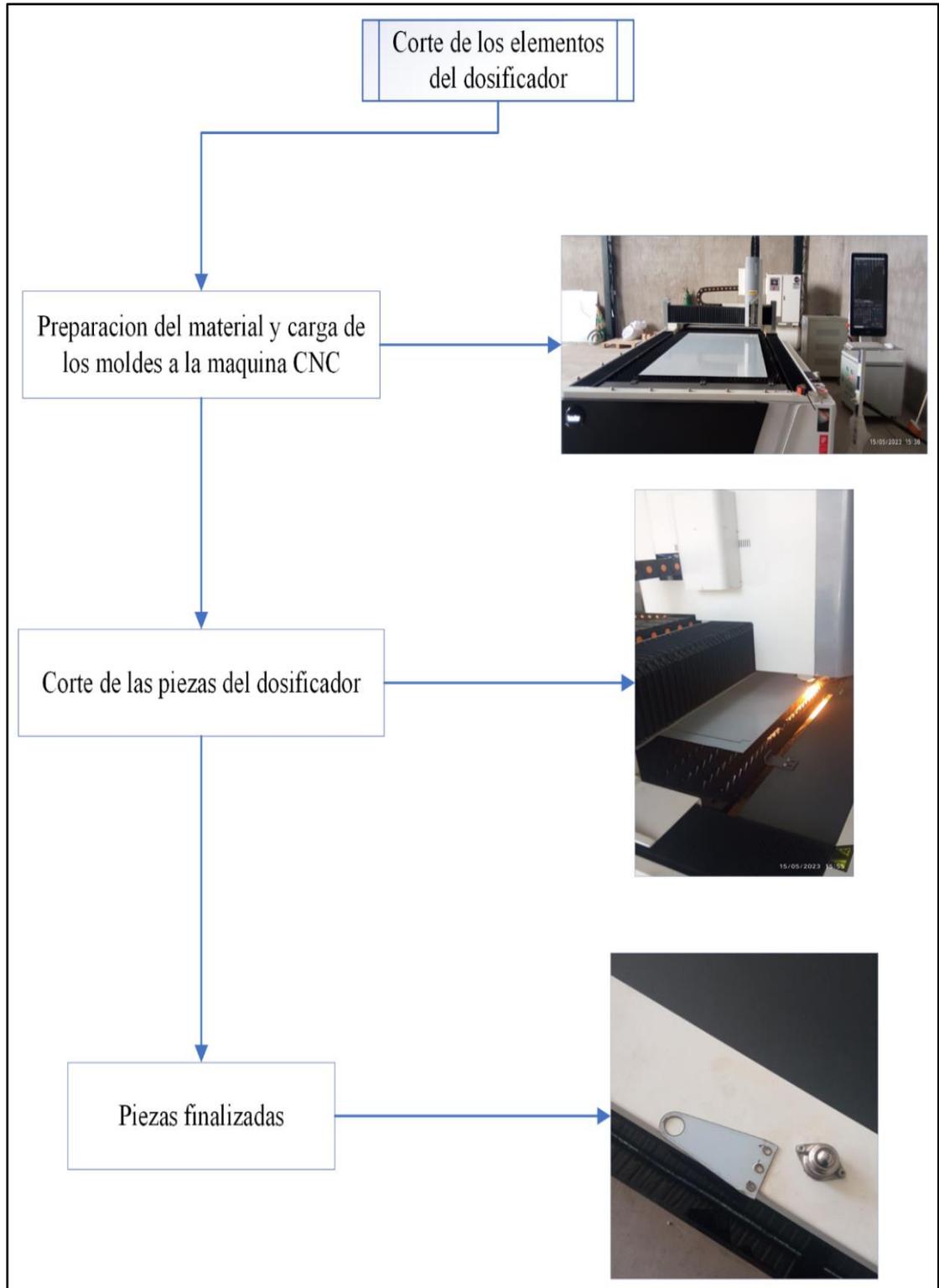


Figura 73: Proceso de corte de piezas.

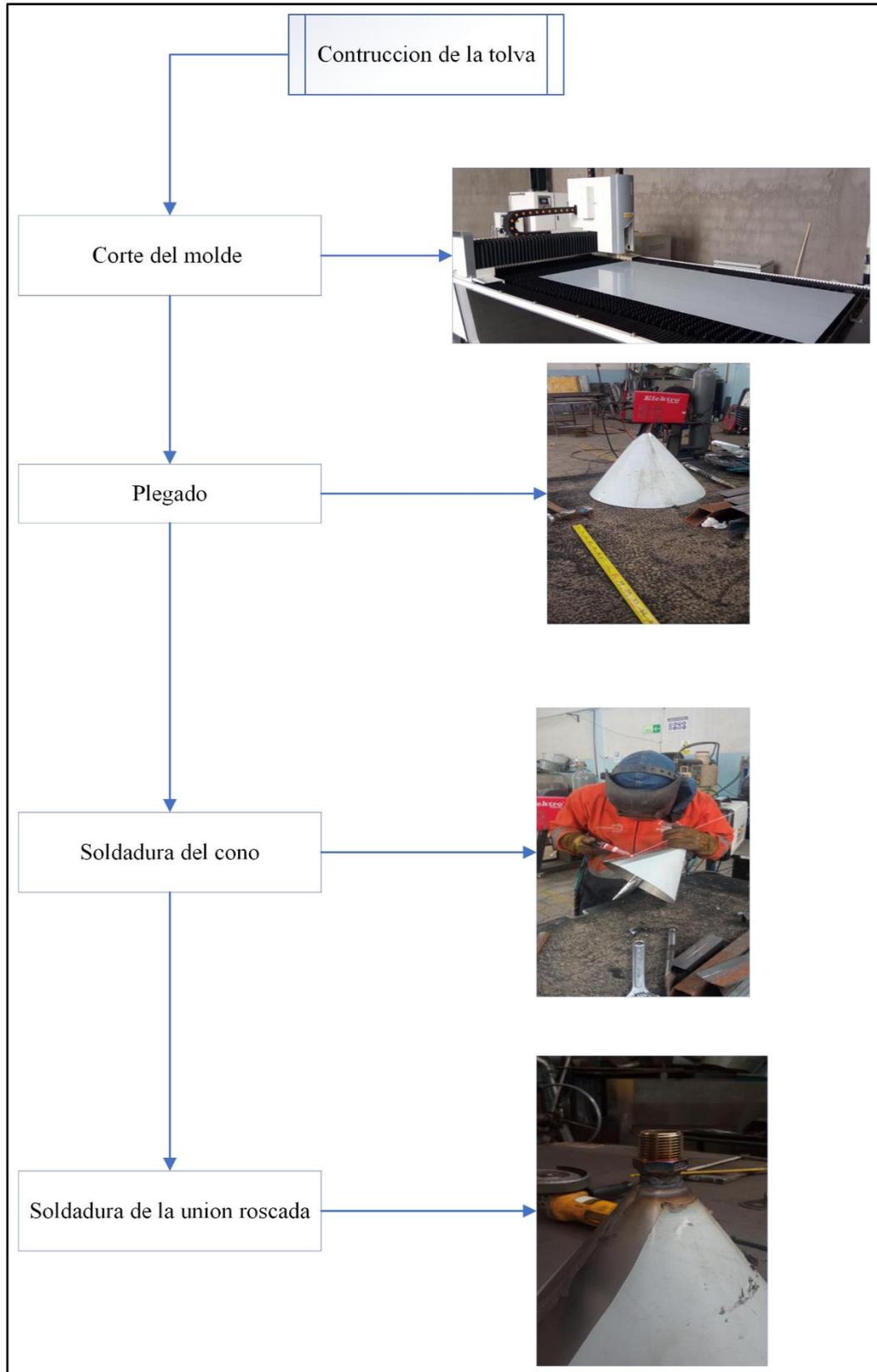


Figura 74:Proceso de construcción de la tolva.

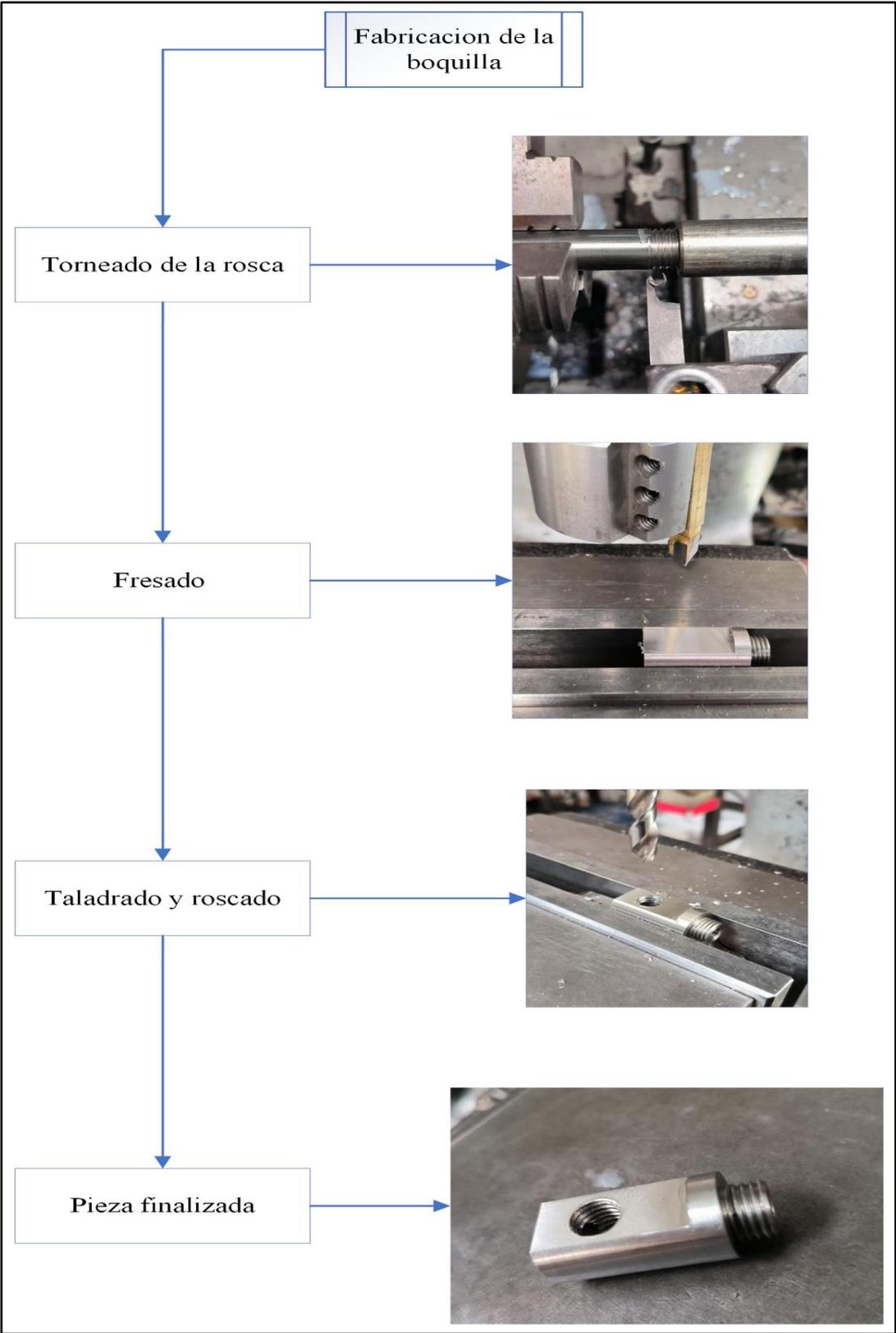


Figura 75:Proceso de fabricación de la boquilla.

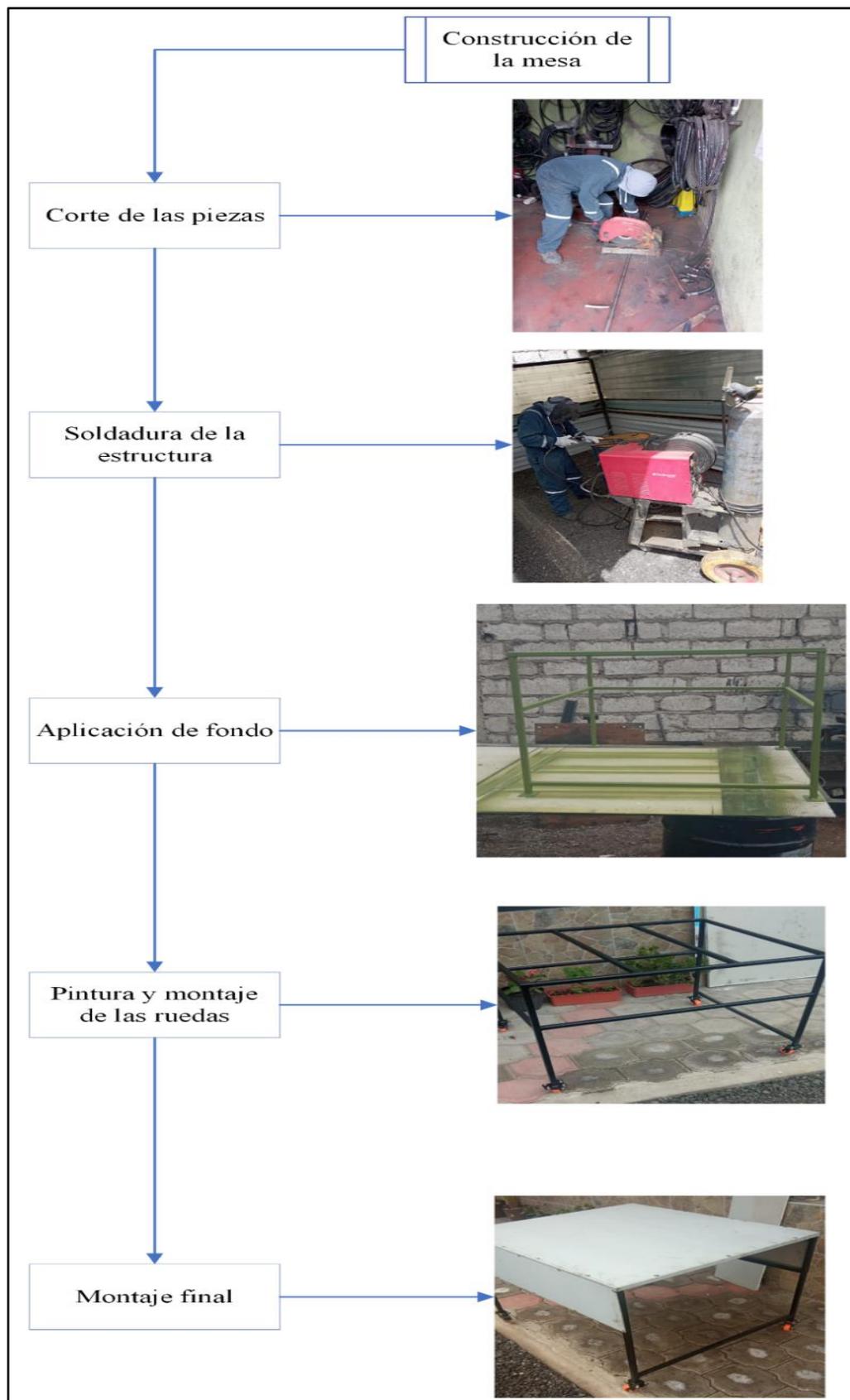


Figura 76: Construcción de la mesa de trabajo

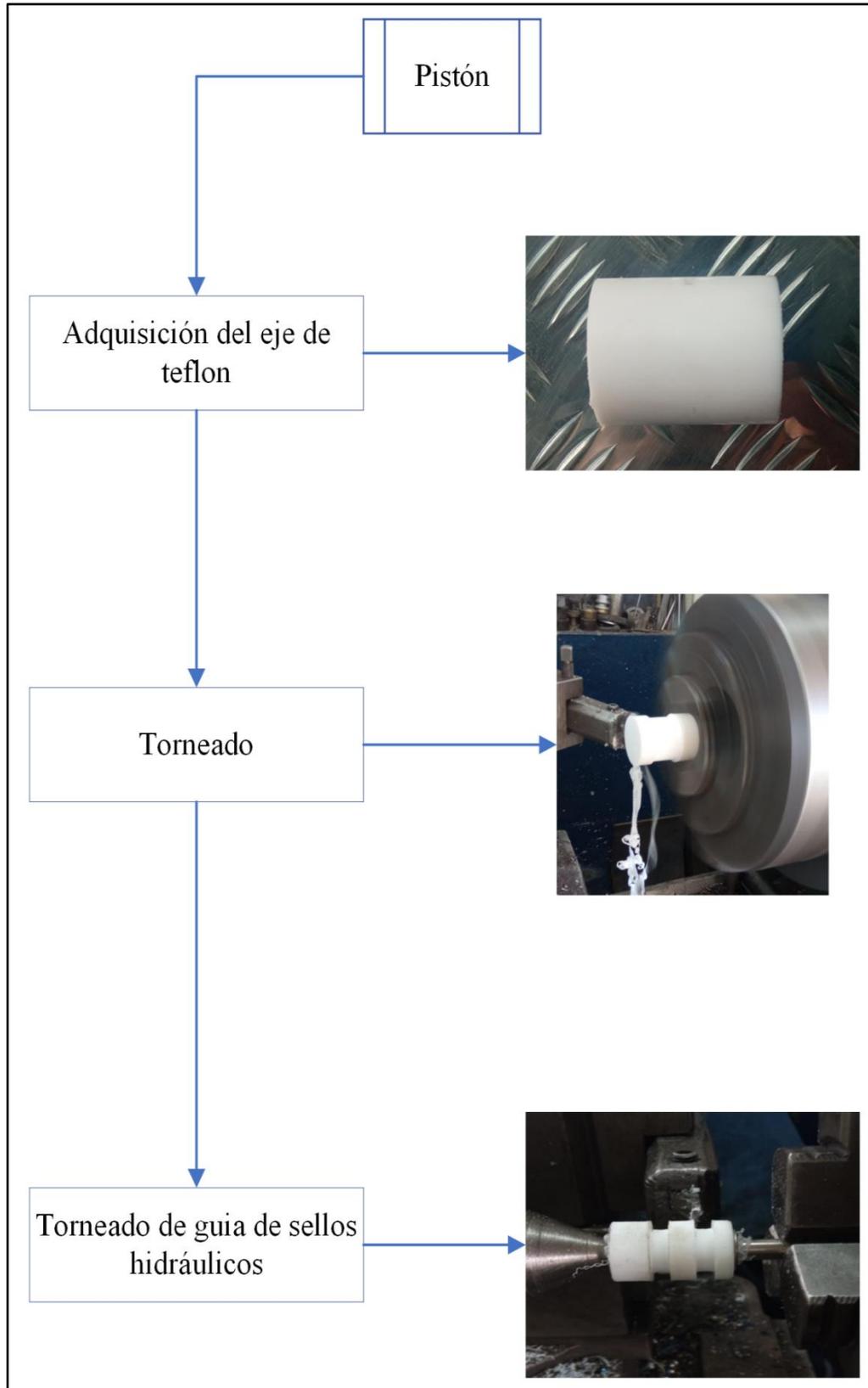


Figura 77: Fabricación del pistón.

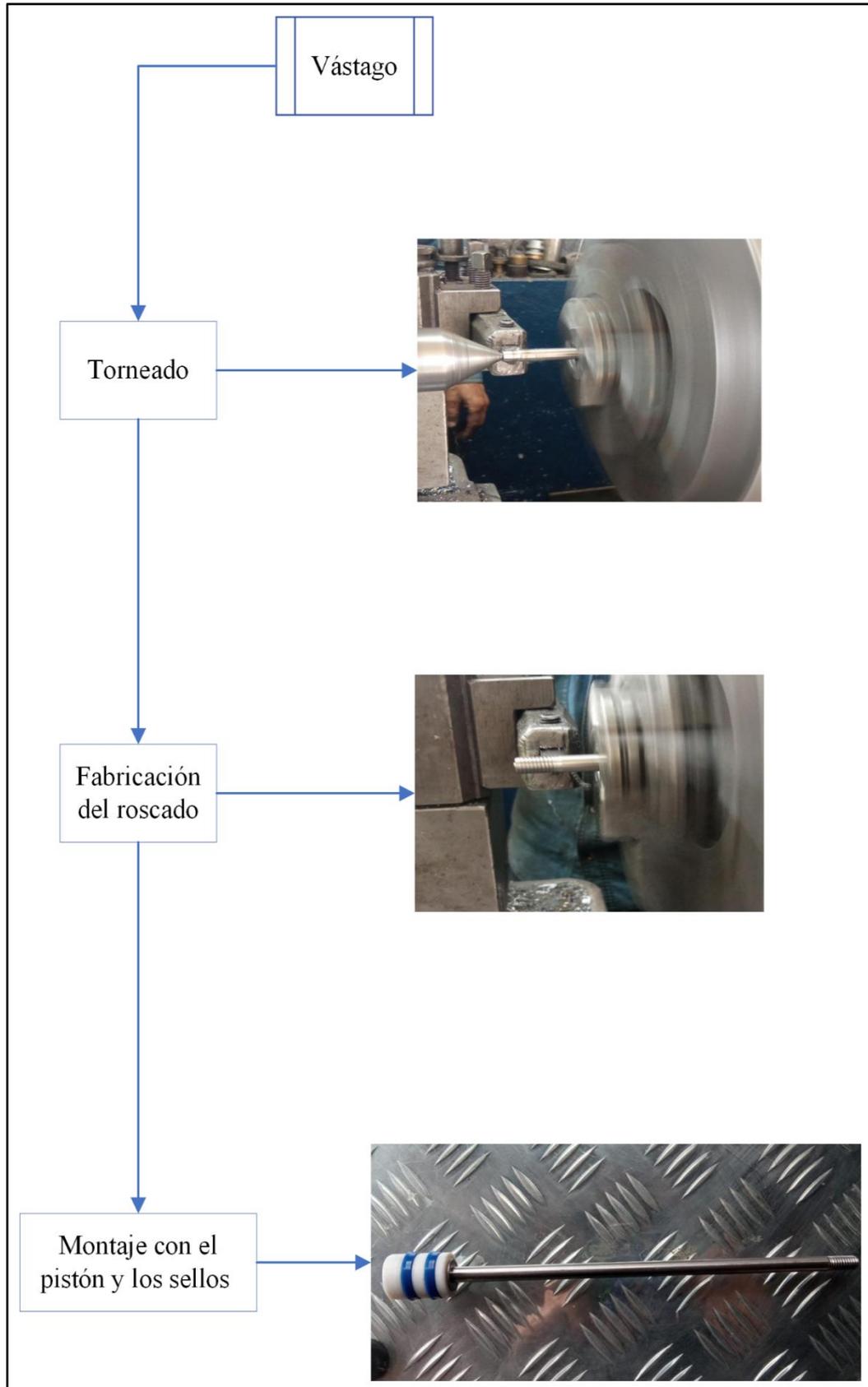


Figura 78: Fabricación del vástago.

