



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

Optimización mediante el rediseño de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad.

CARLOS ALBERTO SOLORZANO PEÑAFIEL

Trabajo de Titulación modalidad: Proyecto de Investigación y Desarrollo presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAGÍSTER EN DISEÑO MECÁNICO

RIOBAMBA – ECUADOR

FEBRERO, 2024

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Carlos Alberto Solorzano Peñafiel, declaro que el presente trabajo de investigación y desarrollo es de mi autoría y que los resultados de este son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación de Maestría.

Riobamba, febrero del 2024

CARLOS ALBERTO SOLORZANO PEÑAFIEL

C.I.: 060335421-8

©2023, Carlos Alberto Solorzano Peñafiel

Se autoriza la reproducción total o parcial con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y desarrollo, titulado “Optimización mediante el rediseño de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad”, de responsabilidad del Señor Carlos Alberto Solorzano Peñafiel, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnico, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

Ing. Caicedo Reyes Jorge Isaías; Mgtr. _____

PRESIDENTE

Ing. Geovanny Novillo Andrade; Mgtr. _____

DIRECTOR

Ing. Fernández Cepeda Miguel Humberto; Mgtr. _____

MIEMBRO

Ing. Jorge Sebastián Buñay Guamán; M.Sc. _____

MIEMBRO

Riobamba, febrero de 2024

DEDICATORIA

Este trabajo de fin de máster se lo dedico a mis padres por su apoyo incondicional, mi abuelita desde el cielo cuidándome, mis hermanas y sobrina por el cariño. También le dedico todo este esfuerzo a aquel niño que soñaba con ser ingeniero que luego de muchos años con dedicación lo logro, ahora aporta y está al servicio de la sociedad, tengo la certeza que él niño que llevo dentro este orgullo de lo que he logrado como persona y profesional.

Ing. Carlos Alberto Solorzano Peñafiel

AGRADECIMIENTO

A los docentes del programa de maestría de la facultad de Mecánica de la ESPOCH por todo el conocimiento compartido, la complejidad y la formalidad con la que se llevó la misma. También agradecimiento especial a todo el equipo de trabajo de la empresa de la cual tengo el gusto de estar a la cabeza PROVEEDORA INDUSTRIAL. Puesto a mi empresa y mi gente me debo todo lo que he logrado.

Ing. Carlos Alberto Solorzano Peñafiel

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	XVI
SUMMARY	XVII
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.1. Situación problemática.....	1
1.1.2. Formulación del problema	1
1.1.3. Preguntas directrices o específicas.....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Hipótesis.....	3
1.4.1. Hipótesis general.....	3
1.4.2. Hipótesis específicas	3
1.4.3. Identificación de variables.	4
1.4.3.1. Variable independiente.....	4
1.4.3.2. Variable dependiente.....	4
CAPÍTULO II	5
2. MARCO TEÓRICO	5
2.1. Estado del arte	5
2.1.1. Metodología QFD	5
2.1.1.1. La casa de la calidad	6
2.1.2. Máquinas de llenado	7
2.1.2.1. Características de las máquinas de llenado	7
2.1.2.2. Parámetros de las máquinas de llenado.....	8
2.1.3. Sistemas y máquinas de llenado comunes.....	8
2.1.3.1. Sistema volumétrico.....	8
2.1.3.2. Sistema gravimétrico.....	9
2.1.3.3. Llenadora de pistón de desplazamiento positivo.....	10
2.2. Diseño CAD Y Simulación MEF.....	10
2.2.1. Diseño CAD.....	10
2.2.1.1. Definición.....	10
2.2.1.2. Modelado	11
2.2.1.3. Dibujos de detalle.....	11
2.2.1.4. Elaboración de prototipo	11

2.2.1.5.	Pruebas	11
2.2.1.6.	Documentación	11
2.2.2.	Método de elementos finitos (MEF)	12
2.2.2.1.	Barra tipo armazón	13
2.2.2.2.	Elementos de Viga	13
2.2.2.3.	Elemento de membrana	14
2.2.2.4.	Elementos elásticos de dos dimensiones	15
2.2.2.5.	Elementos tipo ladrillo o bloque	15
2.2.3.	ANSYS	16
2.2.3.1.	Dinámica de fluidos computacional CFD	16
2.2.3.2.	Simulación ANSYS – FLUENT	17
2.2.4.	Materiales grado alimenticio	18
2.2.4.1.	Acero inoxidable AISI - SAE 304	18
2.2.5.	Fluidos	19
2.2.5.1.	Viscosidad de un fluido	19
2.2.5.2.	Ley de Newton de la viscosidad	20
2.2.5.3.	Viscosidad dinámica	22
2.2.5.4.	Viscosidad cinemática	24
2.2.5.5.	Variación de la viscosidad con la temperatura	24
2.3.	SISTEMA DE CONTROL	24
2.3.1.	Clasificación tecnológica	25
2.3.1.1.	Lógica cableada	25
2.3.2.	Electroneumática	26
2.3.2.1.	Producción y distribución de aire comprimido	27
2.3.2.2.	Compresores	27
2.3.2.3.	Conducción del aire comprimido	27
2.3.3.	Actuadores neumáticos	28
2.3.3.1.	Los cilindros neumáticos de movimiento lineal	28
2.3.3.2.	Cilindros simple efecto	29
2.3.3.3.	Cilindros doble efecto	29
2.3.3.4.	Cálculo de la fuerza de los cilindros neumáticos	29
2.3.3.5.	Cálculo de la fuerza de carga de los cilindros neumáticos	31
2.3.4.	Válvulas	31
2.3.4.1.	Válvula de compuerta	32
2.3.4.2.	Válvula de globo	32
2.3.4.3.	Válvula de diafragma	33
2.3.4.4.	Válvula de bola	33

2.3.4.5.	Válvula de mariposa.....	33
2.3.4.6.	Parámetros de selección de válvula de control neumático	33
2.3.5.	Sellos de válvulas.....	34
2.3.5.1.	Juntas tipo toroide	34
2.3.5.2.	Asientos de válvulas.....	34
2.3.5.3.	Tolerancia.....	35
2.3.5.4.	Rugosidad.....	36
2.3.6.	Válvula de control direccional	37
2.3.7.	Dosificación de materiales	39
2.3.7.1.	Dosificación por nivel.....	39
2.3.7.2.	Dosificación en función del volumen.....	40
2.3.7.3.	Dosificación en función del peso	40
2.3.8.	Mecanismos.....	40
2.3.8.1.	Par de elementos	40
2.3.8.2.	Cadenas cinemáticas	41
2.3.8.3.	Movilidad de mecanismos.....	42
2.3.8.4.	Tipos de movimiento.....	42
2.3.8.5.	Grados de libertad de un mecanismo	42
2.3.8.6.	Sistemas articulados	43
2.3.8.7.	Mecanismo de cuatro eslabones articulados.	43
2.3.8.8.	Mecanismo de corredera-manivela	45
2.3.8.9.	Mecanismo de retorno rápido de eslabón de arrastre	45
2.3.8.10.	Mecanismo de retorno rápido de biela-manivela descentrado	46
2.3.8.11.	Mecanismo de retorno rápido Whitworth	47
2.4.	DISEÑO CAM	47
2.4.1.	Software CAM	47
2.4.2.	Ventajas y desventajas de utilizar software CAM.....	47
2.5.	PROTOCOLO DE PRUEBAS	48
2.5.1.	Tamaño de la muestra.	48
2.6.	Unidad de tratamiento (FRL)	49
2.7.	Mantenimiento de equipos	49
2.7.1.	Objetivo de mantenimiento	50
2.7.2.	Sistema de mantenimiento	50
2.7.3.	Tipos de mantenimiento.....	50
2.7.3.1.	Mantenimiento correctivo	50
2.7.3.2.	Mantenimiento Preventivo	51
2.7.3.3.	Mantenimiento Predictivo.....	52

2.8.	Matriz de consistencia.....	53
2.9.	Operacionalización de Variables.....	54
CAPÍTULO III.....		56
3.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	56
3.1.	Casa de la calidad. Matriz QFD	57
3.2.	Selección de la válvula de control.....	58
3.2.1.	Determinación de variables de diseño de la válvula de control	58
3.2.1.1.	Comportamiento del fluido	58
3.2.1.1.1.	Viscosidad.....	58
3.2.1.1.2.	Temperatura de trabajo.	58
3.2.2.	Selección del tipo de válvula.....	59
3.2.3.	Sellado.....	61
3.2.3.1.	Dimensiones.....	61
3.2.3.2.	Tolerancia.....	61
3.2.3.3.	Grado alimenticio.....	62
3.2.4.	Acabado superficial.....	62
3.2.4.1.	Número de rugosidad	62
3.3.	Sistema de control	62
3.3.1.	Determinación de mecanismos de la máquina	63
3.3.1.1.	Mecanismos.....	63
3.3.1.1.1.	Mecanismo de posicionamiento de la válvula de control.....	63
3.3.1.1.2.	Mecanismo de carga y descarga del pistón	64
3.3.1.1.3.	Mecanismo de apertura de llenado.....	64
3.3.2.	Selección de componentes	65
CAPÍTULO IV.....		67
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
4.1.	Descripción de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.	67
4.2.	Capacidades de llenado del cilindro contenedor.	68
4.3.	Procedimiento de llenado de distintos volúmenes de trabajo.....	69
4.3.1.	Determinación del tamaño de la muestra.	69
4.3.2.	Obtención de la precisión de llenado de distintos volúmenes de trabajo.	69
4.4.	Tiempos de trabajo para los distintos volúmenes de dosificación.	83
4.5.	Temperatura del líquido viscoso de trabajo.	84
CAPÍTULO V		85
5.	PROPUESTA	85
5.1.	Diseño CAD	85
5.2.	Diseño CAE	85

5.2.1.	Método de elementos finitos.	86
5.2.2.	Simulación de fluidos FLUENT.	86
5.2.2.1.	Preprocesamiento para la válvula de control.....	86
5.2.2.2.	Procesamiento para la válvula de control.....	89
5.2.2.3.	Postproceso para la válvula de control.....	90
5.3.	Diseño CAM	93
5.3.1.	Materiales de construcción.....	94
5.3.1.1.	Acero inoxidable austenítico AISI- SAE 304	94
5.3.1.2.	Teflón TPFE.....	94
5.3.2.	Generación de código G.....	94
5.3.3.	Herramientas de trabajo.	97
5.4.	Consumo energético de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.....	97
5.4.1.	Análisis de costos de operación de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.	98
5.5.	Análisis de costos de construcción del prototipo	98
5.6.	Trabajos futuros.	101
	GLOSARIO	102
	CONCLUSIONES	103
	RECOMENDACIONES	104
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2. Series de aceros inoxidables.	18
Tabla 2-2. Porcentaje de la composición química de acero AISI 304.....	19
Tabla 3-2. Equivalencias y propiedades del acero AISI 304	19
Tabla 4-2. Viscosidad para sustancias a 20 °C.....	21
Tabla 5-2. Fuerza de empuje por el área del vástago del pistón en el retroceso.	30
Tabla 6-2. Fuerza por restar por el área del vástago del pistón en el retroceso.....	30
Tabla 7-2. Valores de rugosidad en algunos procesos de mecanizado.....	37
Tabla 8-2. Matriz de consistencia.	53
Tabla 9-2. Operacionalización de variables	54
Tabla 1-3. Viscosidad de los fluidos de trabajo.	58
Tabla 2-3. Características generales y aplicaciones de algunas válvulas de control.	60
Tabla 1-4. Cálculo del tamaño de la muestra para pruebas.....	69
Tabla 2-4. Cálculo de precisión de la válvula para 100cc con Salsa de Tomate.....	70
Tabla 3-4. Cálculo de precisión de la válvula para 200cc con Salsa de Tomate.....	72
Tabla 4-4. Cálculo de precisión de la válvula para 300cc con Salsa de Tomate.....	74
Tabla 5-4. Cálculo de precisión de la válvula para 400cc con Salsa de Tomate.....	76
Tabla 6-4. Cálculo de precisión de la válvula para 500cc con Salsa de Tomate.....	78
Tabla 7-4. Cálculo de precisión de la válvula para 1000cc con Salsa de Tomate.....	80
Tabla 8-4. Cálculo de precisión de la válvula para 100cc con Shampoo	82
Tabla 9-4. Cálculo de tiempos para distintos volúmenes de dosificación.....	83
Tabla 1-5. Comparación de la calidad de malla según el criterio de Element Quality	89
Tabla 2-5. Parámetros de simulación	90
Tabla 3-5. Herramientas usadas para el maquinado de los elementos de válvula.....	97
Tabla 4-5. Análisis de costos de operación de la máquina dosificadora de líquidos viscosos... ..	98
Tabla 5-5. Análisis de costos de construcción de máquina dosificadora de líquidos viscosos. .	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Estructura básica de la casa de la calidad.....	6
Figura 2-2. Llenado automático de botellas.....	9
Figura 3-2. Uso de caudalímetro en.....	9
Figura 4-2. Llenado con de desplazamiento positivo.....	10
Figura 5-2. Esquema general del Elemento Finito.....	12
Figura 6-2. Elemento tipo barra.....	13
Figura 7-2. Forma alternativa del elemento viga.....	14
Figura 8-2. Elementos Membrana. Triangulares.....	14
Figura 9-2. Elementos Membrana. Cuadrados.....	15
Figura 10-2. Elementos tipo ladrillo o bloque.....	16
Figura 11-2. Régimen laminar en un fluido viscoso.....	20
Figura 12-2. Relación gradiente de velocidad vs esfuerzo.....	21
Figura 13-2. Deformación de un fluido newtoniano bajo.....	22
Figura 14-2. DCL de una esfera en el seno.....	23
Figura 15-2. Clasificación tecnológica.....	25
Figura 16-2. Deformación de un fluido newtoniano bajo.....	28
Figura 17-2. Gráfico presión-fuerza de cilindros neumáticos.....	31
Figura 18-2. Tipos de válvulas de control.....	32
Figura 19-2. Tolerancia.....	35
Figura 20-2. Rugosidad.....	36
Figura 21-2. Símbolos de válvulas de control direccional.....	38
Figura 22-2. Posición de la corredera de una.....	38
Figura 23-2. Regulación de nivel máximo y mínimo.....	39
Figura 24-2. Cadena compuesta de cuatro eslabones.....	41
Figura 25-2. Cadena compuesta de tres eslabones.....	41
Figura 26-2. Mecanismos y estructuras con movilidad variable.....	43
Figura 27-2. Esquema del mecanismo de cuatro barras.....	44
Figura 28-2. Esquema del mecanismo de cuatro barras.....	44
Figura 29-2. Esquema del mecanismo de corredera-manivela.....	45
Figura 30-2. Esquema del mecanismo de.....	46
Figura 31-2. Esquema del mecanismo de retorno rápido.....	46
Figura 32-2. Esquema del mecanismo de retorno rápido.....	47
Figura 33-2. Unidad FRL.....	49
Figura 1-3. Casa de la calidad.....	57
Figura 2-3. Recubrimiento de Teflón.....	61
Figura 3-3. Diagrama de bloques del control para la máquina dosificadora.....	62
Figura 4-3. Diagrama Ladder del control de la máquina dosificadora.....	63
Figura 5-3. Mecanismo de posicionamiento de válvula 3-2.....	64
Figura 6-3. Mecanismo de carga y descarga.....	64
Figura 7-3. Mecanismo de apertura.....	65
Figura 1-4. Máquina dosificadora de Líquidos Viscosos.....	68
Figura 2-4. Sensor magnético calibrador de volumen de carga.....	68
Figura 3-4. Dosificación 100cc de salsa de tomate.....	71
Figura 4-4. Dosificación 200cc de salsa de tomate.....	73
Figura 5-4. Dosificación 300cc de salsa de tomate.....	75
Figura 6-4. Dosificación 400cc de salsa de tomate.....	77
Figura 7-4. Dosificación 500cc de salsa de tomate.....	79
Figura 8-4. Dosificación 1000cc de salsa de tomate.....	81

Figura 9-4. Dosificación 100cc de Shampoo.....	83
Figura 1-5. Vista explosionada válvula de control 2 vías 3	85
Figura 2-5. Agregar materiales y fluidos en FLUENT.	86
Figura 3-5. Volumen de control en posición de carga (A).....	87
Figura 4-5. Calidad de malla del fluido en posición de carga.....	88
Figura 5-5. Calidad de malla del fluido en posición de descarga.	88
Figura 6-5. Condiciones de frontera en posición de carga (A)	89
Figura 7-5. Comportamiento de crema corporal en posición de carga (A) y descarga(B).....	91
Figura 8-5. Comportamiento del Shampoo en posición de carga (A) y descarga(B).	92
Figura 9-5. Comportamiento del Salsa de tomate en posición de carga (A) y descarga(B).	93
Figura 10-5. Trayectoria generada para los Ferrules.	95
Figura 11-5 Trayectoria generada para las tapas de Válvula.	95
Figura 12-5. Trayectoria generada para el recubrimiento de bola.	96
Figura 13-5. Trayectoria generada para maquinado de bola.....	96

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A ENSAYO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS

ANEXO 1-A Materiales para el cálculo de la densidad de distintos fluidos.

ANEXO 2-A. Determinación de la densidad de la Salsa de Tomate a 18.5 °C ambiente

ANEXO 3-A. Determinación de la densidad de la Crema Corporal a 18.5 °C ambiente

ANEXO 4-A. Determinación de la densidad del Shampoo a 18.5 °C ambiente

ANEXO B. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS

ANEXO 1-B. Explosionado isométrico de máquina dosificadora de líquidos viscosos

ANEXO 2-B. Base máquina dosificadora de líquidos viscosos

ANEXO 3-B. Placa soporte cilindro neumático

ANEXO 4-B. Varilla roscada controladora de sensor magnético

ANEXO 5-B. Placas soporte cilindro de carga

ANEXO 6-B. Cilindro de carga y acople embolo de cilindro de carga

ANEXO 7-B. Embolo de cilindro de carga y soporte de válvula

ANEXO 8-B. Palanca posicionamiento de válvula y válvula 3/2

ANEXO 9-B. Cuerpo de válvula

ANEXO 10-B. Tapa frontal de válvula

ANEXO 11-B. Tapa posterior válvula

ANEXO 12-B. Ferrul de salida

ANEXO 13-B. Ferrul de entrada

ANEXO 14-B. Ferrul de carga

ANEXO 15-B. Bola de control y Recubrimiento de bola

ANEXO 16-B. Base boquilla

ANEXO 17-B. Ferrul de boquilla

ANEXO 18-B. Pico de boquilla y Pistón de boquilla

ANEXO 19-B. Tapa de boquilla y Soporte cilindro neumático

ANEXO 20-B. Soporte cilindro motriz

ANEXO 21-B. Tolva de carga

ANEXO C. CÓDIGOS G PARA EL MAQUINADO DE PIEZAS DE LA VÁLVULA DE CONTROL 3 VÍAS 2 POSICIONES.

ANEXO 1-C. Código G para el maquinado frontal de ferrules

ANEXO 2-C. Código G para el maquinado posterior de ferrules

ANEXO 3-C. Código G para el maquinado frontal de bola

ANEXO 4-C. Código G para el maquinado posterior de bola

ANEXO 5-C. Código G para el maquinado frontal de recubrimiento de bola

ANEXO 6-C. Código G para el maquinado posterior de recubrimiento de bola

ANEXO D. EVIDENCIAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS.

ANEXO 1-D. Corte laser base máquina

ANEXO 2-D. Construcción de cilindro de carga

ANEXO 3-D. Mecanizado de Ferrules

ANEXO 4-D. Ferrules y bases de cilindros neumáticos mecanizados

ANEXO 5-D. Mecanizado de pistón de cilindro de carga tolva de carga

ANEXO 6-D. Mecanizado de bola de válvula

ANEXO 7-D. Bola y recubrimientos maquinados.

ANEXO 8-D. Bola y recubrimientos acoplados.

ANEXO 9-D. maquinado de tapas de válvula.

ANEXO 10-D. Maquinado de cuerpo de válvula.

ANEXO 11-D. Prueba de tapas, bola y recubrimiento de válvula

ANEXO 12-D. Prueba de cuerpo y tapas de válvula

ANEXO 13-D. Prueba de cuerpo y ferrules de válvula

ANEXO 14-D. Elementos de boquilla maquinados

ANEXO 15-D. Acople cilindro neumático y boquilla

ANEXO 16-D. Maquinado de boquilla

ANEXO 17-D. Acabado de tapa, bola y recubrimiento de válvula

ANEXO 18-D. Maquinado de tapa frontal de válvula

ANEXO 19-D. Ensamble de máquina al 10 %

ANEXO 20-D. Ensamble de máquina al 50 %

ANEXO 21-D. Ensamble de máquina al 70 %

ANEXO 22-D. Ensamble de máquina al 85 %

ANEXO 23-D. Ensamble de máquina al 90 %

ANEXO 24-D. Sistema neumático ensamblado al 100 %

ANEXO 25-D. Máquina ensamblada al 100 %

ANEXO 26-D. Sistema control electroneumático ensamblado al 100%

RESUMEN

En el presente documento se detalla el diseño y construcción de una máquina dosificadora de líquidos viscosos con capacidad de 100cc hasta 1000cc en acero INOX SAE 304 grado alimenticio, con el fin de mejorar la precisión de la dosificación del fluido de trabajo se realiza la selección del tipo de válvula apropiada para el manejo de fluidos con elevado grado de viscosidad para conseguir una precisión de al menos el 97%, para esto se realiza el diseño de una válvula de bola de 3 vías 2 posiciones mediante el uso del software SOLIDWORKS, para la validación del diseño generado se realizan las simulaciones del comportamiento de flujo haciendo uso del software ANSYS con el módulo FLUENT para Salsa de tomate, Crema corporal y Shampoo, en busca de un flujo laminar al momento de la dosificación del fluido.

Posterior a la validación del diseño generado de la válvula se generó los códigos G para el maquinado en un torno CNC de 3 ejes propiedad del autor de la presente tesis haciendo uso del software SOLIDWORKS- CAM y CIMCO Edit. 8 para la corrección de los códigos generado, procediendo al maquinado de la válvula aplicando avances lentos y construcción de la maquina buscando obtener buenos acabados superficiales. Finalmente, luego del proceso de pruebas de funcionamiento de la máquina y precisión de dosificación de distintos volúmenes de trabajo de la válvula de control se logró obtener un error inferior al 3% cumpliendo con el objetivo de optimizar la eficiencia de la válvula de control de 3 vías 2 posiciones.

Palabras claves: Dosificación, válvula de bola, líquidos viscosos, precisión, eficiencia.

SUMMARY

This document details the design and construction of a dosing machine for viscous liquids with a capacity of 100cc to 1000cc in Stainless Steel 304 food grade, in order to improve the accuracy of the dosing of the working fluid, the selection of the appropriate type of valve for handling fluids with high viscosity to achieve an accuracy of at least 97% is performed, For this purpose, a 3-way 2-position ball valve is designed using SOLIDWORKS software. For the validation of the generated design, flow behavior simulations are performed using ANSYS software with the FLUENT module for Tomato Sauce, Body Cream and Shampoo, in search of a laminar flow at the time of fluid dosing.

After the validation of the generated valve design, the G codes were generated for machining on a 3-axis CNC lathe owned by the author of this thesis using SOLIDWORKS-CAM and CIMCO Edit. 8 software for the correction of the generated codes, proceeding to the machining of the valve applying slow advances and construction of the machine looking for good surface finishes. Finally, after the process of testing the operation of the machine and dosing accuracy of different volumes of work of the control valve was achieved to obtain an error of less than 3% fulfilling the objective of optimizing the efficiency of 3-way 2-positions control valve.

Keywords: Dosing, ball valve, viscous liquids, precision, efficiency.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. *Situación problemática*

Existe gran demanda de máquinas dosificadoras de líquidos viscosos en nuestro país debido al desarrollo de las industrias de alimentos. Para lograr alcanzar estándares internacionales tanto en diseño, prestaciones, rendimiento y generar competitividad de nuestra industria de la construcción mecánica usando métodos ingenieriles, generamos un trabajo enfocado en el diseño y construcción del elemento válvula de control con accionamiento neumático siendo este el determinante en el funcionamiento adecuado de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

En la presente investigación se plantea realizar la optimización del diseño y la simulación de la válvula de control con accionamiento neumático en la que se pueda visualizar el comportamiento del fluido aplicando método de elementos finitos, posteriormente se realizará la construcción de la válvula de control con accionamiento neumático haciendo uso de herramientas CAD/CAM/CAE con la finalidad de validar los resultados al comparar los datos experimentales (protocolo de pruebas de funcionamiento de la máquina) con los obtenidos por el software especializado (simulación).

1.1.2. *Formulación del problema*

¿Es posible optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad?

1.1.3. *Preguntas directrices o específicas*

¿Se puede obtener el diseño mecánico conceptual de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora con el afán de alcanzar la precisión del 97 por ciento?

¿Es posible diseñar el sistema de control para un adecuado tiempo de conmutación y precisión de descarga del líquido?

¿Se puede generar el código numérico para la construcción de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora mediante un centro mecanizado de 4 ejes CNC?

¿Será posible realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento para validar la eficiencia de la máquina con descargas de 100,200,300,500 y 1000cc?

1.2. Justificación de la investigación

Las máquinas dosificadoras de líquidos viscosos son necesarias en una gran variedad de industrias que aportan a la matriz productiva del país, enfocándonos en la industria cosmética, de alimentos y de limpieza, en la dosificación de cremas corporales, salsa de tomate y shampoo respectivamente se busca la optimización de estos procesos industriales mediante el desarrollo tecnológico y científico. Estas máquinas poseen elementos mecánicos con partes automáticas que buscan siempre mejorar la productividad o llevar procesos manuales hacia procesos automáticos y de esta manera volver competitivo el sector.

El beneficio es en conjunto tanto de la industria como del consumidor, para la aplicación en que se enfoca la máquina dosificadora de líquidos viscosos pretende evitar pérdidas por parte de la industria en el proceso de envasado de grandes cantidades de producto y por parte del consumidor al recibir siempre la misma cantidad de producto. La industria local se ve beneficiada de contar con máquinas de calidad fabricadas dentro del país debido a los costos, además de garantía y mantenimiento de estas, la contribución con la industria productiva de nuestro país volviéndola así más competitiva y de mayor fiabilidad para el desarrollo local.

La investigación permitirá generar un diseño adecuado de un producto de uso comercial, usando teorías de diseño mecánico y software especializados todo este proceso de investigación quedará documentado a detalle en el trabajo de titulación: “Optimización de la válvula del control neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad”. EL diseño y construcción de la válvula de control con accionamiento neumático se desarrollará con las previas simulaciones aplicando método de elementos finitos usando software especializado ANSYS-LSDYNA en el estudio de fluidos y partículas para la posterior fabricación mediante la generación del código numérico usando SOLIDWORKS-CAM y CIMCO Edit. 8.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el diseño mecánico conceptual de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora con el afán de alcanzar la precisión del 97 por ciento.
- Realizar el diseño de la válvula de control con su respectiva validación mediante simulación por método de elementos finitos.
- Diseñar el sistema de control para un adecuado tiempo de conmutación y precisión de descarga del líquido.
- Generar el código numérico para la construcción de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora mediante un centro mecanizado de 4 ejes CNC.
- Realizar el protocolo de pruebas de funcionamiento para validar la eficiencia de la máquina con descargas de 100,200,300,500 y 1000cc.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

Si se logrará optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad.

1.4.2. Hipótesis específicas

- Con el diseño mecánico conceptual de la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora si se alcanzara a conseguir la precisión del 97 por ciento en el llenado.
- Con el diseño del sistema de control si se obtendrá un adecuado tiempo de conmutación y precisión de descarga del líquido.

- Con la Generación del código G si se podrá construir la válvula de control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora mediante un centro mecanizado de 4 ejes CNC.
- Al realizar protocolo de pruebas si se conseguirá validar la eficiencia de la máquina con descargas de 100,200,300,500 y 1000cc.

1.4.3. Identificación de variables.

1.4.3.1. Variable independiente

Válvula de control por accionamiento neumático

1.4.3.2. Variable dependiente

Dosificación de líquidos viscosos.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Estado del arte

Los sistemas de llenado son utilizados en varios sectores de la industria para dosificar materiales o productos, estos pueden estar en diversas formas: sólidos (cemento, detergente en polvo, harinas) o líquidos de diferentes viscosidades (cremas, Shampoo, aceites, agua). Dependiendo del tipo de producto que se va a tratar, los recipientes pueden ser desde una bolsa pequeña hasta botellas.

Existen distintas clasificaciones para las máquinas de llenado, por ejemplo, completamente automática o semi automática y pueden utilizar distintos métodos para dosificar, algunas pueden usar un medidor de flujo mientras que otras pueden usar una bomba dosificadora o también en términos de volumen, o de peso.

Este tipo de sistemas son importantes debido a que aceleran las tareas de llenado o dosificado de productos, lo que permite ahorrar tiempo, debido al uso eficiente de éste, lo que conlleva a una reducción de costos en el negocio porque se reducen las horas de trabajo.

2.1.1. Metodología QFD

QFD (Quality Function Deployment), está definida como el desarrollo de la función de la calidad, que permite diseñar y definir un producto consistente permitiendo acortar los tiempos de desarrollo. El objetivo principal es traducir las demandas de un cliente en especificaciones técnicas haciendo uso de encuestas, entrevistas y formularios procesando la información de manera estadística y permitiendo obtener los requerimientos del cliente según su necesidad. Para ello esta metodología se divide en 4 etapas.

- Planificación del producto: Traduce las demandas de los clientes en especificaciones técnicas que debe tener un determinado producto.
- Despliegue de componentes: Convierte las especificaciones del producto en particularidades de los componentes.
- Planificación del proceso: Traduce los detalles de los componentes en características del proceso de manufactura.

- Planificación de la producción: traduce las demandas del proceso de manufactura en la planificación de la producción. (AGUIRRE, J., & HIDALGO, J., 2022)

2.1.1.1. La casa de la calidad

Es la sección más importante de la metodología QFD, los resultados obtenidos serán favorables en la medida de importancia de la planificación y tiempo empleado en el proyecto, teniendo como alcance determinar los requisitos de los clientes y la comparación de productos mediante la construcción de la casa de la calidad que mantiene la siguiente estructura.