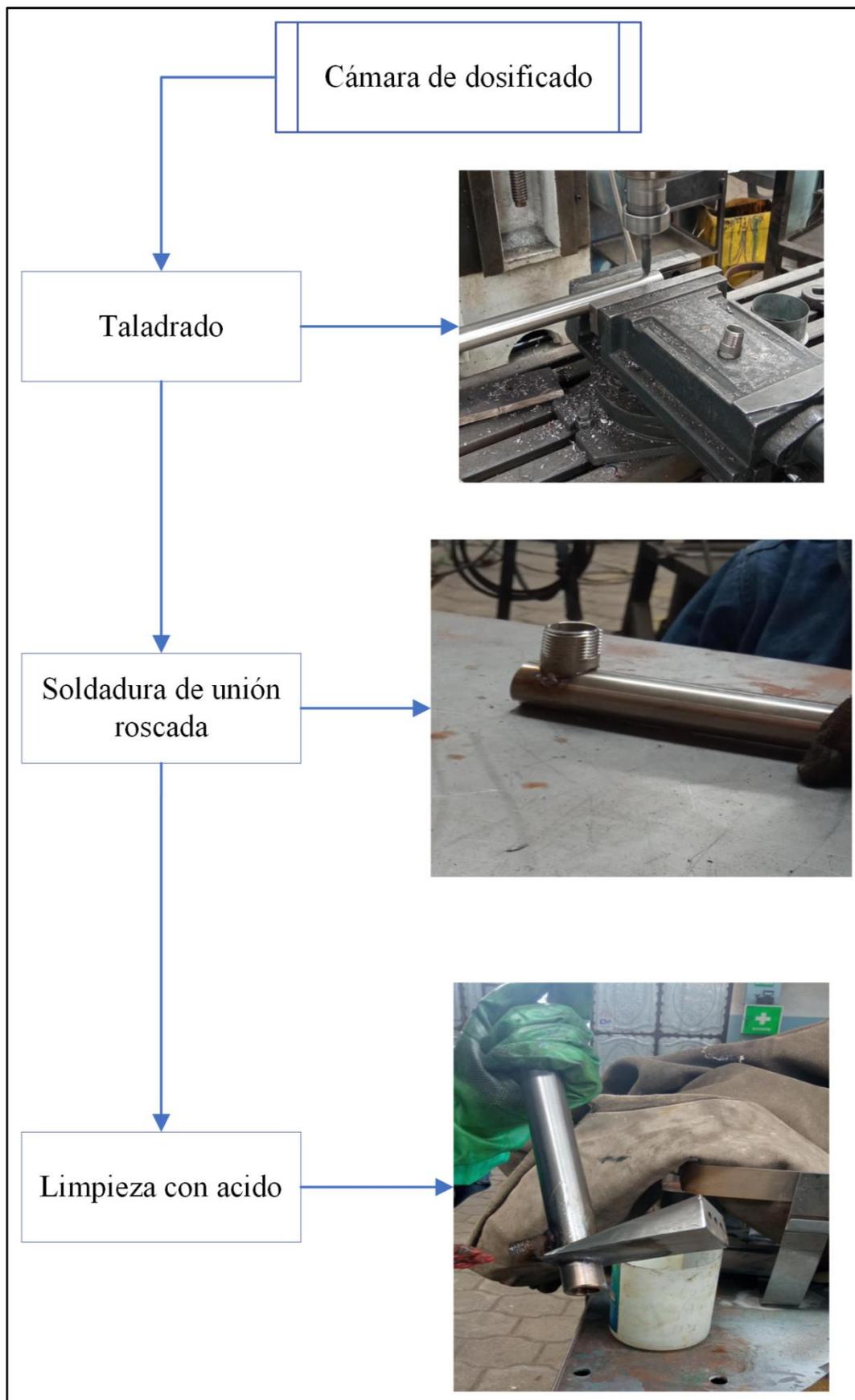
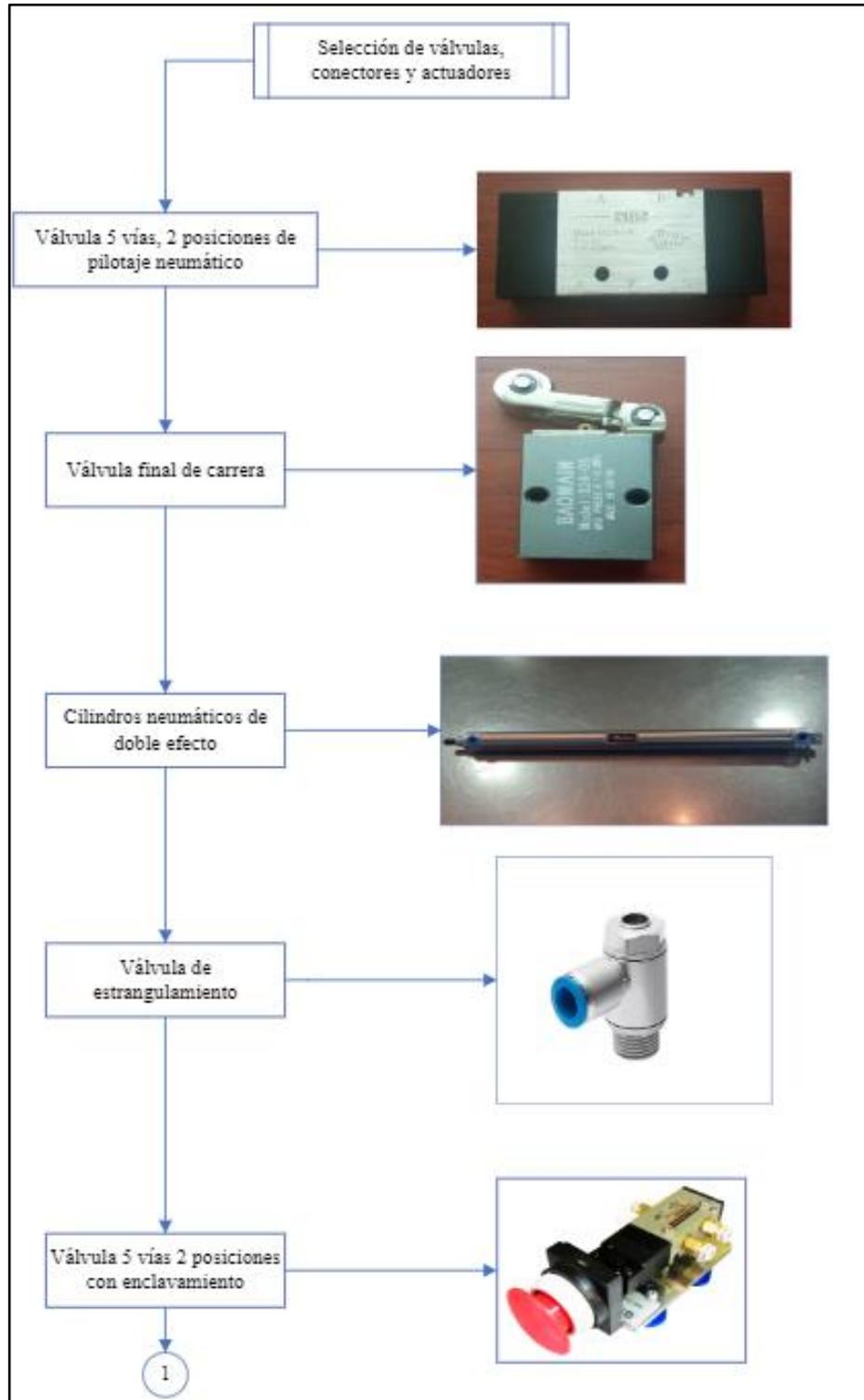


Figura 79: Construcción de la cara de dosificado.

3.6.2. Elementos neumáticos

En este apartado se detallan las válvulas y los diferentes elementos que conforman el circuito neumático de control, así como el montaje de estos.



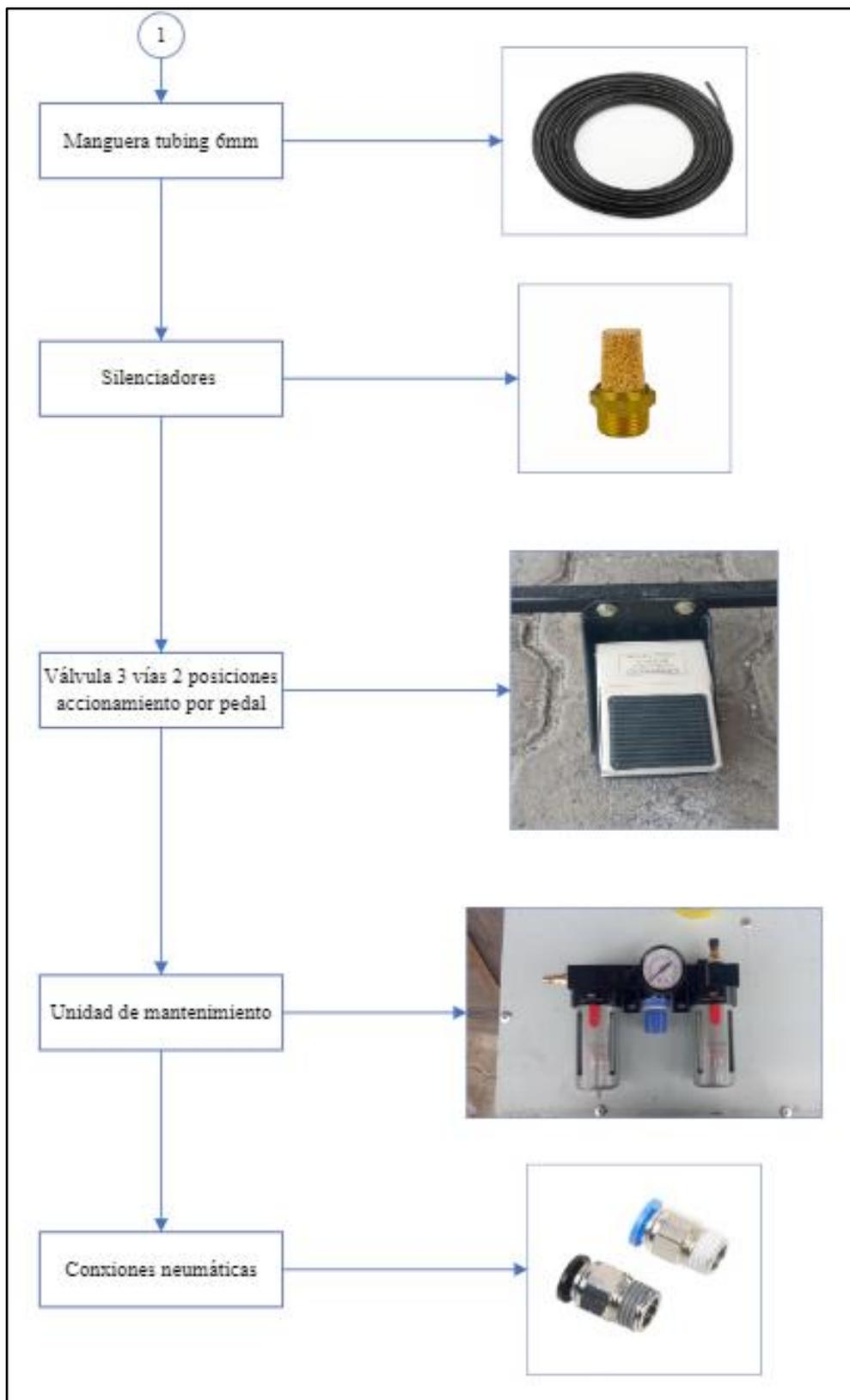


Figura 80: Elementos del circuito neumático.

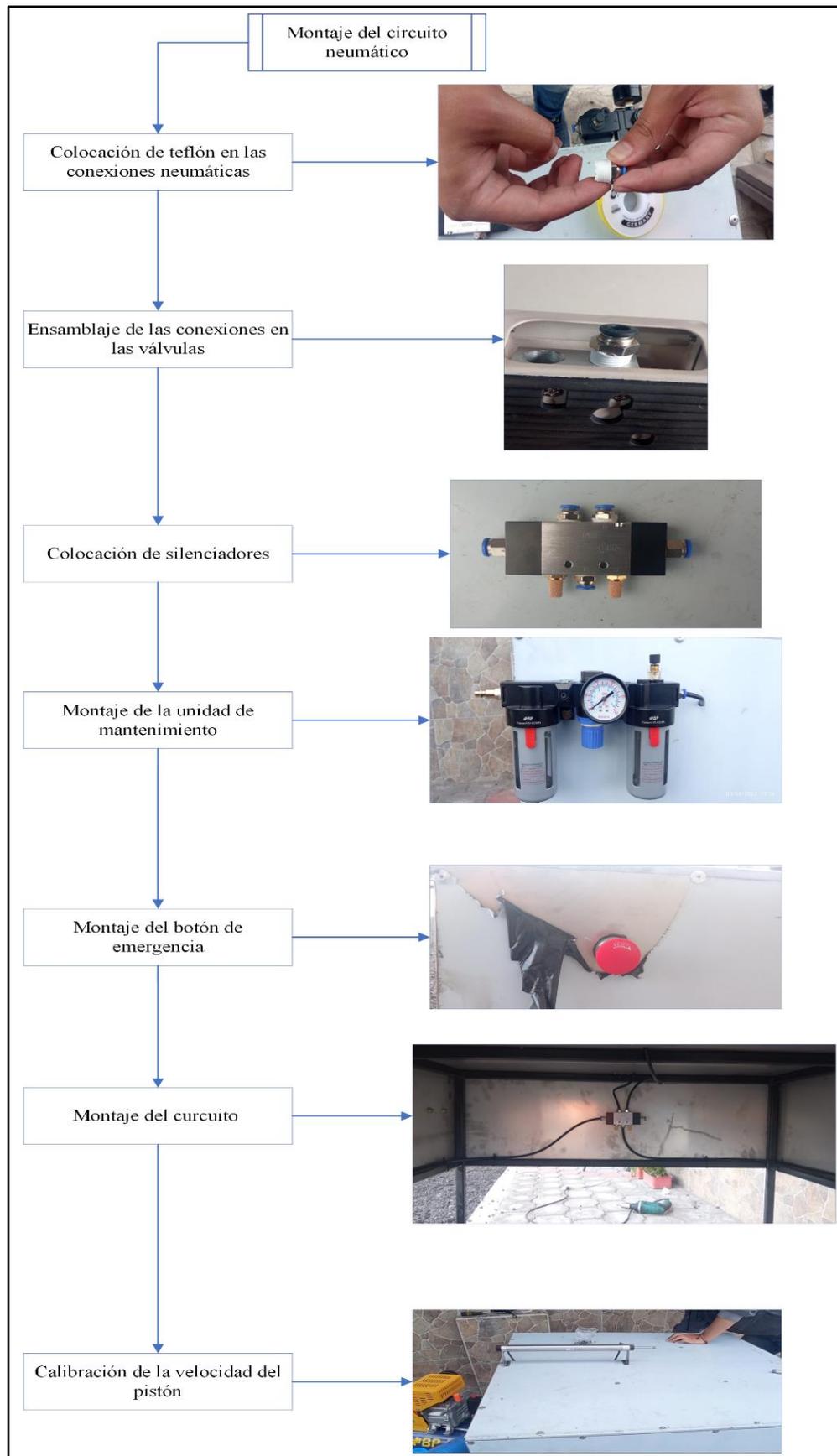


Figura 81: Montaje del circuito neumático.

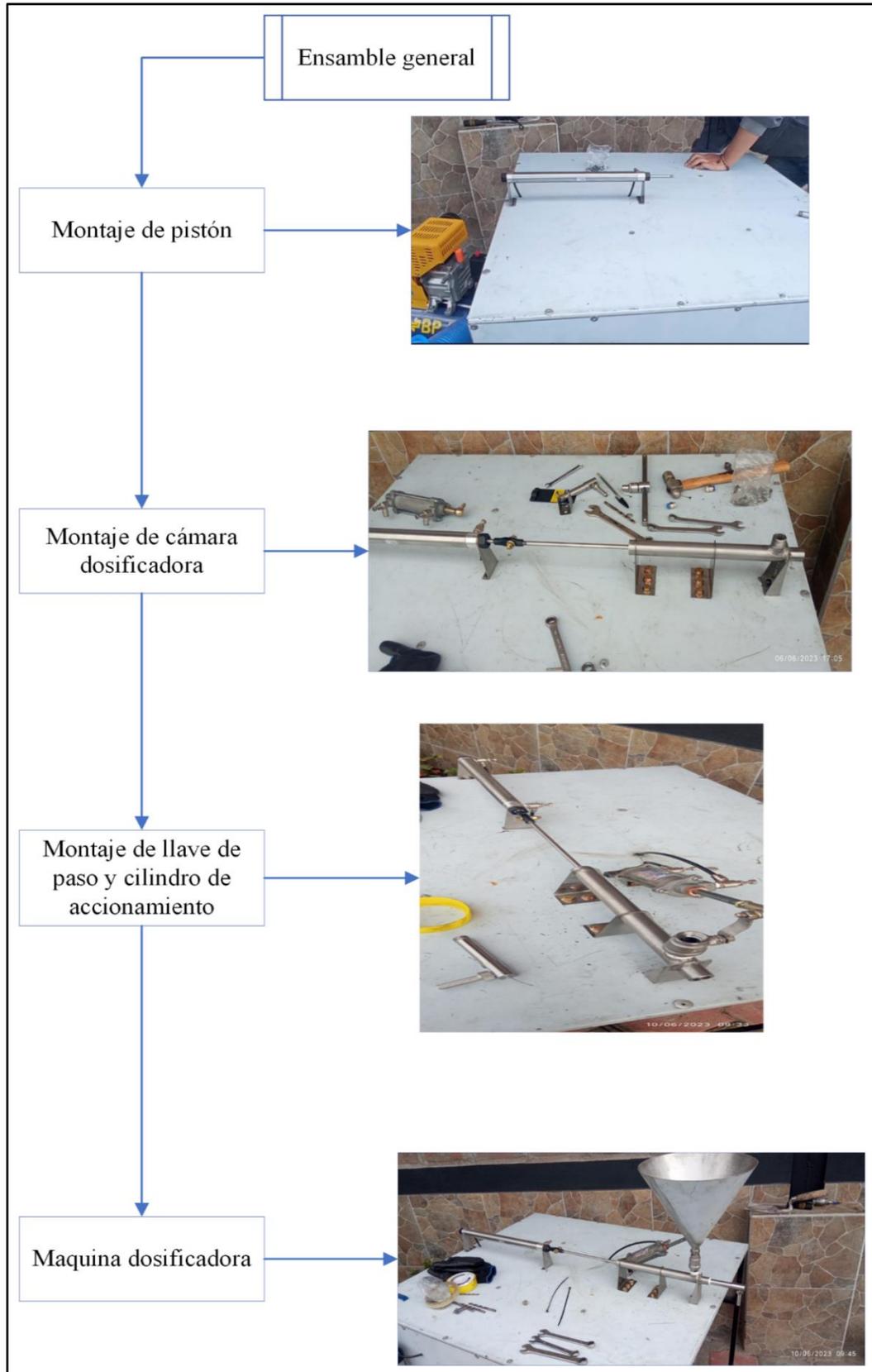


Figura 82: Montaje general del dosificador.

3.7.Pruebas de funcionamiento

Una vez culminado el montaje de la maquina ahora se procede a realizar las pruebas de funcionamiento, iniciando con una prueba de llenado para determinar en qué porcentaje la medida entregada por el dosificador varía entre muestra y muestra.

3.7.1. Ensayo de repetitividad

Como se mencionó anteriormente este ensayo consta de tomar la medida inyectada y también el tiempo que tarda en inyectar la medida, en este caso el dosificador nos entrega 50ml, ya que la probeta graduada no nos ofrece una precisión adecuada emplearemos el peso de las muestras para determinar el error.

Ya que conocemos la densidad del fluido podemos obtener el peso de 250ml que es la medida que se quiere llenar.

$$w_{muestra} = \rho * volumen \quad \text{Ecuación 74}$$

$$w_{muestra} = 0,98 \text{ g/ml} * 250\text{ml}$$

$$w_{muestra} = 245\text{g}$$

Nuestra muestra debe tener 245g, a partir de este dato podemos obtener un error por cada muestra.

Procedemos colocando el fluido en la tolva para el ensayo como se indica en la figura 83.



Figura 83: Llenado de la tolva con el jabón.

Para el correcto funcionamiento del equipo se recomienda colocar la presión en la unidad de mantenimiento entre 3 y 6 bares para un correcto funcionamiento de los pistones de accionamiento, para este caso se calibro la presión en 4 bares.



Figura 84: Presión de trabajo.

Para la medición se empleó una probeta graduada con capacidad máxima de 500ml, en este caso la medida a tomar en cuenta es de 250ml.



Figura 85: Probeta de medición.

Para la dosificación se debe presionar una sola vez el pedal neumático, de modo que así pueda dar inicio el ciclo de inyección y absorción del equipo.



Figura 86: Accionamiento del dosificador.

En la siguiente tabla tenemos los pesos, los tiempos tomados y el error en cada muestra correspondiente al ensayo.

Debemos tomar en cuenta que el dosificador entrega 50ml en cada accionamiento por lo que el tiempo total será la suma de todos los accionamientos para obtener el volumen requerido.

Tabla 27: Datos obtenidos del ensayo.

Muestra	Tiempo (s)	Peso (g)	Error porcentual (%)
1	16,17	249	1,6
2	18,31	250	2,0
3	17,51	251	2,4
4	16,75	251	2,4
5	16,4	250	2,0
6	17,35	248	1,2
7	19,18	248	1,2
8	16,5	251	2,4
9	17,12	250	2,0
10	19,73	249	1,6
PROMEDIO	17,502	249,7	1,9

La tabla 27 nos muestra el promedio en peso de las 10 muestras tomadas así también el tiempo que tardo en completar el volumen requerido, cabe recalcar que el tiempo vario ampliamente debido a que el tiempo entre accionamientos está sujeta a la preferencia del usuario, otro factor a tomar en cuenta también es la presión de trabajo. Para el cálculo del error se empleó la siguiente ecuación que corresponde al error porcentual:

$$e = \left| \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor medido})}{\text{Valor real}} \right| * 100 \quad \text{Ecuación 75}$$

De este modo tenemos un error promedio del 1,9% muy cercano al error del 2% que presentan este tipo de dosificadores como se mostró anteriormente en la tabla 10.

3.8.Propuesta de mejoramiento

Para este proyecto se empelaron netamente equipos y dispositivos accionados con aire comprimido, de modo que el equipo es totalmente analógico y por ende la precisión de este depende de varios factores mecánicos, con esta premisa se tomaron en cuenta algunos aspectos fundamentales para un futuro mejoramiento del diseño.

Para mejorar el dosificador de jabón con accionamiento neumático y mecánico, aquí hay algunas propuestas que podrían considerarse:

Automatización: Una posible mejora sería incorporar un sistema de automatización para el dosificador. Esto podría lograrse utilizando sensores o interruptores que detecten la presencia de manos o algún tipo de activador, lo cual permitiría que el jabón se dispensara automáticamente sin necesidad de accionamiento manual.

Dosificación ajustable: Considera la posibilidad de incorporar un mecanismo que permita ajustar la cantidad de jabón que se dispensa en cada uso. Esto brindaría flexibilidad a los usuarios, ya que algunos podrían preferir una dosificación más pequeña o grande según sus necesidades.

Sistema de recarga: Puedes mejorar el dosificador diseñando un sistema de recarga más conveniente. Por ejemplo, se podría implementar un sistema de cartuchos o recipientes reemplazables que contengan el jabón, facilitando la recarga sin tener que desmontar todo el dosificador.

3.9. Parámetros de funcionamiento

Para un correcto funcionamiento la presión de aire en el equipo debe estar entre 4 y 6 bares, si por alguna razón baja la presión de aire solo basta con volver a ajustar la presión desde la unidad de mantenimiento del siguiente modo:

- Identifique el regulador de presión color azul ubicada en medio de los filtros de la unidad de mantenimiento (figura 87).



Figura 87: Regulador de presión.

- Una vez identificado el regulador tire de este hacia abajo hasta que vea un pequeño agujero (figura 88).



Figura 88: Agujero de escape de aire.

- Una vez realizados los pasos anteriores, gire el regulador en sentido horario o antihorario dependiendo si desea aumentar o bajar la presión, verifique la presión con el manómetro.

- Cuando llegue a la presión deseada gire el regulador en el sentido contrario al que se estaba girando anteriormente hasta que deje de salir aire, cuando deje de salir aire vuelva a presionar hacia arriba el regulador para asegurarlo (figura 89).



Figura 89: Aseguramiento del regulador de presión.

3.10. Mantenimiento

El mantenimiento del equipo es sencillo y no toma mucho tiempo, las piezas críticas a tomar en cuenta son el pistón y su sello, ya que estos son los que pasan más tiempo en contacto con el fluido y constantemente se someten a esfuerzos por fricción.

En caso de que se presenten fugas en la parte posterior del cilindro se debe reemplazar el sello de la siguiente manera.

- Retire el perno guía de la articulación que une el pistón neumático con el vástago del pistón.



Figura 90: Unión de vástago y pistón.

- Una vez retirado el perno empuje hacia adelante el vástago para desacoplarlo del pistón, cuando lo haga jale el pistón y sáquelo del cilindro.



Figura 91: Vástago y pistón retirados del cilindro.

- Cuando se retire el pistón ya se puede tener acceso al O-ring y reemplazarlo, para retirarlo solo se debe meter un desarmador pequeño debajo del sello y estirarlo para que salga y a continuación poner el reemplazo.



Figura 92: Pistón y vástago desacoplado.



Figura 93: O-ring retirado de la ranura.

La medida del O-ring para el reemplazo se muestra a continuación.

METRIC SERIES O-RING ASSORTMENT

O-RING SERVICE KIT NATURAL BUNA RUBBER (NBR) METRIC SIZE 70 SHORE PROFESSIONAL QUALITY 382 PIECES

Part Numbers	Nominal Sizes		Quantity	Part Numbers	Nominal Sizes		Quantity
	I/D	Section			I/D	Section	
As568			InKit	As568			InKit
006	2.90	1.78	20	211	20.22	3.53	10
007	3.69	1.78	20	212	21.82	3.53	10
008	4.47	1.78	20	213	23.39	3.53	10
009	5.29	1.78	20	214	25.00	3.53	10
010	6.07	1.78	20	215	26.57	3.53	10
011	7.65	1.78	20	216	28.17	3.53	10
012	9.25	1.78	20	217	29.57	3.53	10
110	9.19	2.62	13	218	31.34	3.53	10
111	10.77	2.62	13	219	32.92	3.53	10
112	12.37	2.62	13	220	34.52	3.53	10
113	13.95	2.62	13	221	36.10	3.53	10
114	15.54	2.62	13	222	37.70	3.53	10
115	17.12	2.62	13	325	37.47	5.33	7
116	18.72	2.62	13	326	40.65	5.33	7
210	18.64	3.53	10	327	43.82	5.33	7

Figura 94: Medida para el O-ring.

De acuerdo con varios fabricantes de este tipo de sellos en NBR aconsejan que deben cambiarse cada 4 años al estar sujetos a fuerzas dinámicas constantes.

3.11. Tiempo de llenado

Como se mostró en la tabla 27, los tiempos de llenado varían de acuerdo con el operario, sin embargo, para el cálculo inicial nos planteamos un tiempo de 4 segundos para el llenado de 50ml por lo que podemos decir que nos tomaría en teoría 20 segundos llenar 250ml. Ya que en promedio tenemos 17,5 segundos tenemos un ahorro de 2,5 segundo del tiempo de llenado. Traduciendo a número de botellas por cada tanda en la que se llena la tolva de 5 litros de producto tenemos lo siguiente.

Tabla 28: Número teórico de botellas por minuto.

Tiempo (s)	Capacidad	Volumen para llenar	Numero de botellas por minuto
17,5	5000ml	250ml	6

Teóricamente tenemos un valor de 6 botellas en cada minuto, pero ya que tenemos un error del 2,2% en promedio el valor real sería el siguiente.

Tabla 29: Número real de botellas por minuto.

Tiempo (s)	Capacidad	Volumen para llenar	Volumen real promedio	Botellas por minuto
17,5	5000ml	250ml	256ml	5,7

Como se puede apreciar la diferencia no es muy grande respecto al número de botellas teórico con el real, como ya se mencionó el tiempo puede variar en función del operario. En total tenemos un desperdicio de 76,8 ml esto sumado a los 77ml constantes dentro del sistema son 153,8 ml de desperdicio.

3.12. Análisis de costos

3.12.1. Costos directos

En este apartado se detallan los costos directos que tuvieron que ver con la construcción del equipo (Válvulas, materiales, teflón, mangueras, electrodos, pernos, conexiones neumáticas), en la tabla 30 se detalla cada uno de ellos junto con su precio unitario, cantidad y características.

Tabla 30: Costos directos de fabricación.

Cantidad	Nombre	Características	Costo unitario	Subtotal
1	Plancha de acero inoxidable AISI 304	1220x2440	110	110
1	Tubo 7/8" de acero inoxidable AISI 304	ø 7/8"	2,3	2,3
2	Tubo cuadrado de acero ASTM A36	20x20x1,2	19,20	38,39
1	Rollo cinta de teflón	Cinta tipo industrial	1,5	1,5
10 metros	Manguera tubing	6mm de diámetro	1	10
2	Silenciadores	Para 1/8"	1,5	3
11	Conexiones neumáticas	1/8" a 6mm	1	11
1	Válvula 5/2	Válvula con enclavamiento manual	15	15
1	Válvula 5/2 con pilotaje neumático	Presión máxima de 0,15 - 0,8 Mpa	15,79	15,79
1	Llave de bola de acero inoxidable AISI 304	Para 1/2"	6,75	6,75
3	Neplos de acero inoxidable AISI 304	Para 1/2" x 1"	1,25	3,75
1	Válvula de retención de acero inoxidable AISI 304	Antirretorno con resorte	11,12	11,12
1	Boquilla de acero inoxidable AISI 304	Salida de 1/4"	25	25
4	Válvulas de estrangulamiento	1/8" a 6mm	2,5	10
1	Unidad de mantenimiento	Regulación de presión desde 0 a 10 bar	31,49	31,49
1	Compresor de aire	110v de alimentación 25lt de capacidad 2HP 8 bares	190	190
1	Pistón de acero inoxidable AISI 304	ø 7/8" 12" carrera 12 bar presión máxima	60,07	60,07

1	Pistón de aluminio	∅ 7/8" 4" carrera 12 bar presión máxima	25	25
2	Conexiones para pistón	7/8" de acero ASTM A36	40	80
60 cm	Eje de teflón	∅ 1 1/2"	4,85	4,85
50cm	Eje de acero inoxidable AISI 304	∅5/16"	6,88	3,44
1	Fin de carrera neumático	Presión máxima 0,1-0,8MPa	11,59	11,59
1	Válvula 3/2 de accionamiento por pedal	Presión máxima 1MPa	16,98	16,98
4	Conexiones "T" neumáticas	∅6mm	0,75	3
1	O-ring	∅17,12mm	0,25	0,25
1	Acido para acero inoxidable	Decapante para acero inoxidable	11	11
16	Pernos cabeza hexagonal	M8	0,2	3,2
17	Pernos cabeza hexagonal	M6	0,15	2,55
16	Tuercas	M8 de presión	0,5	8
3	Tuercas de presión de acero AISI 304	M6 de presión	0,8	2,4
19	Rodelas planas	M8	0,2	3,8
4	Broca 3/16"	De cobalto	2,6	10,4
2	Broca 1/4"	De cobalto	3,9	7,8
4	Ruedas plásticas	3"	25	25
TOTAL				764,42

3.12.2. Costos indirectos

Estos se refieren a todos los costos adicionales a los materiales, estos contemplan la manipulación, transporte, transformación de materia prima, maquinado, mano de obra y maquinaria, todo esto se detalla en la tabla 31.

3.12.3. Costo total

En el costo total sumamos los costos obtenidos anteriormente y de esta suma agregamos un 10% del valor total para los imprevistos que se tenga durante el proceso de adquisición o construcción de la máquina, en la tabla 32 se muestran estos valores.

Tabla 31: Costos indirectos.

Proceso	Horas	Valor/Hora	Subtotal
Corte laser CNC	0,3	110,00	33,00
Soldadura	6,3	3,96	24,95
Doblado	0,02	250,00	5,00
Pintura	3	6,66	19,98
TOTAL			82,93

Tabla 32: Costos totales.

Costos	Valor
Costos directos	764,42
Costos indirectos	82,93
10% imprevistos	84,74
TOTAL	932,09

CAPITULO IV

4. Conclusiones y recomendaciones

Diseño y construcción de un dosificador para envasar jabón líquido en botellas de 250 ml en la asociación de personas de la tercera edad San Antonio de Quisapincha de la provincia de Tungurahua, ayudara a los adultos mayores a agilizar el proceso de llenado del jabón.

4.1.Conclusiones

- Para el diseño en la sección de cálculos de velocidad y presión, la propiedad principal para tener en cuenta es la densidad del líquido a dosificar, para este caso los jabones tienen un amplio régimen de densidades por lo que se trabaja con un valor crítico de 932kg/m^3 .
- Se determinó un rango de presión de aire óptimo para la funcionalidad del dosificador, este siendo de 4 a 6 bares, con presiones menores a esta los actuadores no funcionan correctamente dando como resultado un mal funcionamiento de la máquina.
- Para la construcción se empleó materiales nacionales exceptuando los actuadores y válvulas que son importadas, tenemos un total de inversión de 932,09 dólares americanos, comparando con el precio de equipos similares que rondan los 3500 dólares, tenemos un ahorro de 2567,91 dólares.
- Con los parámetros determinados durante las pruebas tanto de presión, velocidad y tiempo de llenado tenemos un error porcentual promedio del 1,9% el cual está muy próximo al error del 2% que es común en máquinas semejantes.

4.2.Recomendaciones

- No emplear sellos hidráulicos polipack para el sellado del pistón, generan una fuerza de fricción demasiado elevada que impide que el pistón se desplace con facilidad a través del cilindro.
- En referente a la viscosidad de trabajo no debe ser menor a la del agua, ya que durante un ensayo inicial con este líquido se filtraba por la parte posterior del

pistón, debido a que se emplea un O-ring este sella más eficazmente con líquidos de viscosidad superior a la del agua.

- Varios elementos no se encuentran disponibles a nivel nacional como las horquillas y las cabezas de rotula para la unión del pistón y el vástago, sin embargo, pueden ser reemplazados y adaptados empleando elementos similares que se encuentran en piezas y elementos de la industria automotriz.
- Se debe tener muy en cuenta las pérdidas que se quedan dentro del sistema de envasado a la hora de diseñar la cámara de dosificado, para este caso la distancia que debe tener el tubo teóricamente se sobredimensiona con 1cm para asegurar que el volumen obtenido sea el requerido.
- Es necesario lavar con abundante agua el equipo una vez terminado su uso, debido a las propiedades del jabón este puede reseca el sello O-ring del pistón causando fugas e inconvenientes durante la dosificación.

5. Bibliografía

- [1] A. D. R. Sani Centeno y J. A. Toapanta Carrasco, “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA ENVASADORA Y DOSIFICADORA DE REFRESCOS PARA LA INDUSTRIA DE LÁCTEOS SANTILLÁN “PRASOL” ”, Escuela Superior Politecnica de Chinborazo, Riobamba, 2015.
- [2] “Tesis I.M. 711 - Molina Molina Alexander Andrés.pdf”. Consultado: el 19 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36488/1/Tesis%20I.M.%20711%20-%20Molina%20Molina%20Alexander%20Andr%c3%a9s.pdf>
- [3] T. G. Andrade Chiliquinga y A. M. Hernandez Gordon, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE SHAMPOO CON CAPACIDAD DE 100 LITROS/HORA PARA LA ‘FUNDACIÓN FAMILIA SALINAS’”, Proyecto tecnico, Universidad Politecnica Salesiana, Quito, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17108/1/UPS-ST004058.pdf>
- [4] “SISTEMA INTEGRADO DE CONSULTAS DE CLASIFICACIONES Y NOMENCLATURAS”. https://aplicaciones2.ecuadorencifras.gob.ec/SIN/co_quimico.php?id=35321.01.01 (consultado el 24 de abril de 2023).
- [5] C. Guerrero Gonzales, “DISEÑO DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE JABÓN A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS”, Universidad de Almeria, España, 2014. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3371/Proyecto.pdf?seque>
- [6] F. F. Fernandez Lavayen y J. F. Ronquillo Zambrano, “Diseño de un equipo dosificador linial de liquidos”, bachelorThesis, Espol, Guayaquil, 2016. Consultado: el 18 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/35087>
- [7] Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, A. Rojas Picazo, y J. Ledesma de Miguel, “NTP 629: Movimientos repetitivos: métodos de evaluación Método OCRA: actualización.”, 2003, p. 6.
- [8] C. Calero y R. Paneluisa, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DOSIFICADOR PARA EL LLENADO DE GLICERINA EN MANÓMETROS DE TIPO BOURDON”, Tesis, Universidad Politecnica Salesiana, Quito, 2015.
- [9] J. Salinas y N. Zeledon, “Diseño de una máquina automatizada para envasado de líquido, en botellas de 500 ML y 1000 ML para las PYMES”, Universidad Nacional de Ingenieria, Managua, 2016. [En línea]. Disponible en: <https://docplayer.es/145913144-Universidad-nacional-de-ingenieria14facultad-de-tecnologia-de-la-industria-ingenieria-mecanica.html>
- [10] Importadora Atenea, “MAQUINA DOSIFACODORA MANUAL – Importadora Atenea”. <https://www.importadoraatenea.com/product/maquina-dosifacodora-manual/> (consultado el 11 de marzo de 2023).
- [11] *Tipos de Envasadoras - tipos de Embotelladoras - Envasado por Nivel - Peso - Volumen - Flujómetro*, (el 1 de octubre de 2019). Consultado: el 11 de marzo de 2023. [En línea Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=kS425Cw-huw>
- [12] D. F. Atiencia Lozada, “Estudio de los sistemas de envasado de mermeladas de frutas en frascos de vidrio para incrementar la producción en la fábrica Carlita, cantón Guaranda, provincia de Bolívar”, bachelorThesis, Universidad Técnica de

- Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica, 2015. Consultado: el 11 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/10580>
- [13] ILPRA SYSTEMS, “Dosificador Neumático”. <https://www.ilpra.es:443/es/vasado-industrial/maquinaria-vasado/dosificadores-liquidos/gd-dosificador-neumatico-info> (consultado el 11 de marzo de 2023).
- [14] A. J. Cerón Morales, “Diseño y construcción de una plataforma neumática móvil de carga en la compañía Motraregs Cía. Ltda.”, bachelorThesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica, 2016. Consultado: el 11 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/24157>
- [15] MICRO AUTOMACION, “¿Qué es un cilindro neumático?”, *Micro Automación*, el 5 de mayo de 2019. <https://ar.microautomacion.com/es/que-es-un-cilindro-neumatico/> (consultado el 11 de marzo de 2023).
- [16] J. Todoli, “Cilindros neumáticos - Formación para la Industria 4.0”, el 19 de marzo de 2013. <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-8-electroneumatica/1-8-3-cilindros-neumaticos-2/>, <https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-8-electroneumatica/1-8-3-cilindros-neumaticos-2/> (consultado el 11 de marzo de 2023).
- [17] QUIMA, “Qué es una Válvula Check”, *QUIMA*, el 25 de julio de 2018. <https://quima.com/blogs/blog/que-es-una-valvula-check> (consultado el 11 de marzo de 2023).
- [18] *boquilla de llenado # 16 SAD*, (el 21 de noviembre de 2016). Consultado: el 13 de marzo de 2023. [En línea Video]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=3JkarOlk2cE>
- [19] R. Mott, *Mecánica de fluidos aplicada*, Cuarta. Ohio: PEARSON, 1996. Consultado: el 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/mecanica-fluidos-mott.pdf>
- [20] Plasticos CJ, “Tubing de Polietileno”. <https://plasticoscj.com/tubing-de-polietileno-poliflo/> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [21] FESTO, “Unidad de mantenimiento FESTO”. <https://www.festo.com/fox/net/SupportPortal/DefaultWindow.aspx?q=MSB4&udpr=1&company=co&culture=es> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [22] Deutsches Institut für Normung, “DIN ISO 1219-1 Simbolos graficos para equipos neumaticos.” 1996. Consultado: el 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/cuatrim2/Temas/simbolosneumaticos.pdf
- [23] Elika, “Materiales en contacto con alimentos”. Fundacion Vasca para la Seguridad Agroalimentaria. Consultado: el 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/12/art_materiales-contacto-alimentos_ene2013.pdf
- [24] M. J. B. Bombon Sandoval, “ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE VELOCIDAD DE AVANCE EN LA SOLDADURA DEL ACERO INOXIDABLE AUSTENÍTICO AISI 304 MEDIANTE EL PROCESO GMAW

- Y SU INCIDENCIA EN LA DEFECTOLOGÍA”, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2014.
- [25] W. D. Callister, *Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales*. Reverte, 1995.
- [26] H. Horwitz, *Soldadura Aplicaciones y Practica*, Alfaomega. Massachusetts: Alfaomega, 1990.
- [27] S. L. Almeida Maldonado y C. L. Villena Carrasco, “Soldadura fuerte de tubería de acero inoxidable austenítico”, bachelorThesis, Escuela Politecnica Nacional, Quito, 2009. Consultado: el 13 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1615>
- [28] H. Rodriquez Galbarro, “Soldadura TIG”. <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn52.html> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [29] TELWIN, “Soldadura TIG”, *Telwin*. <https://www.telwin.com/es/telwin-academy/saldatura/tig-welding/#/> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [30] R. Couoh, “Proceso de soldadura TIG.” <https://blog.laminasyaceros.com/blog/proceso-de-soldadura-tig> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [31] D. Ondarse Alvarez, “Densidad - Concepto, tipos, características y ejemplos”, *Concepto*, 2021. <https://concepto.de/densidad/> (consultado el 13 de marzo de 2023).
- [32] S. Acosta Agullo, “Densidad del jabón líquido”, el 16 de abril de 2022. <https://udoe.es/densidad-del-jabon-liquido/> (consultado el 14 de marzo de 2023).
- [33] M. E. E. Robalino, “BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA”, Escuela Superior Politecnica de Chinborazo, Riobamba, 2021.
- [34] J. de D. Espinoza *et al.*, “Elaboración de jabón sólido y líquido a partir de aceite reciclado”, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato.
- [35] PARKER, “Cilindros neumaticos de acero inoxidable”. enero de 2007. Consultado: el 15 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.parker.com/parkerimages/euro_pneumatic/cat/Es/ESTechP1S.pdf
- [36] FESTO, “Válvulas reguladoras de caudal”. https://www.festo.com/co/es/c/productos/automatizacion-industrial/valvulas-y-terminales-de-valvulas/valvulas-reguladoras-de-caudal-id_pim119/ (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [37] uhynesur, “Válvulas antirretorno”, *HYNESUR - Sevilla*, el 13 de mayo de 2021. <https://www.hynesur.com/blog/hidraulica/valvulas-antirretorno/> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [38] FESTO, “Valvula neumatica de 5/2 vias”. Consultado: el 15 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/00085950001135162508.pdf>
- [39] FESTO, “Válvula neumática de 3/2 vías, pilotada por un lado”. <https://www.festo-didactic.com/int-es/learning-systems/fluid-power/562/componentes-neumaticos/valvula-neumatica-de-3-2-vias,pilotada-por-un-lado.htm?fbid=aW50LmVzLjU1Ny4xNC4xOC41NjQuNzcyOA> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [40] Airtac Peru, “Interruptor de limite S3L-06”. <http://www.airtacperu.com.pe/producto/interruptor-de-limite-s3l-06/> (consultado el 15 de marzo de 2023).