Figura 1-2. Estructura básica de la casa de la calidad

Fuente: (Manzanera, J. 2010)

- 1ra etapa se detalla la voz del cliente que consiste en detallar los requerimientos de los clientes sobre el producto usando herramientas como el modelo Kano que permite obtener información de forma cualitativa y traducirla a forma cuantitativa.
- 2da etapa se contempla la traducción de la voz del cliente en acciones, lo que permite definir cómo se va a alcanzar los requerimientos que el cliente ha proporcionado.
- 3ra etapa trata de la determinación de los objetivos de diseño, para esto se presenta de forma cuantitativa los valores para la determinación del diseño.
- 4ta etapa se detalla el grado de complejidad de la implementación, en este punto es necesario detallar la complejidad de la determinación del diseño puntualizando restricciones propias o externas que dificulten el desarrollo del producto.
- 5ta etapa se realiza el análisis de la posición competitiva y técnica, realizando una comparación entre el producto a desarrollar y la competencia mediante el cumplimiento de la determinación de los requerimientos del cliente y los objetivos de diseño.
- 6ta etapa se desarrolla una ponderación de las acciones, en la que se genera valoraciones numéricas para determinar la importancia de cumplir cada requerimiento.

- 7ma etapa se procede a realizar la identificación de correlaciones que existen entre requerimientos e identificar oportunidades en el diseño.
- 8va etapa se debe diagnosticar la casa de la calidad interpretando la información generada en la casa de la calidad teniendo en cuenta los datos más relevantes como conflictos, puntos críticos, ventajas competitivas, etc. (Villaruel, D., & José, X., 2015)

2.1.2. Máquinas de llenado

La posibilidad de empacar distintos materiales es amplia, ya que existe una gran variedad de formas, tamaños, cantidades o incluso propiedades de los materiales. Normalmente estos sistemas se ajustan específicamente a las necesidades del cliente.

Algunas de las características estándar que presentan estas máquinas son para usos específicos:

- Materiales de construcción: Por lo general se utiliza acero inoxidable porque se ajusta a la mayoría de los productos, además de ser un material robusto con una gran vida útil.
- Sistemas de visión: Son los sistemas que extraen características deseadas a través de imágenes digitales. Estos sistemas utilizan sensores para prevenir atascos en la línea de producción y verificar la posición de los envases a la hora de realizar el ciclo de llenado. Puede variar mucho entre distintas líneas de producción.
- Interfaz de operador con sistema de control: Por lo general los sistemas de llenado no son muy complicados, por lo que usan controles simples, usualmente usan un sistema de control centralizado con una interfaz de operador. Para varias líneas de producción, los controles se conectan a un sistema centralizado de seguimiento y supervisión.
- Pantalla de recetas: En muchas industrias las líneas de producción son utilizadas para llenar distintos productos. La pantalla de recetas permite controlar todas las configuraciones asociadas a un producto específico.
- Ajustes: Corresponde a la facilidad de realizar cambios entre tamaños de contenedores, los cambios rápidos ayudan a maximizar el tiempo de funcionamiento de la máquina para lograr ciclos de producción eficientes.

2.1.2.1. Características de las máquinas de llenado

Las siguientes características se encuentran normalmente en los sistemas de llenado:

- Medidores de flujo.
- Válvula de llenado.
- Control inteligente.
- Pantalla gráfica con pantalla táctil.

- Ajustes del producto desde la interfaz del operador.
- Ajustes sin herramientas y cambio rápido.
- Ruta de flujo de productos.
- Alojamiento de una variedad de contenedores en forma y tamaño.
- Fácil ajuste de volumen.
- Fácil cambio de envases y productos.
- Amplio rango de tamaño de productos.
- Llenad confiable y de alta precisión.
- Capacidad de manejar un amplio rango de viscosidades.

2.1.2.2. Parámetros de las máquinas de llenado

Existen muchos parámetros que se asocian directamente con el proceso de llenado, que afectan la estética y la calidad del producto, estos parámetros son:

- Tipo del equipo para el llenado.
- Temperatura del producto durante el llenado.
- Mezcla del producto antes del llenado.
- Velocidad a la que se llena.
- Tamaño de la boquilla.
- Fluidez y Viscosidad producto.
- Gravedad específica.
- Velocidad de enfriamiento.
- Tipo de contenedor y apertura de llenado.

2.1.3. Sistemas y máquinas de llenado comunes

Dentro de los sistemas de llenado con medidores de flujo para líquidos, se encuentran comúnmente los sistemas volumétricos y gravimétricos.

2.1.3.1. Sistema volumétrico

Corresponde a los sistemas de llenado que pueden necesitar la ayuda de un controlador de lotes, como el que se muestra en la figura 2-2, que muestra una llenadora automática de botellas, este sistema dispensa por medios volumétricos. El controlador puede ser un PLC programado para la aplicación o un sistema de control integrado inteligente (Basu, 2019).

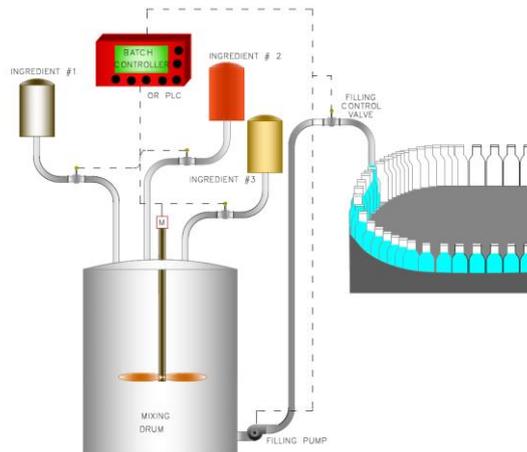


Figura 2-2. Llenado automático de botellas.

Fuente: (Basu, 2019)

2.1.3.2. Sistema gravimétrico

Este sistema utiliza medidores de flujo gravimétricos, como básculas o pesas de plataforma, estos no requieren compensación de densidad y al mismo tiempo puede dar el volumen y la densidad. La ventaja de este sistema con respecto al volumétrico es que es mucho más preciso para dosificar pequeñas cantidades de materiales, como los materiales en polvo en las industrias farmacéuticas o los cereales alimentarios (Basu, 2019).

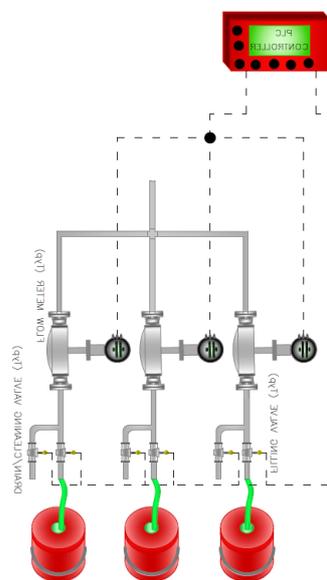


Figura 3-2. Uso de caudalímetro en máquina llenadora.

Fuente: (Basu, 2019)

Por lo general, los sistemas volumétricos son los más comunes para los procesos de llenado, por esta razón, estos son los sistemas que se desarrollan. El llenado de productos cosméticos se puede clasificar en tres categorías: llenadora de pistón de desplazamiento positivo, llenadora de bomba de engranajes y llenadora a presión.

2.1.3.3. Llenadora de pistón de desplazamiento positivo

Este método es muy utilizado en la industria cosmética, es capaz de manejar productos con diferentes viscosidades. Se utiliza para llenar productos con viscosidad media a alta. Es un método muy preciso que logra un llenado consistente. Por lo general, este sistema posee una válvula rotativa que permite direccionar el fluido cuando se mueve el pistón, de esta manera, el producto se mueve hacia el pistón durante la succión, y hacia la boquilla durante la descarga (Rosen, 2015).

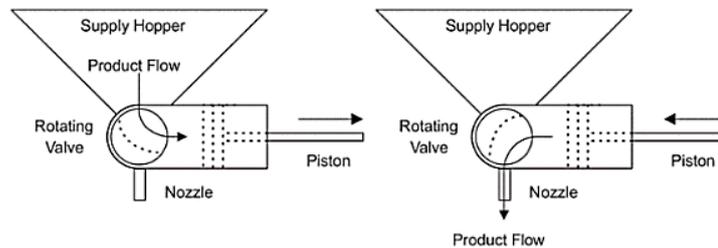


Figura 4-2. Llenado con de desplazamiento positivo.

Fuente: (Rosen, 2015)

2.2. Diseño CAD Y Simulación MEF

2.2.1. Diseño CAD

CAD es proveniente de la terminología en inglés Computer Aided Design (Diseño asistido por Computador), el cual tiene como definición la aplicación de tecnologías de la información y comunicación al proceso de diseño.

Dado que el diseño se define como el proceso para caracterizar la representación gráfica de una idea, objeto, máquina, etc. Simbólicamente, siendo este proceso iterativo, con pasos específicos que siguen una secuencia lógica que se detallan a continuación.

2.2.1.1. Definición

Trata de especificar las propiedades y características más relevantes e importantes del sistema a diseñar.

2.2.1.2. *Modelado*

Es uno de los pasos más importantes en el proceso de diseño, encargado del modelado que represente y satisfaga las necesidades y especificaciones requeridas. El ingeniero encargado del modelado se basará en modelos existentes y hará uso de técnicas conocidas para crear el nuevo sistema.

2.2.1.3. *Dibujos de detalle*

En este paso se generan los planos de los elementos o partes previamente modelados que consiste en representar de forma gráfica con las descripciones necesarias para su construcción, los planos generados deben detallarse de manera que permita la comprensión suficiente para que su construcción sea suficiente evitando al máximo las ambigüedades.

Se deberán generar la cantidad suficiente de planos que permita la descripción grafica con el detalle adecuado para su fabricación de las piezas necesarios para construir el prototipo que permita validar el diseño en el cual se pueden corregir detalles de este y verificar su complejidad.

2.2.1.4. *Elaboración de prototipo*

En muchos casos las piezas que se fabricarán un proceso en cadena, es normal construir con anterioridad prototipos que permiten afinar la cadena de montaje. Estos prototipos permiten identificar errores en el modelo y permiten identificar posibles mejoras para el producto final. los prototipos pueden ser de la máquina completa o de algunas partes específicas las cuales necesiten validación previa al proceso en cadena.

2.2.1.5. *Pruebas*

Posterior a la construcción del prototipo, este usualmente es objeto de pruebas para validar el modelo, si no se observan fallas significantes en este proceso, se valida el modelo para su construcción en serie. En el caso de existir fallos significantes o elementos mejorables se vuelve al paso de modelado o si estos fallos son severos es necesarios redefinir el modelo planteado.

2.2.1.6. *Documentación*

Ya validado el diseño se procede a documentarlo, en este proceso se procede a detallar la información suficiente para proceder a la construcción o fabricación del sistema sin necesidad de buscar aclaraciones o información de apoyo, es necesario añadir la descripción del sistema y sus componentes, esquemas de instalación, de montaje, de uso, listas de componentes, etc. (Valencia., 2016)

2.2.2. Método de elementos finitos (MEF)

El método de los elementos finitos (FEM / “Finite Element Method”), es un método numérico orientado principalmente para resolver problemas de matemática e ingeniería. Dicho método tiene como objetivo a nivel estructural la resolución de ecuaciones diferenciales parciales para la obtención de desplazamientos, y luego la obtención de esfuerzos y las deformaciones.

En el ámbito Ingenieril, el entendimiento del comportamiento de un sistema complejo presenta grandes limitaciones. Motivo por el cual, la forma común a proseguir es dividir el sistema en componentes individuales, llamados “elementos”, los cuales compartirán conexión con otros a sus alrededores. Dichos elementos podrán ser analizados individualmente para posteriormente proceder a reconstruir el sistema original aplicando las condiciones de contorno, logrando finalmente entender el comportamiento del sistema inicial.

Una gran desventaja del método es el cálculo computacional que el mismo implica, ya que se debe analizar individualmente cada elemento discreto. Por dicho motivo a inicios del siglo XX cuando no se contaban con los ordenadores, se desarrollaron métodos de análisis aproximados, como el de Cross (1930). (Álvarez, J., 2020)

La idea general del MEF es la división de un continuo en un conjunto de pequeños elementos interconectados por una serie de puntos llamados nodos. Las ecuaciones que rigen el continuo también lo hacen en el elemento, por ende, generar grados de libertad finitos a partir de infinitos; en cualquier elemento que se desee analizar por este método.

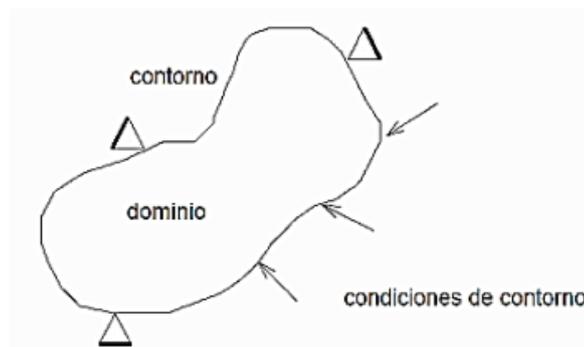


Figura 5-2. Esquema general del Elemento Finito.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

Los elementos dependen de las restricciones de frontera, tipo de carga y de la geometría del elemento original, por lo que se tiene los siguientes tipos de elementos de modelación. (Ruiz, E., & Arias, C., 2019)

2.2.2.1. Barra tipo armazón

Se utilizan para modelar torres, puentes y edificios. Generan tres grados de libertad (u, v, w) con respecto a los desplazamientos, y poseen dos nodos. Pueden emplearse en las siguientes situaciones:

- La longitud del elemento con respecto a su ancho esta entre 8 y 10 veces
- Las uniones del elemento no transmiten momentos
- Las fuerzas externas son aplicadas únicamente en los nodos o en las articulaciones.

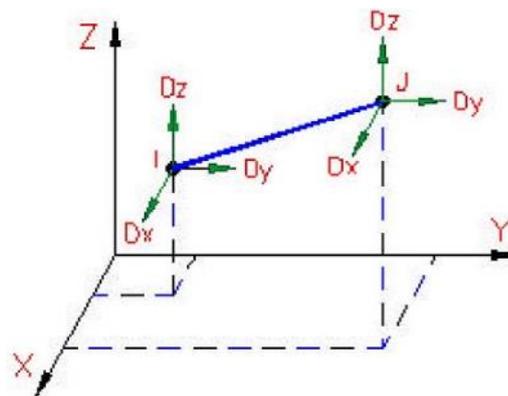


Figura 6-2. Elemento tipo barra.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

2.2.2.2. Elementos de Viga

Este tipo de elemento ofrece resistencia a fuerzas y momentos, usados para modelar torres de transmisión, puentes y pórticos. Además, soportan momentos flectores y de torsión. Los elementos básicos de las vigas son las fuerzas de inercia, los empotramientos y las cargas intermedia o en los vanos. Poseen 3 nodos (x, y, z) en el campo tridimensional, el nodo con respecto al eje “z” especifica los ejes fuertes o débiles (inercia); la implementación de vigas se hace cuando:

- La longitud del elemento es mayor a su ancho.
- La sección transversal y sus propiedades son constantes
- Poseen la capacidad de transferir momentos
- Tiene la capacidad de distribuir de cargas en su longitud

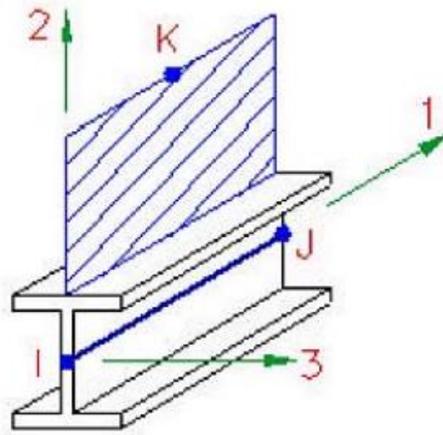


Figura 7-2. Forma alternativa del elemento viga.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

2.2.2.3. Elemento de membrana

Simulan sólidos de poco grosor que no tiene afectación de esfuerzos normales. Las membranas no tienen grados de libertad de rotación, pero si los necesarios de traslación. Formado por tres o cuatro nodos, permitiendo la modelación de redes y tejidos; y son empleados cuando:

- El espesor del elemento es muy pequeño comparado con la longitud o su ancho.
- El elemento no tiene ningún esfuerzo normal al grosor.

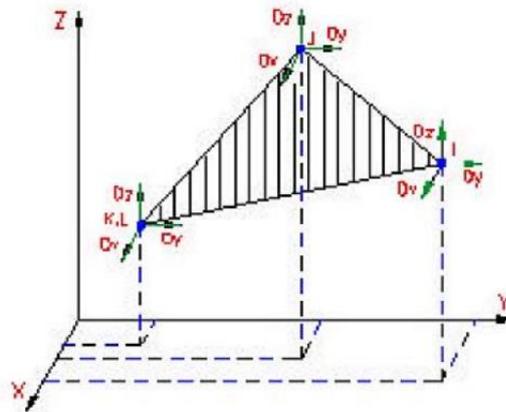


Figura 8-2. Elementos Membrana. Triangulares.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

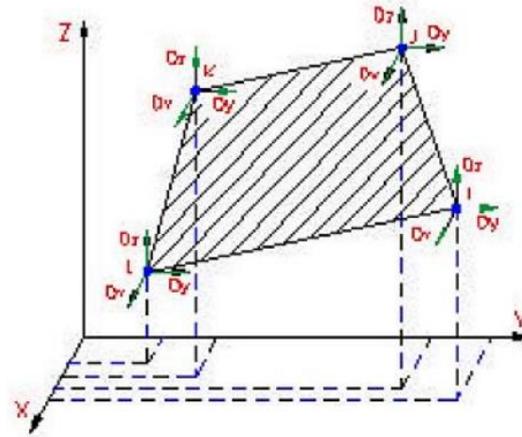


Figura 9-2. Elementos Membrana. Cuadrados.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

2.2.2.4. Elementos elásticos de dos dimensiones

Se utilizan para analizar objetos como rodamientos y empaques o estructuras como presas. Poseen grados de libertad en traslación, mas no en rotación; además de estar formados por tres o cuatro nodos paralelos al eje YZ. (Se utilizan los mismos elementos de la figura 8-2 y 9-2).

- Para modelar la sección transversal de un componente
- Dibujar el modelo en el plano YZ
- Cuando no existe deformación en el sentido del eje X, pero pueden existir esfuerzos en dicha dirección, por ejemplo, en el caso de las presas.

2.2.2.5. Elementos tipo ladrillo o bloque

Empleados para modelar ruedas y aspas de turbinas (en el caso de los bloques básicos), poseen seis u ocho nodos para formar caras en 3D. Dichos bloques generan tres grados de libertad de traslación, pero ninguno de rotación, y se emplean cuando:

- Se desea conocer el resultado de esfuerzos alineados al grosor del elemento
- Solo hay fuerzas aplicadas y no momentos
- El modelo tiene una fuerza hidrostática aplicada (Ruiz, E., & Arias, C., 2019)

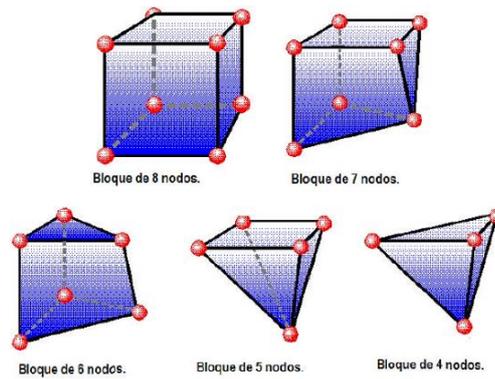


Figura 10-2. Elementos tipo ladrillo o bloque.

Fuente: (Ruiz & Arias, 2019)

2.2.3. ANSYS

ANSYS es un software de simulación que permite modelar y proyectar el comportamiento de cuerpos en variados estados físicos. El programa cuenta con modalidades de trabajo según los requerimientos del usuario, permite modelar sólidos, fluidos e incluso materiales en estado gaseoso. El software fue utilizado por el “National Institute of Standards and Technology” de los Estados Unidos para modelar la reacción estructural y posterior desplome de las Torres Gemelas, provocado por los atentados del 11 de septiembre de 2001.

Apuntando al área de la mecánica de sólidos y el cálculo estructural en general, el software utiliza el MEF. Dentro de esta condición, las principales características que generan valor al comparar el programa con otros softwares es el manejo que se le da al usuario en la programación y en la determinación del mallado al realizar el análisis.

De las plataformas con las que cuenta el programa para la modelación de cuerpos sólidos, las más relevantes son ANSYS Workbench en su modalidad Mechanical y ANSYS Mechanical APDL (ANSYS Parametric Design Lenguaje). Esta última modalidad permite al usuario tener control total sobre la modelación, accediendo mediante comandos y códigos en lenguaje APDL, así se pueden realizar variaciones y definiciones en la estructura sin pasar por una interfaz gráfica, haciendo más rápida y definida la modelación en comparación con la herramienta Workbench, dónde las programaciones vienen previamente determinadas, estandarizando los diseños, pero entregando una interfaz mucho más gráfica y amigable al usuario (Cortés, R., & Sáez, R., 2020).

2.2.3.1. Dinámica de fluidos computacional CFD

El CFD es una herramienta de simulación empleando análisis matemático computacional en el que permite modelar flujos en busca de optimizar diseños, para el análisis de flujo es posible

emplear un software que permita ingresar datos de entrada y frontera, resolverlos y obtener resultados precisos. Estos programas discretizan o separan el dominio en un número finito de celdas, aplicando las ecuaciones generales de conservación de masa se plantea para cada celda la cantidad de movimiento.

Discretizando y linealizando las ecuaciones generales permite su resolución obteniendo un sistema algebraico de ecuaciones las que se resuelven de forma iterativa obteniendo una solución final del campo de flujo para lo que se puede aplicar ANSYS – FLUENT. (Pino, U., & William, F., 2021)

2.2.3.2. *Simulación ANSYS – FLUENT*

Para entender el funcionamiento de ANSYS FLUENT se toma como referencia las guías técnicas y los manuales de ANSYS FLUENT. De acuerdo (ANSYS, 2013) los pasos para resolver un problema CFD, son los siguientes.

- Definir los objetivos del modelo.
- Crear la geometría y la malla del modelo.
- Configuración del solucionador y los modelos físicos.
- Calcular y monitorear la solución.
- Examinar y guardar los resultados.

También es necesario seguir los siguientes pasos para generar una simulación exitosa con ANSYS Fluent, recomendaciones dadas en (ANSYS, 2013)

- Examine la calidad de la malla en Fluent.
- Escalar la malla y verificar las unidades de longitud.
- Emplear los modelos físicos adecuados.
- Utilizar gradientes basados en nodos con mallas tetraédricas no estructuradas.
- Monitorear la convergencia con el historial de residuos.
- Ejecutar la simulación de CFD utilizando la discretización de segundo orden para una mejor precisión en lugar de una solución más rápida.
- Supervisar los valores de las variables de solución.
- Verificar que se cumpla con la conservación de la propiedad.
- Comprobar la dependencia de la malla.
- Verificar que la solución tenga sentido según el criterio de ingeniería. (Mena, M., 2022)

ANSYS FLUENT proporciona capacidades de modelado para una amplia gama de problemas de flujo fluidos laminares y turbulentos incompresibles y compresibles. Se pueden realizar análisis en estado permanente o transitorio. También es útil para el conjunto de modelos de flujo de

superficie libre y multifase. Esto se puede utilizar para análisis de flujo gas líquido. Para este tipo de problemas, ANSYS FLUENT proporciona los modelos de volumen de fluidos (VOF), mezcla y Euleriano. Los ejemplos de flujos multifásicos incluyen flujos de canales, aspersiones, sedimentación, separación y cavitación. Los modelos de turbulencia robustos y precisos son un componente vital del conjunto de modelos ANSYS FLUENT. Los modelos de turbulencia proporcionados tienen una amplia gama de aplicabilidad e incluyen los efectos de otros fenómenos físicos, como la flotabilidad y la compresibilidad. (ANSYS Inc., 2020)

2.2.4. *Materiales grado alimenticio*

Existen diferentes materiales de grado alimenticio, entre ellos se destacan los aceros inoxidable de clasificación AISI 300 y 400 los mismo que no presentan alteraciones al entrar en contacto con los alimentos que provoquen corrosión, además soportan altas temperaturas de trabajo y presentan una gran soldabilidad.

De acuerdo con Merino Casals (2017), el acero inoxidable puede ser clasificado en cinco series diferentes; cuatro de ellas corresponden a las particulares estructuras cristalinas conformadas en la aleación: austenita, ferrita, martensita y dúplex (austenita más ferrita); mientras que la quinta son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadas más en el tipo de tratamiento térmico usado en la estructura cristalina.

Tabla 1-2. *Series de aceros inoxidables.*

Clase	Clasificación AISI	Ejemplos de especificaciones
I Martensíticos	Serie 400	410, 420, 431
II Ferríticos	Serie 400	409, 430, 434
III Austeníticos	Serie 200 y 300	304, 304L, 321, 316
IV Dúplex	Usa nombre comercial	329, 2205
V Endurecibles por precipitación	Usa nombre comercial	17-4 PH, 15-5 PH 17-7 PH, 15-7 MO

Fuente: (Merino Casals, 2017)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

2.2.4.1. *Acero inoxidable AISI - SAE 304*

Es una aleación de cromo (Cr) con un mínimo del 10.5% y hierro (Fe), en dónde el cromo es el elemento más importante ya que brinda al acero una elevada resistencia a la corrosión ya que esto provoca la disolución vía química o electroquímica de un metal o aleación por lo que es ideal para trabajar dentro de la industria alimenticia. Su composición y propiedades se expresan en las tablas mostradas a continuación:

Tabla 2-2. Porcentaje de la composición química de acero AISI 304

COMPOSICION QUIMICA %							
AISI	C	Si	Mn	P Max	S	Cr	Ni
304	≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0.045	≤ 0.015	18,0-20,0	8,0-10,5

Fuente: (Bohman, 2021)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

Tabla 3-2.. Equivalencias y propiedades del acero AISI 304

EQUIVALENCIAS Y PROPIEDADES								
AISI	Resistencia a la tracción (Kg/mm2)	Resistencia a la cedencia (Kg/mm2)	Elongación %	Dureza HB (Max)	W.Nr	AF NOR	Designación europea	SS
304	54-75	23	40-50	190	1.4301	Z7C N18-09	X5CrNi18-10	2332

Fuente: (Bohman, 2021)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

2.2.5. Fluidos

Los fluidos se presentan en estados líquidos y gaseosos, en ambos casos poseen ciertas similitudes debido a su comportamiento; pero se diferencian ya que los líquidos tienen volumen constante, mientras que en los gaseosos es variable.

Propiedades de los fluidos líquidos:

- Isotropía: tratan de sustancias cuyas propiedades no varían en cualquier dirección.
- Movilidad: adopta la forma del recipiente que lo contiene
- Viscosidad: cuando ofrece resistencia a esfuerzos o presiones externas
- Compresibilidad: cuando disminuyen de volumen ante presiones.

Según Moreno Castro (2011), definimos como líquidos perfectos, aquellos que tienen propiedades isotrópicas, móviles y compresibles. Carecen de viscosidad.

2.2.5.1. Viscosidad de un fluido

La viscosidad se define como una propiedad por virtud de la cual el fluido ofrece resistencia a deformarse de forma laminar cuando está sometido a la acción de un esfuerzo cortante. De esta forma la magnitud característica más importante para seleccionar un fluido hidráulico es la viscosidad, ella no caracteriza la calidad de un fluido, sino indica su conducta a una determinada temperatura de referencia (Vazquez Cortes, 2016).

El aumento de temperatura disminuye la viscosidad en los líquidos, pero en los gases se mantiene y la variación de presión no afecta de una manera significativa a diferencia de los gases que presentan una baja variación.

2.2.5.2. Ley de Newton de la viscosidad

Los fluidos son sustancias que se deforman continuamente al aplicarles un esfuerzo cortante. Por lo tanto, para cuantificar su deformación al aplicarle dicho esfuerzo, éste es proporcional al ritmo de variación de la deformación angular $d\alpha/dt$. Dónde la constante de proporcionalidad es precisamente la viscosidad dinámica η del fluido (Gonzalez Santander, 2014).

$$\tau = \eta \frac{d\alpha}{dt} \quad (1)$$

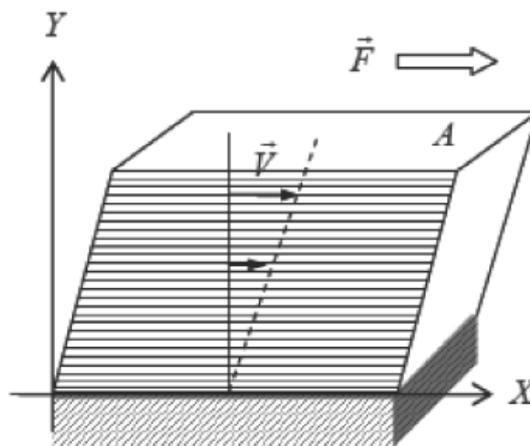


Figura 11-2. Régimen laminar en un fluido viscoso.

Fuente: (Gonzalez Santander, 2014)

Al no ser muy grande el esfuerzo cortante, se puede considerar el fluido como distintas capas que deslizan unas sobre otras, lo que se denomina régimen laminar (véase figura 2-1.). Estas láminas de fluido tienen un rozamiento entre ellas debido a la viscosidad del fluido. Observemos que la velocidad de cada una de las capas es mayor cuanto mayor es la distancia y a la superficie del recipiente. Es decir, el módulo de la velocidad V es una magnitud creciente con Y .

$$\frac{d\vec{V}}{dy} > 0 \quad (2)$$

Sabiendo que el esfuerzo $\vec{\tau}$ es paralelo a la velocidad de las láminas V , concluimos que:

$$\vec{\tau} \approx \eta \frac{d\vec{V}}{dy} \quad (3)$$

La ecuación 3, se denomina ley de Newton de la viscosidad. Según esta ley, podemos clasificar los fluidos en:

Fluidos newtonianos: la viscosidad dinámica de estos depende del tipo del fluido y no de su movimiento.

Fluidos no newtonianos: la viscosidad dinámica depende del tipo de fluido y de su movimiento.

En la figura 12-2, se presenta una gráfica en la que se representa la deformación de distintos tipos de fluidos frente a distintas magnitudes de esfuerzos tangenciales. Cuando la relación es lineal, se tiene fluidos newtonianos. Un caso especial de fluido newtoniano es un fluido ideal en el que la viscosidad dinámica es nula. En la tabla 4-2, se presentan los valores de la viscosidad para diversas sustancias a 20 °C (y en el caso del aire a una presión de 100kPa).

Tabla 4-2. Viscosidad para sustancias a 20 °C

SUSTANCIA	η (Pas)
Aire	$1,81 \times 10^{-5}$
Metanol	$5,44 \times 10^{-4}$
Agua	$1,001 \times 10^{-3}$
Aceite de oliva	$8,1 \times 10^{-2}$
Aceite de ricino	$9,85 \times 10^{-1}$
Glicerina	$8,5 \times 10^{-1}$

Fuente: (Gonzalez Santander, 2014)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

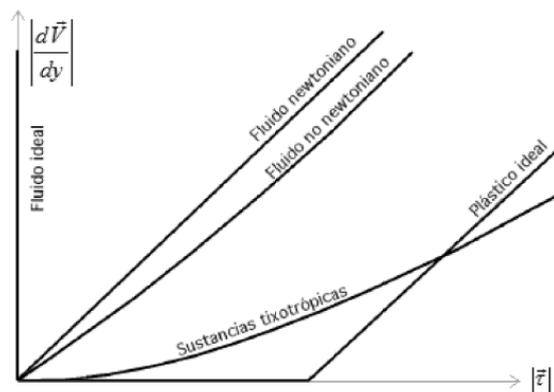


Figura 12-2. Relación gradiente de velocidad vs esfuerzo tangencial para fluidos.

Fuente: (Gonzalez Santander, 2014)

2.2.5.3. Viscosidad dinámica

De acuerdo con Vazquez Cortes (2016), para la comprensión del concepto de viscosidad dinámica se toma como punto de partida un fluido situado entre dos placas paralelas de dimensiones grandes con un área superficial A separadas una distancia pequeña t tal como se aprecia en la Figura 13-2. La placa inferior se encuentra estática ($V = 0$) y la superior se mueve con una velocidad U debido a una fuerza F constante que se aplica sobre la parte superior de dicha placa, bajo esta suposición el fluido se encuentra sometido a un esfuerzo cortante que causa deformación la cual se hace manifiesta por el movimiento laminar de una capa de fluido sobre la que se encuentra inmediatamente debajo.

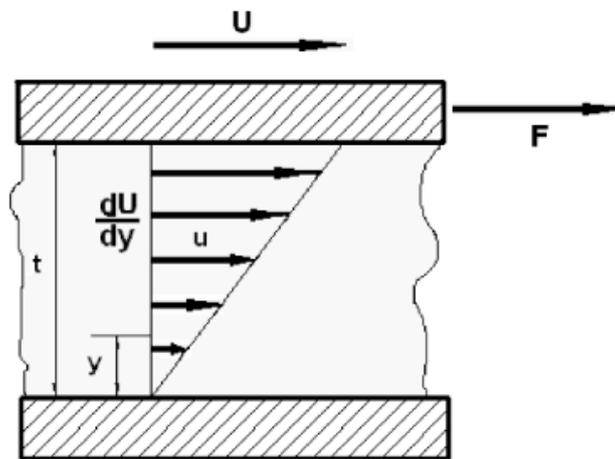


Figura 13-2. Deformación de un fluido newtoniano bajo la acción de una fuerza.

Fuente: (Vazquez Cortes, 2016)

Los esfuerzos constantes generan una deformación constante en los fluidos, por más pequeños que sean. Internamente el fluido presenta fuerzas de cohesión que al desplazarse unas moléculas con otras se produce una fricción entre ellas, lo que provoca una resistencia entre ellas, esto es a lo que se llama viscosidad dinámica de un fluido y se lo representa con la letra griega μ (miu) y sus unidades en el sistema internacional es Pas o $\left(\frac{Ns}{m^2}\right)$.

$$\mu = \frac{T}{\frac{du}{dy}} \quad (4)$$

Dónde:

μ : Viscosidad dinámica.

T : esfuerzo cortante

$\frac{du}{dy}$: gradiente de velocidad.

También se puede emplear la ley de Stokes para calcular la viscosidad dinámica debido a que cuando un cuerpo cae a través de un medio viscoso se tiene la presencia de la fuerza generada por su propio peso (P), una fuerza denominada empuje (E) de sentido contrario al que genera el peso y también de una fuerza viscosa (R) que se opone al movimiento del cuerpo además esta es proporcional a la velocidad y depende del tamaño y forma del cuerpo (Universidad de Buenos Aires, 2018).

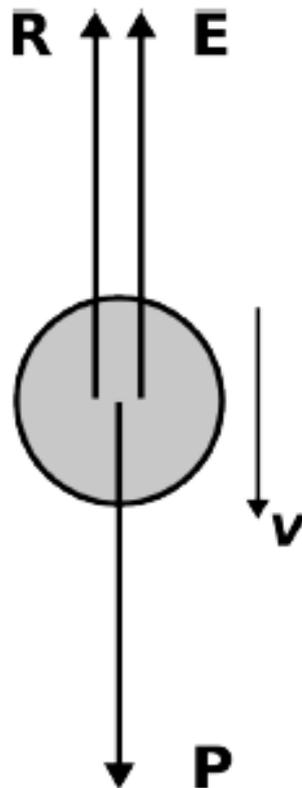


Figura 14-2. DCL de una esfera en el seno de un fluido viscoso.

Fuente: (Universidad de Buenos Aires, 2018)

De la figura anterior se obtiene la siguiente ecuación:

$$R = E - P \quad (5)$$

$$6\pi\eta r v = \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{\text{liquido}} * g - \frac{4\pi}{3} r^3 \rho_{\text{esfera}} * g \quad (6)$$

De la ecuación 6 se puede agrupar términos y llegar a obtener la viscosidad dinámica:

$$\eta = \frac{2r^3 g}{9v} (\rho_{liquido} - \rho_{esfera}) \quad (7)$$

Dónde:

η : Viscosidad dinámica Pas o $\left[\text{Pa} \cdot \text{s}, \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2} \text{ o } \frac{\text{Kg}}{\text{m} \cdot \text{s}} \right]$.

r : Radio de la esfera $[\text{m}]$

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

$\rho_{liquido}$: Densidad del liquido $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$

ρ_{esfera} : Densidad de la esfera. $\left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$

v : Velocidad $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

2.2.5.4. Viscosidad cinemática.

Vazquez Cortes (2016) define a la viscosidad cinemática (η) como el cociente entre la viscosidad dinámica (μ) y la densidad absoluta del fluido (ρ), de la siguiente forma:

$$\eta = \frac{\mu}{\rho} \quad (8)$$

Las unidades empleadas en el sistema internacional son $\left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$.

2.2.5.5. Variación de la viscosidad con la temperatura.

Granados Manzo et al., (2017) mencionan que la viscosidad de los fluidos varía fuertemente con la temperatura. Por lo tanto, si se trata de líquidos, la viscosidad se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\mu = \mu_0 x e^{\left| a + b \left(\frac{T}{T_0} \right) + c \left(\frac{T}{T_0} \right)^2 \right|} \quad (9)$$

Dónde T_0 representa la temperatura y μ_0 la viscosidad de referencia, además se tiene como constantes: a, b y c para cada fluido.

2.3. SISTEMA DE CONTROL

El control o mando es la actividad encargada que el dispositivo realice las distintas acciones y pasos en forma coordinadas y encaminadas a mantener la parte operativa bajo un determinado

funcionamiento preestablecido de antemano en las especificaciones de diseño. Las partes más comunes de la parte de control son.

- Gestión de las entradas y salidas.
- Tratamiento de ecuaciones lógicas.
- Tratamiento de funciones de seguridad.
- Tratamiento secuencial.
- Funciones de regulación.
- Funciones de cálculo para la optimización.
- Gestión de herramientas.
- Control de calidad
- Gestión de mantenimiento.
- Operaciones de Supervisión: Monitorización y diagnóstico de fallos.
- Seguimiento de la producción.

2.3.1. Clasificación tecnológica

El desarrollo de los controladores, su complejidad y eficacia mejorando a lo largo del tiempo. Partiendo de dos conceptos principales, Lógica cableada y Lógica programada se puede establecer la siguiente clasificación.

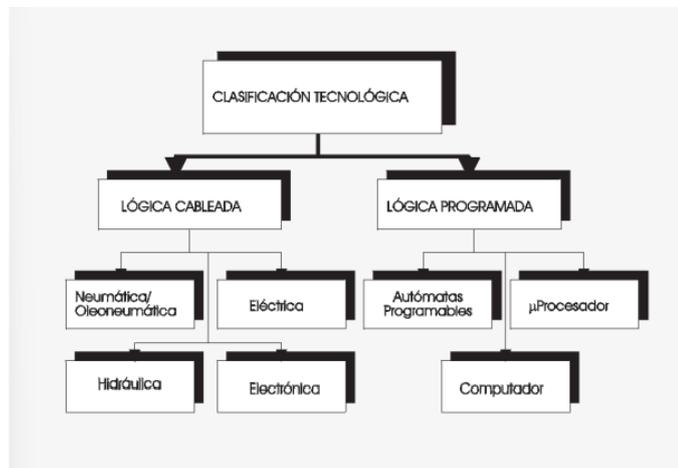


Figura 15-2. Clasificación tecnológica.

Fuente: (García, E., SF)

2.3.1.1. Lógica cableada.

Su denominación viene dada por el tipo de elementos que intervienen en su implementación. En el caso de la tecnología eléctrica, las uniones físicas se realizan mediante cables eléctricos, relés

electromagnéticos, interruptores, pulsadores etc. En lo que respecta a la tecnología electrónica, las puertas lógicas son los elementos fundamentales mediante los cuales se realizan los controladores.

La tecnología neumática ha sido, y es aun frecuentemente utilizada, en los automatismos industriales, aunque va quedando relegada a los accionamientos de cierta potencia con algoritmos de control relativamente simples y también para aplicaciones de carácter especial, ya que frente a la lógica programada presenta los siguientes inconvenientes.

- Imposibilidad de realización de funciones complejas de control.
- Gran volumen y peso.
- Escasa Flexibilidad frente a modificaciones.
- Reparaciones costosas.

No obstante, muy a menudo, se suelen articular soluciones mediante implementaciones mixtas aprovechando las mejores características de ambas tecnologías, la neumática y la de la lógica programada mediante autómatas programables industriales conectados mediante dispositivos de interfaz. (García, E., SF).

2.3.2. *Electroneumática*

Es la aplicación en dónde se combinan dos importantes ramas de la automatización como son la neumática (Manejo de aire comprimido) y electricidad y/o la electrónica. En la electroneumática los actuadores siguen siendo neumáticos, los mismos que en la neumática básica, pero las válvulas de gobierno mandadas neumáticamente son sustituidas por electroválvulas activadas con electroimanes en lugar de pilotadas con aire comprimido. Las electroválvulas son convertidores electroneumáticos que transforman una señal eléctrica en una actuación neumática. Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema.

Los dispositivos que participan en un sistema electroneumático básico son.

- Contactos eléctricos NA / NC.
- Sensores.
- Pulsadores e interruptores.
- Electroválvulas 3/2 5/2 4/2 vías.
- Cilindros de simple efecto.
- Cilindros de doble efecto.
- Válvulas lógicas y de secuencia.
- Temporizadores.
- Relés.

- Fuente de energía (neumática y eléctrica). (Pazmiño, D., 2012)

Las ventajas de la electroneumática sobre la neumática pura son obvias y se concretan en la capacidad que tienen la electricidad y la electrónica para emitir, combinar, transportar y secuenciar señales, que las hacen extraordinariamente idóneas para cumplir tales fines. Se suele decir que la neumática es la fuerza y la electricidad los nervios del sistema. Teniendo en cuenta lo anterior se puede definir la electroneumática como la tecnología que trata sobre la producción y transmisión de movimientos y esfuerzos mediante el aire comprimido y su control por medios eléctricos y electrónicos.

La electroneumática es un paso intermedio entre la neumática básica y los autómatas programables que se estudian más adelante, donde éstos por sí solos controlan el sistema con las ventajas singulares que conllevan. (Rogelio B., SF)

2.3.2.1. Producción y distribución de aire comprimido

Los suministros de aire comprimido para los diversos sistemas neumáticos constan de:

- Compresor que es el encargado de generar aire comprimido
- Aire comprimido bajo los requerimientos establecidos para los sistemas neumáticos.
- Instalaciones que permitan la correcta distribución del aire comprimido

2.3.2.2. Compresores

Elemento que permite generar aire comprimido mediante la aspiración del aire a presión atmosférica y aumentarla al momento de expulsarla hacia el depósito cilíndrico, el mismo que amortigua las pulsaciones del caudal de salida conservándolo constante. Las características importantes son: el caudal cuyas unidades varían de acuerdo con su capacidad (NL/min o Nm³/min) y la relación de compresión que está dada en bares.

De acuerdo con el tipo de aplicación los compresores se dividen en:

- Compresores de embolo
- Compresores rotativos
- Compresores centrífugos

2.3.2.3. Conducción del aire comprimido.

El aire comprimido es conducido a través de un conjunto de tuberías que parten desde el depósito hacia los diferentes puntos de requerimiento, por lo cual se debe garantizar la mínima pérdida de presión, aire por fugas y cantidad de agua dentro de la red en cada punto de uso

Se debe considerar varios factores para lograr determinar el diámetro necesario para las tuberías de la distribución de aire, que son:

- Caudal: cantidad de aire que circula por unidad de tiempo en el interior de una tubería.
- Caída de presión: cantidad de presión que se pierde durante un proceso debido a factores como la rugosidad de la pared interior de la tubería, longitud de tubería o el número de accesorios instalados, eventualmente tiene rangos admisibles que no deben superar el 0.1 kp/cm² (Guillen Salvador, 2009b)
- Presión de diseño: presión máxima para que el sistema neumático funcione con normalidad dentro de los rangos permitidos por las válvulas y tuberías.

2.3.3. Actuadores neumáticos

Los actuadores neumáticos transforman la energía del aire comprimido en trabajo mecánico generando movimientos giratorios (motores neumáticos) que constan de un eje excéntrico comúnmente diseñadas con paletas que giran con altas velocidades debido al aire que ingresa a las cámaras que se forman entre las paletas y el cuerpo del motor; los movimientos lineales (cilindros neumáticos) conformados por un pistón que se desplaza en el interior del cilindro.

2.3.3.1. Los cilindros neumáticos de movimiento lineal

Los cilindros neumáticos de movimiento lineal son producidos por la presión que ejerce el aire sobre la cara del pistón que se encuentra en el interior del cilindro, generando el desplazamiento lineal del vástago. Entre ellos tenemos varios tipos de cilindros, pero los más usuales son los de simple efecto y doble efecto.

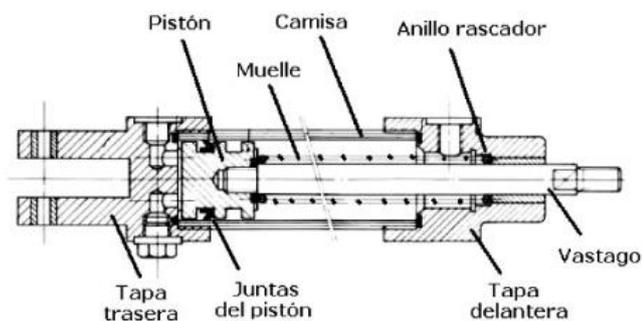


Figura 16-2. Deformación de un fluido newtoniano bajo la acción de una fuerza.

Fuente: (Creus Sole, 2008)

2.3.3.2. Cilindros simple efecto

Los cilindros neumáticos de simple efecto tienen una etapa de ingreso de aire para generar el movimiento del vástago, pero su retorno se efectúa por la acción de un muelle.

2.3.3.3. Cilindros doble efecto

El cilindro neumático de doble efecto tiene dos etapas de ingreso de aire, una para el avance del vástago y la otra para su retorno. Efectuados por una válvula neumática que controla la dirección del flujo de aire dentro de las cámaras delantera o trasera.

2.3.3.4. Cálculo de la fuerza de los cilindros neumáticos

Para el cálculo de la fuerza de los cilindros se debe considerar la fuerza del cilindro, la carga, el consumo del aire y la velocidad del pistón. La fuerza del cilindro es una función del diámetro del cilindro, presión del aire y roce del embolo, que depende de la velocidad del embolo. (Creus Sole, 2008).

En los cilindros de simple efecto se emplea la ecuación 10, donde la fuerza es la diferencia entre la fuerza del aire y la fuerza producida por el muelle. Los cilindros de doble efecto al no contar con un muelle para el retroceso del vástago se tiene dos expresiones matemáticas para el avance y el retroceso como se muestra en la ecuación 11 y 12.

$$F = \frac{P_{aire} * \text{Área pistón}}{10} - F_{muelle} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40} - F_{muelle} \quad (10)$$

$$F_{avance} = P_{aire} * \frac{\pi * D^2}{40} \quad (11)$$

$$F_{retroceso} = P_{aire} * \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{40} \quad (12)$$

Creus Sole (2008), determina que el rozamiento del pistón en su movimiento equivale a un valor comprendido entre el 3% y el 10 % de la fuerza calculada. En la Tabla 5.2 pueden verse, para varios tamaños de cilindros, la fuerza de empuje y la fuerza a restar por el área del vástago del pistón en el retroceso, y en el gráfico de la Figura 17-2 puede verse el diagrama presión- fuerza de cilindros neumáticos.

Tabla 5-2. Fuerza de empuje por el área del vástago del pistón en el retroceso.

Fuerza de empuje actuando el aire en toda el área del pistón.					
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm ²)	Fuerza de empuje a varias presiones en Newton a varias presiones (bar)			
		1,0	5,0	7,0	10,0
6	28	2,8	14,1	19,8	28,3
8	50	5,0	25,1	35,2	50,2
10	79	7,9	39,3	55,0	78,5
12	113	11,3	56,5	79,1	113,0
14	154	15,4	76,9	107,7	153,9
16	201	20,1	100,5	140,7	201,0
20	314	31,4	157,0	219,8	314,0
25	491	49,1	245,3	343,4	490,6
32	804	80,4	401,9	562,7	803,8
40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0
50	1.963	196,3	981,3	1.373,8	1.962,5
63	3.117	311,6	1.557,8	2.181,0	3.115,7
80	5.027	502,4	2.512,0	3.516,8	5.024,0
100	7.854	785,0	3.925,0	5.459,0	7.850,0
125	12.272	1.226,6	6.132,8	8.585,9	12.265,6
160	20.106	2.009,6	10.048,0	14.067,2	20.096,0
200	31.416	3.140,0	15.700,0	21.980,0	31.400,0

Fuente: (Creus Sole, 2008)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

Tabla 6-2. Fuerza por restar por el área del vástago del pistón en el retroceso.

Fuerza para restar por el área del vástago del pistón en retroceso.					
Diámetro del cilindro (mm)	Área del pistón (mm ²)	Fuerza de retroceso a varias presiones (Newton)			
		1,0	5,0	7,0	10,0
4	13	1,3	6,3	8,8	12,6
6	28	2,8	14,1	19,8	28,3
8	50	5,0	25,1	35,2	50,2
10	79	7,9	39,3	55,0	78,5
12	113	11,3	56,5	79,1	113,0
16	201	20,1	100,5	140,7	201,0
20	314	31,4	157,0	219,8	314,0
25	491	49,1	245,3	343,4	490,6
32	804	80,4	401,9	562,7	803,8
40	1.257	125,6	628,0	879,2	1.256,0

Fuente: (Creus Sole, 2008)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

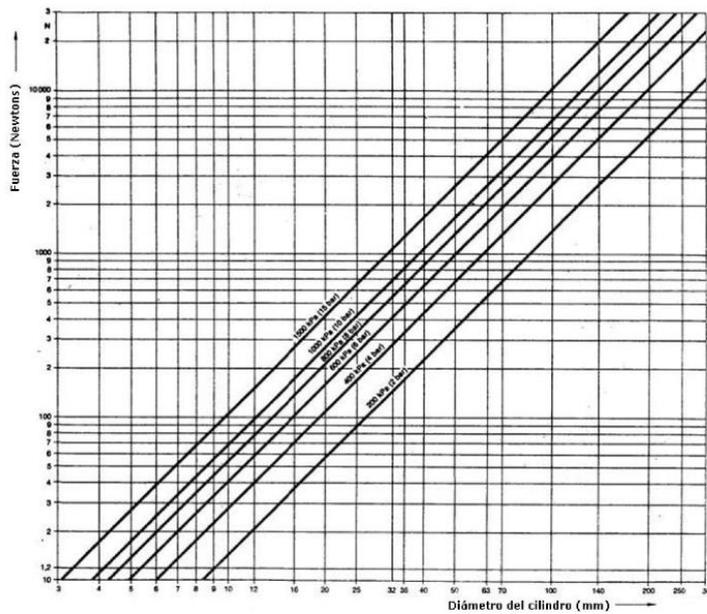


Figura 17-2. Gráfico presión-fuerza de cilindros neumáticos.

Fuente: (Creus Sole, 2008)

2.3.3.5. Cálculo de la fuerza de carga de los cilindros neumáticos.

La carga de los cilindros neumáticos depende de la forma de montaje que se realice, generalmente son:

Grupo 1. Montaje fijo que absorbe la fuerza del cilindro en la línea central. Es el mejor sistema ya que las fuerzas sobre el vástago están equilibradas y los elementos de fijación (tornillos, ...) sólo están sometidos a una simple tensión o cizalladura. La fijación del cilindro puede ser del tipo de espárragos o de brida (Creus Sole, 2008).

Grupo 2. El montaje absorbe la fuerza del cilindro en la línea central y permite el movimiento en un plano. Se emplean cuando la máquina dónde están montados se mueve siguiendo una línea curva (Creus Sole, 2008).

2.3.4. Válvulas

Las válvulas están diseñadas para abrir y cerrar el paso de fluido, regular el caudal transportado cumpliendo con los servicios de seguridad requerido, tienen tamaños que van desde fracciones de pulgadas hasta más de un metro de diámetro, además pueden trabajar en amplios rangos de presiones ya sea en vacío o más de 1000 bares y a diferentes temperaturas de acuerdo con el funcionamiento.

El accionamiento de las válvulas se da de diferentes maneras como: manual, neumático, eléctrico, hidráulico o de control digital. Entre las válvulas más comunes, se encuentran las de compuerta (gate valves), de globo (globe valves), de bola (ball valves), de macho o tapón (plug valves), de diafragma (diaphragm valves), de mariposa (butterfly valves), de aguja (needle valves), anulares (annular valves), de cono fijo (fixed-cone valves), de pellizco (pinch valves), etc. En la Figura 18-2, se presentan algunas de las válvulas de control más empleadas en la industria y sus componentes típicos (Heras Jimenez, 2015).

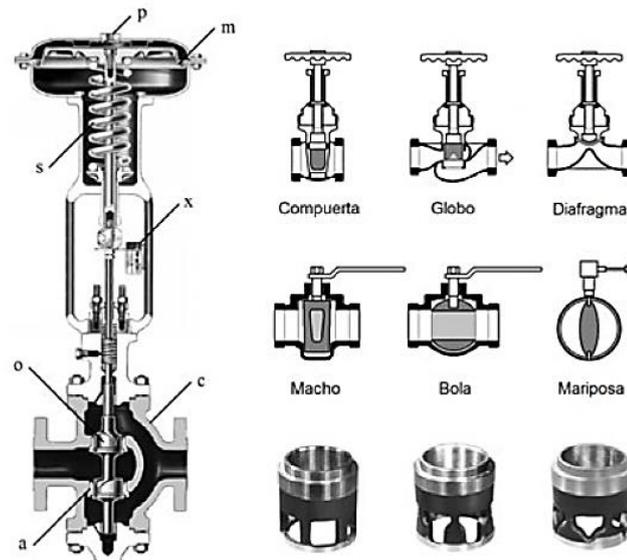


Figura 18-2. Tipos de válvulas de control.

Fuente: (Heras Jimenez, 2015)

2.3.4.1. Válvula de compuerta

Este tipo de válvulas permiten el paso del fluido en línea recta a través del cuerpo en posición completamente abierta sin generar estrangulamientos, por lo que se tiene una baja pérdida de carga y por ello son empleadas en sistemas ininterrumpidos.

2.3.4.2. Válvula de globo

Las válvulas de globo se emplean para cortar o regular el flujo del líquido. El cambio de sentido del flujo (dos vueltas en Angulo recto) en la válvula ocasiona turbulencia y caída de presión. Tiene como característica fundamental la operación frecuente, estrangulamiento al grado deseado de cualquier flujo, cierre positivo para gases y aire. Además, presentan alta resistencia y caída tolerable de presión en línea (Lipták, s/f).

2.3.4.3. *Válvula de diafragma*

En estas válvulas se emplean para bajas presiones y para el manejo de fluidos que sean corrosivos para los demás tipos de válvulas, debido a que presenta un aislamiento entre el fluido y el mecanismo de operación por ello no pueden tener contacto evitando la corrosión y fallas en el servicio.

2.3.4.4. *Válvula de bola*

Este tipo de válvulas se caracterizan por ser rápidas para operarlas, de mantenimiento fácil, no requieren lubricación, producen cierre hermético con baja torsión y su caída de presión en función al tamaño del orificio, ya que está compuesta por una esfera perforada que está asentada sobre asientos de plásticos y elastómeros para dar un mejor sellado, pero esto se ve limitado por la temperatura a la que se opera (Lipták, s/f).

Son de costo accesible y pueden ser usadas en diferentes instalaciones siempre y cuando el caudal que fluye sea moderado. Además, reducen el golpe de ariete, por tal razón se recomienda su uso en sistemas de tuberías con diámetros pequeños (Quintanilla & Chuqui, 2022).

2.3.4.5. *Válvula de mariposa*

El uso principal de estas válvulas es para servicios de corte y estrangulación cuando se usan grandes volúmenes de fluidos a presiones relativamente grandes, generando baja caída de presiones. Su regulación se efectúa mediante un disco de válvula que permite el sellado de una manera fácil y rápida al accionarse.

2.3.4.6. *Parámetros de selección de válvula de control neumático*

Para seleccionar una válvula se debe determinar sus condiciones operativas que vienen descritas por la presión nominal o de diseño, que es evaluada en función a la presión de entrada, la diferencia de presión disponible y la densidad relativa del fluido (ρ_R) que es obtenida de la relación entre la densidad de un fluido y la densidad del agua a 15°C y a 1 atmósfera de presión. También es necesario tener en cuenta el tipo de fluido, el nivel de presión y la temperatura de trabajo para elegir el material necesario.

Una vez decidido el tipo de válvula (obturador) más adecuado en función de la densidad relativa (ρ_R) de la instalación, la elección de la válvula final pasa por escoger su tamaño, en términos del coeficiente de caudal KV necesario o de su diámetro nominal, DN. Los dos parámetros se relacionan entre sí para las diferentes tipologías de válvulas y fabricantes mediante gráficos o tablas. Usualmente se debe seleccionar las válvulas con el caudal nominal en un orden de un 80%

- 90% de su caudal máximo, con el fin de mantener una reserva de caudal en su instalación (Heras Jimenez, 2015).

2.3.5. Sellos de válvulas

2.3.5.1. Juntas tipo toroide

Las juntas o empaques son sellos que garantizan estanquidad de una unión. Esta tiende a deformarse debido a la presión que se genera por las dos partes desmontables e impide pérdidas de gas o fluido. Se tiene diversos tipos de materiales que constituyen a una junta o empaque, entre los más usuales tenemos:

- **SBR.** Constituido por caucho sintético y de uso bajo responsabilidades ya que no soporta altas temperaturas.
- **NBR.** Elaborado de goma de nitrilo y es adecuado para trabajar con temperaturas entre -30 °C y 100 °C
- **HNBR.** Su composición es de goma de nitrilo hidrogenado, lo que le permite trabajar con fluidos refrigerantes y con temperaturas desde -50 °C a 140°C
- **FFKM/FFPM.** También llamado per-flúor-elastómero que se emplea en la industria química debido a la resistencia que proporciona y además llega a trabajar con temperaturas hasta de 320 °C.
- **EDPM.** Caucho de etileno-propileno-dieno ideal para fluidos hidráulicos y soporta una temperatura de trabajo desde -50 °C a 150 °C.
- **CR.** El caucho de cloropreno es similar al NBR o goma de nitrilo. Presenta una elevada resistencia al ozono, al ácido y a las bases. Puede soportar temperaturas entre los -50 °C y los 125 °C (Válvulas Arco S.L., 2023).

La temperatura en la que trabajan los fluidos es un parámetro por considerar, puesto que los empaques o juntas pueden llegar a dañarse debido al calor que se genera. Para la industria alimenticia se puede seleccionar cualquier composición de junta, pero con una adición para evitar la contaminación de los productos en caso de que estos entren en contacto directo.

2.3.5.2. Asientos de válvulas

Los asientos de las válvulas de bola son vitales para garantizar un buen rendimiento y brindar seguridad al momento de la operabilidad. Los materiales deben cumplir con la certificación de FDA (Food and Drug Administration) en caso de que el fluido sea de consumo humano ya que algunos materiales no tienen compatibilidad con los fluidos y tienden a tener una reacción que perjudica la salud.

Material para asientos de válvulas

- **PTFE.** También conocido como teflón o politetrafluoroetileno y es capaz de reunir características como: temperaturas de trabajo hasta 260 °C, soportar ciertos productos químicos, presenta un bajo coeficiente de fricción, es aislante térmico y es apto para el contacto con los alimentos (Bohman, 2021).
- **PEEK.** Material muy similar al PTFE (teflón) por sus propiedades, pero al exponerse a químicos como el ácido sulfuro tiende a falla, pero su temperatura de trabajo llega hasta los 315 °C.
- **POM.** Llamado acetal es una marca registrada por 3M, compatible con fluidos e incluye aplicaciones radioactivas, pero no tiende a comportarse de buena manera en presencia del oxígeno y su temperatura máxima es de 100 °C, pero tiene una alta capacidad de soportar presiones de 450 a 500 BAR (RedFluid, 2023).

2.3.5.3. Tolerancia

Según Escamilla Esquivel (2014), la tolerancia geométrica de un elemento de una pieza (superficie, eje, plano de simetría, etc.) es la zona de tolerancia dentro de la cual debe estar contenido dicho elemento. Dentro de esta zona el elemento puede tener cualquier forma u orientación, excepto si hay alguna indicación más restrictiva. Además, es la inexactitud admisible de una pieza fabricada y está dada por la diferencia entre la dimensión máxima y mínima como se puede observar en la Figura 19-2.