- [41] PRIUS, “Pneumatic Manual Valve, Plat Round Hand Operated Air Directional Control Valves Stop Type Mechanical Air Valve, Pneumatic Manual Valve for sale, Pneumatic Manual Valve price”, *Prius pneumatic Company*. <https://www.pneumaticaircylinders.com/index.php?r=Products/Detail&productId=9429080> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [42] COLSON, “Ruedas de acero COLSON”. <https://colson-ruedas.com/products> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [43] Italo Q., “¿Qué es AutoCAD y para qué sirve?”, *Arcux*, el 16 de junio de 2020. <https://arcux.net/blog/que-es-autocad-y-para-que-sirve/> (consultado el 17 de marzo de 2023).
- [44] Dassault Systems, “SolidWorks introduction”. Consultado: el 19 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en: https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_ES.pdf
- [45] Navarro y Soler, “Ansys Software de Simulación | Partner Oficial en España”. <https://www.nysplm.com/ansys/> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [46] Capterra, “Ansys Fluent”, *Capterra*, 2023. <https://www.capterra.ec/software/198276/ansys-fluent> (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [47] FESTO, “Simulación virtual | Festo CO”. https://www.festo.com/co/es/e/educacion/aprendizaje-digital/simulacion-virtual-y-modelacion-id_31275/ (consultado el 15 de marzo de 2023).
- [48] A. Molina, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA ENVASADORA PARA SALSA DE TOMATE Y DIFERENTES ADEREZOS EN PRESENTACIÓN DE 4 kg, PARA LA EMPRESA RIKOKOM ALIMENTOS S.A.”, Universidad Tecnica de Ambato, Ambato, 2022. Consultado: el 19 de enero de 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36488/1/Tesis%20I.M.%2011%20-%20Molina%20Molina%20Alexander%20Andr%c3%a9s.pdf>
- [49] A. Lopez Casillas, *Maquinas Calculos de taller*, vol. Primero. España, 1997. Consultado: el 17 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www.ucefer.es/Datos%20C3%BAtiles/LIBRO%20DE%20TALLER.pdf>
- [50] E. Megyesy, *Manual de Recipientes a Presion*, vol. Septimo. Mexico: NORIEGA, 1992. Consultado: el 17 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/35658495/Manual_de_Recipientes_a_Presion_Megyesy_1_
- [51] R. Budynas y K. Nisbett, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, Novena. Mexico: McGRAW-HILL, 2008. Consultado: el 23 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: <http://www1.frm.utn.edu.ar/electromecanica/materias%20pagina%20nuevas/elementoMaquina/material/libroCabecera.pdf>
- [52] Miroljubov, *Problemas de Resistencia de Materiales*. Moscu: MIR, 1978. Consultado: el 17 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.academia.edu/31197058/Problemas_de_Resistencia_de_Materiales_Miroljubov
- [53] Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, “RTE-246 Tubos de acero inoxidable.”, Quito, Tecnico 15091, dic. 2015. Consultado: el 19 de noviembre de 2022. [En

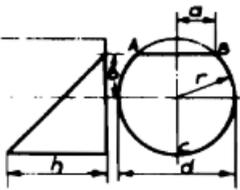
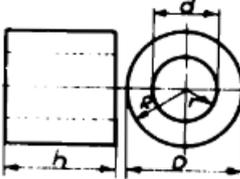
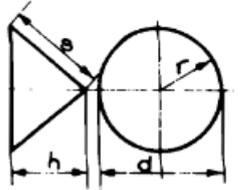
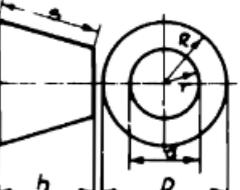
- línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/reglamentos/RTE-246.pdf>
- [54] A. Pytel y F. L. Singer, *Resistencia de materiales Introduccion a la mecanica de solidos*, Cuarta. USA: HARLA, 1987. Consultado: el 23 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en:
<https://resistenciadematerialesylaboratoriounet.files.wordpress.com/2016/07/resistencia-de-materiales-singer-4ed.pdf>
- [55] Timoshenko, *Teoria de Placas y laminas*, vol. 1. Madrid: ESPASA CALPE S.A., 1975.
- [56] E. W. Solutions, “El teflón más allá de la cocina”, *InduPlast | Plásticos industriales*, el 28 de marzo de 2023. <https://induplast.es/es/b/blog/plasticos/p/el-teflon-11-2> (consultado el 10 de abril de 2023).
- [57] A. S. Hall, A. R. Holowenco, y H. G. Laughlin, *Diseño de Máquinas Schaum*. Mexico: McGRAW-HILL, 1971. Consultado: el 23 de marzo de 2023. [En línea]. Disponible en:
https://www.academia.edu/34324123/Dise%C3%B1o_de_M%C3%A1quinas_Schaum
- [58] ASME, “Codigo API 650 y 653: Diseno, Montaje y Construccion de Tanques Soldados de acero.”, p. 56, 2005.
- [59] PROACERO S.C.C., “CATALOGO DE PRODUCTOS PROACERO”. 2023.
- [60] American Welding Society, “AWS D1.6-D1.6M-2017”. 2017. Consultado: el 19 de noviembre de 2022. [En línea]. Disponible en:
[https://pubs.aws.org/Download_PDFS/AWS%20D1.6-D1.6M-2017%20\(Final\)-PV.pdf](https://pubs.aws.org/Download_PDFS/AWS%20D1.6-D1.6M-2017%20(Final)-PV.pdf)
- [61] A. V. Diaz, “Perdida de energia total”, 2008.
- [62] R. Mott, *Diseno de elementos de maquinas*, Cuarta. 2006.
- [63] B. J. Hamrock, Jacobson, y S. R. Schmid, *Elementos de maquinas*, Primera. Mexico: McGRAW-HILL, 2000.
- [64] IMPORPERNOS, “Norma SAE J429 (pernos pulgadas)”. <https://www.imporpernos.com/blog/norma-sae-j429> (consultado el 3 de abril de 2023).
- [65] SAE, “Mechanical and Material Requirements for Externally Threaded Fasteners”. The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space, mayo de 1998. [En línea]. Disponible en:
<https://www.finesz.com/pic/SAE%20J429-1999.pdf>
- [66] FESTO, “Cabezales para vastagos”. octubre de 2020. [En línea]. Disponible en:
<https://www.festo.com/media/pim/873/D15000100149873.PDF>
- [67] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Riesgos Ergonómicos”, *Portal INSST España*, 2023. <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-ergonomicos> (consultado el 13 de abril de 2023).
- [68] Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, “NTE INEN 1641 Muebles de oficina. Escritorios y Mesas. Requisitos.”, Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, Quito, Informe Tecnico 1641:2016, 2016. Consultado: el 13 de abril de 2023. [En línea]. Disponible en:
https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1641-1.pdf
- [69] Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, “NTE INEN 1647 Muebles de oficina. Asientos. Requisitos.”, Servicio Ecuatoriano de Normalizacion, Quito, Informe Tecnico 1647, 1989. [En línea]. Disponible en:
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1647.pdf>

- [70] K. Shah, K. Rockwood, y J. Young, *Brocklehurst's of Geriatric Medicine and Gerontology.*, Octava. Philadelphia: Elsevier, 2017.
- [71] Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, “NTE INEN-ISO 7250-1 DEFINICIONES DE LAS MEDIDAS BÁSICAS DEL CUERPO HUMANO PARA EL DISEÑO TECNOLÓGICO”, Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, Quito, Tecnico 7250–1, 2014.
- [72] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, “Estudio Ergonomico en el sector del calzado.”, Madrid, Tecnico, ago. 2021.

ANEXOS

Anexo 1. Volúmenes de figuras geométricas

Fuente: Cálculos Maquinas de Taller

 <p style="text-align: center;">PORCION DE CILINDRO</p>	<p>V = VOLUMEN; S = ÁREA LATERAL</p> $V = (\frac{2}{3} a^3 \pm b \times \text{ÁREA. ABC}) \frac{h}{r \pm b}$ $S = (ad \pm b \times \text{longitud de arco ABC}) \frac{h}{r \pm b}$ <p>Usar más o menos, según que el área de la base sea mayor o menor que la mitad del círculo.</p>
 <p style="text-align: center;">CILINDRO HUECO</p>	<p>V = VOLUMEN; $V = 3,1416h(R^2 - r^2)$</p> $= 0,7854h(D^2 - d^2) = 3,1416ht(2R - r)$ $= 3,1416ht(D - d) = 3,1416ht(2r + t)$ $= 3,1416ht(d + t) = 3,1416ht(R + r)$ $= 1,5708ht(D + d)$
 <p style="text-align: center;">CONO</p>	<p>V = VOLUMEN;</p> <p>A = ÁREA DE LA SUPERFICIE CÓNICA.</p> $V = \frac{3,1416}{3} r^2 h = 1,0472r^2 h = 0,2618d^2 h$ $A = 3,1416r \sqrt{r^2 + h^2} = 3,1416rs = 1,5708ds$ $S = \sqrt{r^2 + h^2} = \sqrt{\frac{d^2}{4} + h^2}$
 <p style="text-align: center;">CONO TRUNCADO</p>	<p>A = ÁREA DE LA SUPERFICIE LATERAL DEL TROZO DE CONO;</p> <p>V = VOLUMEN</p> $V = 1,0472h(R^2 + Rr + r^2) =$ $= 0,2618h(D^2 + Dd + d^2)$ $A = 3,1416 \times s(R + r) = 1,5708s(D + d)$ $a = R - r; s = \sqrt{a^2 + h^2} = \sqrt{(R - r)^2 + h^2}$

Anexo 2. Propiedades de planchas de acero inoxidable

Fuente: PROACERO S.C.C.



PLANCHAS

ACERO INOX

MATE 316



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
2.0	1220	2440	47.86
3.0	1220	2440	71.79

MATE 202



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
0.7	1220	2440	16.75
1.0	1220	2440	23.83
1.5	1220	2440	35.18

PULIDA MATE 304



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
0.6	1220	2440	14.30
0.7	1220	2440 / 3000	16,75/20,59
0.9	1220	2440	21.54
1.0	1220	2440 / 3000	23,87/29,33
1.2	1220	2440	28.64
1.5	1220	2440 / 3000	35,18/43,25
2.0	1220	2440	47.86

MATE ANTIDESLIZANTE



Espesor	Ancho	Largo	Peso aprox.
mm.	mm.	mm.	Kg.
2.0	1220	2440	47.86
3.0	1220	2440	71.61

OTRAS MEDIDAS PREVIA CONSULTA

¿Necesitas Ayuda? Llámarnos: 0984 620 818 / 0984 321 432
0984 620 816 / 0995 487 820

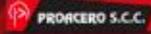
Av. 6 de Diciembre N55-20 y los Pinos
QUITO - ECUADOR



PROACERO S.C.C.
PROVEEDORES DE ACERO SOCIEDAD CIVIL COMERCIAL

Anexo 3. Propiedades de tubo redondo de acero inoxidable

Fuente: PROACERO S.C.C.



TUBERÍA

TUBERÍA INOX

**TUBERÍA ACERO INOX
REDONDA 304**



Diámetro	Espesor	Peso aprox.
plg.	mm.	Kg.
1/2	1.0	1,64
1/2	1.2	1,96
1/2	1.5	2,42
5/8	1.0	2,09
5/8	1,2	2,50
5/8	1.5	3,10
3/4	1.0	2,52
3/4	1.2	3,03
3/4	1.5	3,77
7/8	1.0	2,97
7/8	1.2	3,57
7/8	1.5	4,45
1	1.0	3,41
1	1.2	4,11
1	1.5	5,14
1 1/4	1.2	5,20
1 1/4	1.5	6,51
1 1/4	2.0	8,31
1 1/2	1.2	6,27
1 1/2	1.5	7,86
1 1/2	2.0	10,06
2	1.2	8,42
2	1.5	10,59
2	2.0	13,58
2 1/2	1.2	10,57
2 1/2	1.5	13,31
3	2.0	20,63
4	2.0	27,08

OTRAS MEDIDAS PREVIA CONSULTA

¿Necesitas Ayuda? Llámamos: 0984 620 818 / 0984 321 432
0984 620 816 / 0995 487 820

Av. 6 de Diciembre N55-20 y los Pinos
QUITO - ECUADOR



PROVEEDORES DE ACERO SOCIEDAD CIVIL COMERCIAL

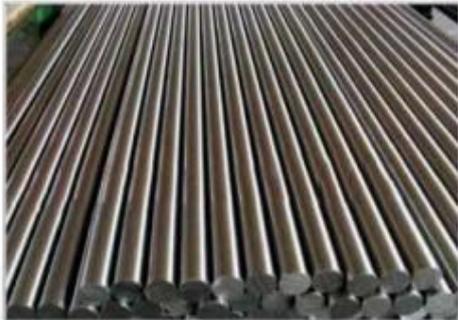
Anexo 4. Propiedades de varillas de acero inoxidable

Fuente: PROACERO S.C.C.



ÁNGULOS, PLATINAS Y VARILLAS INOX

VARILLAS INOX



Diámetro	Longitud	Peso aprox.
Plg.	mm.	Kg.
3/16	6000	0.72
1/4	6000	1.51
5/16	6000	2.36
3/8	6000	3.4
1/2	6000	6.03
5/8	6000	9.43
3/4	6000	13.56
7/8	6000	18.47
1	6000	24.11
1 1/4	6000	37.67

OTRAS MEDIDAS PREVIA CONSULTA

¿Necesitas Ayuda? Llámanos: 0984 620 818 / 0984 321 432
0984 620 816 / 0995 487 820

Av. 6 de Diciembre N55-20 y los Pinos
QUITO - ECUADOR



PROACERO S.C.C.
PROVEEDORES DE ACERO SOCIEDAD CIVIL COMERCIAL

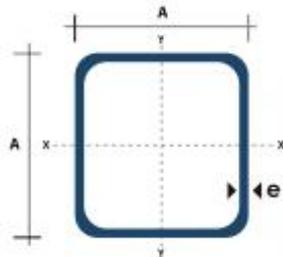
Anexo 5. Propiedades de tubo cuadrado

Fuente: Catalogo de DIPAC

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales:

Norma:	NTE INEN 2415
Calidad:	SAE J 403 1008
Acabado:	Acero negro o Galvanizado
Largo Normal:	6.00m y medidas especiales
Dimensiones:	Desde 20mm a 100mm
Espesores:	Desde 1.20mm a 5.00mm



Dimensiones			Area	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Area cm ²	I cm ⁴	W cm ³	I cm ³
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.48	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.48	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.69	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84



www.dipacmanta.com

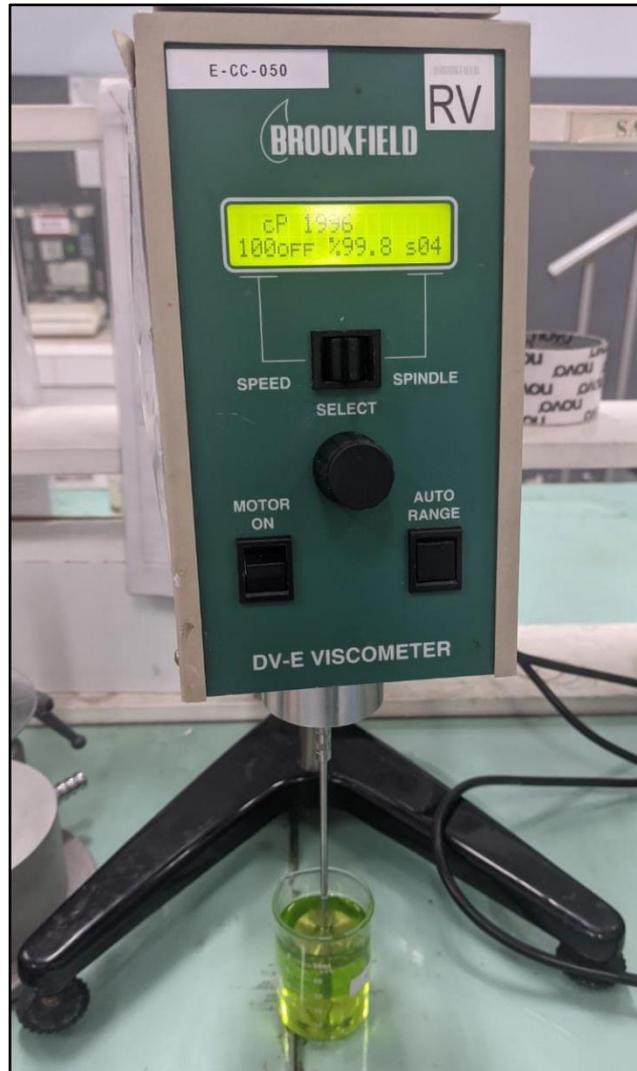
Anexo 6. Visita y toma de datos de los adultos de la tercera edad en la asociación

Fuente: Autor



Anexo 7. Medición de la viscosidad del jabón empleado en los ensayos de repetitividad

Fuente: Autor.

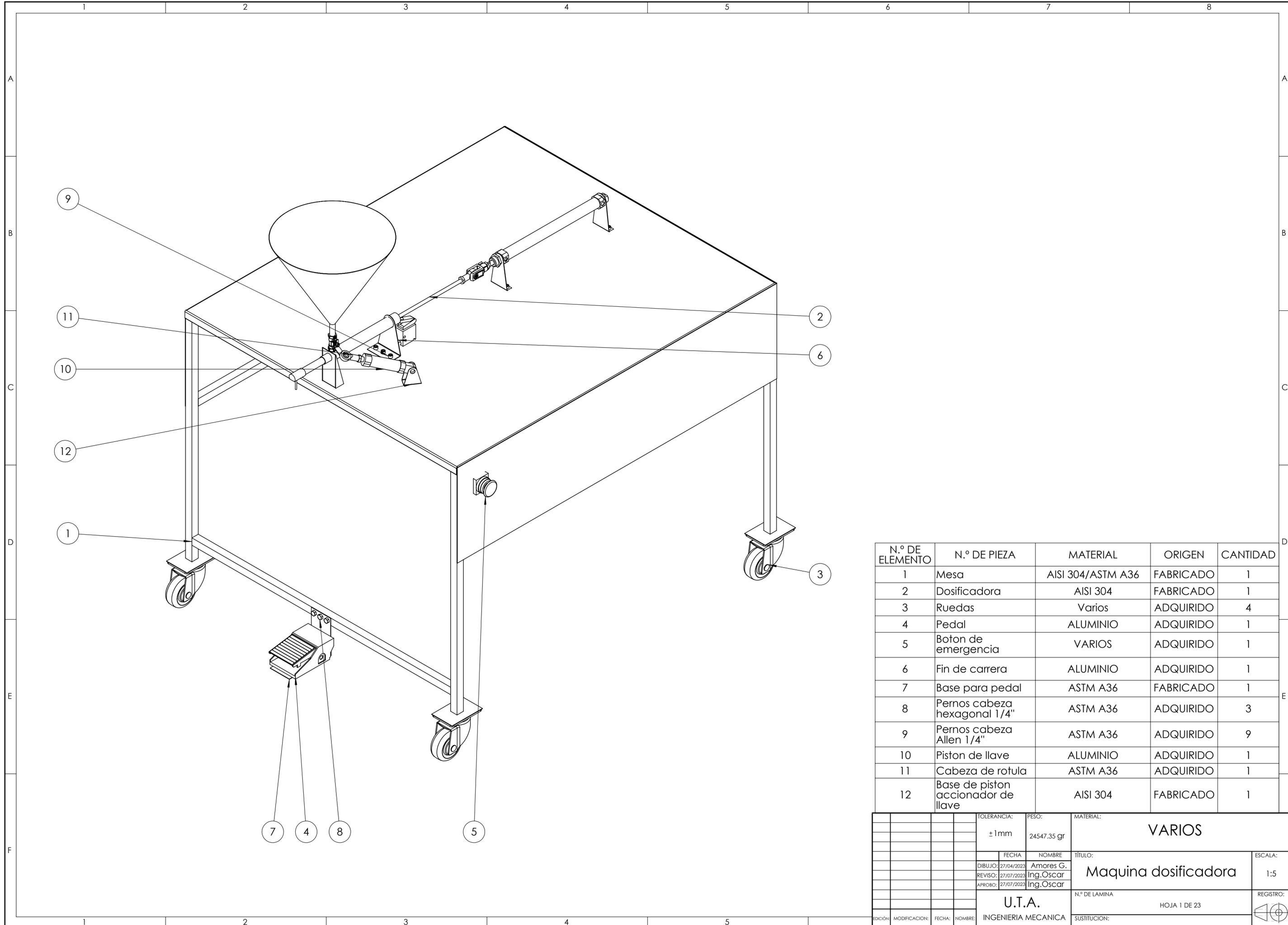


Anexo 8. Datos obtenidos en la visita a la asociación

Fuente: Autor.