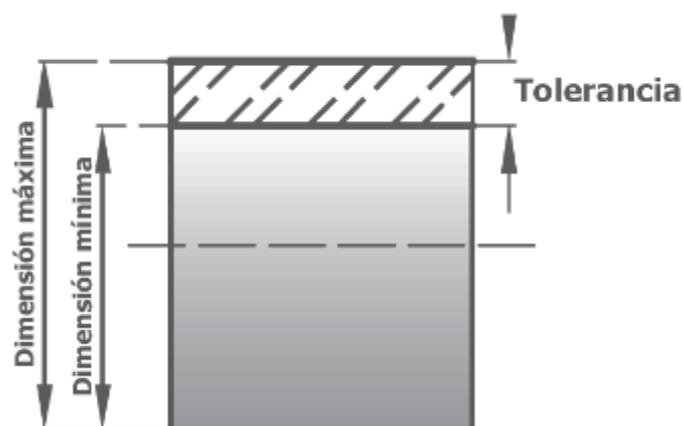


Figura 19-2. Tolerancia

Fuente: (Chavez Aparicio et al., 2009)

2.3.5.4. Rugosidad

La rugosidad son irregularidades sobre la superficie de una pieza que se forman durante el proceso del mecanizado debido a los filos de las herramientas, granos abrasivos o por el avance que se le da a la herramienta. Se mide en micras μ y mediante una ampliación se puede observar las partes altas denominadas picos y las partes bajas también llamadas valles.

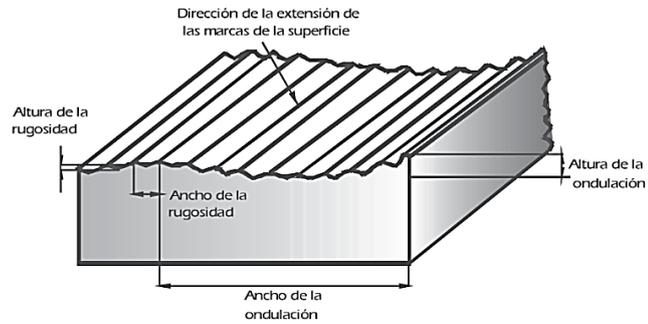


Figura 20-2. Rugosidad.

Fuente: (Chavez Aparicio et al., 2009)

En la Tabla 7-2, se tienen varios rangos típicos de los valores de rugosidad que se generan en los procesos de mecanizado durante la fabricación.

Tabla 7-2. Valores de rugosidad en algunos procesos de mecanizado.

Mecanizado	μplg	1	2	4	8	16	32	63	125	250	500	800	850	100
	μm	0.025	0.05	0.1	0.2	0.4	0.8	1.6	3	6	12	16	20	25
Oxicorte manual									✓	✓	✓	✓	✓	✓
Oxicorte automático									✓	✓	✓	✓	✓	✓
Moldeo en arena									✓	✓	✓	✓	✓	✓
Forjado manual							✓	✓	✓					
Laminado en caliente										✓	✓	✓	✓	✓
Laminado en frío				✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Torneado					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Fresado					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Cepillado					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Taladrado						✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Esmerilado					✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
Rectificado		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓				
Lapeado	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓							
Forjado manual							✓	✓	✓	✓				

Fuente: (Escamilla Esquivel, 2014)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

2.3.6. *Válvula de control direccional*

Las válvulas de control direccional de varias vías se utilizan en la hidráulica y neumática para dirigir el fluido en diferentes direcciones. Estas permiten la apertura o cierre de las diferentes vías de paso mediante la ejecución de los mandos ya sea manual, neumático, hidráulico, electromagnético, etc.

El sentido del movimiento de los actuadores es controlado por estas válvulas, las mismas que están formadas por una serie de vías que se conectan con cada puerto de acuerdo con la posición

de trabajo y se identifican por el número de vías y las posibles posiciones tal como se muestra en la figura 21-2.

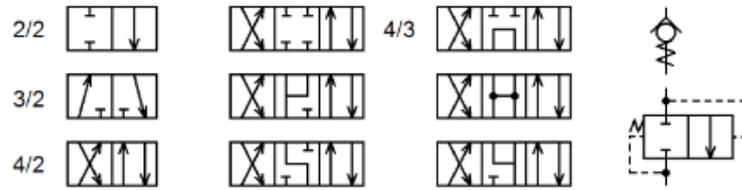


Figura 21-2. Símbolos de válvulas de control direccional.

Fuente: (Heras Jimenez, 2015)

El cambio en dirección del fluido en una válvula se puede adquirir de diferentes maneras, por ejemplo, mediante el cierre o la apertura de un asiento o el deslizamiento de una corredera mecanizada por entre una camisa cilíndrica como se observa en la Figura 22-2. Los puertos de la válvula se designan mediante letras, que, por norma general, son:

P: el puerto de entrada de presión, conectado a la línea de impulsión de la bomba.

A y B: los puertos de trabajo, que comunican la válvula con el actuador.

T: el puerto de retorno del fluido a tanque.

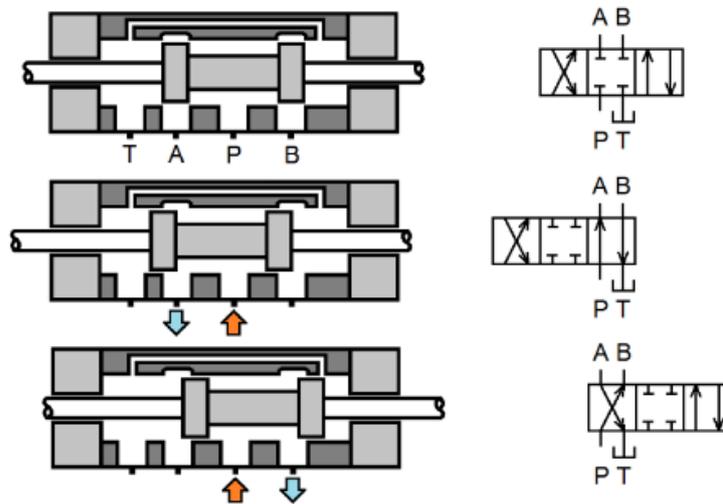


Figura 22-2. Posición de la corredera de una válvula 4/3.

Fuente: (Heras Jimenez, 2015)

Se dice que las vías activas son P-A, P-B, P-T, etc., según la posición de trabajo escogida (Heras Jimenez, 2015).

2.3.7. Dosificación de materiales

La dosificación permite distribuir de manera indicada una cantidad necesaria de algún material o fluido y se puede realizar por volumen, peso o nivel y en algunos casos al combinar estos sistemas.

2.3.7.1. Dosificación por nivel

Utilizando detectores según el principio del obturador de fuga, puede detectarse el nivel de un líquido con un emisor de señales que envía información de llenado o vaciado de un depósito o recipiente. Se puede emplear un detector neumático que tiene una ventaja debido a que ciertos líquidos son espumosos, y algunos emisores de señales no reacciona con la espuma, sino sólo con el nivel de líquido específico.

Para mantenerse un nivel entre un valor máximo y mínimo, se debe realizar un mando que tenga dos emisores de señales, según se indica en la Figura 23-2. Regulando de esta manera el nivel, ya que cada emisor envía una señal permitiendo conocer la posición del líquido ya sea en el límite inferior o superior del recipiente.

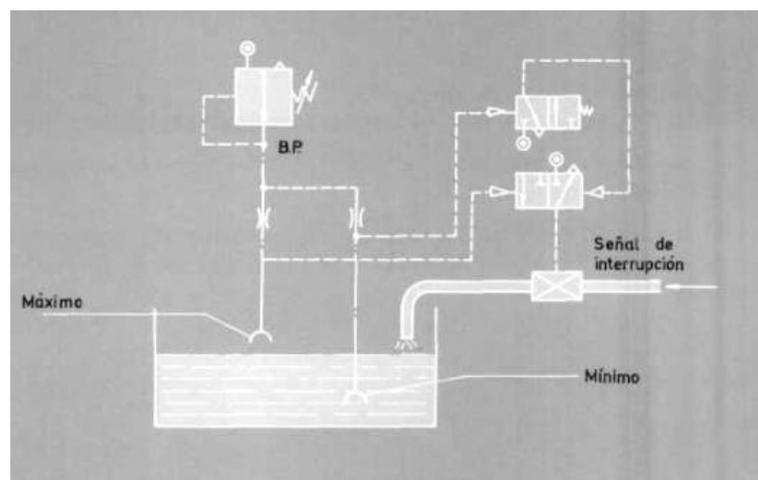


Figura 23-2. Regulación de nivel máximo y mínimo.

Fuente: (Guillen Salvador, 2009)

El principio de una detección de nivel también puede aplicarse cuando se trata de líquidos de viscosidad elevada, es decir, espesos. En estos casos, la utilización de detectores neumáticos de obturación no es aconsejable, ya que puede obstruirse fácilmente el orificio de la tobera, produciendo señales de presión erróneas.

2.3.7.2. Dosificación en función del volumen

Con el uso la regulación de nivel con volúmenes conocidos se puede realizar una dosificación exacta en función del volumen. En las envasadoras de botellas se utiliza la detección de nivel para la dosificación, ya que el cilindro acciona una bomba lineal y otro cilindro acciona la válvula de llenado permitiendo el paso del fluido. La dosificación se realiza modificando la carrera del cilindro que acciona la bomba (Guillen Salvador, 2009).

2.3.7.3. Dosificación en función del peso

Para la dosificación por peso se debe emitir una señal por una balanza mediante mandos neumáticos que pueden ser utilizados en prácticamente todas las balanzas comerciales, ya que para la emisión de señales se utiliza la aguja que indica el equilibrio o desequilibrio de la balanza y para determinar la posición de la aguja se emplean detectores de proximidad o detectores por obstrucción de chorro o barrera de aire, que emiten una señal y se cierra la válvula de llenado.

Este sistema requiere una rapidez de respuesta elevada para tener una precisión aceptable en la dosificación; si la velocidad de llenado es grande, lo más probablemente es que el error será elevado.

2.3.8. Mecanismos

Conjunto de cuerpos rígidos, o flexibles, que, al estar unidos entre sí, se mueven relativamente uno con respecto del otro en forma definida. En la actualidad el estudio de los mecanismos es muy importante en la ingeniería por los avances en el diseño de instrumentos, controles automáticos, equipo automatizado y robótica; es muy importante considerar que dentro de la ingeniería mecánica los mecanismos comprenden todo tipo de eslabones capaces de conectarse entre sí, generando el aprovechamiento de la energía.

2.3.8.1. Par de elementos

Los pares son las formas geométricas que establecen dos eslabones de un mecanismo al estar en contacto.

- Par inferior: Existe cuando en la unión de dos miembros se tiene contacto superficial, como en el caso de la unión de remaches.
- Par superior: Existe cuando hay conexión en un punto a lo largo de una línea, como es el caso del contacto de los dientes de un engranaje, dónde las pérdidas por fricción son pequeñas.

- Par de revolución o giro: También llamado par cerrado; es el que existe en la superficie de contacto que hay en la unión de dos eslabones cuando uno está limitado a girar sobre un eje fijo que pasa sobre el otro.
- Par deslizante: Es en el que existe movimiento relativo de los puntos de contacto y sólo permite el deslizamiento.

2.3.8.2. Cadenas cinemáticas

Sistemas que resultan de conectar un determinado número de eslabones por medio de pares y entre los más destacados tenemos:

- Cadenas compuestas de cuatro eslabones: Cada eslabón lleva elementos de dos pares inferiores, con en el caso del cuadrilátero articulado, que a continuación se muestra en la figura 24-2.

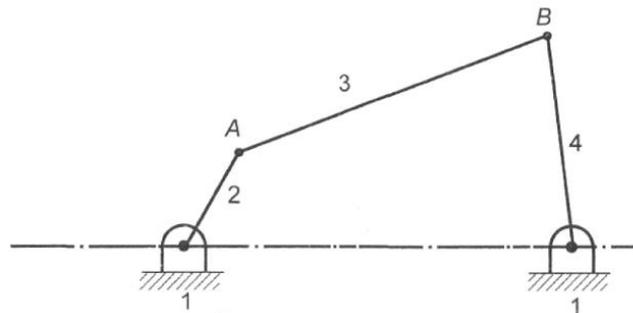


Figura 24-2. Cadena compuesta de cuatro eslabones.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

- Cadenas compuestas por tres eslabones: En la cadena cinemática, cada eslabón contiene pares superiores y pares inferiores, y se denominan normalmente mecanismos simples, como el que se muestra en la Figura 25-2.

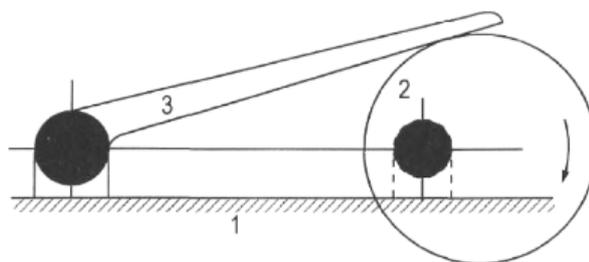


Figura 25-2. Cadena compuesta de tres eslabones.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

2.3.8.3. *Movilidad de mecanismos*

En los mecanismos, el movimiento se presenta mediante la transmisión de éste de un miembro a otro, y generalmente es:

- Mediante contacto directo, como en el caso de una leva y su seguidor.
- A través de un eslabón rígido conector, como es el caso de una biela.
- Por medio de elementos flexibles, como bandas, cadenas o cables.

2.3.8.4. *Tipos de movimiento*

Los mecanismos producen diferentes tipos de movimientos; pueden ser rígidos, los mismos que se presentan cuando un cuerpo este guiado de tal forma que se debe mover solamente en una trayectoria definida; o también semirrígidos, los cuales se presentan cuando el sentido de movimiento de un cuerpo tiene restricciones para que se lleve a cabo solamente en esos límites; generalmente, los mecanismos producen movimientos coplanarios, helicoidales, esféricos, etcétera.

- Movimiento coplanario: se presenta en los mecanismos cuando todos los puntos de un cuerpo rígido se mueven en planos coincidentes o paralelos.
- Movimiento helicoidal: se identifica cuando cada punto de un cuerpo rígido gira alrededor de un eje fijo y al mismo tiempo tiene una traslación paralela a dicho eje, como podría ser el caso del movimiento que genera una tuerca en un perno con cuerda.
- Movimiento esférico: Cuando cualquier punto de un cuerpo rígido que se mueve alrededor de un punto fijo permanece a igual distancia de éste se dice que existe movimiento esférico. Un ejemplo podría ser un cojinete de bolas (Carrizosa Segura, 2000).

2.3.8.5. *Grados de libertad de un mecanismo*

Los grados de libertad de un mecanismo o movilidad de este, son los números de parámetros de entrada que se debe controlar independientemente con el fin de llevar al mecanismo a una posición específica.

Según Shigley et al. (1983), si un mecanismo plano posee n eslabones, cada uno de ellos, antes de conectarse, poseerá tres grados de libertad, excepto el eslabón fijo o bancada. Luego antes de conectarse, el número de grados de libertad estarán dados por la siguiente ecuación:

$$3(n - 1) \tag{13}$$

Sin embargo, a medida que se agregan más eslabones, se está restringiendo el movimiento relativo que se tiene entre ellos, por lo que se debe emplear la ecuación de Gruebler que describe sus grados de libertad y se muestra a continuación:

$$m = 3(n - 1) - 2j_p - j_h \quad (14)$$

Dónde:

m : grados de libertad del mecanismo.

n : numero de eslabones del mecanismo.

j_p : número total de uniones principales (uniones de pernos o de correderas)

j_h : número total de uniones de orden superior (unión de levas o engranes)

Los eslabonamientos con grados de libertad iguales a cero o negativos se conocen como mecanismos bloqueados, los cuales son incapaces de moverse y formar una estructura, en cambio los eslabonamientos con múltiples grados de libertad necesitan más de un impulsor para lograr su posicionamiento con mayor precisión (Myszka, 2012).

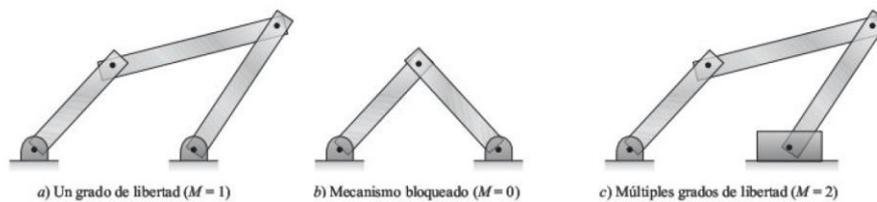


Figura 26-2. Mecanismos y estructuras con movilidad variable.

Fuente: (Myszka, 2012)

2.3.8.6. *Sistemas articulados*

Los mecanismos presentan diversas articulaciones de acuerdo con el movimiento que se requiera, por ello se clasifican en los siguientes:

2.3.8.7. *Mecanismo de cuatro eslabones articulados.*

Es uno de los mecanismos más usuales en la ingeniería, sin embargo, se deben considerar correctamente las proporciones de los eslabones y evitar los puntos muertos ya que generan posiciones extremas, en las cuales el sistema puede bloquearse. Tal como se muestra en la figura 27-2, dónde si la línea de acción de la fuerza motriz se dirige a lo largo del eslabón 4 se presenta esta disposición de bloqueo.

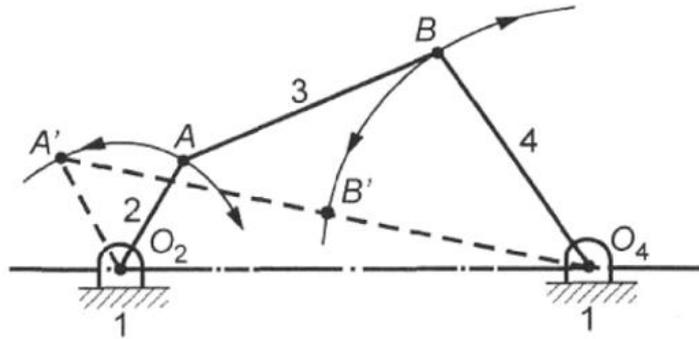


Figura 27-2. Esquema del mecanismo de cuatro barras.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

También se debe considerar el Angulo de transmisión formado entre el eslabón conector AB y el eslabón final BO4, representado por la letra x el mismo que se obtiene mediante la siguiente ecuación:

$$\cos(x) = \frac{b_1^2 + b_2^2 - b_3^2 - b_4^2 - 2 * b_1 * b_2 * \cos(a_2)}{-2 * b_3 * b_4} \quad (15)$$

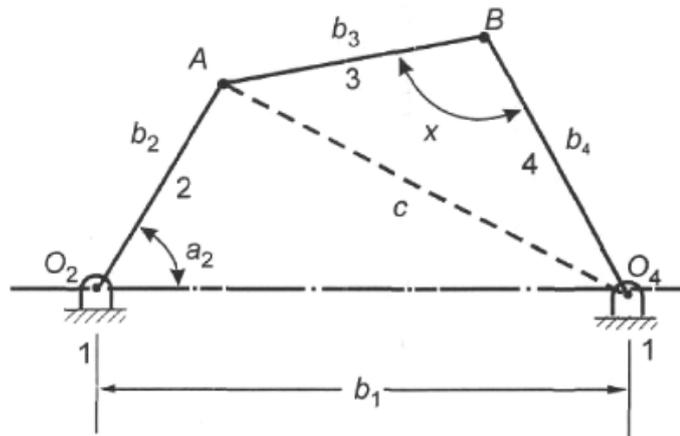


Figura 28-2. Esquema del mecanismo de cuatro barras.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

El ángulo más grande de la transmisión no debe exceder de 140° para lograr transmitir fuerzas considerables y el mínimo permitido debe ser de 40° puesto que el mecanismo puede pegarse debido a la fricción que se genera en las articulaciones los eslabones 3 y 4 representados en la Figura 28-2, pueden trabarse al alinearse uno con otro y para evitar esto se debe mantener las siguientes relaciones entre dichos eslabones.

$$2 \text{ y } 4 > 1; (2 - 1) + 3 > 4; (4 - 1) + 2 > 3$$

El movimiento de este tipo de mecanismos tiene tres derivaciones, denominadas por los términos siguientes: "balancín de manivela", si el eslabón 2 gira completamente y el eslabón 4 solamente

oscila; "doble manivela", si el eslabón 2 y el 4 giran completamente, y "doble balancín", si los eslabones 2 y 4 solamente oscilan (Carrizosa Segura, 2000).

Se debe emplear la ecuación de Grashof que indica que si la suma de las longitudes del eslabón más largo y el corto es menor a la suma de las longitudes de los dos eslabones restantes se tendrá:

- Dos balancines de manivelas distintos, cuando el eslabón corto es la manivela y uno de los otros dos es el eslabón fijo.
- Doble manivela, cuando el eslabón fijo sea el más corto.
- Doble balancín, cuando el eslabón que esta opuesto al más corto sea el fijo.

2.3.8.8. Mecanismo de corredera-manivela

Mecanismo usado convencionalmente en los vehículos con motor de combustión interna, en dónde la ecuación 18 representa el desplazamiento que presenta la corredera en función de sus ángulos y eslabones.

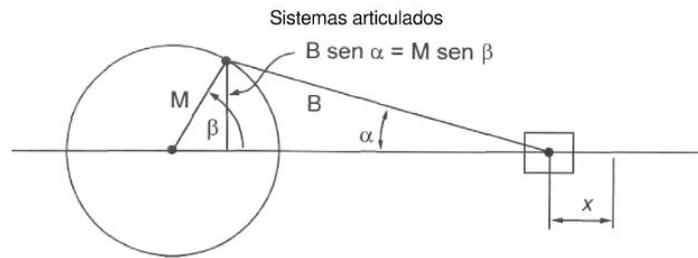


Figura 29-2. Esquema del mecanismo de corredera-manivela.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

$$x = M + B - M \cos \beta - B \cos \alpha \quad (16)$$

$$x = M(1 - \cos \beta) + B(1 - \cos \alpha) \quad (17)$$

$$x = M(1 - \cos \beta) + B \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{M}{B} \right)^2 \sin^2 \beta} \right] \quad (18)$$

2.3.8.9. Mecanismo de retorno rápido de eslabón de arrastre

Este se deriva de un mecanismo de cuatro barras articuladas dónde el eslabón 2 se mueve con velocidad angular constante en el sentido horario, el eslabón 4 se mueve con velocidad angular

variable y el eslabón 6, que representa un martinete, se mueve con velocidad lineal constante, además de lenta, en su carrera ascendente y rápida en su carrera descendente. En la figura 30-2 se representa un ejemplo.

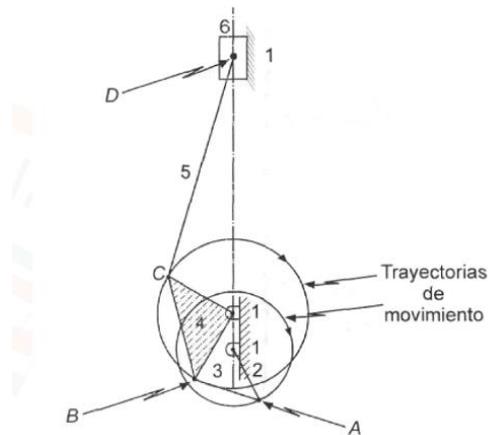


Figura 30-2. Esquema del mecanismo de retorno rápido.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

2.3.8.10. Mecanismo de retorno rápido de biela-manivela descentrado

El cual permite un movimiento rápido de retorno, pero con un espacio recorrido muy pequeño. En la siguiente figura se detalla un ejemplo.

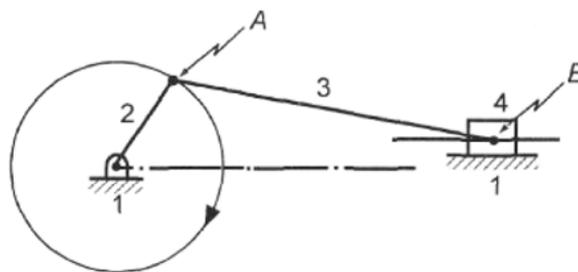


Figura 31-2. Esquema del mecanismo de retorno rápido biela-manivela descentrado.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

2.3.8.11. Mecanismo de retorno rápido Whitworth

El cual es una variante de la primera inversión del mecanismo biela-manivela, pero se mantiene fija la manivela. El eslabón 2 y el 4 giran revoluciones completas como se observa en la Figura 32-2.

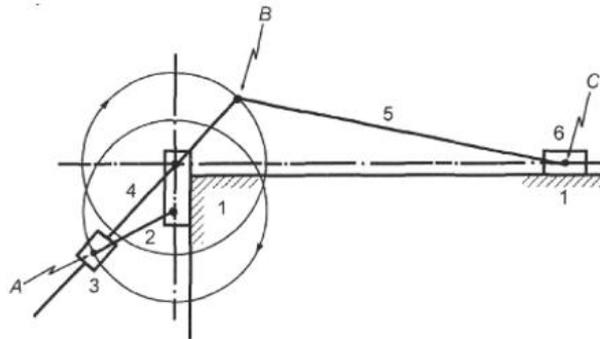


Figura 32-2. Esquema del mecanismo de retorno rápido Whitworth.

Fuente: (Carrizosa Segura, 2000)

2.4. DISEÑO CAM

El término CAM, manufactura asistida por Computador o “Computer Aided Manufacturing”, se define como la utilización de sistemas informáticos que sirven para la planificación, gestión, y control de la gran mayoría de operaciones de una industria de fabricación. Es decir, es un sistema que permite el uso de las computadoras en el proceso de control de fabricación industrial, priorizando su automatización.

2.4.1. Software CAM

Originalmente el software utilizado para los sistemas de manufactura asistidos por computador se desarrollaba con lenguajes informáticos como FORTRAN, ALGOL, pero al utilizar los métodos de programación orientados a objetos, esta forma de desarrollar ha cambiado radicalmente.

2.4.2. Ventajas y desventajas de utilizar software CAM

Las principales ventajas del software CAM son las siguientes.

- Elevan la productividad de manera considerable.

- Ejecución correcta de trabajos complejos.
- Disminución considerable de tiempos muertos.
- Nivel elevado de precisión.
- Alta grado de confiabilidad.
- Alta grado productividad.
- Alto coeficiente de eficiencia en el uso de materiales
- El personal puede enfocarse en tareas que agreguen valor a la empresa.
- Aumento considerable en la productividad del diseño.
- Altas mejorías en la calidad del diseño.
- Reducción en tiempos de diseño y de respuesta.
- Reducción en el consumo de telas.
- Alto grado de representación y patrones automáticos.
- Disminución considerable en el tiempo de manufactura.
- Nivel de aumento elevado en la flexibilidad de manufactura.
- Mejoras considerables en la calidad.
- Reducción de materiales

Entre las desventajas del software CAM se tiene.

- Falta de conocimiento tanto del sistema como del equipo.
- Costo de adquisición.
- Costo de mantenimiento.
- Sobredimensionamiento del software.
- Requiere de información precisa (Castellanos, B., & Granizo, J., 2021)

2.5. PROTOCOLO DE PRUEBAS

Un protocolo es un reglamento o una serie de instrucciones que se fijan por tradición o por convenio. Partiendo de este significado, es posible emplear la idea en diferentes contextos. Un protocolo puede ser un documento o una normativa que establece cómo se debe actuar en ciertos procedimientos. De este modo, recopila conductas, acciones y técnicas que se consideran adecuadas ante ciertas situaciones. (Malla, J., & Samaniego, F., 2017)

2.5.1. *Tamaño de la muestra.*

Es un subconjunto de la población y contiene elementos en los cuales debe estudiarse la característica de interés para la población. (Rodríguez, L., 2007)

2.6. Unidad de tratamiento (FRL)

La unidad de tratamiento o mantenimiento es un conjunto de elementos de acondicionamiento constituido por un filtro (F), un regulador de presión (R) y un lubricador (L), su función es garantizar una buena calidad de aire comprimido, filtrando partículas que se encuentran en el aire, el condensado o aceite del compresor, también proporcionan de una presión uniforme a todos los componentes neumáticos (Castillo Jiménez, 2011).



Figura 33-2. Unidad FRL.

Fuente: (Castillo Jiménez, 2011)

2.7. Mantenimiento de equipos

El Mantenimiento aparece como un conjunto de acciones que tienen como objetivo:

- Aumentar el buen funcionamiento de las instalaciones.
- Reducir costos.
- Prolongar la vida útil de los equipos.
- Contribuir a mejorar la calidad.
- Mejorar la seguridad del personal.
- Contribuir al medio ambiente.
- Evitar toda pérdidas.

Con esto no sólo repara las averías que se producen, sino que se evita daños mayores y se prolonga la vida útil de los equipos.

2.7.1. Objetivo de mantenimiento

El principal objetivo es conseguir un máximo nivel de disponibilidad de las instalaciones productivas, compatible con los niveles de calidad exigidos, al mínimo costo posible, con el mayor nivel de seguridad para el personal y con una mínima degradación del medio ambiente. Se debe ofrecer un producto para cubrir las necesidades de reparación de anomalías que surjan e incluso las correcciones para que no lleguen a producirse.

En el mantenimiento debe estudiar las posibles averías que se pueden presentar en las instalaciones y, en consecuencia, tendrá que desarrollar los procesos para lograr un buen sistema de conservación y reparaciones.

2.7.2. Sistema de mantenimiento

Un buen sistema de mantenimiento no puede estar concebido en la base de reparar averías, debe tratar de evitarlas. Para ello será necesario conocer las causas que pueden originar las fallas y analizar las causas que las provocan a efectos de realizar las acciones que puedan evitarlas (Boero, 2020).

2.7.3. Tipos de mantenimiento

Los distintos tipos de mantenimiento dependen de la modalidad en que se realiza la intervención. Se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Correctivo: son los que se aplican una vez aparecida la falla.
- Predictivo: los que tratan de prevenirla antes de su aparición
- Modificativo: los que tratan de eliminarla.

2.7.3.1. Mantenimiento correctivo

La intervención se realiza con motivo de la avería, por tanto, el operador del equipo avisa de la falla e interviene el personal de mantenimiento. La avería se produce cuando se está utilizando y es necesario el equipo para realizar la producción. En muchos casos, el usuario no informa de la falla para poder seguir con la producción (Boero, 2020).

Las variables son muy difíciles de predecir debido a que corresponden a las frecuencias de las averías e importancia de la falla. En consecuencia, este tipo de mantenimiento resulta costoso por los siguientes factores:

- Necesidad de exceso de personal.
- Disponibilidad de especialistas de distintas áreas.

- Gran surtido de repuestos.
- Reparaciones costosas e inseguras.
- Mayor duración de las intervenciones.

Dentro de la industria siempre habrá averías imprevistas que escapan a cualquier predicción y, estos tipos de intervenciones de urgencia siempre serán requeridas por esto en la planificación del sistema de gestión se debe considerar este tipo de mantenimiento.

2.7.3.2. *Mantenimiento Preventivo*

Este sistema implica conocer el estado actual de cada equipo y sus componentes. Mediante esta base se programa el mantenimiento correctivo en el momento más oportuno. Las principales ventajas son las siguientes:

- Disminuir la frecuencia de las paradas.
- Aprovechar la intervención para realizar varias reparaciones.
- Realizar las intervenciones en los momentos oportunos de producción y mantenimiento.
- Disponer de los utilajes y repuestos necesarios.
- Distribuir el trabajo de mantenimiento evitando excesos o bajas en las tareas del servicio.
- Evita que las averías se aumenten.
- Disminuye los riesgos para los sistemas de seguridad.

Se debe implantar un plan de seguimiento para cada equipo. Dónde se especifique las técnicas que se aplicarán para detectar posibles anomalías de funcionamiento y la frecuencia en las que se realizarán, posterior a ello se estudia su causa y se programa la intervención.

Técnicas utilizadas para la detección de anomalías: los métodos más usuales del mantenimiento preventivo son:

- Inspecciones visuales: Consiste en verificar posibles defectos que evidencian los componentes del equipo, puede ser interna o externa con la ayuda de instrumentos para detección de fallas.
- Medición de temperatura: La generación de temperaturas superiores a las del normal indican anomalías generadas por rozamientos, falta de lubricación o pérdidas.
- Control de lubricación: El consumo excesivo de aceite es un indicador de posibles problemas, además, se verificar el estado del lubricante que esté libre de partículas metálicas, descomposición precoz, humedad u otro elemento que indique el funcionamiento incorrecto del equipo. Los análisis indicarán el grado de desgaste de los elementos lubricados.

- Medición de vibraciones: Ayuda a detectar los elementos que comienzan a deteriorarse en la instalación a causa de las vibraciones.
- Control de fisuras: Estos controles se realizan mediante líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías y corrientes inducidas. De esta manera se puede tomar decisiones sobre la sustitución o reparación de la parte dañada
- Control de la corrosión: El control de la corrosión se realiza con testigos, ultrasonidos y radiografías.

2.7.3.3. *Mantenimiento Predictivo*

Conocimiento permanente del estado y operatividad de los equipos mediante la medición de determinadas variables. El análisis de los cambios en estas variables determina la intervención o no del servicio de mantenimiento. La información que brinda el análisis de las variables permite una intervención inmediata según la necesidad del equipo. No se realiza ni antes ni después, como puede ocurrir en el mantenimiento preventivo (Boero, 2020).

Genera información adicional sobre el estado de las instalaciones, permitiendo conocer el funcionamiento de la máquina desde el punto de vista de la producción y el estado del equipo respecto a sus componentes.

Cuando se conoce en detalle el estado de los elementos se puede prever la avería y realizar la intervención teniendo en cuenta la necesidad productiva. Las etapas de la implantación requieren de las siguientes etapas:

- Parámetros que definan el comportamiento del equipo.
- Fijar los valores normales de funcionamiento.
- Fijar los valores máximos y mínimos de control.
- Equipar a los equipos del instrumental de control.
- Centralizar el sistema de información y seguimiento.

2.8. Matriz de consistencia

Tabla 8-2. Matriz de consistencia.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
Se puede optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad	Optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad	Si se logrará optimizar la eficiencia de la válvula del control con accionamiento neumático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos de pistón único regulable de 100cc a 1000cc con alimentadora por gravedad	VI	Geometría	Elementos finitos	ANSYS
			Válvula de control con accionamiento neumático		Experimental	Observación
			D1	Sellado	Medición directa	Pie de rey
			Diseño mecánico		Temperatura	Catálogo
			D2	Acabado superficial	Medición directa	Rugosímetro
			Control			
			VD.	Volumen de descarga	Medición directa	Baso de precipitación
Dosificación de líquidos viscosos	Cálculo diferencial	Integrales				
D1						
Precisión						

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

2.9. Operacionalización de Variables

Tabla 9-2. Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Válvula de control con accionamiento neumática	La válvula reguladora permite la precisión del envasado en función a su diseño mecánico y su sistema de control.	Diseño mecánico	Geometría	La geometría ira en función de las aristas de la válvula de 3 vías y dos posiciones	Comportamiento del fluido	Elementos finitos	ANSYS	
						Experimental	Observación	
			Sellado	El sellado depende de la geometría del sello y sus tolerancias de ajuste	Dimensiones	Medición directa	Pie de rey	Milímetros
				Los materiales del sello deben presentar características de grado alimenticio como norma sanitaria	Tolerancia	Medición directa	Galgas	Micras
		Acabado superficial	La rugosidad del elemento define el acabo superficial	Grado alimenticio	Temperatura	Catálogo	Grados Celsius	
					Presión	Catálogo	Pascal	
		Sistema de Control	Sensibilidad	El tiempo de respuesta es el espacio generado ente el accionamiento de pie y el cambio de posición de la válvula	Experimental	Medición directa	Cronometro	Segundos

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	DEFINICIÓN DE LOS INDICADORES	CRITERIO DE MEDICIÓN	TÉCNICA	INSTRUMENTO	ESCALA
Dosificación de líquidos viscosos	La precisión del 97 por ciento en respuesta volumétrica	Precisión	Volumen de descarga	Volumen de descarga es el valor que define la precisión del equipo.	Experimental	Medición Directa	Vaso de precipitación	Mililitros
					Gráfica apertura Vs tiempo	Cálculo diferencial	Integrales	Volumen

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Casa de la calidad. Matriz QFD

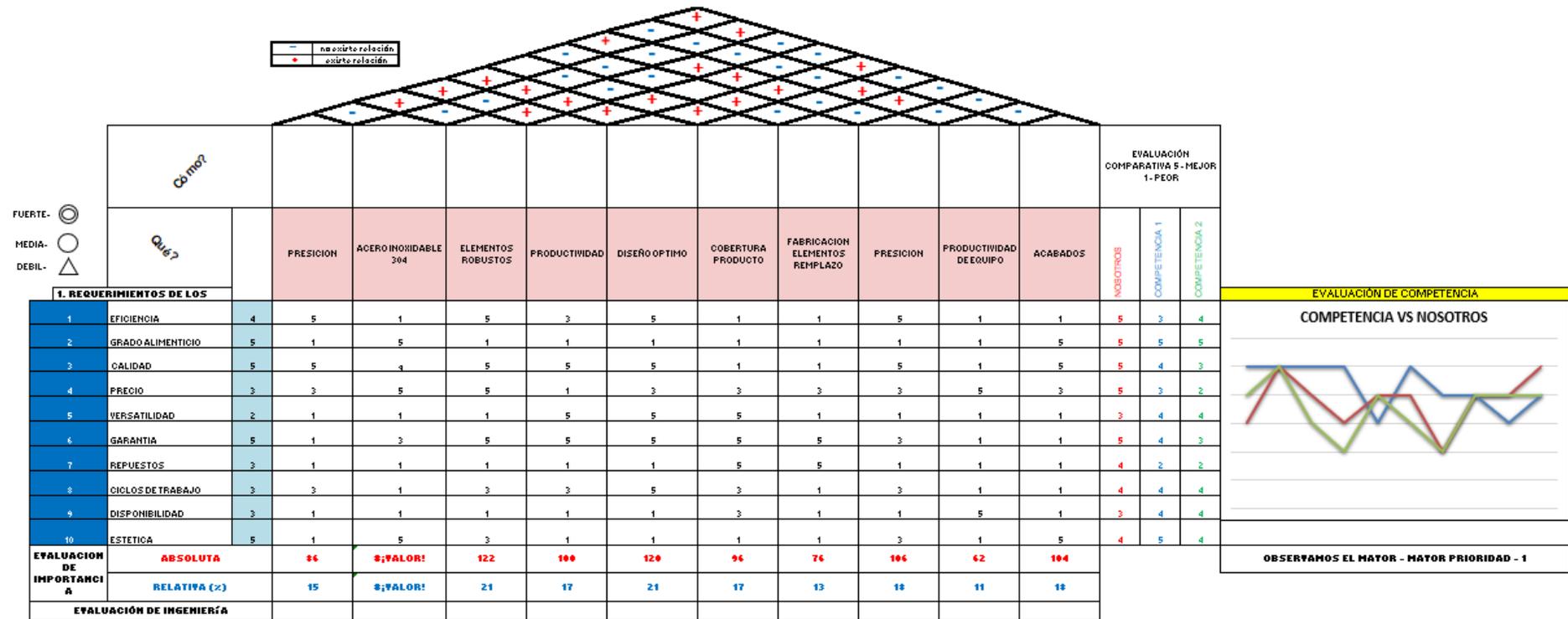


Figura 1-3. Casa de la calidad.

Fuente: Propia

3.2. Selección de la válvula de control.

3.2.1. Determinación de variables de diseño de la válvula de control

3.2.1.1. Comportamiento del fluido

3.2.1.1.1. Viscosidad

Mediante ensayos (Anexo A) para los fluidos de trabajo se determinó los valores de viscosidad que se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1-3. Viscosidad de los fluidos de trabajo.

Fluido	Temperatura (°C)	Densidad ($\frac{kg}{m^3}$)	Volumen (ml)	Viscosidad Dinámica (Pa · s)	Viscosidad Cinemática ($\frac{m^2}{s}$)
Cremas corporales (Lubriderm)	18.5	950	100	2173.137	2.28751
Shampoo (Family)	18.5	910	100	38.936	0.03933
Salsa de tomate (Marcello's)	18.5	1040	100	34.161	0.03284

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

De acuerdo con los valores de la Tabla 1-3, obtenidos mediante el uso de la técnica experimental, empleando la ecuación 7, se tiene que el fluido con mayor viscosidad es la crema corporal, por lo cual se lo considera como crítico para nuestro diseño y en base a estos datos se procede a realizar los cálculos.

3.2.1.1.2. Temperatura de trabajo.

Los rangos de temperatura locales son de una media de temperatura habituales de 8 grados centígrados en las condiciones más desfavorables en la sierra y como límite superiores 30 grados centígrados en la costa.

$$8\text{ °C} \leq t \leq 38\text{ °C}$$

Rangos de temperaturas locales

Análisis de productos seleccionados para las pruebas en el equipo tenemos

- Salsa de tomate
- Shampoo
- Crema corporal

De acuerdo con datos tomados de manera empírica durante los procesos de envasado y generando experiencia por medio de personal que realiza esta labor podemos determinar temperaturas de trabajo promedio de los diferentes materiales a trabajar.

Salsa de tomate

La salsa de tomate se produce en la sierra ecuatoriana, pero se procesa indistinta mente en todo el país tanto en la región de la costa como la de la sierra. el proceso de envasado se genera luego de un proceso de mezclado y cocción de esta. el proceso en si no da tiempo a un enfriado del mismo y se valida que la temperatura de embazado es de aproximadamente 50 grados centígrados

Temperatura de trabajo, 50 grados centígrados.

Shampo

El shampo se fabrica en todo el territorio ecuatoriano tanto en la región sierra como costa y la misma resulta de una mezcla de químicos y jabones. la temperatura de envasado de siempre se la maneja a temperatura ambiente tomemos la temperatura ambiente de la sierra debido al aumento de la viscosidad con la reducción de la temperatura.

Temperatura de trabajo, 25 grados centígrados.

Crema corporal

La crema corporal resulta de una mezcla de químicos y jabones no se ingresa temperatura a la mezcla de esta, y el envasado de esta se la realiza a temperatura ambiente, tomamos como referente la temperatura de la sierra que es la más crítica.

Temperatura de trabajo, 25 grados centígrados.

La temperatura en la que se trabajan los fluidos para generar el envase es a temperatura ambiente y tomando en referencia a la ciudad de Riobamba que se encuentra entre los 8 °C a 20.7 °C. se establece una la temperatura de 18.5 °C que es la más frecuente.

3.2.2. Selección del tipo de válvula.

Para la selección de la válvula se establecieron los criterios de funcionabilidad y eficiencia, obteniendo ventajas e inconvenientes que presentan cada una, siendo mostradas a continuación.

Tabla 2-3. Características generales y aplicaciones de algunas válvulas de control.

Válvula	Ventajas	Desventajas	Aplicaciones
Compuerta	Alta capacidad. Cierre hermético metal-metal. Coste bajo. Diseño y funcionamiento sencillo. Poca resistencia a la circulación.	Bajo control de circulación. Se requiere mucha fuerza de accionamiento, produce cavitación con baja caída de presión, en posición intermedia sufre de erosión del asiento y del disco	Servicio ON/OFF sin estrangulación. Uso poco frecuente. Servicio general, aceites, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapores, gases y líquidos no condensables, y líquidos no corrosivos
Globo	Estrangulación de manera eficiente. Carrera corta y con poco tiempo para ser accionada.	Gran caída de presión. Costo relativamente elevado, sobre todo en válvulas grandes, lo que limita su tamaño	Accionamiento frecuente en regulación continua. Servicio general de líquidos, vapores, gases y pastas semi líquidas
Diafragma	Coste bajo o medio. sin empaquetaduras. Sin fugas. Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de grumos. De rápida apertura y fácil de limpiar	Diafragma susceptible de desgaste. Elevada tensión al cerrar con la tubería llena. El empuje para cerrar herméticamente es grande, lo que limita la diferencia de presión máxima.	Servicio ON/OFF y de regulación para bajas presiones. Pastas aguadas, fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pasta semi líquidas fibrosas, lodos, alimentos y productos farmacéuticos
Bola	Coste bajo. Alta capacidad. Corte bidireccional y circulación en línea recta. Pocas fugas. Se limpia de manera autónoma. No requiere de mantenimiento constante. No lubricada. Tamaño compacto. Cierre hermético. Apertura rápida y bajo par de accionamiento	Características deficientes para la regulación en especial en aperturas grandes. Alto par de accionamiento. Susceptible al desgaste de sellos o empaquetadoras. Propensa a la cavitación, en especial en aperturas pequeñas	Servicio ON/OFF sin estrangulación, especialmente cuando se necesita la resistencia mínima a la circulación. Servicio general y altas temperaturas, de líquidos, vapores, gases y pasta semilíquida
Macho	Coste bajo. Alta capacidad y baja caída de presión a través de la válvula. Cierre hermético y accionamiento rápido	Requiere alta torsión para accionarla. desgaste del asiento. cavitación con baja caída de presión.	Servicio ON/OFF y en derivación de accionamiento frecuente. Servicio general, pasta semi líquidas y líquidos corrosivos
Mariposa	Ligera de peso, compacta y de bajo costo. Se limpia de manera autónoma. Poco mantenimiento y pocas piezas móviles. Alta capacidad. circulación en línea recta.	Alta torsión para el accionamiento. Propensa la cavitación, en especial a apertura pequeñas de la válvula.	Servicio ON/OFF y de regulación con baja caída de presión. Servicio general de líquidos, gases, pastas semi líquidas y líquidos con sólidos en suspensión.

Fuente: (Heras Jimenez, 2015)

Realizado por: Solorzano Carlos, 2022

Una vez analizados los tipos de válvulas, se tiende a seleccionar la válvula de bola debido a sus ventajas de sellado, facilidad de mecanizado y también por el alto rendimiento que proporciona al llenado de líquidos viscosos con los que se va a trabajar.

3.2.3. Sellado.

3.2.3.1. Dimensiones.

Las dimensiones se las establece de acuerdo con los requerimientos de la capacidad máxima y el tiempo de llenado que se necesita. Por ello se trabaja en función a estos dos parámetros de diseño y se lo detalla en los planos generados; en la Figura 2-3, se presenta la configuración del recubrimiento de Teflón.

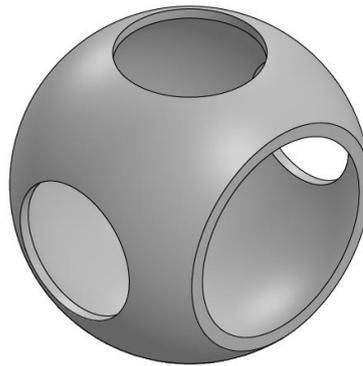


Figura 2-3. Recubrimiento de Teflón.

Fuente: Propia

El recubrimiento de teflón o politetrafluoroetileno debe ser mecanizado con el objetivo de lograr la configuración que se desea junto con el acabado superficial adecuado que garantice el sellado sin producir pérdidas de fluido con un diámetro de 70 mm y 2 mm de espesor, con tres perforaciones de carga y entrada con 30 mm de diámetro y de salida con 27 mm de diámetro, los mismos que permiten el acople de los Ferrules para mantener el recubrimiento en la posición deseada. El agujero mayor de 49 mm que permite el ingreso de la bola de acero bajo la tolerancia adecuada para obtener el ajuste óptimo.

3.2.3.2. Tolerancia

La tolerancia para el apriete de los sellos con la carcasa y de la bola de válvula son independientes de 0.02 mm respectivamente, ya que con ello se garantiza que el volumen transitado por el interior no presente fugas y que la fricción que se produzca no genere desgaste o incrementos de temperatura.

3.2.3.3. Grado alimenticio

Al tomar en cuenta la salsa de tomate se debe considerar que los materiales empleados para el asiento de la válvula de control con accionamiento neumático ya que deben presentar características de grado alimenticio bajo la certificación que ofrece la FDA (Food and Drug Administration) que establecen una gran variedad de materiales que pueden estar en contacto directo y seguro con los alimentos, para este diseño se toma en cuenta el politetrafluoroetileno o teflón que está dentro de esta certificación.

3.2.4. Acabado superficial

3.2.4.1. Número de rugosidad

El número de rugosidad es determinado mediante el uso de galgas y comparado con la **Tabla 2-3** dónde se puede determinar en el grado que corresponde según el análisis realizado. Para el mecanizado de los asientos de las válvulas en teflón se establece una rugosidad de $0.4\mu m$ o la denominación N5 según la norma ISO 1302:2002.

3.3. Sistema de control

El control automático para la máquina dosificadora de líquidos viscosos se define como un sistema de control en lazo cerrado, también es un sistema SISO referenciando a la cantidad de variables que se puede usar y se define de la siguiente manera usando un diagrama de bloques.

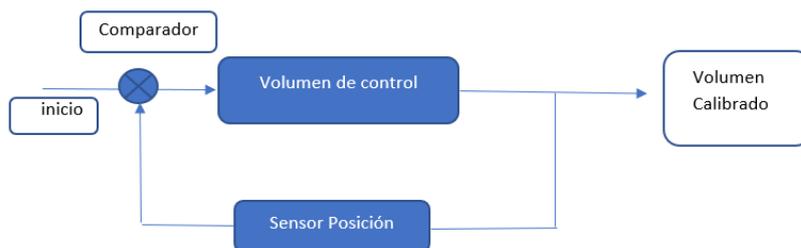


Figura 3-3. Diagrama de bloques del control para la máquina dosificadora de líquidos viscosos

Fuente: Propia

Inicio: Es el momento en el que se inicia el ciclo mediante una botonera que esta sobre la maquina

Volumen de Control: La variable dónde se realiza una acción de control mediante regulación manual, definiendo como el volumen de control a la cantidad de líquido que entrega la máquina.

Comparador: Calibración manual de volumen usando movimiento del sensor magnético montado a una varilla roscada que permite posicionamiento

Sensor de posición: Sensor magnético sobre el cilindro neumático que permite mediante su movimiento controlar el volumen de carga y descarga del pistón.

Volumen calibrado: Es el resultado final la medición de el volumen que se pide dosificar del sistema

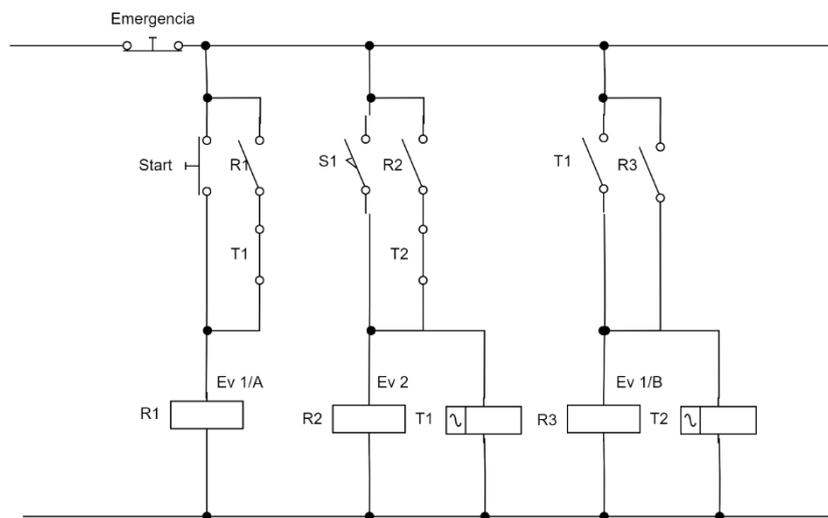


Figura 4-3. Diagrama Ladder del control de la máquina dosificadora de líquidos viscosos

Fuente: Propia

3.3.1. Determinación de mecanismos de la máquina

3.3.1.1. Mecanismos

Los mecanismos empleados para el funcionamiento de la máquina dosificadora de líquidos viscosos se basan en tres etapas del proceso.

3.3.1.1.1. Mecanismo de posicionamiento de la válvula de control

Para el cambio de posición de la válvula de 3 vías 2 posiciones a fabricar para la máquina dosificadora de líquidos viscosos, se hace el uso de un mecanismo Manivela - Corredera tipo excéntrica mediante la aplicación de un cilindro neumático de doble efecto con apoyo móvil como se puede apreciar en la **Figura 5-3**.

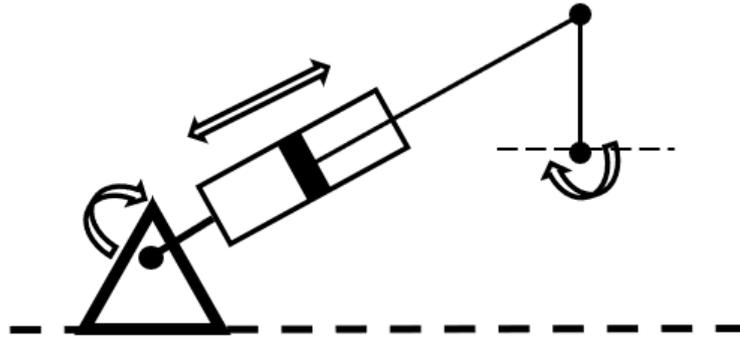


Figura 5-3. Mecanismo de posicionamiento de válvula 3-2

Fuente: Propia

3.3.1.1.2. Mecanismo de carga y descarga del pistón

Para realizar el llenado del cilindro de carga se ha optado por un mecanismo de corredera mediante el accionamiento de un cilindro pistón que se comporta como una junta de traslación fija horizontal, accionada mediante un cilindro neumático de doble efecto con apoyo fijo como se puede apreciar en la **Figura 6-3**



Figura 6-3. Mecanismo de carga y descarga

Fuente: Propia

3.3.1.1.3. Mecanismo de apertura de llenado

Para realizar la apertura de la boquilla de descarga se ha optado por un mecanismo de corredera mediante el accionamiento de un cilindro pistón que se comporta como una junta de traslación fija vertical, accionada mediante un cilindro neumático de doble efecto con apoyo fijo como se puede apreciar en la **Figura 7-3**

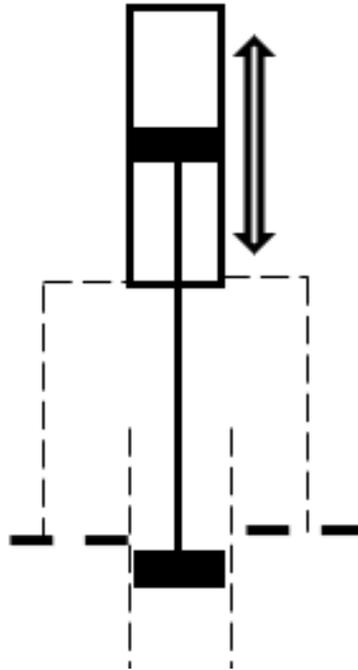


Figura 7-3. Mecanismo de apertura

boquilla de descarga

Fuente: Propia

3.3.2. Selección de componentes

Para el control de los mecanismos antes mencionados es necesario la selección de varios componentes que se describen a continuación.

Para el mecanismo de posicionamiento de la válvula se hace el uso de un cilindro neumático de doble efecto MAC 32x75 con carrera de 75 mm y una rotula en el extremo del vástago que permita el acople con la palanca de rotación de la válvula, el cilindro neumático es controlado por una válvula electroneumática 5/2 monoestable activada por un Timer que controla el tiempo de apertura.

Para el mecanismo de carga y descarga se hace el uso de un cilindro neumático de doble efecto SAU 50 X 250 con carrera de 250 mm acoplado a un pistón en el cilindro de carga controlado por una válvula electroneumática 5/3 biestable activada por un sensor magnético que controla la distancia calibrada de retracción del vástago y un Timer que controla el tiempo de extracción.

Para el mecanismo de apertura de la boquilla de descarga se hace el uso de un cilindro neumático de doble efecto SDA 20 X 25 con carrera de 25 mm acoplado a un pistón que controla la apertura

de la boquilla de descarga accionado con la misma válvula electroneumática del mecanismo de posicionamiento de la válvula 3/2 maquinada.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

La mayoría de los elementos que conforman la máquina dosificadora de líquidos viscosos está construida de acero INOX 304 grado alimenticio, en especial los que están en contacto con el producto como lo son la estructura base, la tolva de Carga, la válvula 3 vías 2 posiciones, el cilindro de carga, la boquilla de descarga, y todos los émbolos de actuadores neumáticos.

Las conexiones entre elementos antes mencionados se aplica el uso de ferrul, aun cuando estos elementos son comerciales, se evidencia una junta recta y principalmente esta junta en la entrada de los elementos, en especial en la dirección del flujo es necesario considerar una junta cónica para los cambios de sección por lo que se han maquinado todos los ferrules que conforman la válvula 3/2 y la boquilla de salida facilitando el flujo laminar en los fluidos de trabajo.

Con respecto a los anclajes de los elementos se han considerado bloques de aluminio por la facilidad del maquinado de estas piezas dado a que no se encuentran en contacto con el fluido de trabajo y cuentan con un costo más accesible, y pernería de acero INOX 304 para la sujeción de todos los elementos.

Los cilindros neumáticos están alimentados por aire comprimido proveniente de un compresor hacia una línea neumática con manguera de poliuretano color azul de 6 mm con uniones de racores controlando la presión de trabajo y humedad por una estación de servicio, los cilindros que se encargan la apertura de la boquilla de descarga y el cambio de posición de la válvula 3/2 son accionados por una válvula electroneumática 5/2 monoestable la cual es activada por un Timer para el tiempo de trabajo establecido.

El cilindro que se encarga de la carga y descarga del producto es accionado por una válvula electroneumática 5/3 biestable dado que es necesario controlar el recorrido de este para distintos volúmenes de carga, activada por un sensor magnético para la carga del producto y un Timer para la descarga del fluido de trabajo, este cilindro neumático cuenta con una válvula reguladora de presión y flujo ya que es necesario controlar la velocidad del fluido para obtener un flujo laminar principalmente en la descarga.

El volumen de trabajo es controlado mediante un sensor magnético el cual se regula por una varilla roscada manualmente y una regla calibrada para los centímetros cúbicos a dosificar, el

accionamiento del proceso se lo realiza con un botón de inicio antes de cada proceso de dosificación.



Figura 1-4. Máquina dosificadora de Líquidos Viscosos.

Fuente: Propia

4.2. Capacidades de llenado del cilindro contenedor.

La tolva de carga tiene una capacidad de 5000 centímetros cúbicos para fluido de trabajo los cuales se pueden dosificar en las cantidades deseadas desde 100cc hasta 1000cc como se detalla en el título de esta investigación.

Con la ayuda del sensor magnético se puede regular la capacidad de dosificación del fluido de trabajo según lo requerido con la ayuda de la regla calibrada desde 100cc hasta 1000cc marcado en intervalos de 100cc.



Figura 2-4. Sensor magnético calibrador de volumen de carga

Fuente: Propia

4.3. Procedimiento de llenado de distintos volúmenes de trabajo.

Dado a que la máquina es sensible a los cambios de presión y flujo de aire para la calibración del volumen de dosificación esta se calibra entre 40 y 45 PSI de presión y un flujo bajo en la válvula de carrera del cilindro de carga.

Girando la perilla que controla el giro de la varilla roscada hacia abajo, para posicionar el sensor magnético en el volumen de fluido deseado, el sensor magnético se desplaza hacia el frente de la máquina disminuyendo la carrera del cilindro neumático con esto calibrando un menor volumen de trabajo. Girando la perilla hacia arriba el sensor magnético se desplaza hacia el lado posterior de la máquina aumentando la carrera del cilindro neumático con esto calibrando un mayor volumen de trabajo.

4.3.1. Determinación del tamaño de la muestra.

Se ha realizado el cálculo de la cantidad de descargas que se pueden realizar con la tolva llena, para cada intervalo de dosificación, con ello se ha determinado el mayor número de descargas para la dosificación de 100 cc y se ha realizado el cálculo del tamaño de la muestra máximo con el cual se determinará el error de dosificación.

Tabla 1-4. Cálculo del tamaño de la muestra para pruebas.

Cálculo del tamaño de la muestra				
Población (N)			Nivel de confianza (Z)	Error (e)
Cap. Tolva (cc)	Descarga (cc)	Descargas / Tolva	95%	3%
4100	100	41	1,96	0,03
4100	200	20,5	p	q
4100	300	13,67	50%	50%
4100	400	10,25	0,5	0,5
4100	500	8,20	Tamaño de muestra	
4100	1000	4,10	n	39,52

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

4.3.2. Obtención de la precisión de llenado de distintos volúmenes de trabajo.

Para obtener la precisión de llenado en la dosificación de distintos volúmenes de trabajo se realizaron 40 descargas de muestra, las cuales se calculan el peso de cada una para obtener un valor de volumen real dividiéndolo para su densidad tanto calculada como teórica obteniendo así un error calculado para el volumen deseado menor al 3% dando una eficiencia mayor al 97% como se estipula en los objetivos de este documento, los cálculos se muestran a continuación.