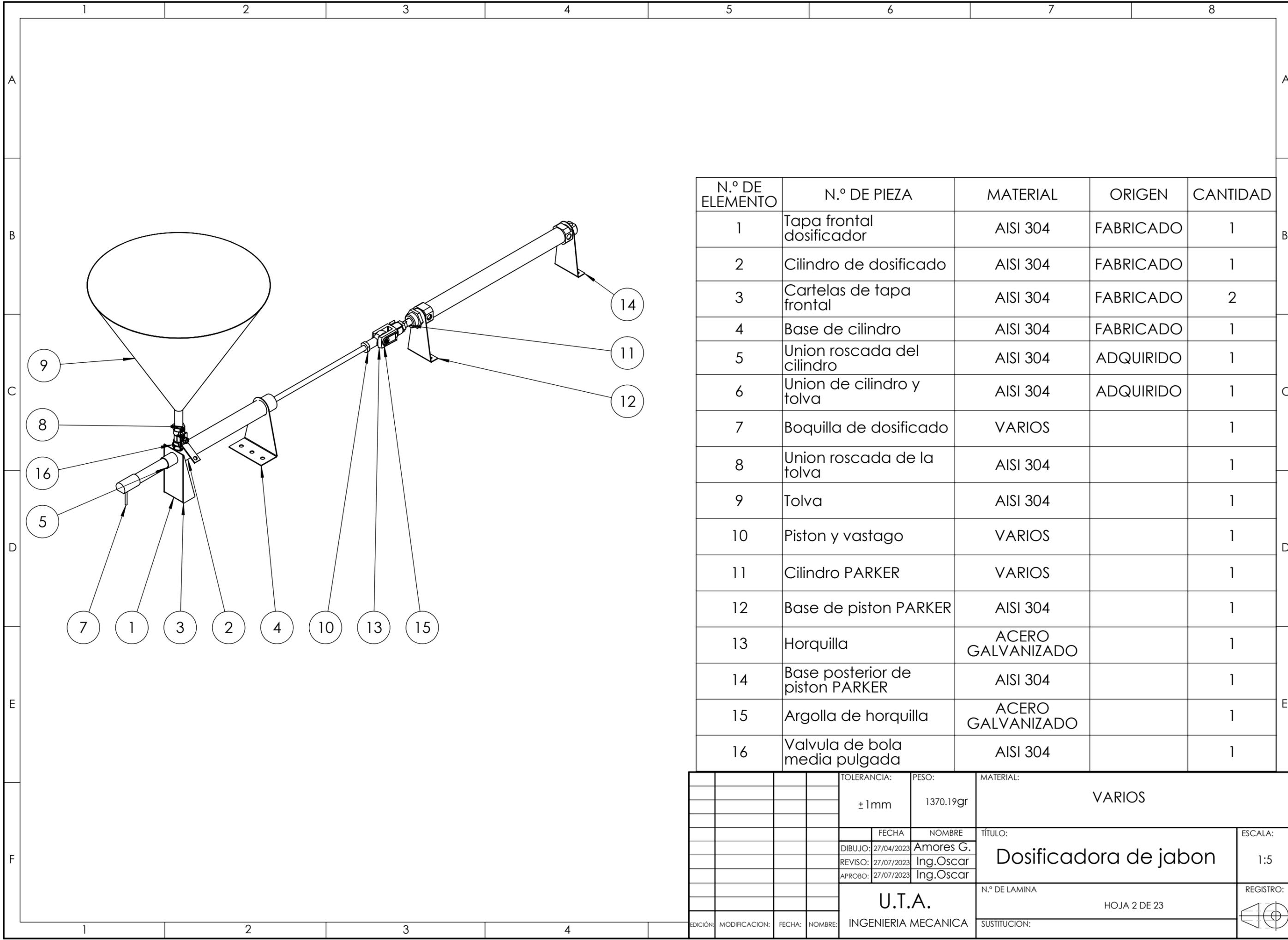
No	Genero	Altura	Altura sentado	Brazo		Distancia pedal
				Izquierdo	Derecho	
1	F	1,51	1,18	0,33	0,34	0,1
2	F	1,57	1,18	0,33	0,34	0,11
3	M	1,68	1,24	0,37	0,36	0,12
4	F	1,4	1,1	0,27	0,27	0,1
5	F	1,46	1,17	0,3	0,29	0,1
6	F	1,47	1,25	0,28	0,3	0,11
7	F	1,42	1,21	0,3	0,29	0,1
8	F	1,58	1,14	0,32	0,33	0,11
9	M	1,57	1,28	0,34	0,33	0,1
10	M	1,58	1,28	0,35	0,36	0,11
11	F	1,56	1,23	0,3	0,31	0,11
12	M	1,52	1,19	0,33	0,32	0,09
13	M	1,47	1,18	0,3	0,31	0,1
14	M	1,68	1,26	0,36	0,37	0,09
15	F	1,58	1,18	0,31	0,32	0,07
16	F	1,4	1,11	0,29	0,29	0,1
17	M	1,5	1,14	0,32	0,32	0,1
18	F	1,52	1,14	0,31	0,31	0,07
19	F	1,39	1,08	0,31	0,31	0,1
20	F	1,51	1,15	0,33	0,32	0,1
21	M	1,64	1,24	0,36	0,36	0,07
22	F	1,48	1,1	0,3	0,31	0,07
23	F	1,51	1,14	0,31	0,3	0,07
24	F	1,47	1,15	0,3	0,29	0,08
25	M	1,6	1,21	0,34	0,33	0,1
26	F	1,5	1,14	0,3	0,31	0,07
27	F	1,53	1,13	0,31	0,31	0,09
28	F	1,48	1,09	0,29	0,28	0,07
29	F	1,5	1,13	0,3	0,29	0,07
30	F	1,52	1,14	0,31	0,3	0,08
31	F	1,47	1,12	0,28	0,27	0,07
32	M	1,66	1,26	0,36	0,35	0,1
33	F	1,5	1,13	0,29	0,29	0,07
34	F	1,45	1,11	0,3	0,3	0,09
35	F	1,49	1,13	0,3	0,3	0,07
36	F	1,48	1,14	0,31	0,3	0,09
37	F	1,54	1,21	0,3	0,31	0,1
38	F	1,42	1,11	0,28	0,28	0,07
39	F	1,4	1,13	0,29	0,28	0,06
40	F	1,29	1,12	0,26	0,27	0,05
41	F	1,46	1,11	0,29	0,28	0,09
42	F	1,46	1,12	0,29	0,29	0,06
43	M	1,7	1,24	0,36	0,35	0,11
44	F	1,38	1,12	0,27	0,27	0,06
45	F	1,48	1,14	0,28	0,28	0,07
46	F	1,43	1,12	0,29	0,29	0,07
47	F	1,45	1,15	0,27	0,28	0,06
48	M	1,57	1,18	0,35	0,34	0,1
49	F	1,42	1,14	0,28	0,28	0,08
50	F	1,38	1,1	0,25	0,26	0,07
Prom. Masculino		1,598	1,225	0,345	0,342	0,099
Prom. Femenino		1,470	1,141	0,296	0,296	0,082
Percentil Masculino 5		1,393	1,1	0,27	0,27	0,06
Percentil Masculino 50		1,495	1,14	0,3	0,3	0,09
Percentil Masculino 95		1,675	1,26	0,36	0,36	0,11
Percentil Femenino 5		1,385	1,1	0,27	0,27	0,06
Percentil Femenino 50		1,495	1,14	0,3	0,3	0,09
Percentil Femenino 95		1,671	1,26	0,36	0,36	0,11

Anexo 9. Planos de construcción



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ORIGEN	CANTIDAD
1	Mesa	AISI 304/ASTM A36	FABRICADO	1
2	Dosificadora	AISI 304	FABRICADO	1
3	Ruedas	Varios	ADQUIRIDO	4
4	Pedal	ALUMINIO	ADQUIRIDO	1
5	Boton de emergencia	VARIOS	ADQUIRIDO	1
6	Fin de carrera	ALUMINIO	ADQUIRIDO	1
7	Base para pedal	ASTM A36	FABRICADO	1
8	Pernos cabeza hexagonal 1/4"	ASTM A36	ADQUIRIDO	3
9	Pernos cabeza Allen 1/4"	ASTM A36	ADQUIRIDO	9
10	Piston de llave	ALUMINIO	ADQUIRIDO	1
11	Cabeza de rotula	ASTM A36	ADQUIRIDO	1
12	Base de piston accionador de llave	AISI 304	FABRICADO	1

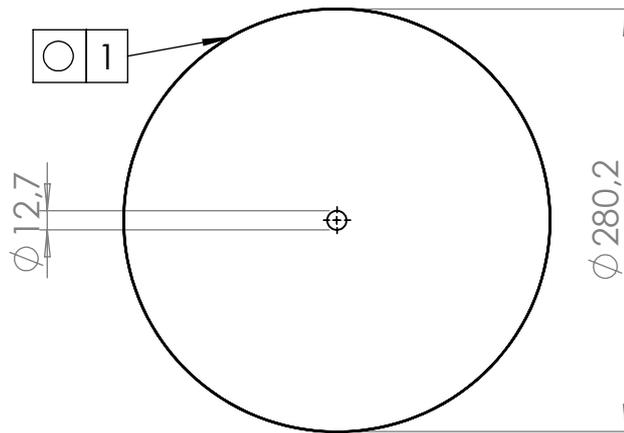
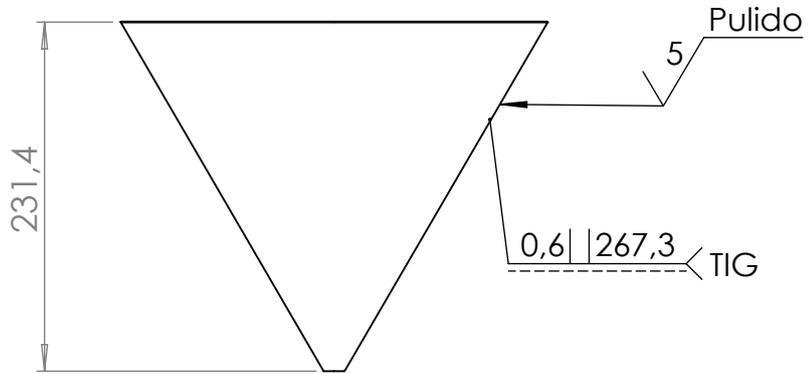
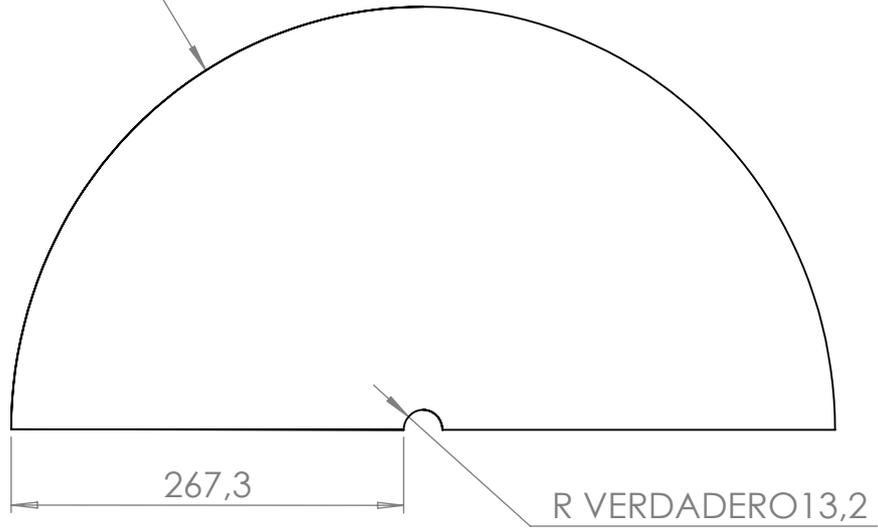
TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1mm		24547.35 gr		VARIOS	
FECHA:		NOMBRE:		TÍTULO:	
DIBUJO: 27/04/2023		Amores G.		Maquina dosificadora	
REVISO: 27/07/2023		Ing.Oscar		ESCALA: 1:5	
APROBO: 27/07/2023		Ing.Oscar		REGISTRO:	
U.T.A.		N.º DE LAMINA		HOJA 1 DE 23	
INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:		REGISTRO:	



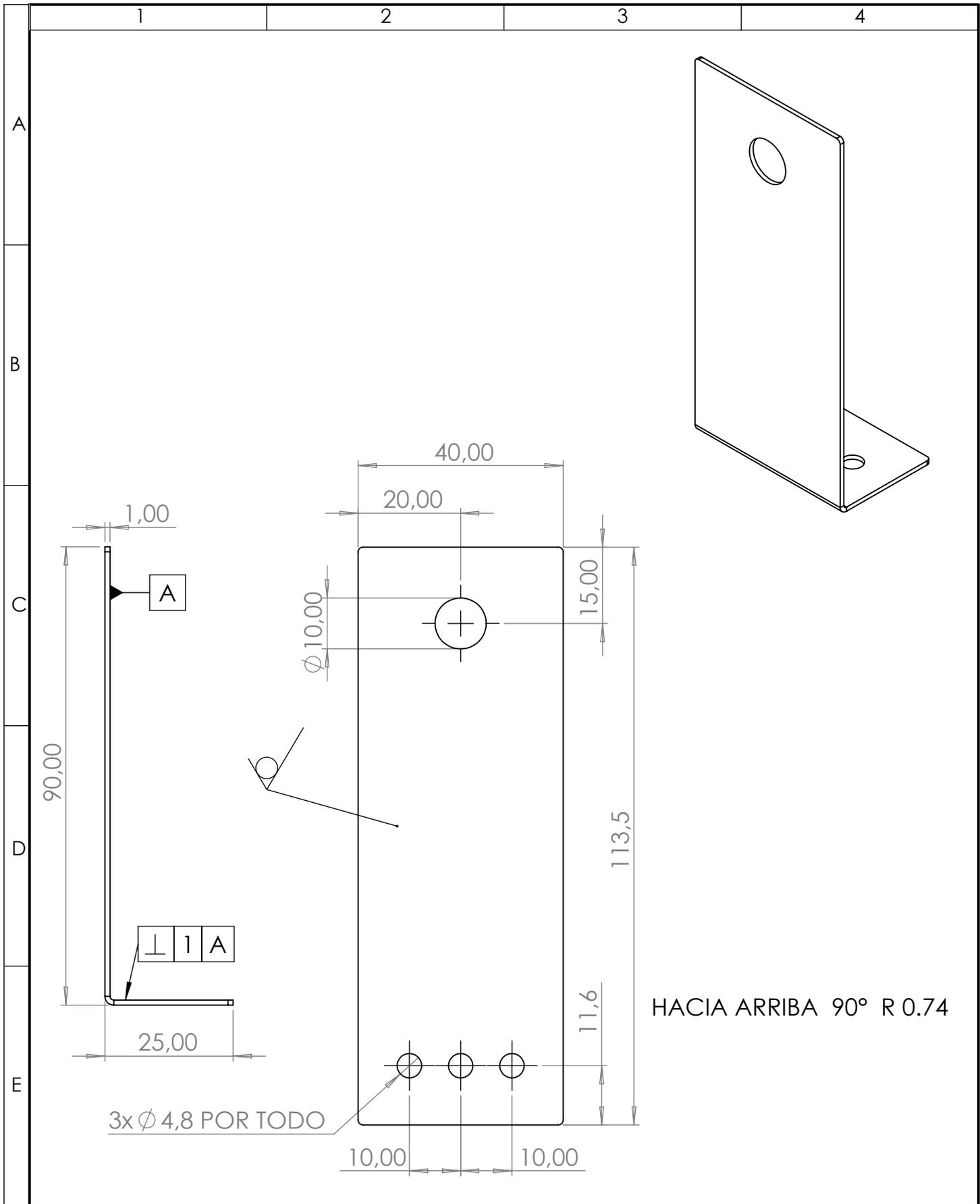
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	ORIGEN	CANTIDAD
1	Tapa frontal dosificador	AISI 304	FABRICADO	1
2	Cilindro de dosificado	AISI 304	FABRICADO	1
3	Cartelas de tapa frontal	AISI 304	FABRICADO	2
4	Base de cilindro	AISI 304	FABRICADO	1
5	Union roscada del cilindro	AISI 304	ADQUIRIDO	1
6	Union de cilindro y tolva	AISI 304	ADQUIRIDO	1
7	Boquilla de dosificado	VARIOS		1
8	Union roscada de la tolva	AISI 304		1
9	Tolva	AISI 304		1
10	Piston y vastago	VARIOS		1
11	Cilindro PARKER	VARIOS		1
12	Base de piston PARKER	AISI 304		1
13	Horquilla	ACERO GALVANIZADO		1
14	Base posterior de piston PARKER	AISI 304		1
15	Argolla de horquilla	ACERO GALVANIZADO		1
16	Valvula de bola media pulgada	AISI 304		1

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
± 1mm		1370.19gr		VARIOS	
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:	
DIBUJO: 27/04/2023		Amores G.		Dosificadora de jabon	
REVISO: 27/07/2023		Ing.Oscar		ESCALA:	
APROBO: 27/07/2023		Ing.Oscar		1:5	
U.T.A.				N.º DE LAMINA	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 2 DE 23	
EDICIÓN:		MODIFICACION:		REGISTRO:	
FECHA:		NOMBRE:		SUSTITUCION:	

R VERDADERO 280,5



				TOLERANCIA: ±1 mm	PESO: 73.78 gr	MATERIAL: ACERO AISI 304	
						TÍTULO: Tolva	ESCALA: 1:5
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.		
				REVISO: 27/07/2023	Ing. Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing. Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 3 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



HACIA ARRIBA 90° R 0.74

				TOLERANCIA: ±1mm	PESO: 35.25 gr	MATERIAL: ACERO AISI 304		
						TÍTULO: Tapa frontal	ESCALA: 1:1	
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.			
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 4 DE 23	REGISTRO:	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		

1

2

3

4

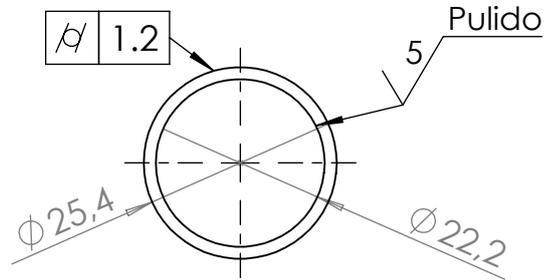
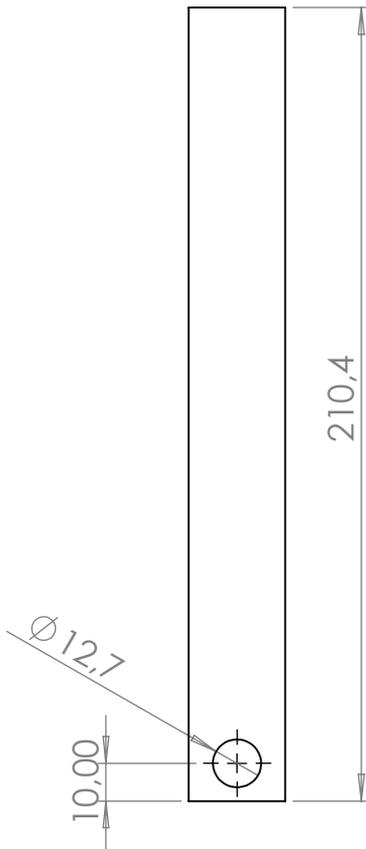
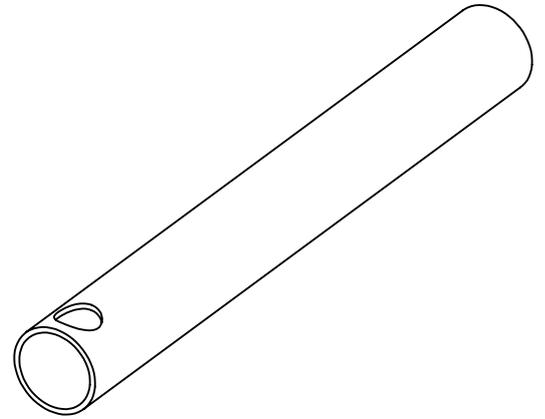
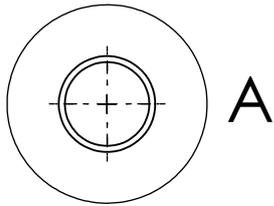
A

B

C

D

E



DETALLE A
ESCALA 1 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±0.5 mm	147.37 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Cilindro de dosificado	1:2
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 5 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

1 2 3 4

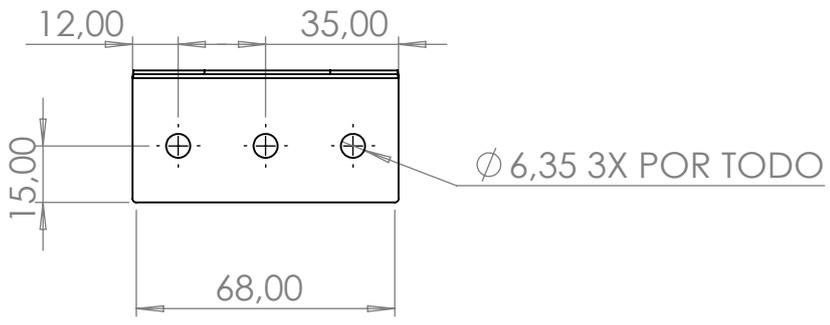
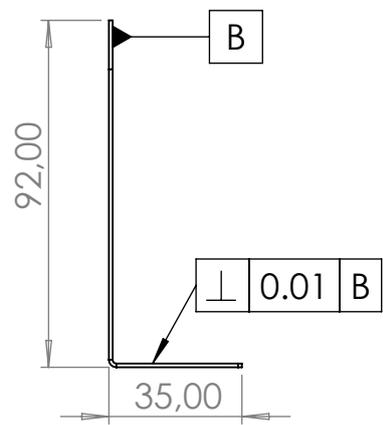
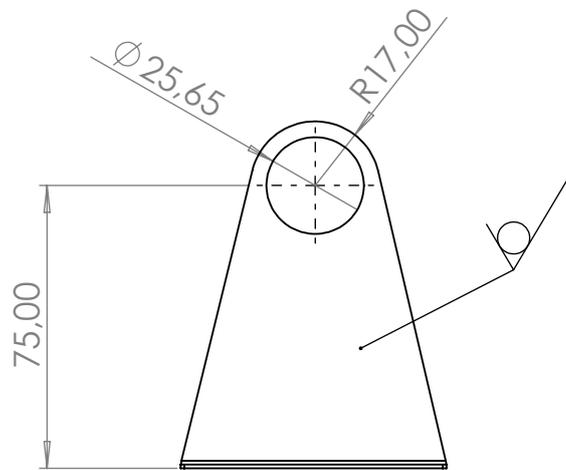
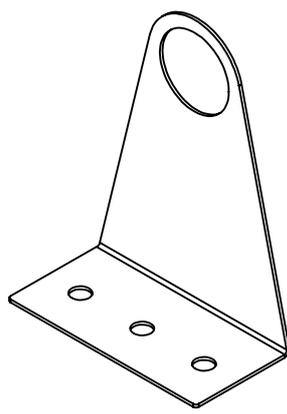
A

B

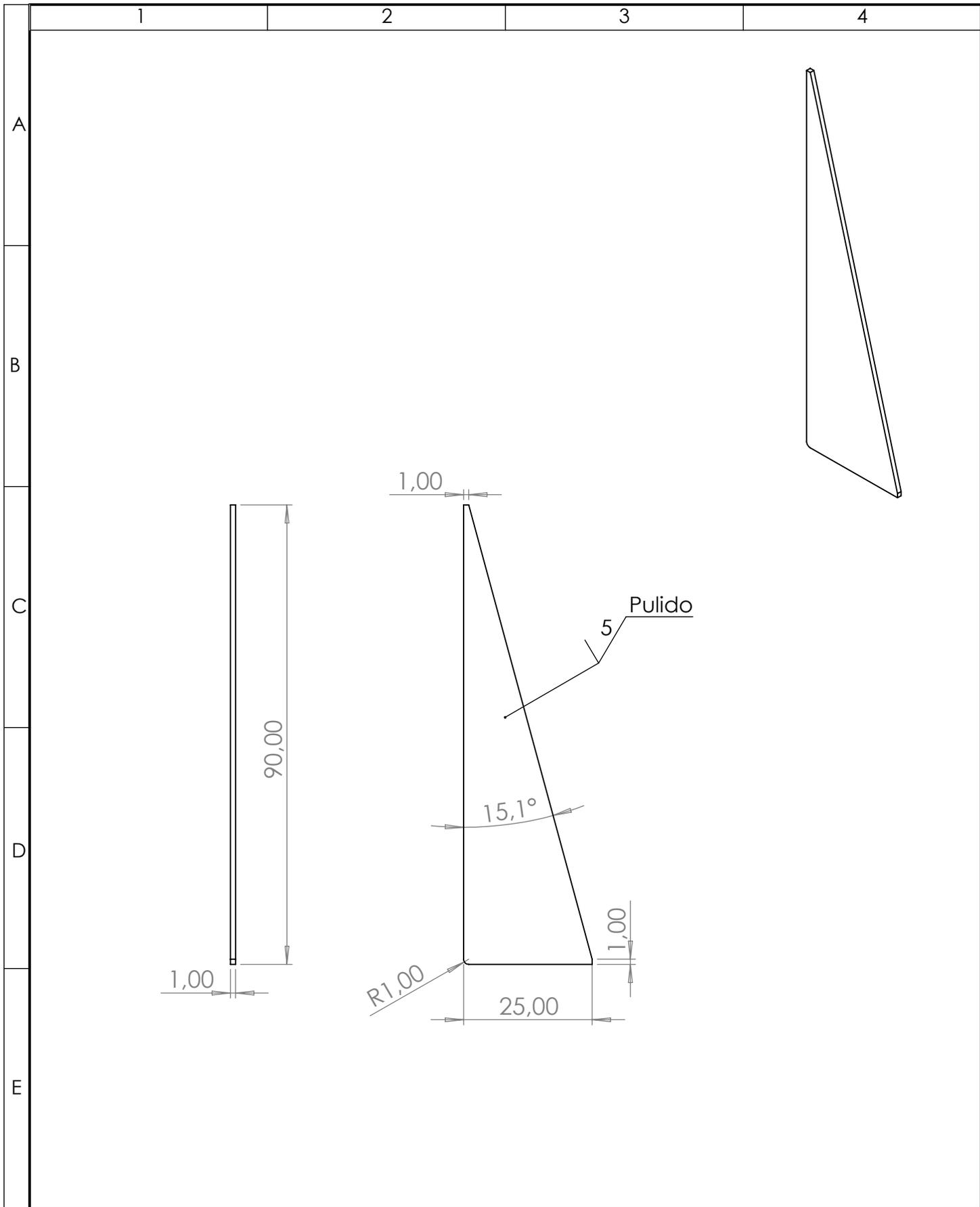
C

D

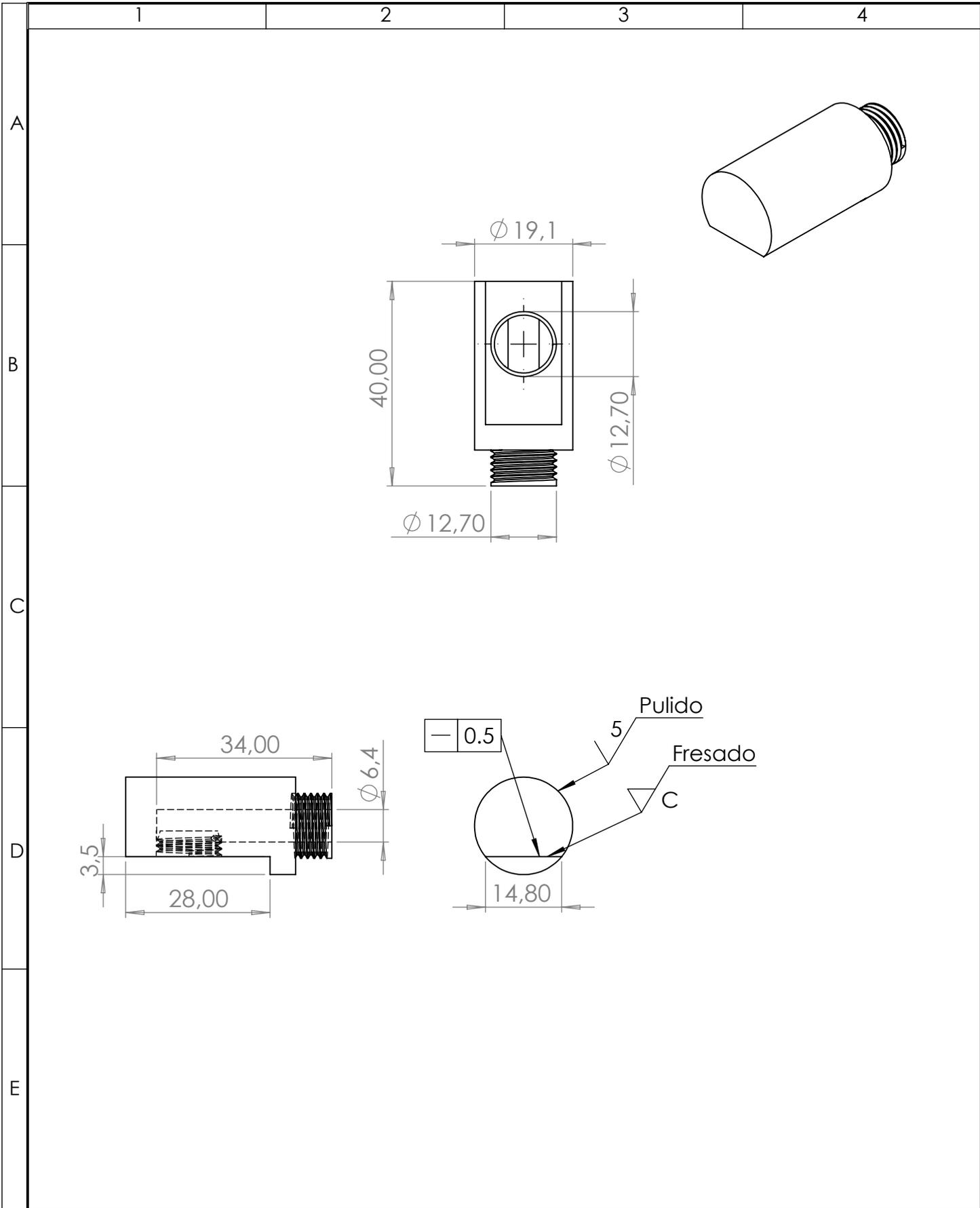
E



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1mm	15.04 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Base de cilindro	1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 6 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 1mm	9.45 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Cartelas de tapa frontal	1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 7 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

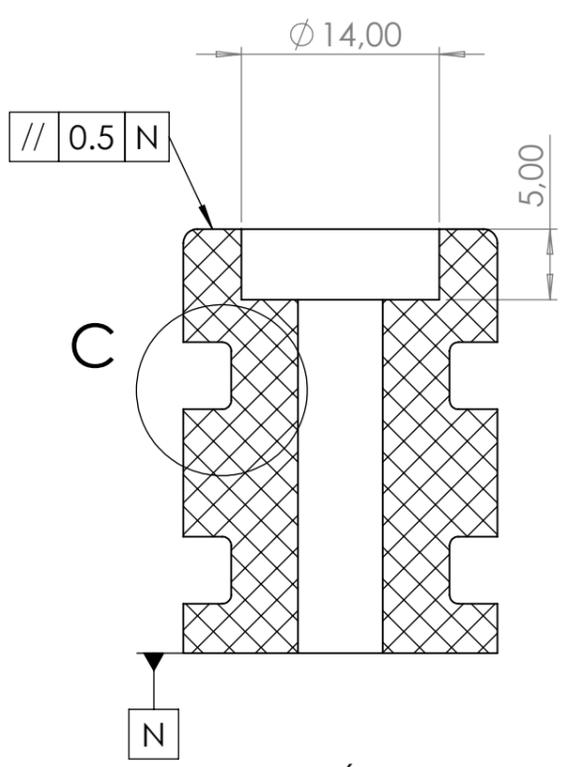
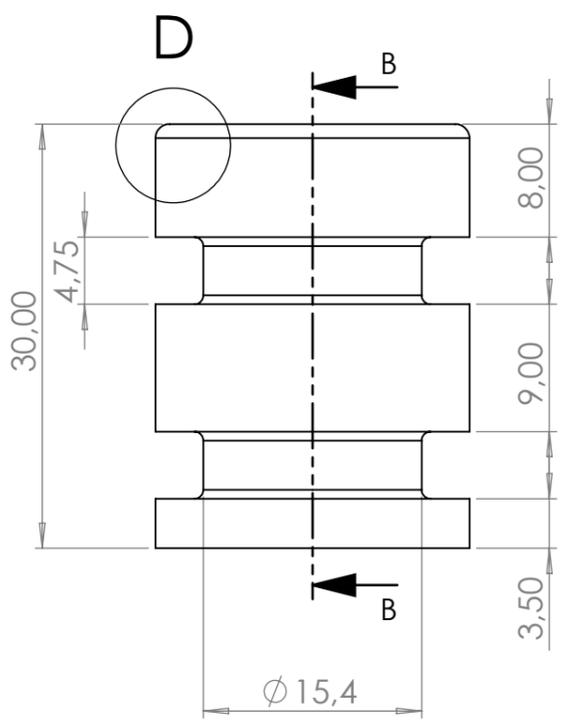
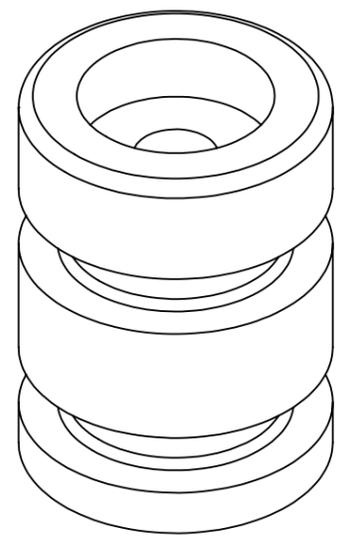
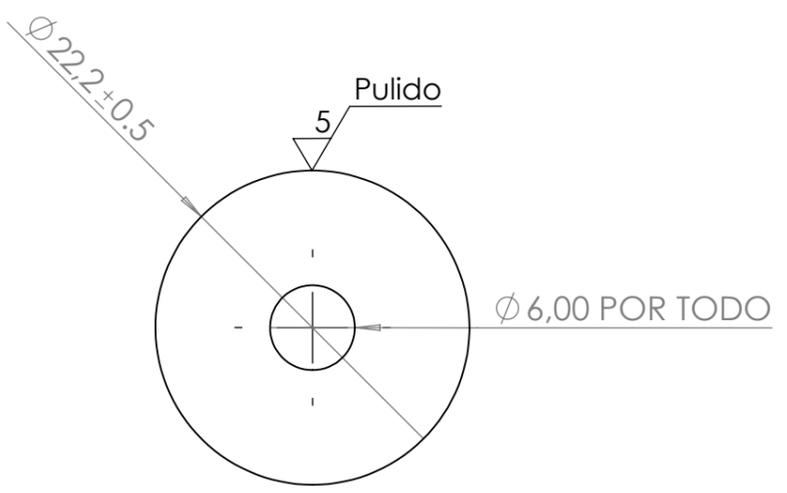


				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1mm	61 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Boquilla de dosificado	1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						HOJA 8 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

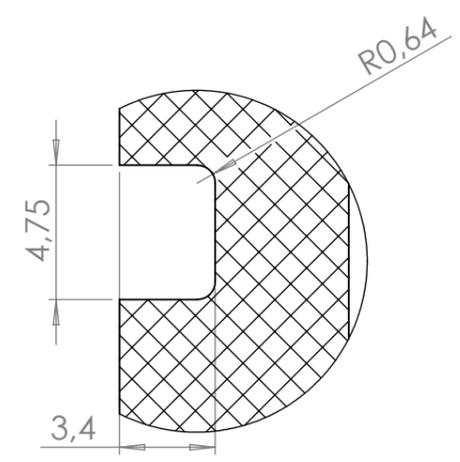
1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

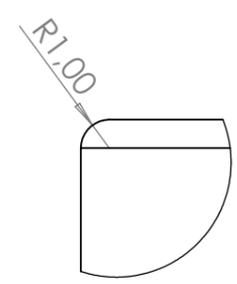
A
B
C
D
E
F



SECCIÓN B-B



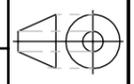
DETALLE C
ESCALA 4 : 1

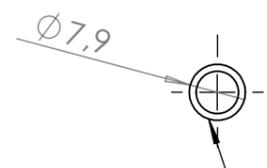
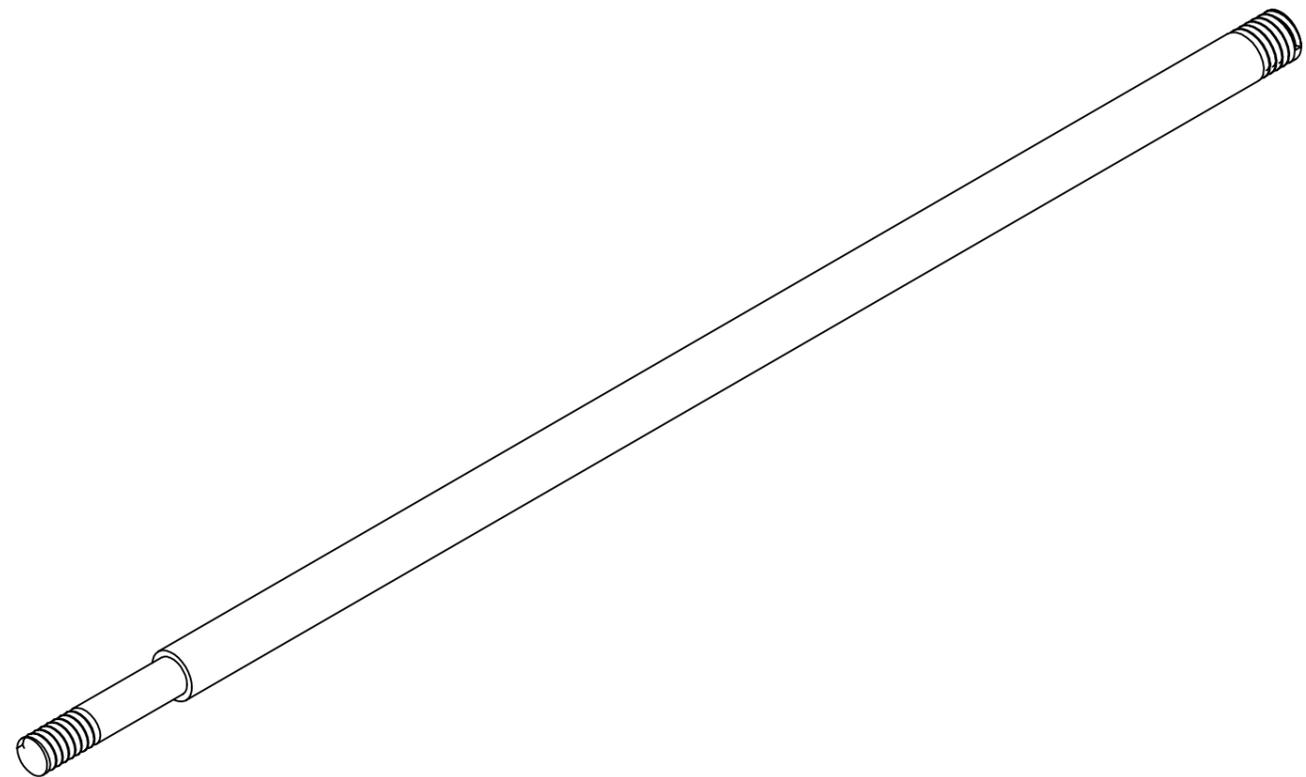


DETALLE D
ESCALA 4 : 1

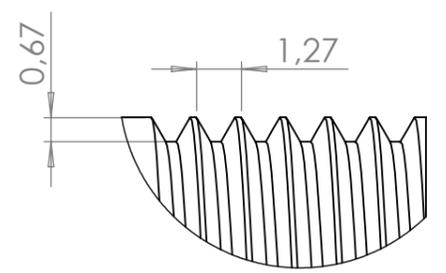
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±0.5mm	23.15 gr	Teflon		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Piston	2:1	
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 9 DE 23		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				