Tabla 2-4. Cálculo de precisión de la válvula para 100cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE											
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =			100,00	(cm ³) o (ml)		n=	40		
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C					DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C				
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³		
		W ESPERADO			104	gr	W ESPERADO		106	gr	
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos					
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs.	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) o (ml)	Error Abs.	Error %	$\sum Error_{Abs}$		
1	105	100,96	0,96	0,96%	0,96	99,06	0,94	0,94%	0,94		
2	103	99,04	0,96	0,96%	1,92	97,17	2,83	2,83%	3,77		
3	104	100,00	0,00	0,00%	1,92	98,11	1,89	1,89%	5,66		
4	104	100,00	0,00	0,00%	1,92	98,11	1,89	1,89%	7,55		
5	105	100,96	0,96	0,96%	2,88	99,06	0,94	0,94%	8,49		
6	106	101,92	1,92	1,92%	4,81	100,00	0,00	0,00%	8,49		
7	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	10,38		
8	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	12,26		
9	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	14,15		
10	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	16,04		
11	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	17,92		
12	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	19,81		
13	104	100,00	0,00	0,00%	4,81	98,11	1,89	1,89%	21,70		
14	105	100,96	0,96	0,96%	5,77	99,06	0,94	0,94%	22,64		
15	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	24,53		
16	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	26,42		
17	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	28,30		
18	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	30,19		
19	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	32,08		
20	104	100,00	0,00	0,00%	5,77	98,11	1,89	1,89%	33,96		
21	103	99,04	0,96	0,96%	6,73	97,17	2,83	2,83%	36,79		
22	104	100,00	0,00	0,00%	6,73	98,11	1,89	1,89%	38,68		
23	104	100,00	0,00	0,00%	6,73	98,11	1,89	1,89%	40,57		
24	103	99,04	0,96	0,96%	7,69	97,17	2,83	2,83%	43,40		
25	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	45,28		
26	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	47,17		
27	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	49,06		
28	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	50,94		
29	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	52,83		
30	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	54,72		
31	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	56,60		
32	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	58,49		
33	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	60,38		
34	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	62,26		
35	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	64,15		
36	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	66,04		
37	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	67,92		
38	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	69,81		
39	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	71,70		
40	104	100,00	0,00	0,00%	7,69	98,11	1,89	1,89%	73,58		
		\sum	7,69	7,69%		\sum	73,58	73,58%			
		Error Abs. Calc	0,1923	(cm ³) o (ml)		Error Abs. Teórico	1,8396	(cm ³) o (ml)			
		E % Calc	0,19%			E % Teórico	1,84%				
		Precisión Calc.	99,808%			Precisión Teórica	98,160%				

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 3-4. Dosificación 100cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 3-4. Cálculo de precisión de la válvula para 200cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE										
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =		200,00	(cm ³) o (ml)	n=	40			
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C				DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C				
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³	
		W ESPERADO		208	gr	W ESPERADO		212	gr	
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos				
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs.	Error %	$\sum Error Abs$	Vol. Teo (cm ³) o (ml)	Error Abs.	Error %	$\sum Error Abs$	
1	208	200,00	0,00	0,00%	0,00	196,23	3,77	1,89%	3,77	
2	210	201,92	1,92	0,96%	1,92	198,11	1,89	0,94%	5,66	
3	208	200,00	0,00	0,00%	1,92	196,23	3,77	1,89%	9,43	
4	208	200,00	0,00	0,00%	1,92	196,23	3,77	1,89%	13,21	
5	208	200,00	0,00	0,00%	1,92	196,23	3,77	1,89%	16,98	
6	207	199,04	0,96	0,48%	2,88	195,28	4,72	2,36%	21,70	
7	206	198,08	1,92	0,96%	4,81	194,34	5,66	2,83%	27,36	
8	208	200,00	0,00	0,00%	4,81	196,23	3,77	1,89%	31,13	
9	208	200,00	0,00	0,00%	4,81	196,23	3,77	1,89%	34,91	
10	208	200,00	0,00	0,00%	4,81	196,23	3,77	1,89%	38,68	
11	208	200,00	0,00	0,00%	4,81	196,23	3,77	1,89%	42,45	
12	205	197,12	2,88	1,44%	7,69	193,40	6,60	3,30%	49,06	
13	207	199,04	0,96	0,48%	8,65	195,28	4,72	2,36%	53,77	
14	208	200,00	0,00	0,00%	8,65	196,23	3,77	1,89%	57,55	
15	208	200,00	0,00	0,00%	8,65	196,23	3,77	1,89%	61,32	
16	208	200,00	0,00	0,00%	8,65	196,23	3,77	1,89%	65,09	
17	209	200,96	0,96	0,48%	9,62	197,17	2,83	1,42%	67,92	
18	207	199,04	0,96	0,48%	10,58	195,28	4,72	2,36%	72,64	
19	208	200,00	0,00	0,00%	10,58	196,23	3,77	1,89%	76,42	
20	207	199,04	0,96	0,48%	11,54	195,28	4,72	2,36%	81,13	
21	207	199,04	0,96	0,48%	12,50	195,28	4,72	2,36%	85,85	
22	208	200,00	0,00	0,00%	12,50	196,23	3,77	1,89%	89,62	
23	208	200,00	0,00	0,00%	12,50	196,23	3,77	1,89%	93,40	
24	208	200,00	0,00	0,00%	12,50	196,23	3,77	1,89%	97,17	
25	208	200,00	0,00	0,00%	12,50	196,23	3,77	1,89%	100,94	
26	208	200,00	0,00	0,00%	12,50	196,23	3,77	1,89%	104,72	
27	206	198,08	1,92	0,96%	14,42	194,34	5,66	2,83%	110,38	
28	207	199,04	0,96	0,48%	15,38	195,28	4,72	2,36%	115,09	
29	207	199,04	0,96	0,48%	16,35	195,28	4,72	2,36%	119,81	
30	207	199,04	0,96	0,48%	17,31	195,28	4,72	2,36%	124,53	
31	208	200,00	0,00	0,00%	17,31	196,23	3,77	1,89%	128,30	
32	208	200,00	0,00	0,00%	17,31	196,23	3,77	1,89%	132,08	
33	208	200,00	0,00	0,00%	17,31	196,23	3,77	1,89%	135,85	
34	208	200,00	0,00	0,00%	17,31	196,23	3,77	1,89%	139,62	
35	208	200,00	0,00	0,00%	17,31	196,23	3,77	1,89%	143,40	
36	209	200,96	0,96	0,48%	18,27	197,17	2,83	1,42%	146,23	
37	210	201,92	1,92	0,96%	20,19	198,11	1,89	0,94%	148,11	
38	210	201,92	1,92	0,96%	22,12	198,11	1,89	0,94%	150,00	
39	209	200,96	0,96	0,48%	23,08	197,17	2,83	1,42%	152,83	
40	209	200,96	0,96	0,48%	24,04	197,17	2,83	1,42%	155,66	
		\sum	24,04	12,02%		\sum	155,66	77,83%		
		Error Abs. Calc	0,6010	(cm ³) o (ml)		Error Abs. Teórico	3,8915	(cm ³) o (ml)		
		E % Calc	0,30%			E % Teórico	1,95%			
		Precisión Calc.	99,700%			Precisión Teórica	98,054%			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 4-4. Dosificación 200cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 4-4. Cálculo de precisión de la válvula para 300cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE										
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =		300	(cm ³) o (ml)	n=	40			
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C				DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C				
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³	
		W ESPERADO		312	gr	W ESPERADO		318	gr	
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos				
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	
1	311	299,04	0,96	0,32%	0,96	293,40	6,60	2,20%	6,60	
2	313	300,96	0,96	0,32%	1,92	295,28	4,72	1,57%	11,32	
3	316	303,85	3,85	1,28%	5,77	298,11	1,89	0,63%	13,21	
4	312	300,00	0,00	0,00%	5,77	294,34	5,66	1,89%	18,87	
5	314	301,92	1,92	0,64%	7,69	296,23	3,77	1,26%	22,64	
6	313	300,96	0,96	0,32%	8,65	295,28	4,72	1,57%	27,36	
7	313	300,96	0,96	0,32%	9,62	295,28	4,72	1,57%	32,08	
8	314	301,92	1,92	0,64%	11,54	296,23	3,77	1,26%	35,85	
9	316	303,85	3,85	1,28%	15,38	298,11	1,89	0,63%	37,74	
10	313	300,96	0,96	0,32%	16,35	295,28	4,72	1,57%	42,45	
11	312	300,00	0,00	0,00%	16,35	294,34	5,66	1,89%	48,11	
12	312	300,00	0,00	0,00%	16,35	294,34	5,66	1,89%	53,77	
13	313	300,96	0,96	0,32%	17,31	295,28	4,72	1,57%	58,49	
14	314	301,92	1,92	0,64%	19,23	296,23	3,77	1,26%	62,26	
15	316	303,85	3,85	1,28%	23,08	298,11	1,89	0,63%	64,15	
16	312	300,00	0,00	0,00%	23,08	294,34	5,66	1,89%	69,81	
17	314	301,92	1,92	0,64%	25,00	296,23	3,77	1,26%	73,58	
18	312	300,00	0,00	0,00%	25,00	294,34	5,66	1,89%	79,25	
19	312	300,00	0,00	0,00%	25,00	294,34	5,66	1,89%	84,91	
20	311	299,04	0,96	0,32%	25,96	293,40	6,60	2,20%	91,51	
21	312	300,00	0,00	0,00%	25,96	294,34	5,66	1,89%	97,17	
22	314	301,92	1,92	0,64%	27,88	296,23	3,77	1,26%	100,94	
23	311	299,04	0,96	0,32%	28,85	293,40	6,60	2,20%	107,55	
24	316	303,85	3,85	1,28%	32,69	298,11	1,89	0,63%	109,43	
25	315	302,88	2,88	0,96%	35,58	297,17	2,83	0,94%	112,26	
26	316	303,85	3,85	1,28%	39,42	298,11	1,89	0,63%	114,15	
27	316	303,85	3,85	1,28%	43,27	298,11	1,89	0,63%	116,04	
28	313	300,96	0,96	0,32%	44,23	295,28	4,72	1,57%	120,75	
29	312	300,00	0,00	0,00%	44,23	294,34	5,66	1,89%	126,42	
30	312	300,00	0,00	0,00%	44,23	294,34	5,66	1,89%	132,08	
31	312	300,00	0,00	0,00%	44,23	294,34	5,66	1,89%	137,74	
32	314	301,92	1,92	0,64%	46,15	296,23	3,77	1,26%	141,51	
33	312	300,00	0,00	0,00%	46,15	294,34	5,66	1,89%	147,17	
34	312	300,00	0,00	0,00%	46,15	294,34	5,66	1,89%	152,83	
35	313	300,96	0,96	0,32%	47,12	295,28	4,72	1,57%	157,55	
36	314	301,92	1,92	0,64%	49,04	296,23	3,77	1,26%	161,32	
37	312	300,00	0,00	0,00%	49,04	294,34	5,66	1,89%	166,98	
38	312	300,00	0,00	0,00%	49,04	294,34	5,66	1,89%	172,64	
39	313	300,96	0,96	0,32%	50,00	295,28	4,72	1,57%	177,36	
40	314	301,92	1,92	0,64%	51,92	296,23	3,77	1,26%	181,13	
		\sum	51,92	17,31%		\sum	181,13	60,38%		
		Error Abs Calc	1,2981	(cm ³) o (ml)		Error Abs Teórico	4,5283	(cm ³) o (ml)		
		E % Calc	0,43%			E % Teórico	1,51%			
		Precisión Calc.	99,567%			Precisión Teórica	98,491%			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 5-4. Dosificación 300cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 5-4. Cálculo de precisión de la válvula para 400cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE									
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =			400	(cm ³) o (ml)	n=		40
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C				DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C			
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³
		W ESPERADO		416	gr	W ESPERADO		424	gr
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos			
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$
1	416	400,00	0,00	0,00%	0,00	392,45	7,55	1,89%	7,55
2	418	401,92	1,92	0,48%	1,92	394,34	5,66	1,42%	13,21
3	416	400,00	0,00	0,00%	1,92	392,45	7,55	1,89%	20,75
4	420	403,85	3,85	0,96%	5,77	396,23	3,77	0,94%	24,53
5	420	403,85	3,85	0,96%	9,62	396,23	3,77	0,94%	28,30
6	419	402,88	2,88	0,72%	12,50	395,28	4,72	1,18%	33,02
7	420	403,85	3,85	0,96%	16,35	396,23	3,77	0,94%	36,79
8	416	400,00	0,00	0,00%	16,35	392,45	7,55	1,89%	44,34
9	416	400,00	0,00	0,00%	16,35	392,45	7,55	1,89%	51,89
10	416	400,00	0,00	0,00%	16,35	392,45	7,55	1,89%	59,43
11	417	400,96	0,96	0,24%	17,31	393,40	6,60	1,65%	66,04
12	418	401,92	1,92	0,48%	19,23	394,34	5,66	1,42%	71,70
13	418	401,92	1,92	0,48%	21,15	394,34	5,66	1,42%	77,36
14	417	400,96	0,96	0,24%	22,12	393,40	6,60	1,65%	83,96
15	417	400,96	0,96	0,24%	23,08	393,40	6,60	1,65%	90,57
16	416	400,00	0,00	0,00%	23,08	392,45	7,55	1,89%	98,11
17	417	400,96	0,96	0,24%	24,04	393,40	6,60	1,65%	104,72
18	419	402,88	2,88	0,72%	26,92	395,28	4,72	1,18%	109,43
19	417	400,96	0,96	0,24%	27,88	393,40	6,60	1,65%	116,04
20	418	401,92	1,92	0,48%	29,81	394,34	5,66	1,42%	121,70
21	416	400,00	0,00	0,00%	29,81	392,45	7,55	1,89%	129,25
22	418	401,92	1,92	0,48%	31,73	394,34	5,66	1,42%	134,91
23	417	400,96	0,96	0,24%	32,69	393,40	6,60	1,65%	141,51
24	418	401,92	1,92	0,48%	34,62	394,34	5,66	1,42%	147,17
25	419	402,88	2,88	0,72%	37,50	395,28	4,72	1,18%	151,89
26	420	403,85	3,85	0,96%	41,35	396,23	3,77	0,94%	155,66
27	419	402,88	2,88	0,72%	44,23	395,28	4,72	1,18%	160,38
28	419	402,88	2,88	0,72%	47,12	395,28	4,72	1,18%	165,09
29	419	402,88	2,88	0,72%	50,00	395,28	4,72	1,18%	169,81
30	416	400,00	0,00	0,00%	50,00	392,45	7,55	1,89%	177,36
31	417	400,96	0,96	0,24%	50,96	393,40	6,60	1,65%	183,96
32	420	403,85	3,85	0,96%	54,81	396,23	3,77	0,94%	187,74
33	420	403,85	3,85	0,96%	58,65	396,23	3,77	0,94%	191,51
34	419	402,88	2,88	0,72%	61,54	395,28	4,72	1,18%	196,23
35	416	400,00	0,00	0,00%	61,54	392,45	7,55	1,89%	203,77
36	418	401,92	1,92	0,48%	63,46	394,34	5,66	1,42%	209,43
37	416	400,00	0,00	0,00%	63,46	392,45	7,55	1,89%	216,98
38	416	400,00	0,00	0,00%	63,46	392,45	7,55	1,89%	224,53
39	416	400,00	0,00	0,00%	63,46	392,45	7,55	1,89%	232,08
40	416	400,00	0,00	0,00%	63,46	392,45	7,55	1,89%	239,62
		\sum	63,46	15,87%		\sum	239,62	59,91%	
		Error Abs Calc	1,5865	(cm ³) o (ml)		Error Abs Teórico	5,9906	(cm ³) o (ml)	
		E % Calc	0,40%			E % Teórico	1,50%		
		Precisión Calc.	99,603%			Precisión Teórica	98,502%		

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 6-4. Dosificación 400cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 6-4. Cálculo de precisión de la válvula para 500cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE										
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =			500	(cm ³) o (ml)	n=		40	
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C			DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C					
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³	
		W ESPERADO		520	gr	W ESPERADO		530	gr	
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos				
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	
1	520	500,00	0,00	0,00%	0,00	490,57	9,43	1,89%	9,43	
2	522	501,92	1,92	0,38%	1,92	492,45	7,55	1,51%	16,98	
3	520	500,00	0,00	0,00%	1,92	490,57	9,43	1,89%	26,42	
4	520	500,00	0,00	0,00%	1,92	490,57	9,43	1,89%	35,85	
5	523	502,88	2,88	0,58%	4,81	493,40	6,60	1,32%	42,45	
6	522	501,92	1,92	0,38%	6,73	492,45	7,55	1,51%	50,00	
7	522	501,92	1,92	0,38%	8,65	492,45	7,55	1,51%	57,55	
8	521	500,96	0,96	0,19%	9,62	491,51	8,49	1,70%	66,04	
9	520	500,00	0,00	0,00%	9,62	490,57	9,43	1,89%	75,47	
10	520	500,00	0,00	0,00%	9,62	490,57	9,43	1,89%	84,91	
11	520	500,00	0,00	0,00%	9,62	490,57	9,43	1,89%	94,34	
12	519	499,04	0,96	0,19%	10,58	489,62	10,38	2,08%	104,72	
13	521	500,96	0,96	0,19%	11,54	491,51	8,49	1,70%	113,21	
14	519	499,04	0,96	0,19%	12,50	489,62	10,38	2,08%	123,58	
15	519	499,04	0,96	0,19%	13,46	489,62	10,38	2,08%	133,96	
16	519	499,04	0,96	0,19%	14,42	489,62	10,38	2,08%	144,34	
17	520	500,00	0,00	0,00%	14,42	490,57	9,43	1,89%	153,77	
18	521	500,96	0,96	0,19%	15,38	491,51	8,49	1,70%	162,26	
19	521	500,96	0,96	0,19%	16,35	491,51	8,49	1,70%	170,75	
20	521	500,96	0,96	0,19%	17,31	491,51	8,49	1,70%	179,25	
21	522	501,92	1,92	0,38%	19,23	492,45	7,55	1,51%	186,79	
22	520	500,00	0,00	0,00%	19,23	490,57	9,43	1,89%	196,23	
23	521	500,96	0,96	0,19%	20,19	491,51	8,49	1,70%	204,72	
24	521	500,96	0,96	0,19%	21,15	491,51	8,49	1,70%	213,21	
25	522	501,92	1,92	0,38%	23,08	492,45	7,55	1,51%	220,75	
26	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	230,19	
27	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	239,62	
28	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	249,06	
29	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	258,49	
30	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	267,92	
31	520	500,00	0,00	0,00%	23,08	490,57	9,43	1,89%	277,36	
32	521	500,96	0,96	0,19%	24,04	491,51	8,49	1,70%	285,85	
33	520	500,00	0,00	0,00%	24,04	490,57	9,43	1,89%	295,28	
34	521	500,96	0,96	0,19%	25,00	491,51	8,49	1,70%	303,77	
35	519	499,04	0,96	0,19%	25,96	489,62	10,38	2,08%	314,15	
36	520	500,00	0,00	0,00%	25,96	490,57	9,43	1,89%	323,58	
37	520	500,00	0,00	0,00%	25,96	490,57	9,43	1,89%	333,02	
38	520	500,00	0,00	0,00%	25,96	490,57	9,43	1,89%	342,45	
39	521	500,96	0,96	0,19%	26,92	491,51	8,49	1,70%	350,94	
40	521	500,96	0,96	0,19%	27,88	491,51	8,49	1,70%	359,43	
		Σ	27,88	5,58%		Σ	359,43	71,89%		
		Error Abs Calc	0,6971	(cm ³) o (ml)		Error Abs Teórico	8,9858	(cm ³) o (ml)		
		E % Calc	0,14%			E % Teórico	1,80%			
		Precisión Calc.	99,861%			Precisión Teórica	98,203%			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 7-4. Dosificación 500cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 7-4. Cálculo de precisión de la válvula para 1000cc con Salsa de Tomate

SALSA DE TOMATE										
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =			1000	(cm ³) o (ml)	n=		40	
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C					DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C			
		1040	Kg/m ³	1,04	gr/cm ³	1060	Kg/m ³	1,06	gr/cm ³	
		W ESPERADO		1040	gr	W ESPERADO		1060	gr	
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos				
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	
1	1040	1000,00	0,00	0,00%	0,00	981,13	18,87	1,89%	18,87	
2	1040	1000,00	0,00	0,00%	0,00	981,13	18,87	1,89%	37,74	
3	1040	1000,00	0,00	0,00%	0,00	981,13	18,87	1,89%	56,60	
4	1042	1001,92	1,92	0,19%	1,92	983,02	16,98	1,70%	73,58	
5	1041	1000,96	0,96	0,10%	2,88	982,08	17,92	1,79%	91,51	
6	1043	1002,88	2,88	0,29%	5,77	983,96	16,04	1,60%	107,55	
7	1040	1000,00	0,00	0,00%	5,77	981,13	18,87	1,89%	126,42	
8	1040	1000,00	0,00	0,00%	5,77	981,13	18,87	1,89%	145,28	
9	1039	999,04	0,96	0,10%	6,73	980,19	19,81	1,98%	165,09	
10	1040	1000,00	0,00	0,00%	6,73	981,13	18,87	1,89%	183,96	
11	1040	1000,00	0,00	0,00%	6,73	981,13	18,87	1,89%	202,83	
12	1042	1001,92	1,92	0,19%	8,65	983,02	16,98	1,70%	219,81	
13	1042	1001,92	1,92	0,19%	10,58	983,02	16,98	1,70%	236,79	
14	1043	1002,88	2,88	0,29%	13,46	983,96	16,04	1,60%	252,83	
15	1040	1000,00	0,00	0,00%	13,46	981,13	18,87	1,89%	271,70	
16	1040	1000,00	0,00	0,00%	13,46	981,13	18,87	1,89%	290,57	
17	1040	1000,00	0,00	0,00%	13,46	981,13	18,87	1,89%	309,43	
18	1041	1000,96	0,96	0,10%	14,42	982,08	17,92	1,79%	327,36	
19	1040	1000,00	0,00	0,00%	14,42	981,13	18,87	1,89%	346,23	
20	1040	1000,00	0,00	0,00%	14,42	981,13	18,87	1,89%	365,09	
21	1040	1000,00	0,00	0,00%	14,42	981,13	18,87	1,89%	383,96	
22	1041	1000,96	0,96	0,10%	15,38	982,08	17,92	1,79%	401,89	
23	1040	1000,00	0,00	0,00%	15,38	981,13	18,87	1,89%	420,75	
24	1040	1000,00	0,00	0,00%	15,38	981,13	18,87	1,89%	439,62	
25	1040	1000,00	0,00	0,00%	15,38	981,13	18,87	1,89%	458,49	
26	1039	999,04	0,96	0,10%	16,35	980,19	19,81	1,98%	478,30	
27	1040	1000,00	0,00	0,00%	16,35	981,13	18,87	1,89%	497,17	
28	1040	1000,00	0,00	0,00%	16,35	981,13	18,87	1,89%	516,04	
29	1040	1000,00	0,00	0,00%	16,35	981,13	18,87	1,89%	534,91	
30	1041	1000,96	0,96	0,10%	17,31	982,08	17,92	1,79%	552,83	
31	1040	1000,00	0,00	0,00%	17,31	981,13	18,87	1,89%	571,70	
32	1044	1003,85	3,85	0,38%	21,15	984,91	15,09	1,51%	586,79	
33	1041	1000,96	0,96	0,10%	22,12	982,08	17,92	1,79%	604,72	
34	1040	1000,00	0,00	0,00%	22,12	981,13	18,87	1,89%	623,58	
35	1040	1000,00	0,00	0,00%	22,12	981,13	18,87	1,89%	642,45	
36	1040	1000,00	0,00	0,00%	22,12	981,13	18,87	1,89%	661,32	
37	1041	1000,96	0,96	0,10%	23,08	982,08	17,92	1,79%	679,25	
38	1040	1000,00	0,00	0,00%	23,08	981,13	18,87	1,89%	698,11	
39	1040	1000,00	0,00	0,00%	23,08	981,13	18,87	1,89%	716,98	
40	1040	1000,00	0,00	0,00%	23,08	981,13	18,87	1,89%	735,85	
		\sum	23,08	2,31%		\sum	735,85	73,58%		
		Error Abs Calc	0,577	(cm ³) o (ml)		Error Abs Teórico	18,396	(cm ³) o (ml)		
		E % Calc	0,06%			E % Teórico	1,84%			
		Precisión Calc.	99,942%			Precisión Teórica	98,160%			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 8-4. Dosificación 1000cc de salsa de tomate.

Fuente: Propia

Tabla 8-4. Cálculo de precisión de la válvula para 100cc con Shampoo

SHAMPOO										
PARÁMETROS DE TABLA		VOLUMEN =			100	(cm ³) o (ml)	n=	40		
		DENSIDAD CALCULADA A 18.5 °C			DENSIDAD TEORICA A 18.5 °C					
		910	Kg/m ³	0,91	gr/cm ³	917	Kg/m ³	0,917	gr/cm ³	
		W ESPERADO			91	gr	W ESPERADO		91,7	gr
PRUEBAS		Cálculo de errores para valores calculados				Cálculo de errores para valores teóricos				
DATO	Peso medido (gr)	Vol. Calc (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	Vol. Teo (cm ³) o (ml)	Error Abs	Error %	$\sum Error_{Abs}$	
1	91	100,00	0,00	0,00%	0,00	99,24	0,76	0,76%	0,76	
2	91	100,00	0,00	0,00%	0,00	99,24	0,76	0,76%	1,53	
3	91	100,00	0,00	0,00%	0,00	99,24	0,76	0,76%	2,29	
4	93	102,20	2,20	2,20%	2,20	101,42	1,42	1,42%	3,71	
5	92	101,10	1,10	1,10%	3,30	100,33	0,33	0,33%	4,03	
6	93	102,20	2,20	2,20%	5,49	101,42	1,42	1,42%	5,45	
7	93	102,20	2,20	2,20%	7,69	101,42	1,42	1,42%	6,87	
8	91	100,00	0,00	0,00%	7,69	99,24	0,76	0,76%	7,63	
9	91	100,00	0,00	0,00%	7,69	99,24	0,76	0,76%	8,40	
10	92	101,10	1,10	1,10%	8,79	100,33	0,33	0,33%	8,72	
11	91	100,00	0,00	0,00%	8,79	99,24	0,76	0,76%	9,49	
12	91	100,00	0,00	0,00%	8,79	99,24	0,76	0,76%	10,25	
13	91	100,00	0,00	0,00%	8,79	99,24	0,76	0,76%	11,01	
14	92	101,10	1,10	1,10%	9,89	100,33	0,33	0,33%	11,34	
15	91	100,00	0,00	0,00%	9,89	99,24	0,76	0,76%	12,10	
16	93	102,20	2,20	2,20%	12,09	101,42	1,42	1,42%	13,52	
17	92	101,10	1,10	1,10%	13,19	100,33	0,33	0,33%	13,85	
18	92	101,10	1,10	1,10%	14,29	100,33	0,33	0,33%	14,18	
19	92	101,10	1,10	1,10%	15,38	100,33	0,33	0,33%	14,50	
20	92	101,10	1,10	1,10%	16,48	100,33	0,33	0,33%	14,83	
21	92	101,10	1,10	1,10%	17,58	100,33	0,33	0,33%	15,16	
22	91	100,00	0,00	0,00%	17,58	99,24	0,76	0,76%	15,92	
23	92	101,10	1,10	1,10%	18,68	100,33	0,33	0,33%	16,25	
24	92	101,10	1,10	1,10%	19,78	100,33	0,33	0,33%	16,58	
25	91	100,00	0,00	0,00%	19,78	99,24	0,76	0,76%	17,34	
26	93	102,20	2,20	2,20%	21,98	101,42	1,42	1,42%	18,76	
27	93	102,20	2,20	2,20%	24,18	101,42	1,42	1,42%	20,17	
28	91	100,00	0,00	0,00%	24,18	99,24	0,76	0,76%	20,94	
29	91	100,00	0,00	0,00%	24,18	99,24	0,76	0,76%	21,70	
30	92	101,10	1,10	1,10%	25,27	100,33	0,33	0,33%	22,03	
31	91	100,00	0,00	0,00%	25,27	99,24	0,76	0,76%	22,79	
32	91	100,00	0,00	0,00%	25,27	99,24	0,76	0,76%	23,56	
33	91	100,00	0,00	0,00%	25,27	99,24	0,76	0,76%	24,32	
34	92	101,10	1,10	1,10%	26,37	100,33	0,33	0,33%	24,65	
35	93	102,20	2,20	2,20%	28,57	101,42	1,42	1,42%	26,06	
36	92	101,10	1,10	1,10%	29,67	100,33	0,33	0,33%	26,39	
37	92	101,10	1,10	1,10%	30,77	100,33	0,33	0,33%	26,72	
38	93	102,20	2,20	2,20%	32,97	101,42	1,42	1,42%	28,14	
39	91	100,00	0,00	0,00%	32,97	99,24	0,76	0,76%	28,90	
40	93	102,20	2,20	2,20%	35,16	101,42	1,42	1,42%	30,32	
		\sum	35,16	35,16%		\sum	30,32	30,32%		
		Error Abs Calc	0,8791	(cm ³) o (ml)		Error Abs Teórico	0,7579	(cm ³) o (ml)		
		E % Calc	0,88%			E % Teórico	0,76%			
		Precisión Calc.	99,121%			Precisión Teórica	99,242%			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023



Figura 9-4. Dosificación 100cc de Shampoo.

Fuente: Propia

4.4. Tiempos de trabajo para los distintos volúmenes de dosificación.

Dado a que el flujo de aire en los cilindros neumáticos que controlan la máquina dosificadora de líquidos viscosos es constante por lo que el tiempo de dosificación variará de acuerdo con el volumen de trabajo.

Tabla 9-4. *Cálculo de tiempos para distintos volúmenes de dosificación.*

	Tiempos promedio (s)					
	100cc	200cc	300cc	400cc	500cc	1000cc
Salsa de Tomate	5,58	5,98	7,81	8,61	9,36	12,48
Shampoo	5,55	5,99	7,77	—	—	—
Crema corporal	5,61	6,03	—	—	—	—

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

4.5. Temperatura del líquido viscoso de trabajo.

Las pruebas de funcionamiento se realizaron a temperatura ambiente en la ciudad de Riobamba Ecuador la cual oscila en promedio de 18.5 °C para los diferentes fluidos dosificados trabajando así con la densidad adecuada para los cálculos realizados previamente.