1 2 3 4



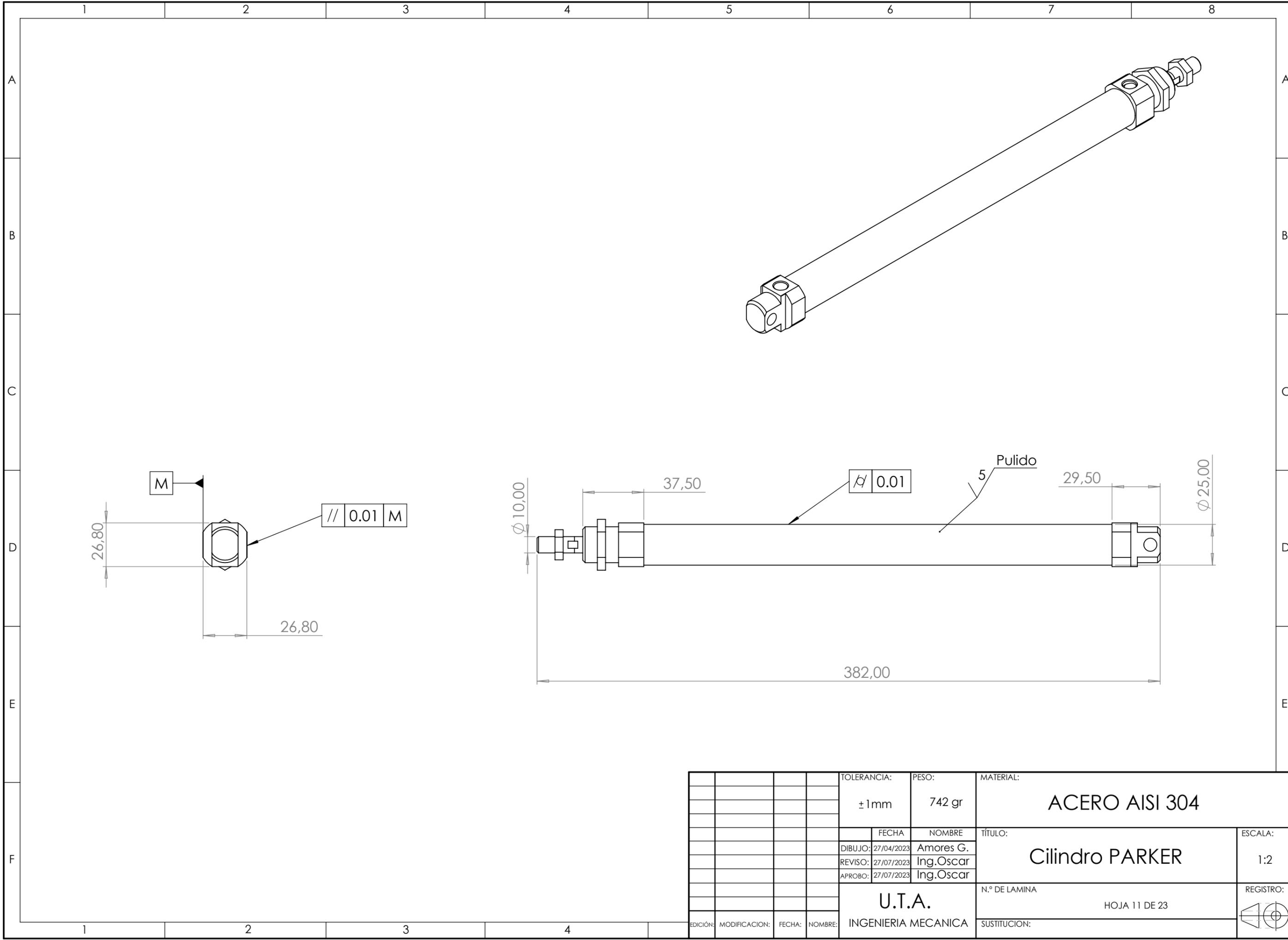


⊙ 0.01 E

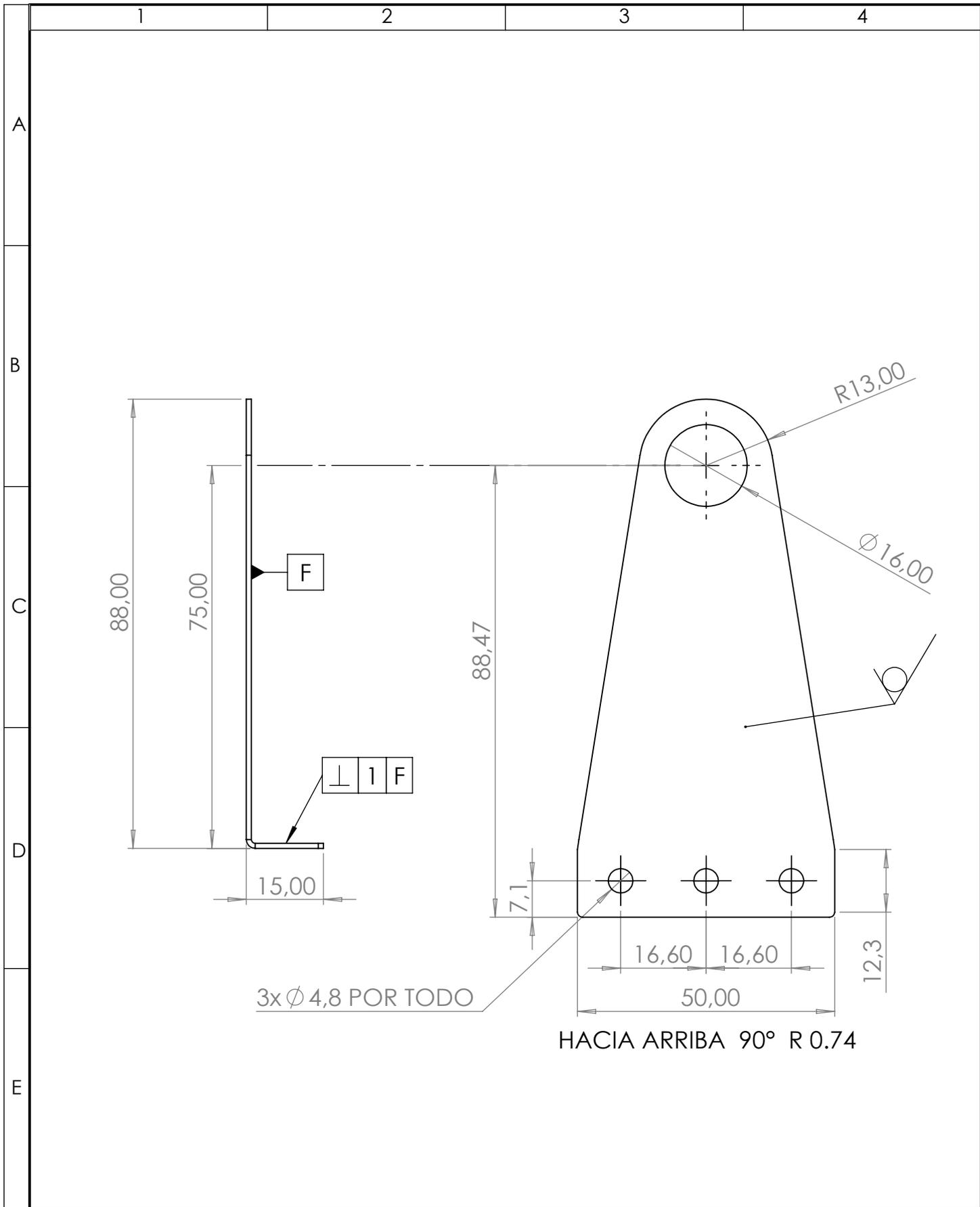


DETALLE E
ESCALA 5 : 1

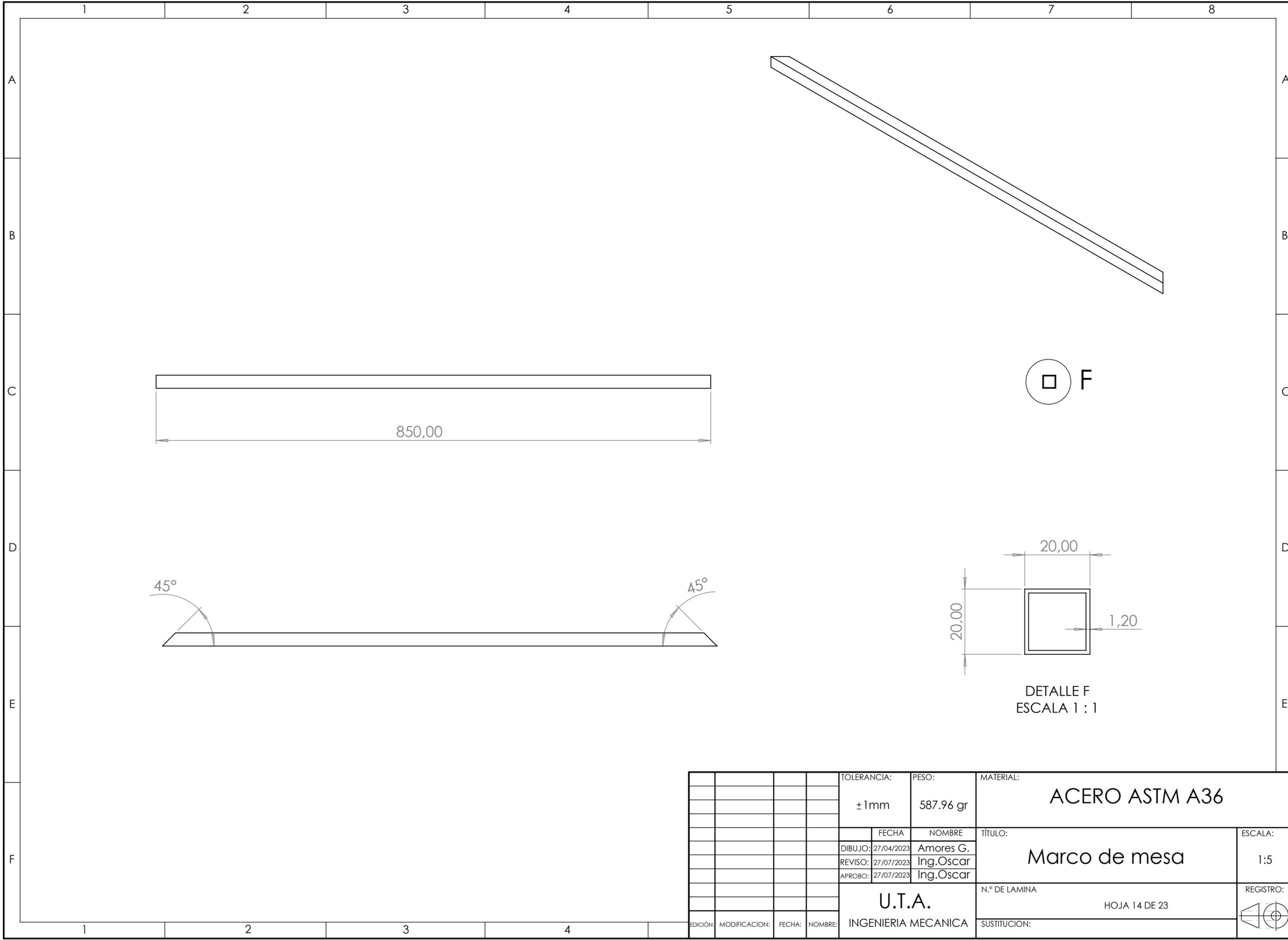
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1mm	49.89 gr	ACERO AISI 304		
				FECHA:	NOMBRE:	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Vastago		1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 10 DE 23		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				



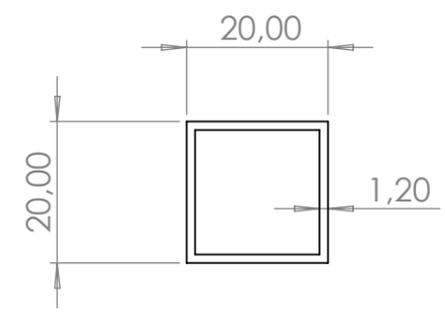
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1mm	742 gr	ACERO AISI 304		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Cilindro PARKER		1:2
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 11 DE 23		⊕
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:				



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1mm	29.80 gr	ACERO AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Base cilindro PARKER	1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 12 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

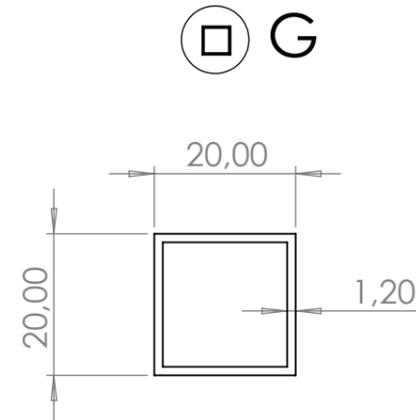
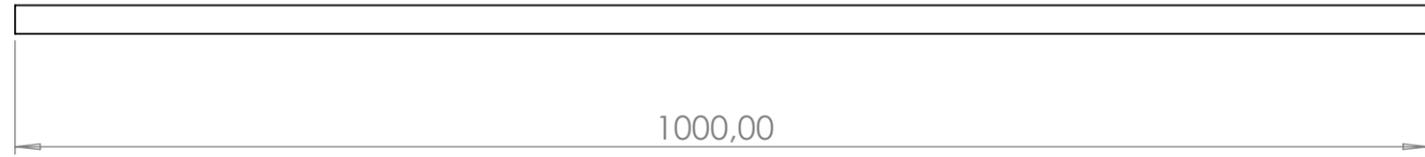
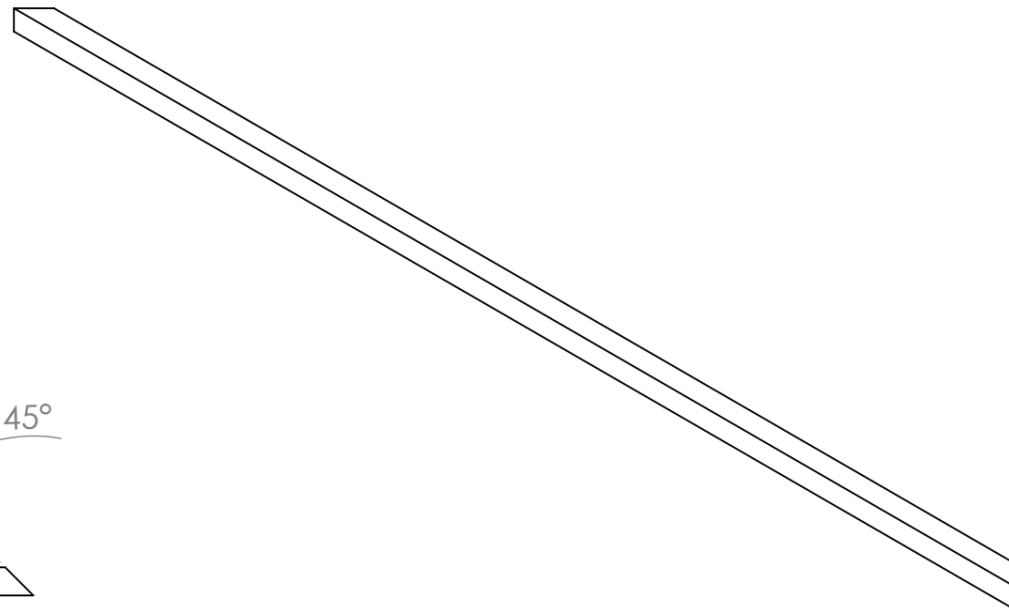
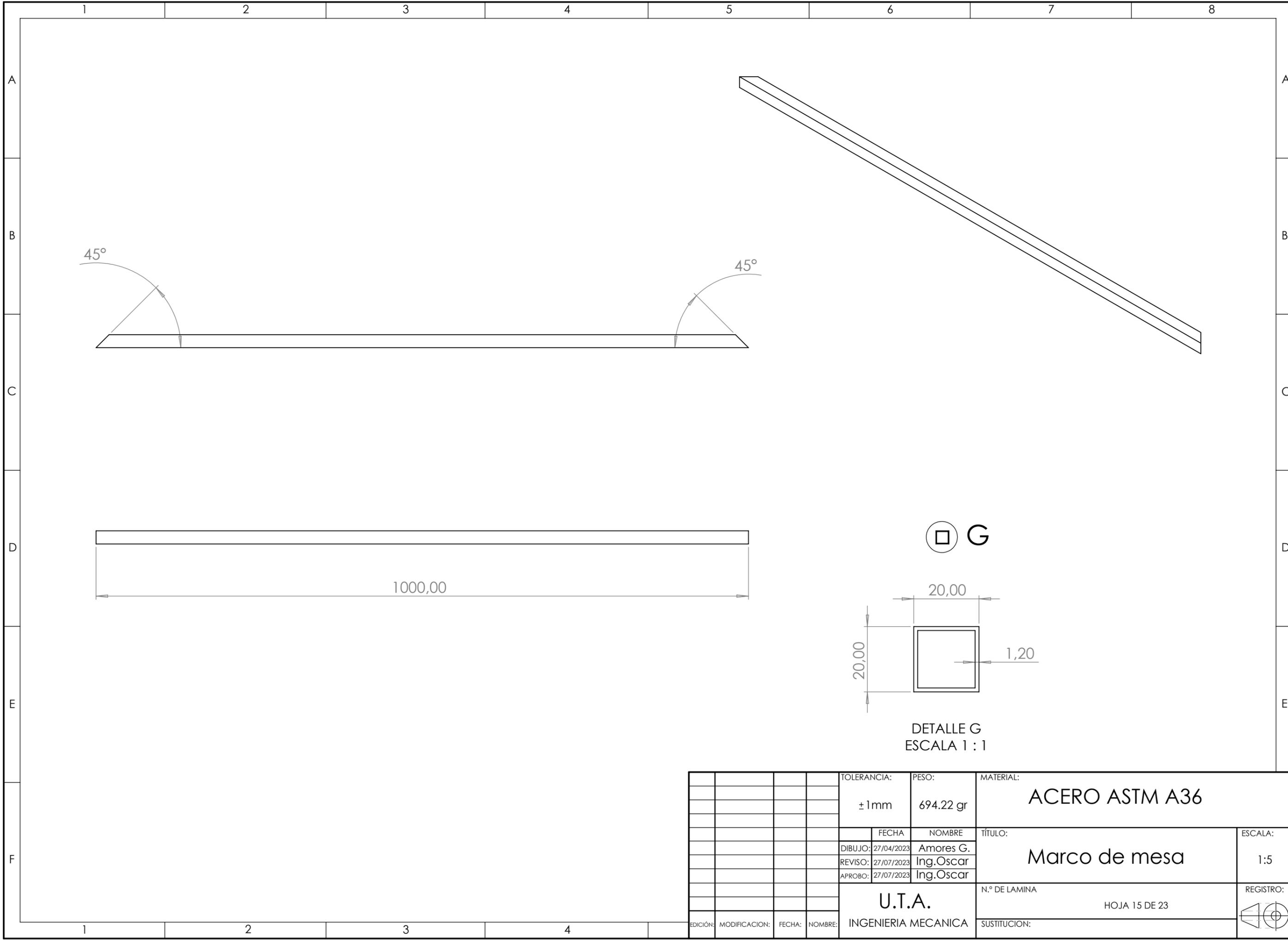


□ F



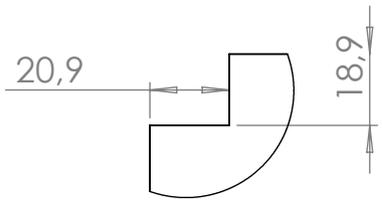
DETALLE F
ESCALA 1 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 1mm	587.96 gr	ACERO ASTM A36	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Marco de mesa	1:5
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 14 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

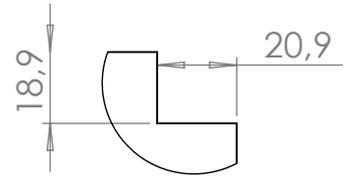


DETALLE G
ESCALA 1 : 1

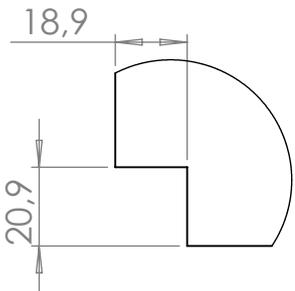
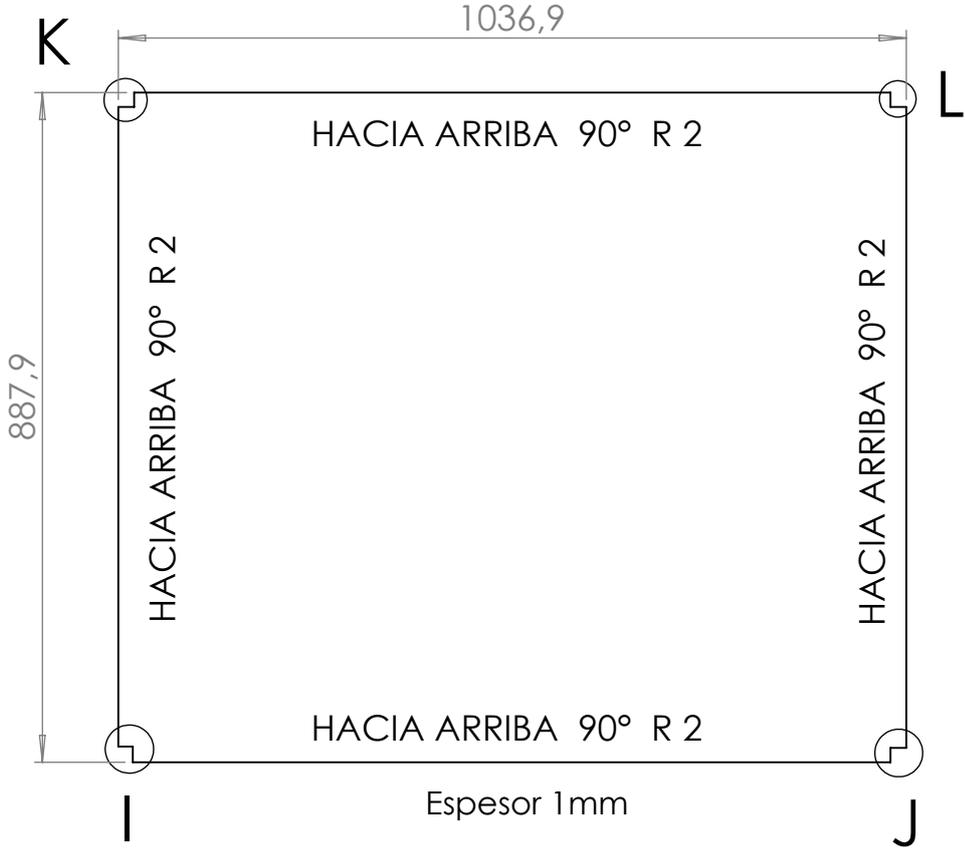
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				± 1mm	694.22 gr	ACERO ASTM A36			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO:	27/04/2023	Amores G.	Marco de mesa		1:5
				REVISO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA			N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
							SUSTITUCION:		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:						



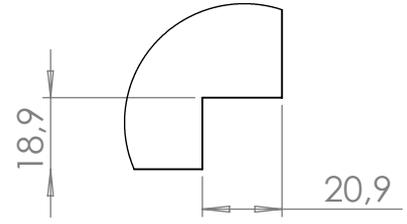
DETALLE K
ESCALA 1 : 2



DETALLE L
ESCALA 1 : 2

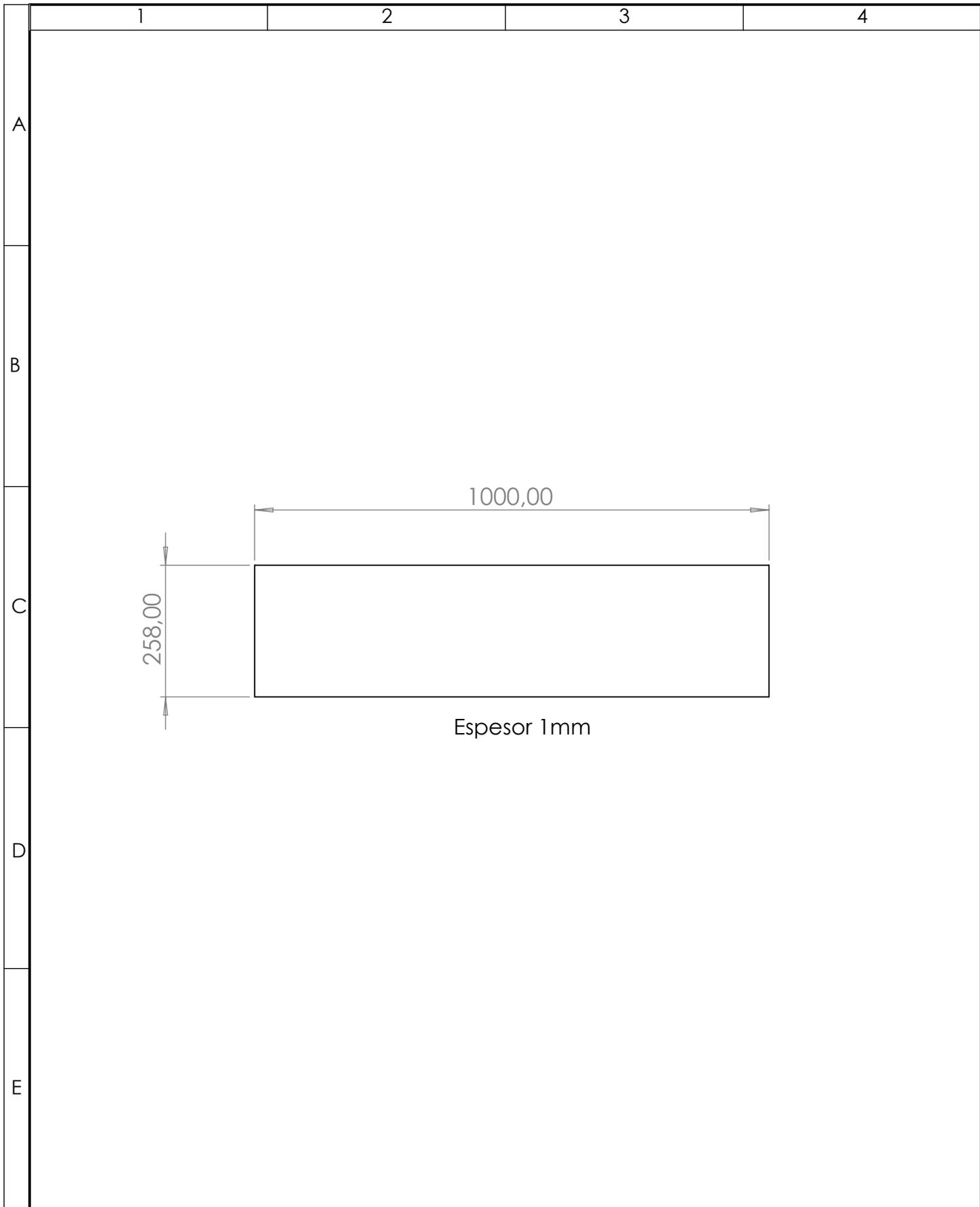


DETALLE I
ESCALA 1 : 2

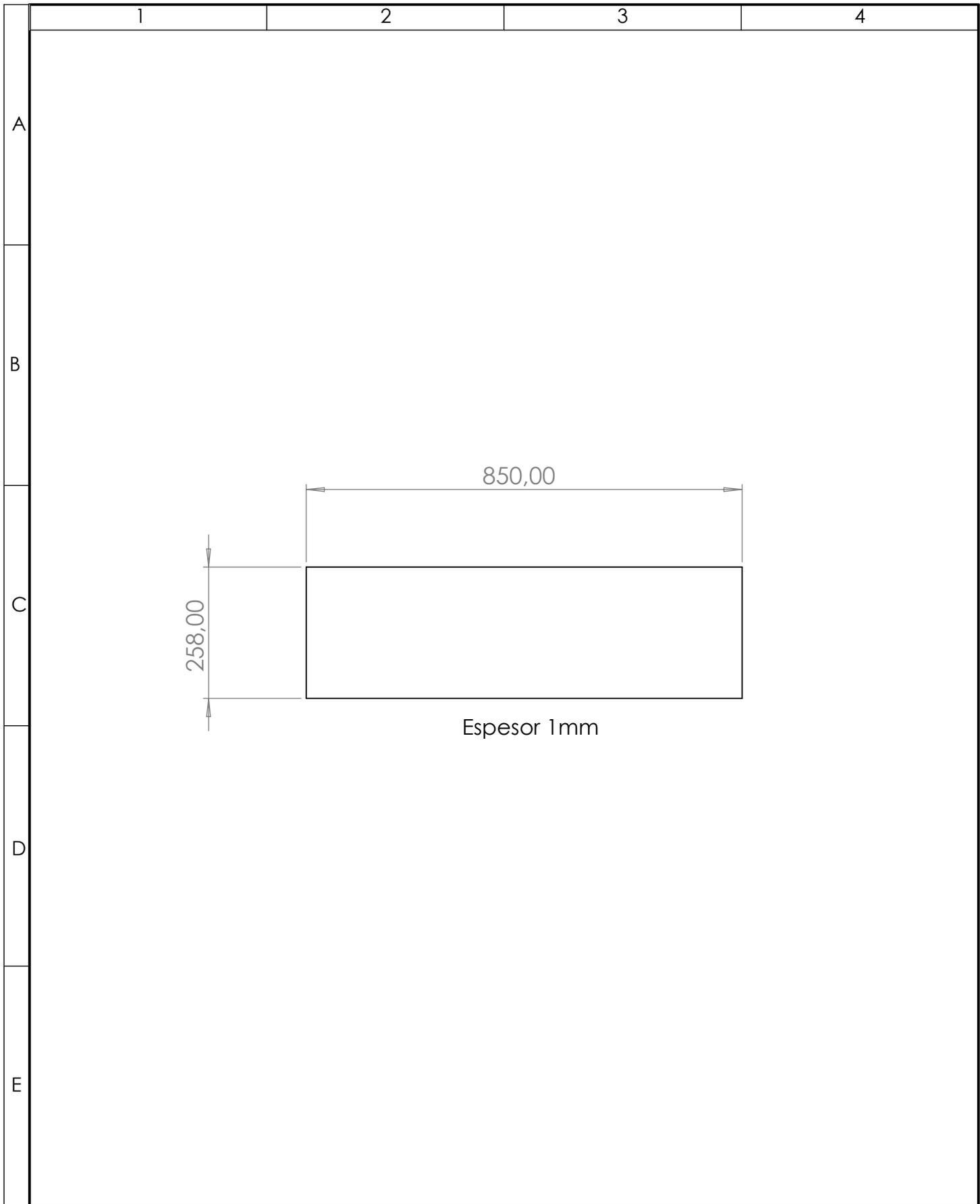


DETALLE J
ESCALA 1 : 2

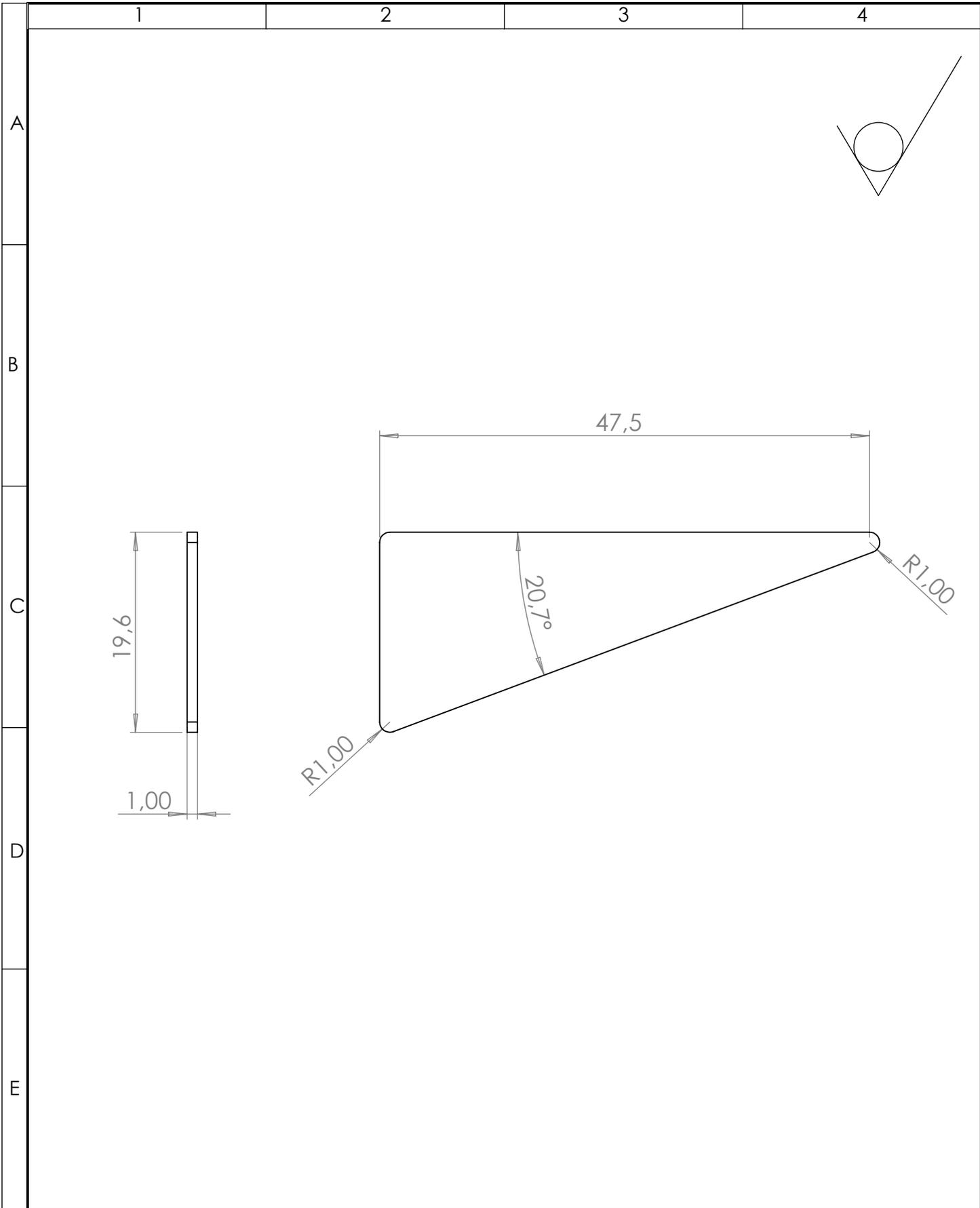
				TOLERANCIA: ± 1mm	PESO: 7351.92gr	MATERIAL: ACERO AISI 304	
						TÍTULO: Chapa de mesa	ESCALA: 1:10
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.		
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			



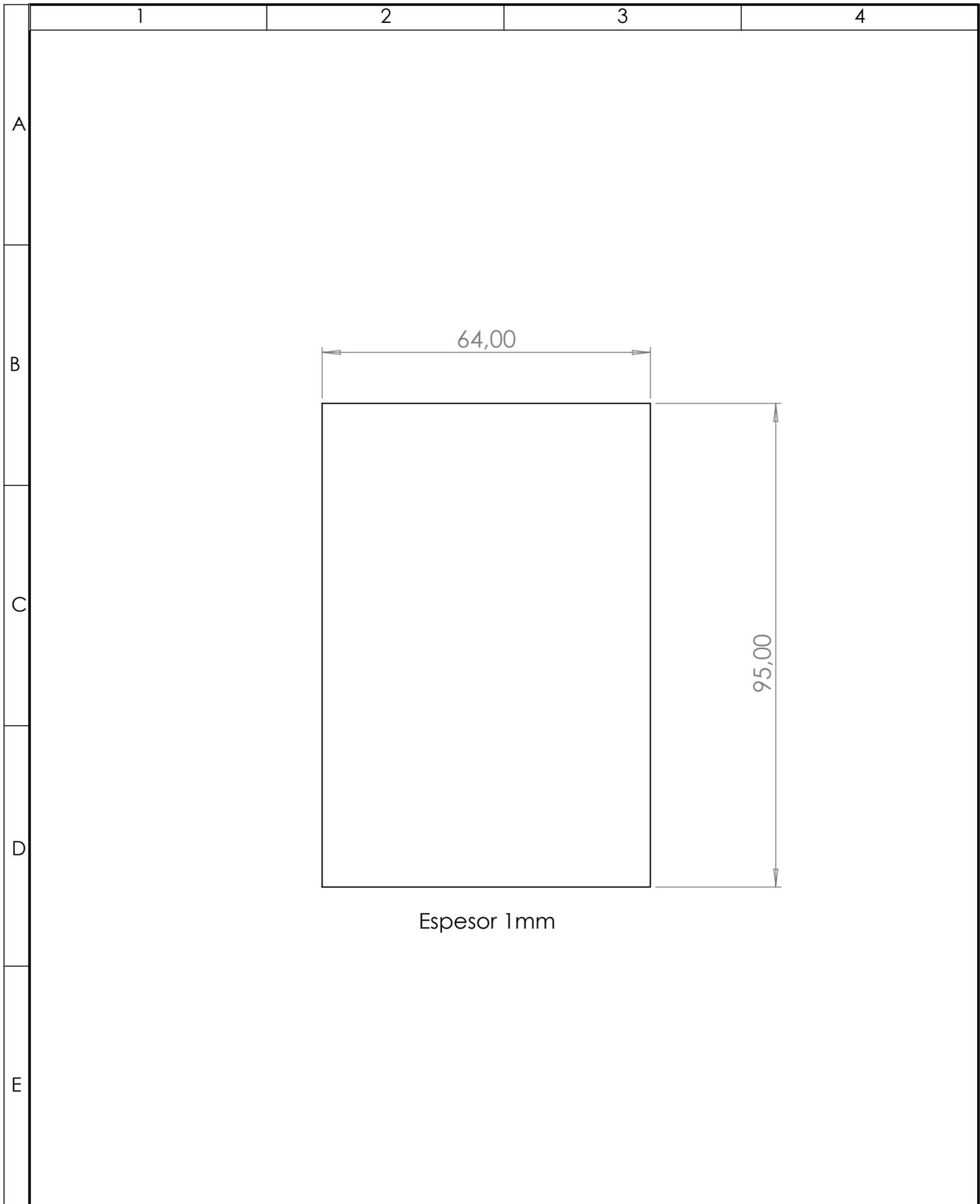
				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				± 1mm	2064 gr	ACERO AISI 304			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO:	27/04/2023	Amores G.	Plancha lateral de mesa		1:10
				REVISO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				U.T.A.			N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA			HOJA 18 DE 23		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:				SUSTITUCION:		



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±1mm	1754.4 gr	ACERO AISI 304			
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO: Plancha posterior de mesa		ESCALA:
				DIBUJO:	27/04/2023	Amores G.			1:10
				REVISO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO:	27/07/2023	Ing.Oscar			REGISTRO:
				U.T.A.			N.º DE LAMINA		
				INGENIERIA MECANICA			HOJA 19 DE 23		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:				SUSTITUCION:		



		TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
		±1mm		4.12 gr		ACERO ASTM A36	
		FECHA		NOMBRE		TÍTULO:	
		DIBUJO: 27/04/2023		Amores G.		Cartela de base del pedal	
		REVISO: 27/07/2023		Ing.Oscar		ESCALA:	
		APROBO: 27/07/2023		Ing.Oscar		2:1	
		U.T.A.		N.º DE LAMINA		REGISTRO:	
				HOJA 21 DE 23			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:			
				±1mm	27.48 gr	ACERO ASTM A36			
					FECHA	NOMBRE	Base de ruedas		ESCALA:
				DIBUJO:	27/04/2023	Amores G.			1:1
				REVISO:	27/07/2023	Ing.Oscar			
				APROBO:	27/07/2023	Ing.Oscar	N.º DE LAMINA		REGISTRO:
				U.T.A.			HOJA 22 DE 23		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA			SUSTITUCION:		

1

2

3

4

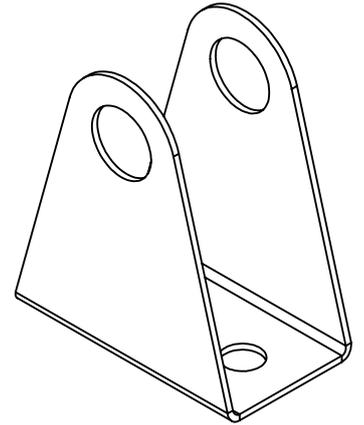
A

B

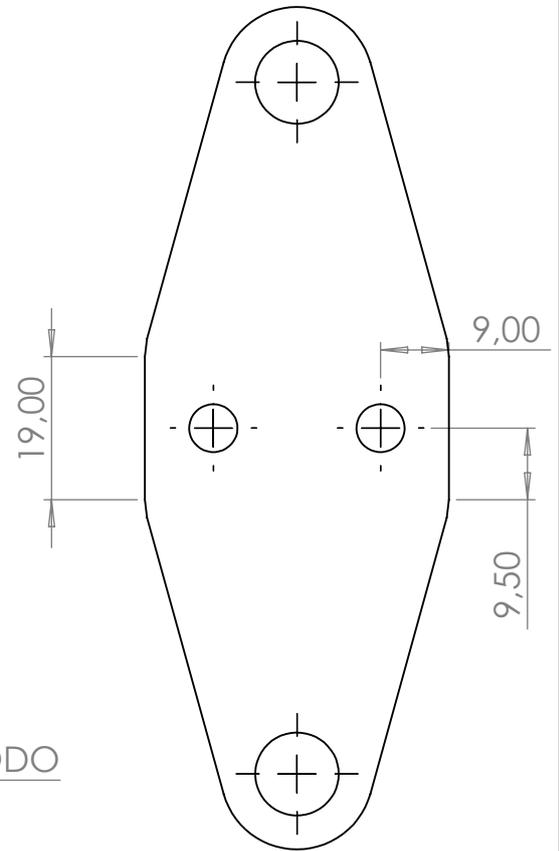
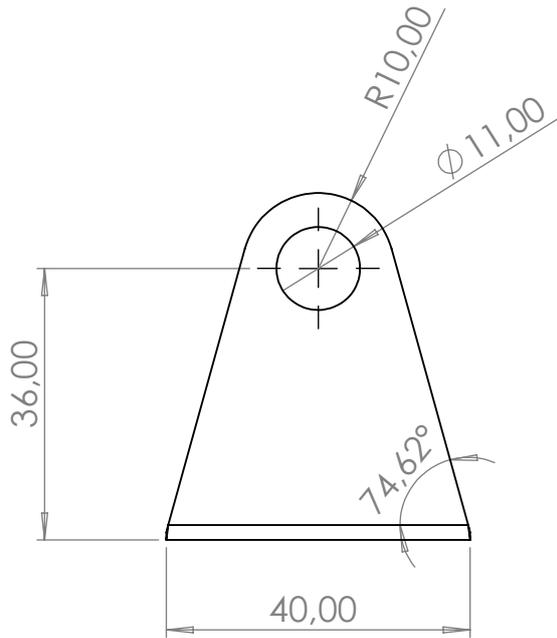
C

D

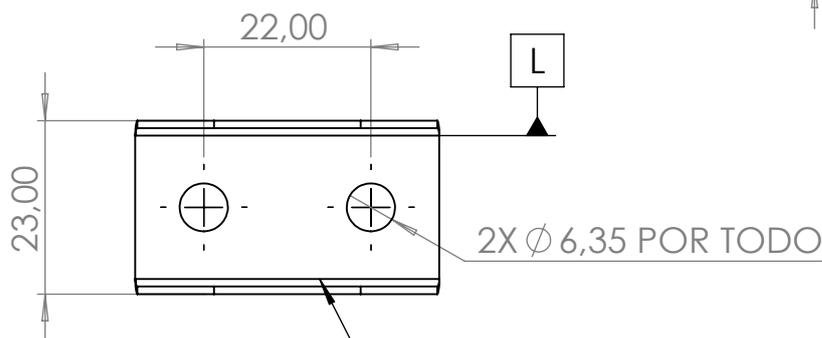
E



HACIA ARRIBA 90° R 1



HACIA ARRIBA 90° R 1



// 0.01 L

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	24,45 gr	AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 27/04/2023	Amores G.	Base de piston accionador	1:1
				REVISO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				APROBO: 27/07/2023	Ing.Oscar		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 23 DE 23	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	