CAPÍTULO V

5. PROPUESTA

5.1. Diseño CAD

Al Establecer los parámetros bajo las condiciones requeridas se llega a modelar la válvula de control de dos posiciones con tres vías, mediante el uso del software CAD (SolidWorks), logrando obtener un diseño innovador con altos estándares de calidad y rendimiento como se muestra en la Figura 1-5.

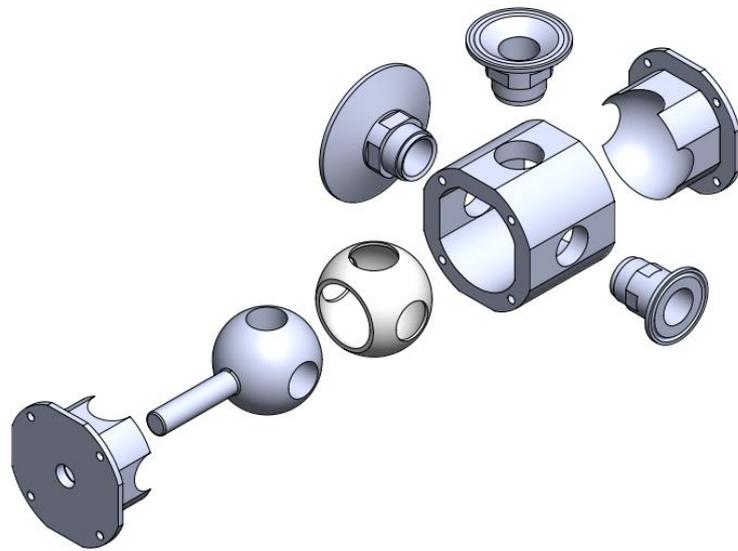


Figura 1-5. Vista explosionada válvula de control 2 vías 3 posiciones.

Fuente: Propia

El diseño se basa en una Válvula de bola mecanizada en acero inoxidable 304 al igual de su carcasa, con Ferrules desacoplables de carga, entrada y salida, los mismos que ayudan a mantener en la posición adecuada el recubrimiento de teflón (PTFE) que se encuentra como asiento de válvula, con el fin simplificar el proceso de maquinado se ha desarrollado el diseño de la válvula como se aprecia en la **Figura 1-5**. Sin perder precisión de trabajo. (Ver Planos).

5.2. Diseño CAE

Para garantizar el funcionamiento de la válvula de control, se realiza pruebas de simulación con ayuda del software ANSYS, con el uso de los módulos FLUENT permitiendo obtener resultados

bajo las condiciones requeridas en el análisis de velocidad del fluido para determinar su flujo y la energía por turbulencia generada en el proceso de llenado y dosificado.

5.2.1. Método de elementos finitos.

MEF o métodos de elementos finitos brindan análisis de piezas o sistemas, dando resultados computacionales sin necesidad de construir prototipos, por lo que económicamente es un ahorro y adicional nos permite detectar si el sistema presenta dificultades en su funcionamiento o diseño para ser corregidos inmediatamente y recalculados hasta llegar a los resultados deseados, en este caso se establece un análisis de método de volúmenes finitos, ya que se tiene fluidos como parte del análisis.

5.2.2. Simulación de fluidos FLUENT.

5.2.2.1. Preprocesamiento para la válvula de control.

El preprocesamiento se basa en la preparación del material y la geometría para la simulación. Por lo que, una vez generado el diseño en SolidWorks, se lo exporta en formato .step al Software de elementos finitos ANSYS a su módulo de simulación de fluidos FLUENT, donde se crean los materiales y fluidos con sus propiedades respectivas.

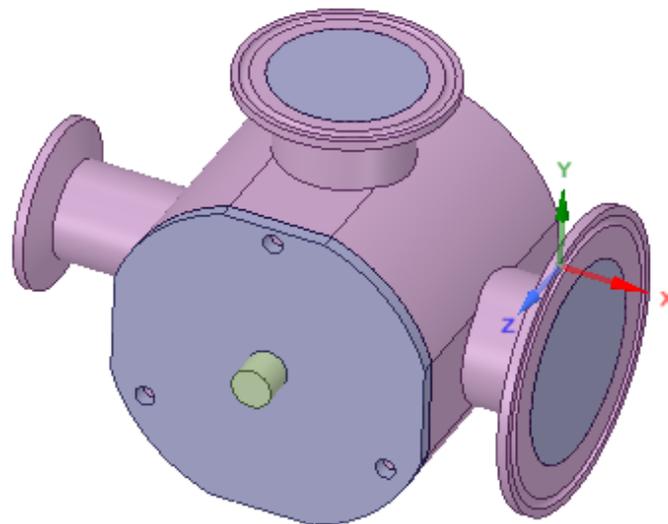


Figura 2-5. Agregar materiales y fluidos en FLUENT.

Fuente: Propia

Al generar la geometría se debe dar origen al volumen de control el cual dará la simulación de los fluidos de trabajo a emplearse. En la figura 3-5 se puede observar la válvula de bola en su posición de carga y descarga para posteriormente iniciar con el análisis.

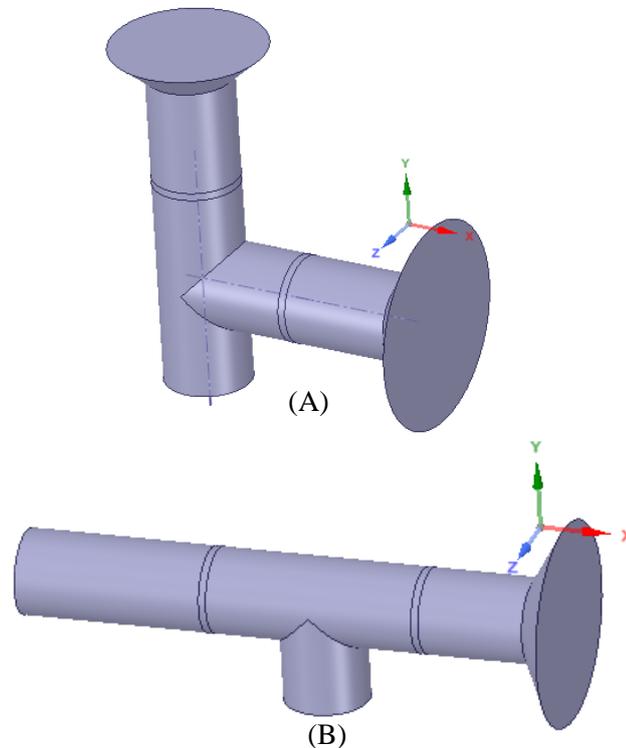


Figura 3-5. Volumen de control en posición de carga (A)

descarga (B).

Fuente: Propia

El análisis se realiza sin considerar varios elementos del ensamble general, debido a que se presentarían singularidades en el mallado y de este depende la confiabilidad de los resultados puesto que deben estar dentro de los parámetros recomendados.

Para generar el mallado se debe considerar:

- Generar el mallado por defecto del software.
- Verificar la calidad del mallado que presenta.
- Mejorar la calidad del mallado de ser necesario.
- Afinar el mallado para lograr estar dentro de los parámetros recomendados

Debido a la configuración geométrica de los elementos se deben usar parámetros especiales en lugares dónde se requiera mayor precisión de resultados obteniendo los resultados que se muestran en la figura 4-5 y 5-5.

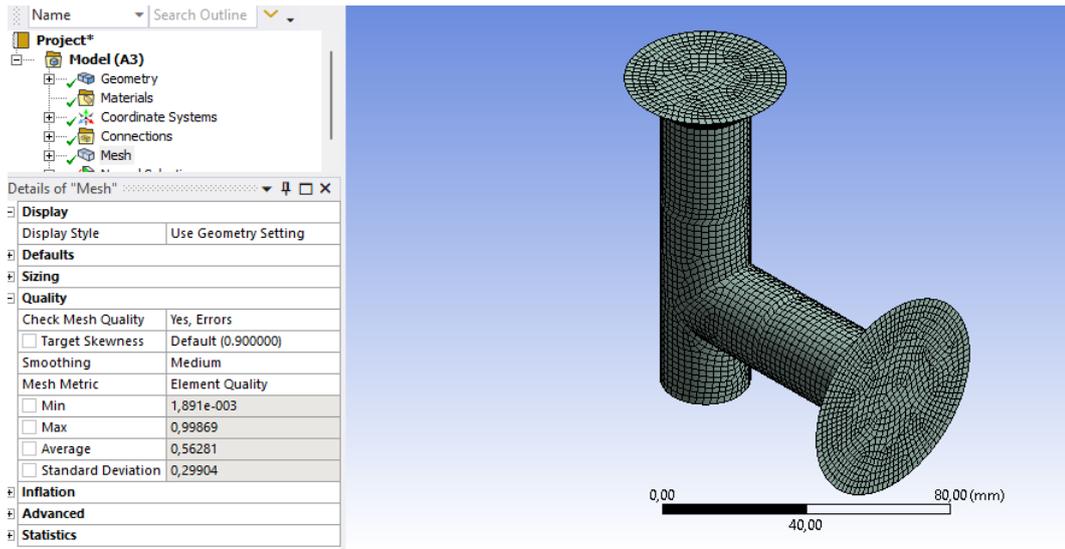


Figura 4-5. Calidad de malla del fluido en posición de carga.

Fuente: Propia

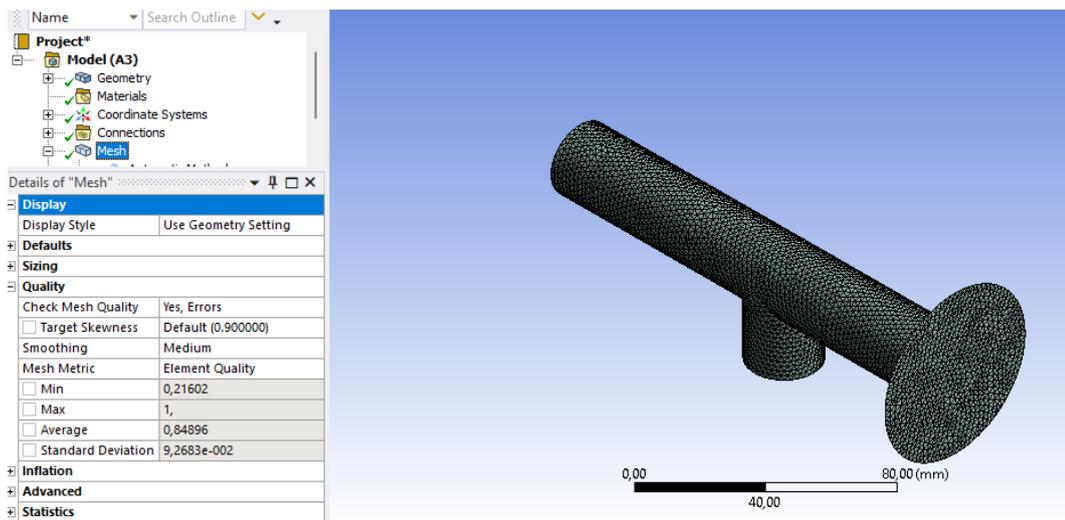


Figura 5-5. Calidad de malla del fluido en posición de descarga.

Fuente: Propia

En la figura 4-5 y 5-5 se tienen los valores de la calidad de malla obtenida que están dentro de los parámetros como se muestra en la tabla 1-5.

Tabla 1-5. Comparación de la calidad de malla según el criterio de Element Quality

Calidad Element Quality	Mínimo	Máximo	Promedio	Estándar Desviación
Valor de criterio de evaluador	0	1	1	0
Valor de criterio obtenido Figura 6-3	1,819e ⁻³	0,99869	0,56218	0,29904
Valor de criterio obtenido Figura 7-3	0,21602	1	0,84896	9,2683e ⁻²

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

5.2.2.2. Procesamiento para la válvula de control.

Luego de cumplir con la calidad de malla se procede a configurar las condiciones de frontera del volumen de control dónde se debe tener en cuenta la entrada, la salida del fluido y las paredes por dónde esté fluiré como se ilustra en la figura 6-5.

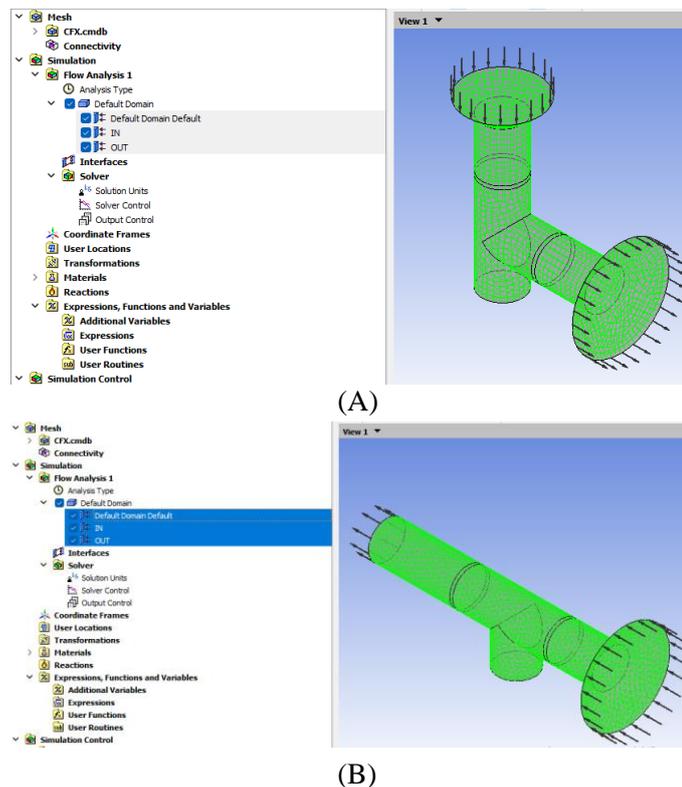


Figura 6-5. Condiciones de frontera en posición de carga (A)

descarga(B).

Fuente: Propia

Además, se debe tomar en cuenta los parámetros iniciales y finales presentes el fluido como se muestra a continuación:

Tabla 2-5. Parámetros de simulación

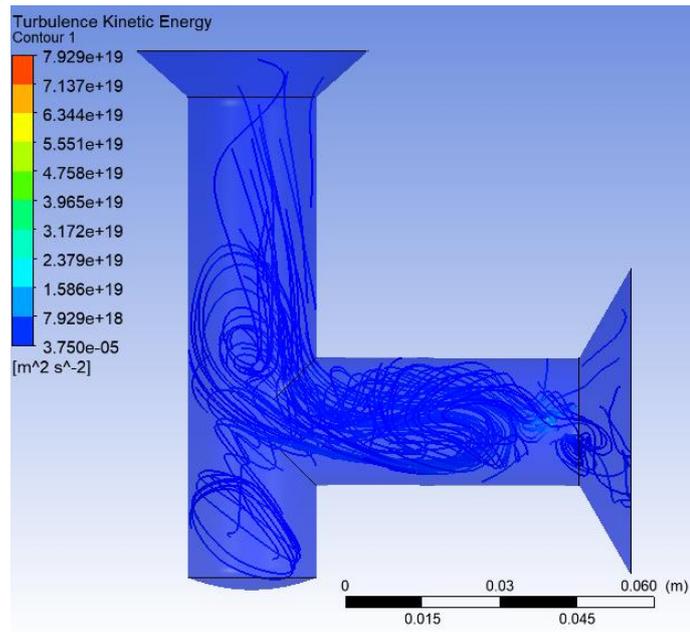
Estado	Presión	Velocidad	Temperatura
Entrada	1 atm	0.1 m/s	18.5 °C
Salida	1 atm	0.1 m/s	18.5 °C

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

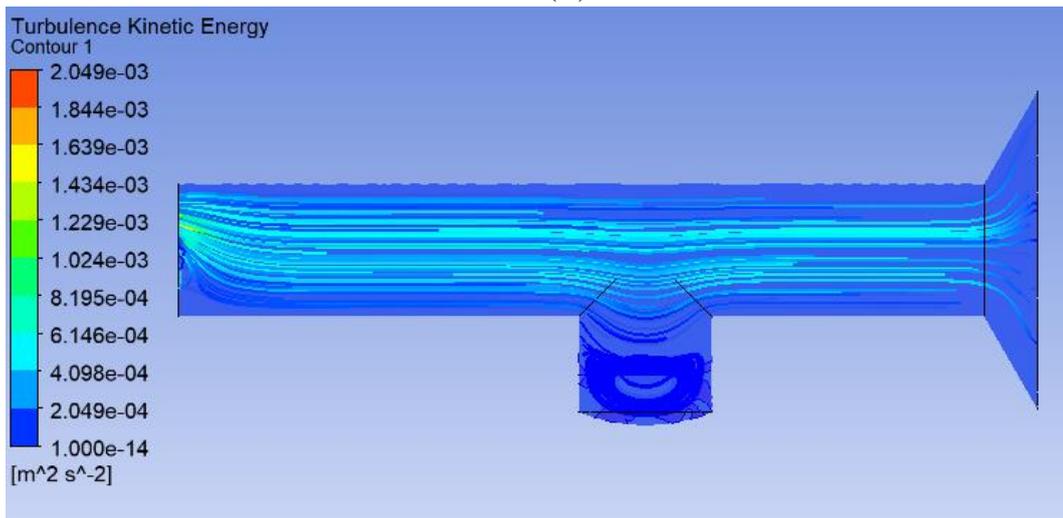
5.2.2.3. Postproceso para la válvula de control.

En este proceso se puede observar el comportamiento del fluido en el interior de la válvula de control como se muestra en las figuras, también se obtienen los resultados para los fluidos de estudio en los análisis mediante FLUENT , describiendo el movimiento y velocidad de las partículas con las líneas de trayectoria obtenidas de la simulación, así también obteniendo el contorno que refleja la energía cinética de turbulencia del fluido, comportamientos que serán detallados en el siguiente capítulo.

Crema corporal



(A)



(B)

Figura 7-5. Comportamiento de crema corporal en posición de carga (A) y descarga(B).

Fuente: Propia

Shampoo

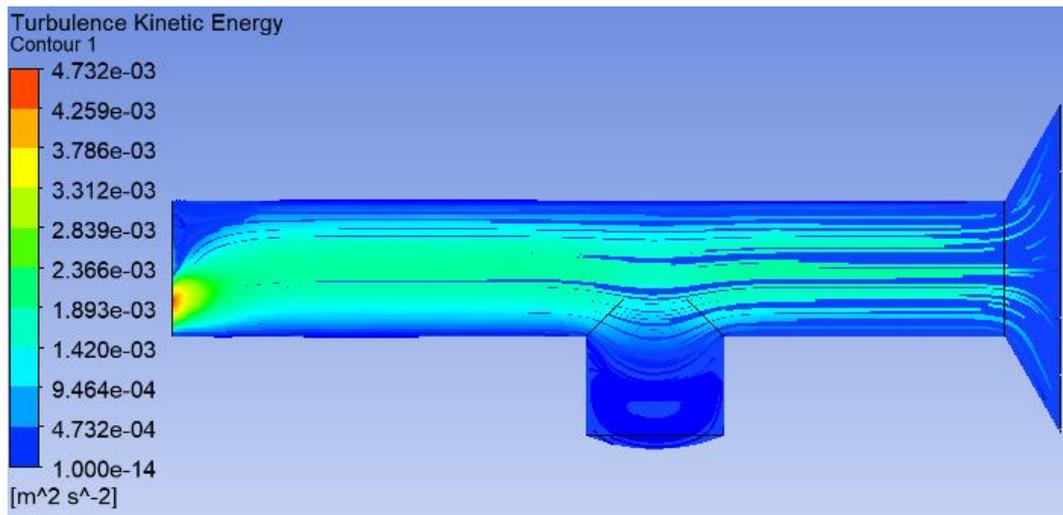
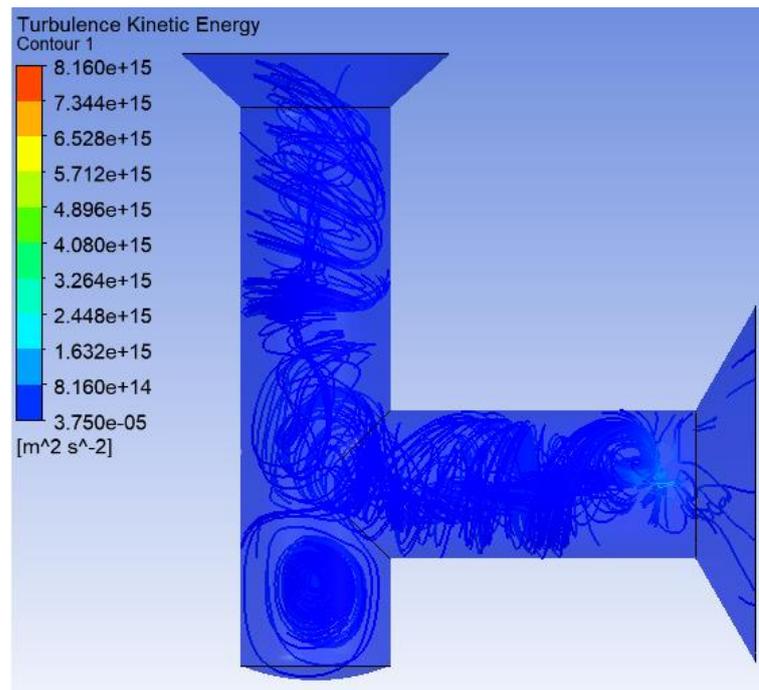
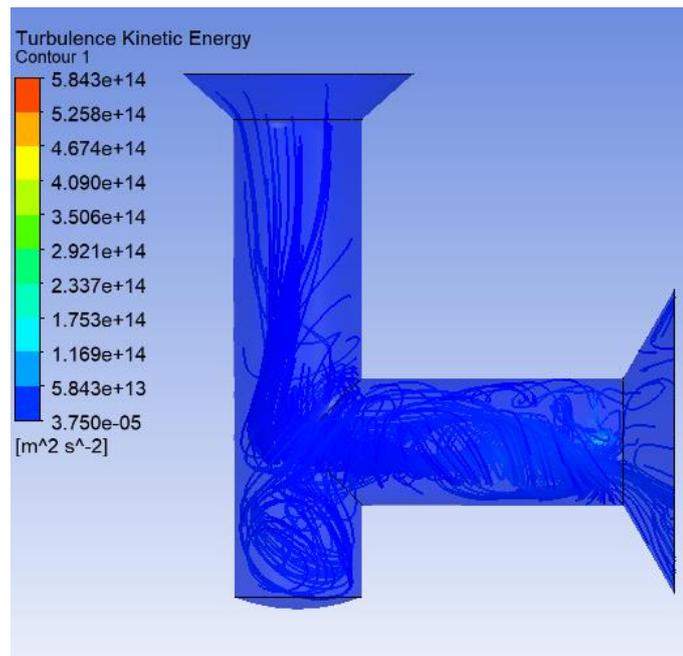


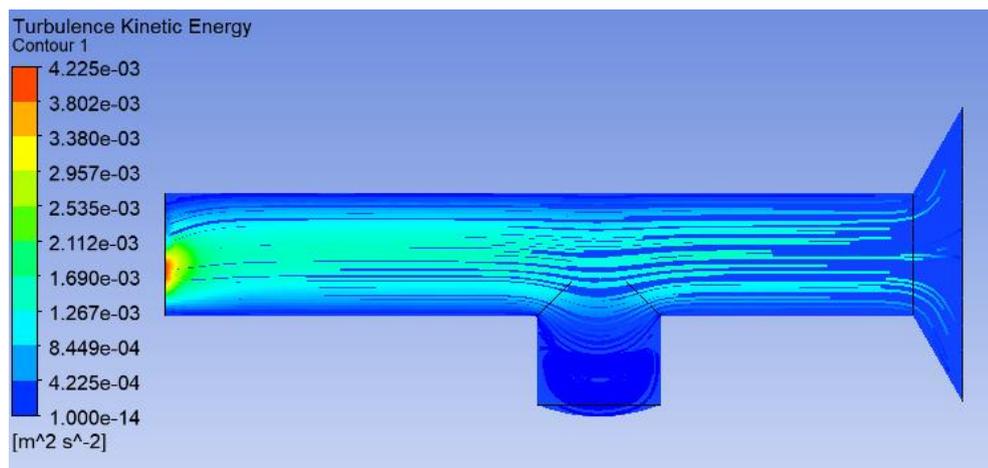
Figura 8-5. Comportamiento del Shampoo en posición de carga (A) y descarga(B).

Fuente: Propia

Salsa de tomate



(A)



(B)

Figura 9-5. Comportamiento del Salsa de tomate en posición de carga (A) y descarga(B).

Fuente: Propia

5.3. Diseño CAM

Mediante la ingeniería asistida por computadora (CAE) se obtienen datos de análisis mediante simulaciones que brindan información sobre el comportamiento de un sistema bajo las condiciones establecidas, posterior a esto se procede a la manufactura asistida por computadora (CAM) con el uso de máquinas de control numérico por computadora (CNC) que facilita este proceso gracias a la generación del código G que da las trayectorias de cada proceso a realizarse intercambiando las herramientas de trabajo según el requerimiento del mecanizado.

5.3.1. Materiales de construcción

En cuanto a los materiales usados en la fabricación de la válvula se tiene

5.3.1.1. Acero inoxidable austenítico AISI- SAE 304

El material acero inoxidable las temperaturas no afectan de ningún tipo sus dimensiones puesto cualquier tipo de acero comienza a presentar deformaciones pasado los 700 grados centígrados, además este material no pierde propiedades para el uso alimenticio.

5.3.1.2. Teflón TPFE

La resistencia de este material resulta hasta 260 grados centígrados muy por encima de la temperatura de trabajo de los equipos, además el mismo es un material diseñado para el uso y contacto con los alimentos, también este material es de fácil limpieza cuando se realiza un acabado fino en su maquinado

5.3.2. Generación de código G.

El código G fue generado en el software SOLIDWORKS, validado y corregido con el software CIMCO edit. 8, mismos que nos dan una visualización de las trayectorias que van a tener las herramientas al momento de mecanizar las distintas piezas que conforman la válvula de bola a implementar como se muestra en las figuras a continuación.

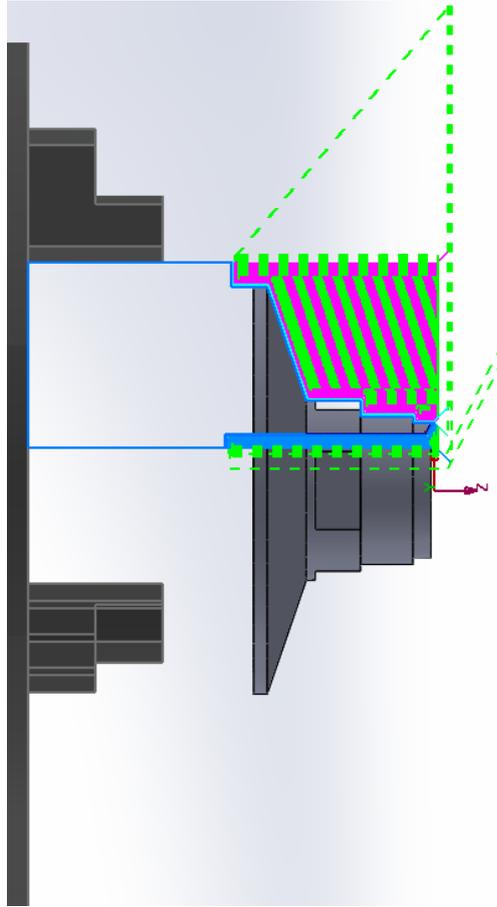


Figura 10-5. Trayectoria generada para los Ferrules.

Fuente: Propia

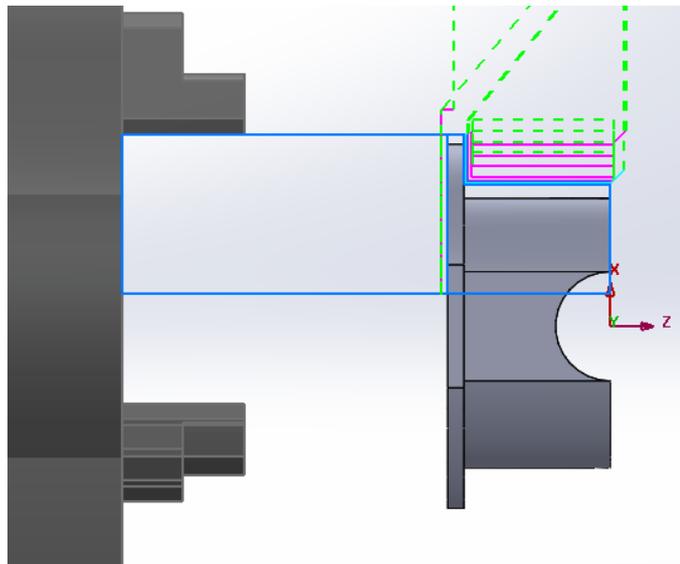


Figura 11-5 Trayectoria generada para las tapas de Válvula.

Fuente: Propia

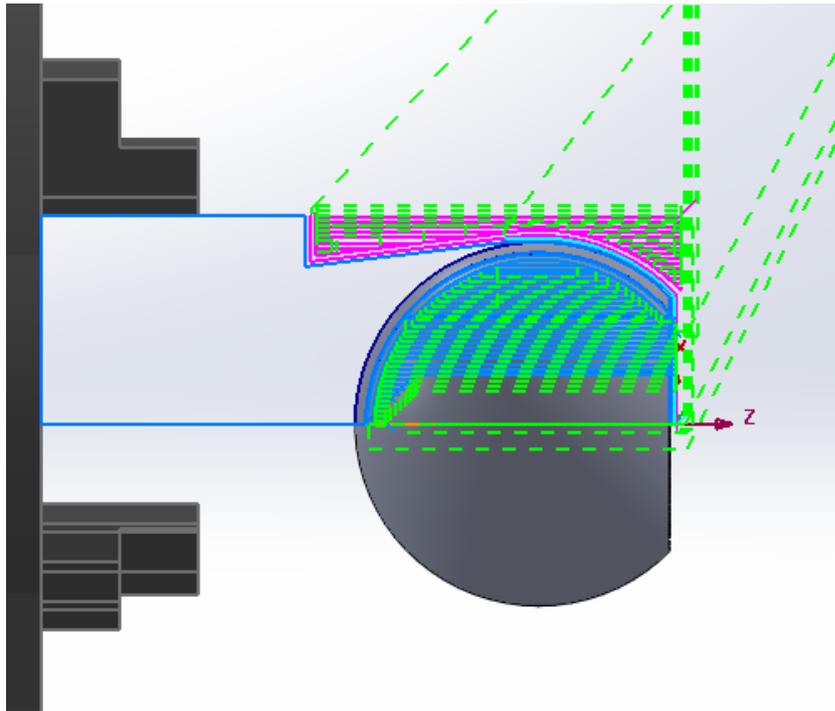


Figura 12-5. Trayectoria generada para el recubrimiento de bola.

Fuente: Propia

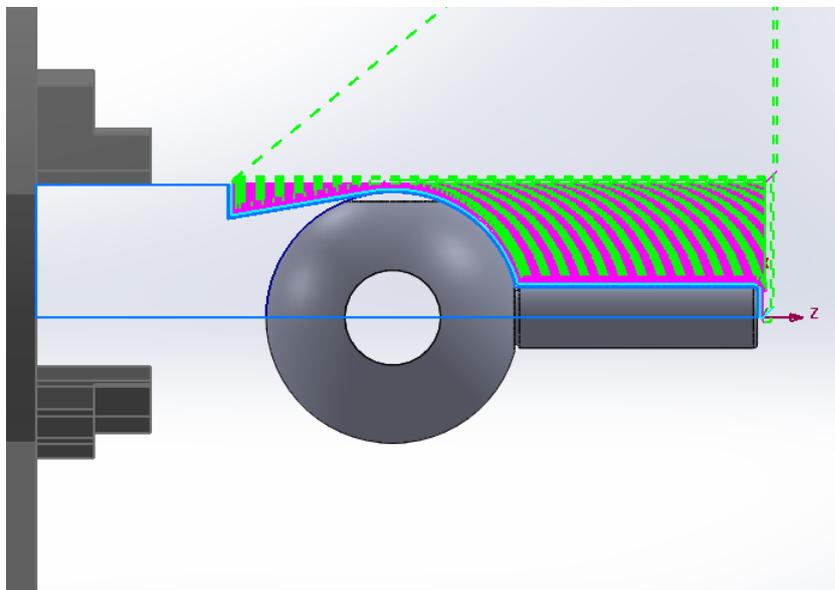


Figura 13-5. Trayectoria generada para maquinado de bola.

Fuente: Propia

Se adjunta la codificación línea por línea generada para el mecanizado de cada elemento de la válvula de control de tres vías dos posiciones en anexos.

5.3.3. Herramientas de trabajo.

Las herramientas tomadas del manual SANDVIK empleadas son de acuerdo con los procesos de mecanizados que se van a utilizar para la fabricación de los elementos de la válvula de bola de tres vías con dos posiciones y se detallan en la tabla 3-5.

Tabla 3-5. Herramientas usadas para el maquinado de los elementos de válvula.

Herramienta	Mecanizado	Material	SANDVICK	ELEMENTO
316-10HM350	Desbaste Int.	Inox. 304	ISO M	Carcasa
316-10SM440	Acabado Int.			
316-10HM350	Desbaste Ext.			
316-10SM440	Acabado Ext.			
WNMG04-MR	Desbaste Int.	Inox. 304	ISO M	Tapas carcasa
DNMX04-WF	Acabado Int.			
WNMG04-MR	Desbaste Ext.			
DNMX04-WF	Acabado Ext.			
WNMG04-MR	Desbaste Int.	Inox. 304	ISO M	Bola
DNMX04-WF	Acabado Int.			
WNMG04-MR	Desbaste Ext.			
DNMX04-WF	Acabado Ext.			
WNMG04-MR	Desbaste Int.	Inox. 304	ISO M	Ferrules
DNMX04-WF	Acabado Int.			
WNMG04-MR	Desbaste Ext.			
DNMX04-WF	Acabado Ext.			
WNMG04-PR	Desbaste Int.	Nylon	ISO P	Recubrimiento de bola
WNMG04-WF	Acabado Int.			
WNMG04-PR	Desbaste Ext.			
WNMG04-WF	Acabado Ext.			

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

5.4. Consumo energético de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

La máquina dosificadora de Líquidos viscoso está diseñada para trabajar con 110V AC, permitiendo trabajar con la red eléctrica de suministro domiciliario, no obstante, los componentes electrónicos escogidos tienen la capacidad de trabajar a 220V AC, que alimentan los elementos electrónicos presentes en la máquina. Estos elementos son las válvulas electroneumáticas, relés, sensores y Timer empleados en el funcionamiento coordinado de la máquina.

También es necesario el suministro de aire comprimido para el accionamiento de los cilindros neumáticos, esto se logra por medio de la acción de un compresor de 550W de potencia y una capacidad de 25L, sin embargo, este puede variar de acuerdo con la facilidad del usuario, se debe tener en cuenta que el compresor proporcione 40 PSI de presión mínima que es a la que opera la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

5.4.1. Análisis de costos de operación de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

Dado que el control de la máquina dosificadora de líquidos viscosos se lo realiza mediante el uso de dos Timer, un sensor magnético y dos válvulas electroneumáticas, el consumo es relativamente bajo de estos elementos electrónicos en comparación con la fuente de aire comprimido que en este caso variará de acuerdo con el compresor empleado por el usuario. En el presente caso se tiene un compresor de 550W con capacidad de 25L.

Tabla 4-5. Análisis de costos de operación de la máquina dosificadora de líquidos viscosos.

Análisis de costos de operación de la máquina dosificadora de líquidos viscosos						
CANT.	Elemento	Consumo (kW)	Consumo Jornada laboral 8 h (KWh/día)	Costo energía \$/(KWh)	costo Jornada laboral 8 h \$/día	Costo mensual (20 días laborables) \$
1	Válvula electroneumática 5/2 monoestable	0,005	0,04	\$ 0,092	\$ 0,004	\$ 0,07
1	Válvula electroneumática 5/3 biestable	0,0025	0,02	\$ 0,092	\$ 0,002	\$ 0,04
2	Timer	0,002	0,032	\$ 0,092	\$ 0,003	\$ 0,06
1	Sensor magnético	0,01	0,08	\$ 0,092	\$ 0,01	\$ 0,15
4	Relés	0,009	0,288	\$ 0,092	\$ 0,026	\$ 0,53
1	Compresor IVARSSOMN 24L	0,55	4,4	\$ 0,092	\$ 0,40	\$ 8,10
Costo total mensual						\$ 8,94

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

5.5. Análisis de costos de construcción del prototipo

Con el fin de competir con las máquinas extranjeras en eficiencia y presupuesto se realiza el análisis de costos de construcción de la máquina envasadora de líquidos viscosos manteniendo estándares de calidad y acabados competentes en el mercado.

Tabla 5-5. Análisis de costos de construcción de máquina dosificadora de líquidos viscosos.

COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS.					
COSTOS DIRECTOS					
A. COSTOS DE MATERIALES					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Sub Total
1	Electroválvula 5-2 1/4" bobina 110VAC modelo 4V-2-10-08-AC110 XCPC	U	1	\$ 43,01	\$ 43,01
2	Timer ATS8-41 0.1 Seg-10H 100-240VAC/24-240VDC	U	2	\$ 44,44	\$ 88,88
3	Base para relé 8 pines redondos EBC	U	2	\$ 3,51	\$ 7,02
4	Sensor magnético 2 hilos	U	1	\$ 14,34	\$ 14,34
5	Unidad de mantenimiento 1/4 " XOUI- MINI- XCPC	U	1	\$ 62,42	\$ 62,42
6	Racor regulador de caudal p/manguera 6mm XCPC	U	1	\$ 4,97	\$ 4,97
7	Racor recto M5x6mm	U	2	\$ 1,77	\$ 3,55
8	Racor codo 1/8x6mm XCPC	U	2	\$ 2,31	\$ 4,62
9	Racor codo 1/4x6mm XCPC	U	2	\$ 2,62	\$ 5,23
10	Manguera 6mm azul PNEUFLEX	M	10	\$ 7,17	\$ 71,68
11	Pulsador verde 1no 22mm PLASTIM PB0-AA31	U	1	\$ 3,62	\$ 3,62
12	Pulsador emergencia t/hongo 22mm 1nc PLASTIM PB0-AS542	U	1	\$ 7,43	\$ 7,43
13	Racor recto 1/2x8mm XCPC	U	1	\$ 2,51	\$ 2,51
14	Manguera neumática azul 8mm XCPC	M	1	\$ 1,24	\$ 1,24
15	Racor reducción 08mm a 06mm XCPC	U	1	\$ 0,87	\$ 0,87
16	Racor Tee 6mm XCPC	U	2	\$ 1,63	\$ 3,26
17	Electroválvula 5/3 toma 1/4 C/C bobina doble 110VAC XCPC	U	1	\$ 76,00	\$ 76,00
18	Racor recto 1/4x6mm XCPC	U	10	\$ 10,00	\$ 100,00
19	Silenciador 1/8 XCPC	U	4	\$ 4,00	\$ 16,00
20	Cilindro redondo serie mal 32x75 XCPC	U	1	\$ 70,00	\$ 70,00
21	Cilindro perfilado 50mm carrera 250mm XCPC	U	1	\$ 190,00	\$ 190,00
22	Cilindro compacto SDA 20x25mm	U	1	\$ 60,00	\$ 60,00
23	Relés	U	4	\$ 4,00	\$ 16,00
24	Base para relé 8 pines redondos EBC	U	4	\$ 2,00	\$ 8,00
25	Breaker 2 polos 20 A	U	1	\$ 4,00	\$ 4,00
26	Funda de terminales tipo ferrul	U	1	\$ 6,00	\$ 6,00
27	Enchufe	U	1	\$ 1,00	\$ 1,00
28	Cable concéntrico 4x16	M	5	\$ 2,25	\$ 11,25
29	Base máquina	U	1	\$ 45,00	\$ 45,00
30	Cilindro de carga	U	1	\$ 5,00	\$ 5,00
31	Embolo cilindro de carga	U	1	\$ 1,00	\$ 1,00
32	Tolva de carga	U	1	\$ 30,00	\$ 30,00
33	Ferrul 2 in	U	1	\$ 2,00	\$ 2,00
34	Abrazaderas de ferrul 2 in	U	1	\$ 3,50	\$ 3,50
35	Empaques de ferrul 2 in	U	1	\$ 0,50	\$ 0,50
36	Ferrul 1 1/2 in	U	1	\$ 1,50	\$ 1,50

37	Abrazaderas de ferrul 1 1/2 in	U	1	\$ 2,50	\$ 2,50
38	Empaques de ferrul 1 1/2 in	U	1	\$ 0,50	\$ 0,50
39	Ferrul 3 In	U	1	\$ 3,25	\$ 3,25
40	Abrazaderas de ferrul 3 in	U	1	\$ 4,50	\$ 4,50
41	Empaques de ferrul 3 in	U	1	\$ 0,75	\$ 0,75
42	Platinas de aluminio soporte	U	4	\$ 30,00	\$ 120,00
43	Brazo de aluminio válvula	U	1	\$ 12,00	\$ 12,00
44	Base SENSOR	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
45	Varilla roscada sensor	U	1	\$ 1,00	\$ 1,00
46	Soporte cilindro motriz	U	1	\$ 2,50	\$ 2,50
47	Ferrul 2 in maquinado	U	1	\$ 2,50	\$ 2,50
48	Ferrul 1 1/2 in maquinado	U	1	\$ 2,00	\$ 2,00
49	Ferrul 3 in maquinado	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
50	Bola maquinada	U	1	\$ 5,00	\$ 5,00
51	Recubrimiento de bola	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
52	Cuerpo de válvula	U	1	\$ 9,00	\$ 9,00
53	Tapas de válvula	U	2	\$ 6,60	\$ 13,20
54	Base válvula	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
55	Ferrul 1 1/2 in maquinado	U	1	\$ 2,00	\$ 2,00
56	Base boquilla	U	1	\$ 3,00	\$ 3,00
57	Tapa boquilla	U	1	\$ 2,00	\$ 2,00
58	Pico boquilla	U	1	\$ 3,50	\$ 3,50
59	Pin separador	U	2	\$ 1,50	\$ 3,00
60	Pistón sellador boquilla	U	1	\$ 2,75	\$ 2,75
61	Perno M8x30mm Inox-304 cabeza de coco	U	8	\$ 0,30	\$ 2,40
62	Perno M6x100mm Inox-304 con tuerca	U	4	\$ 0,40	\$ 1,60
63	Perno M6x30mm Inox-304 cabeza de coco	U	2	\$ 0,20	\$ 0,40
64	Perno M6x50mm Inox-304 Allen	U	5	\$ 0,25	\$ 1,25
65	Perno M10x30mm Inox-304 avellanado	U	8	\$ 0,60	\$ 4,80
66	Perno 1/2 In Inox-304 con tuerca	U	1	\$ 0,55	\$ 0,55
67	Perno M5x20mm Inox-304 cabeza de coco	U	4	\$ 0,25	\$ 1,00
68	Perno M4x60mm Inox-304 cabeza de coco	U	4	\$ 0,25	\$ 1,00
69	Prisionero M6x30 Inox-304	U	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Sub Total.					\$ 1.191,85

B. COSTOS DE MANO OBRA

Ítem	Descripción	Unidad	Horas - Hombre	Costo x Hora	Sub Total
1	Maestro técnico taller	H	18	\$ 2,75	\$ 49,50
2	Técnico taller	H	18	\$ 2,36	\$ 42,48
3	Asistente técnico	H	18	\$ 2,36	\$ 42,48
Sub Total.					\$ 134,46

C. COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Ítem	Descripción	Unidad	Horas - Equipo	Costo x Hora	Sub Total
1	Torno CNC 3 ejes	H	10	\$ 3,00	\$ 30,00
2	Torno manual 3 ejes	H	5	\$ 1,20	\$ 6,00
3	Fresadora CNC 4 ejes	H	8	\$ 5,00	\$ 40,00
4	Fresadora manual 4 ejes	H	5	\$ 2,00	\$ 10,00
5	Soldadora TIG	H	3	\$ 1,50	\$ 4,50
6	Baliza de argón	U	0,5	\$ 90,00	\$ 45,00
7	Aporte Inox-304	U	20	\$ 0,50	\$ 10,00
Sub Total.					\$ 145,50

D. COSTOS DE TRANSPORTE					
Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	Costo Unit.	Sub Total
1	Flete de planchas a taller	U	1	\$ 2,00	\$ 2,00
2	Envío de equipos de Guayaquil a Riobamba	U	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Sub Total.					\$ 10,00
COSTOS DIRECTOS (A+B+C+D)					\$ 1.481,81
COSTOS INDIRECTOS					
Costo ingenieril					\$ 500,00
Imprevistos					\$ 100,00
Utilidad					\$ 444,54
COSTOS INDIRECTOS					\$ 1.044,54
COSTO TOTAL					\$ 2.526,36

Realizado por: Solorzano Carlos, 2023

5.6. Trabajos futuros.

Debido a que la máquina dosificadora de líquidos viscosos cuenta con un control y calibración manual de los distintos volúmenes de dosificación, contando con un ciclo de control tipo Ladder haciendo uso de un sensor magnético y dos Timer. El proceso y control se puede mejorar haciéndolo totalmente automático, añadiendo sensores magnéticos un pequeño servomotor para el control de la carrera del cilindro de carga y uso de PLC para ingresar recetas pudiendo autoajustar el volumen de dosificación automáticamente.

GLOSARIO

- Recubrimiento, se refiere a la capa de material de Teflón que se encuentra entre la bola y el cuerpo completo en acero inoxidable 304 de la válvula de 3 vías 2 posiciones, la cual cumple con la función de sellar, y evitar rozamientos entre estos cuerpos de metal mejorando la eficiencia térmica de la válvula en trabajos continuos.
- Sellos, se refiere a los empaques de ferrules u “O-Rin” que evitan el derrame del fluido a dosificar, estos elementos se ubican en las partes móviles, acoplamientos, conexiones y juntas.
- Botonera, se refiere a todos los botones se encuentran en la maquina en general, usados tanto para el control como para la seguridad de esta como, inicio, regulación y paro de emergencia.
- Volumen de control, para el control del funcionamiento de la máquina se refiere al volumen que se calibra mediante la posición del sensor magnético, esto permite el ingreso del fluido a dosificar hacia el cilindro de carga y descarga.
- Volumen calibrado, se refiere al volumen final de dosificación el cual cuenta con la cantidad exacta calibrada mediante el sensor de posición del cilindro neumático de carga y descarga
- Volumen de control, en el estudio CAE se refiere al volumen que transcurre por las vías de la válvula, permitiendo el estudio y la simulación del comportamiento que este tiene en posición de carga y descarga.

CONCLUSIONES

- Previo a un análisis costo beneficio de la válvula de control de la máquina dosificadora de líquidos viscosos se logró determinar que una válvula de bola de 3 vías 2 posiciones es la opción más viable para la aplicación planteada.
- Luego del diseño, fabricación y pruebas de dosificación de la válvula de bola 3 vías 2 posiciones, se logró obtener un error promedio de volumen dosificado del 0.34% equivalente a una precisión del 99.66% superior a la propuesta planteado como unos de los objetivos de la presente investigación.
- Se consiguió implementar un adecuado sistema de control electroneumático, combinando componentes electrónicos y neumáticos formando una secuencia Ladder controlado por la calibración de un sensor magnético y Timer que controlan el tiempo de accionamiento de cada elemento según la secuencia requerida para la dosificación.
- Debido a la complejidad de la geometría de la válvula de control de la máquina dosificadora de líquidos viscosos se consiguió realizar la generación del código G para el Torno CNC de 3 ejes para el mecanizado de la válvula por partes, facilitando su fabricación, siendo la carcasa la única pieza realizada en un centro de mecanizado CNC de 4 ejes por su complejidad geométrica interna.
- Se realizó el protocolo de pruebas de funcionamiento con descargas de 100,200,300,500 y 1000cc obteniendo un comportamiento satisfactorio de la válvula de control realizando 40 descargas por cada intervalo de volumen a dosificar resultando con alta eficiencia de trabajo.

RECOMENDACIONES

- El uso de un control electroneumático ayudará a realizar un funcionamiento estable del proceso de dosificación aplicando pocos elementos y permitiendo abaratar el costo final de la máquina.
- Si se cuenta con un centro de mecanizado CNC de 4 ejes se recomienda realizar la fabricación de la válvula a partir de un solo bloque de material, generando así una válvula de un solo cuerpo y determinar si resulta más benéfico para el funcionamiento de la válvula de control.
- Es importante tener en cuenta las uniones de ferrules ya que estos determinaran el flujo del fluido de trabajo, empleando una conicidad en las entradas de ferrules dónde se evidencian cambios de sección en la dirección del flujo ayudando a que este se mantenga de forma laminar.

BIBLIOGRAFÍA

- Basu, S. (2019). *Plant flow measurement and control handbook: fluid, solid, slurry and multiphase flow*. <https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt0120V1US/plant-flow-measurement/filling-machines>
- Boero, C. (2020). *Mantenimiento industrial*. Jorge Sarmiento Editor - Universitas. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/172523>
- Bohman. (2021). *Aceros & Materiales. Catalogo 2021*, 16. <https://online.fliphtml5.com/wduad/sbwi/#p=16>
- Carrizosa Segura, L. G. (2000). *Introduccion a los mecanismos*. Instituto Politecnico Nacional. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/73997>
- Castillo Jimenez, R. (2011). *Montaje y reparacion de sistemas neumaticos e hidraulicos, bienes de equipo y maquinas industriales (UF0459)*. IC Editorial. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/54241>
- Chavez Aparicio, F., Mejia Corona, R., & Pacheco Diaz, G. (2009). *Metrologia geometrica y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Exodo. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/128555>
- Creus Sole, A. (2008). *Neumatica e hidraulica*. Marcombo. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/45915>
- Escamilla Esquivel, A. (2014). *Metrologia y sus aplicaciones*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/39456>
- Gonzalez Santander, J. L. (2014). *Fundamentos de mecanica de fluidos*. ECU. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/43692>
- Granados Manzo, A., Gonzalez Lopez, J., & Zacarias Santiago, A. (2017). *Mecanica de fluidos: teoria con aplicaciones y modelado*. Grupo Editorial Patria. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/40497>
- Guillen Salvador, A. (2009a). *Aplicaciones industriales de la neumatica*. Marcombo. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/45844>
- Guillen Salvador, A. (2009b). *Introduccion a la neumatica*. Marcombo. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/45843>
- Heras Jimenez, S. de las. (2015). *Fluidos, bombas e instalaciones hidraulicas*. Universitat Politecnica de Catalunya. <https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/52173>
- Lipták, B. G. (s/f). Válvulas de control en sistemas optimizados. *Richard W. Greene v, 181*.

- Merino Casals, C. (2017). *Aceros inoxidables*. Dextra Editorial.
<https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/139749>
- Moreno Castro, J. (2011). *Bombas hidraulicas*. Editorial ICB.
<https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/59560>
- Myszka, D. H. (2012). *MÁQUINAS Y MECANISMOS* (Cuarta Edición).
- Quintanilla, V. A., & Chuqui, D. J. (2022). *DISEÑO DE UN TABLERO DE VISUALIZACIÓN DE PÉRDIDAS DE ENERGÍA EN TUBERÍAS PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, CAMPUS SUR. UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE QUITO CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL*.
- RedFluid. (2023). *Cómo seleccionar los materiales adecuados para los asientos de la válvula de bola: PTFE, PEEK o POM*. <https://redfluid.es/materiales-ade cuados-asientos-valvula-de-bola-ptfe-peek-o-pom/>
- Rosen, M. r. (2015). *Harry's Cosmeticology* (9th Edition).
<https://app.knovel.com/hotlink/pdf/id:kt010X5GIF/harrys-cosmeticology/filling>
- Shigley, J. E., Uicker, J. J., Pérez, J. H., & de Contín, H. C. (1983). *Teoría de máquinas y mecanismos* (Número TJ145. S54 1983.). McGraw-Hill México;
- Universidad de Buenos Aires. (2018, marzo 2). Viscosidad: Ley de Stokes. *Depto. de Física, FCEyN, UBA*, 1–2. <http://materias.df.uba.ar/f1byga2018v/files/2018/03/stokes.pdf>
- Válvulas Arco S.L. (2023). *Junta tórica*. <https://blog.valvulasarco.com/que-es-una-junta-torica>
- Vazquez Cortes, J. C. (2016). *Automatizacion neumatica*. Ediciones de la U.
<https://elibro.net/es/lc/epoch/titulos/70261>

ANEXOS

ANEXO A ENSAYO PARA LA VISCOSIDAD DE LOS FLUIDOS



ANEXO 1-A Materiales para el cálculo de la densidad de distintos fluidos.



ANEXO 2-A. Determinación de la densidad de la Salsa de Tomate a 18.5 °C ambiente

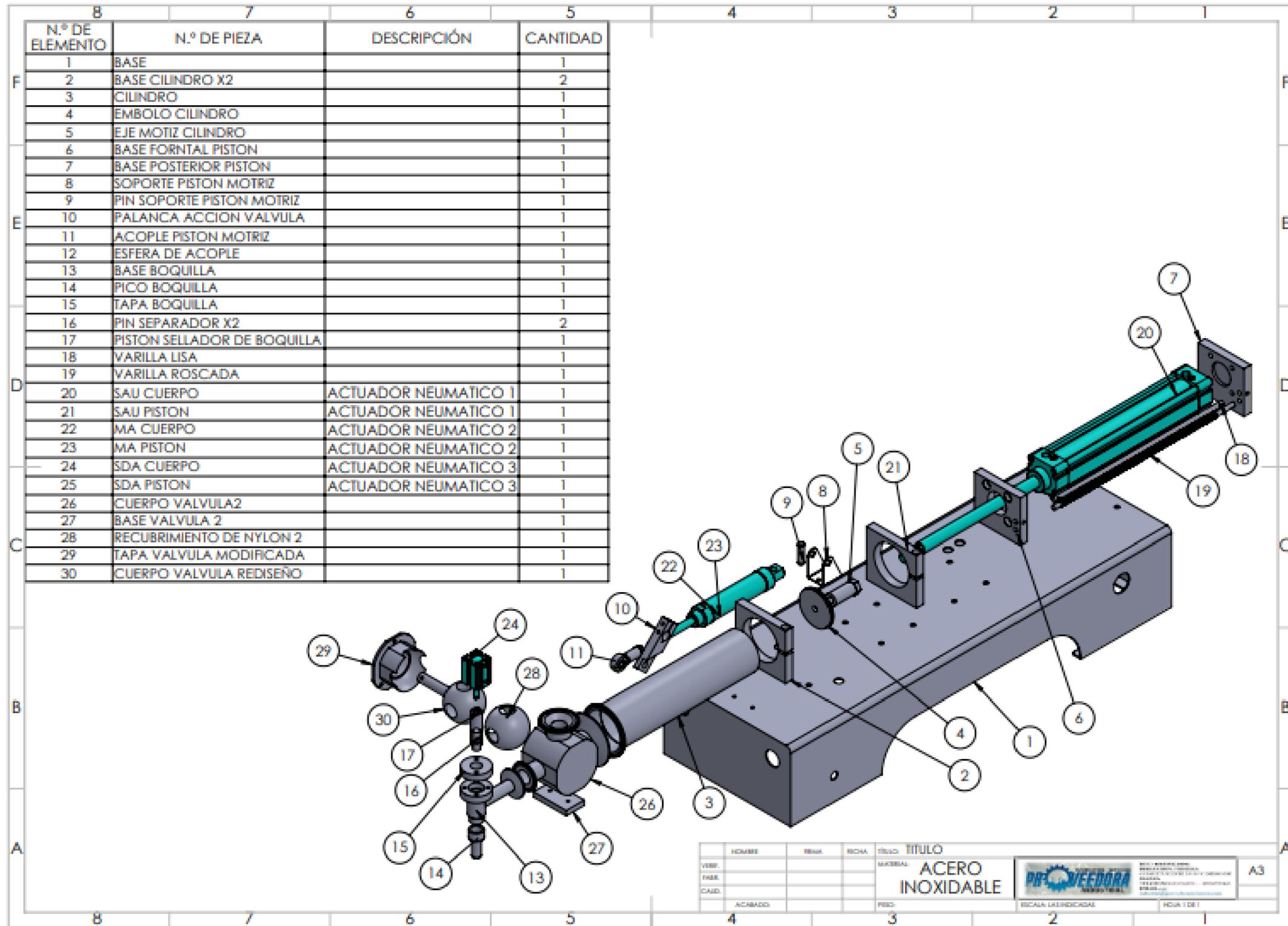


ANEXO 3-A. Determinación de la densidad de la Crema Corporal a 18.5 °C ambiente

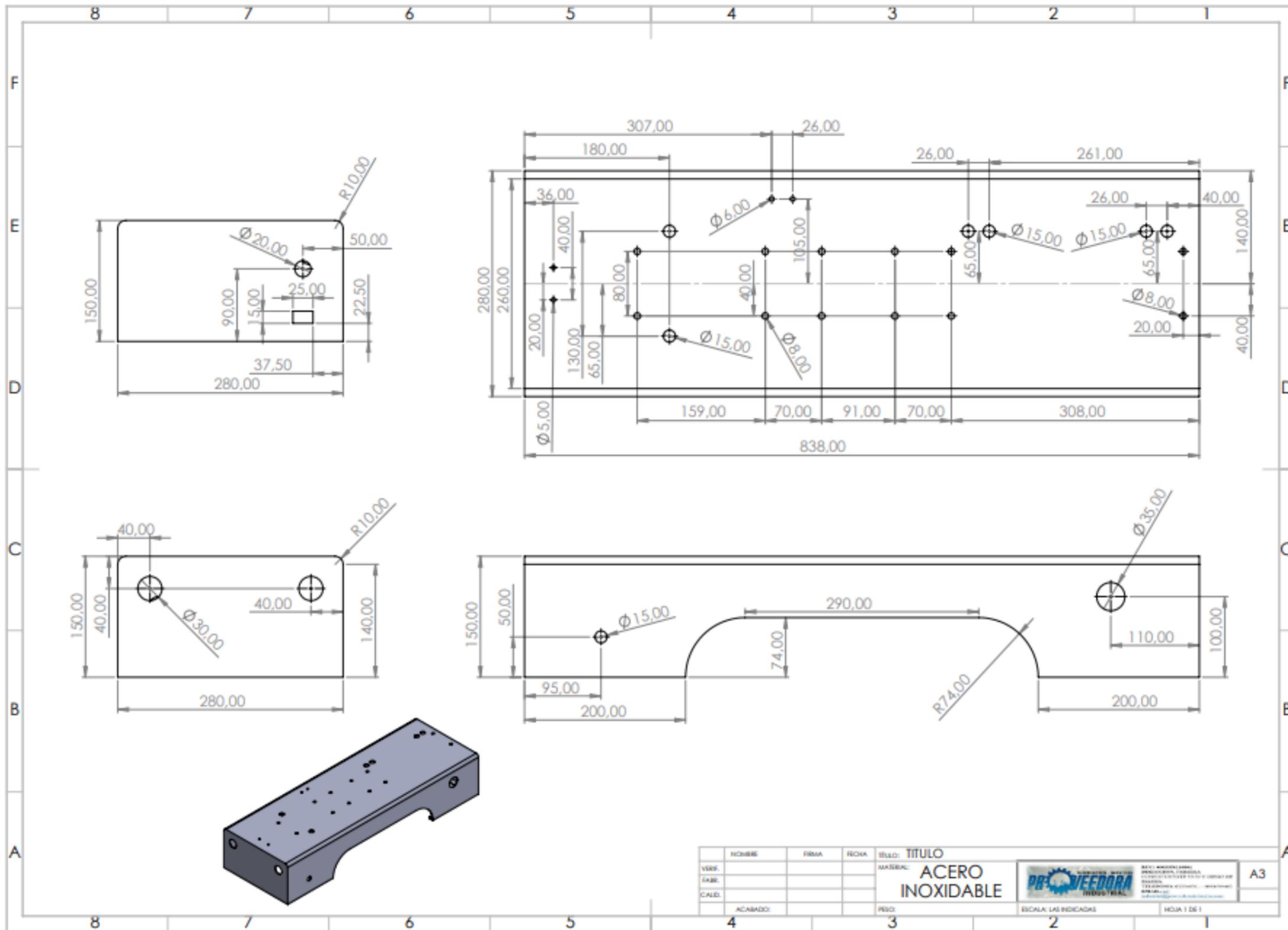


ANEXO 4-A. Determinación de la densidad del Shampoo a 18.5 °C ambiente

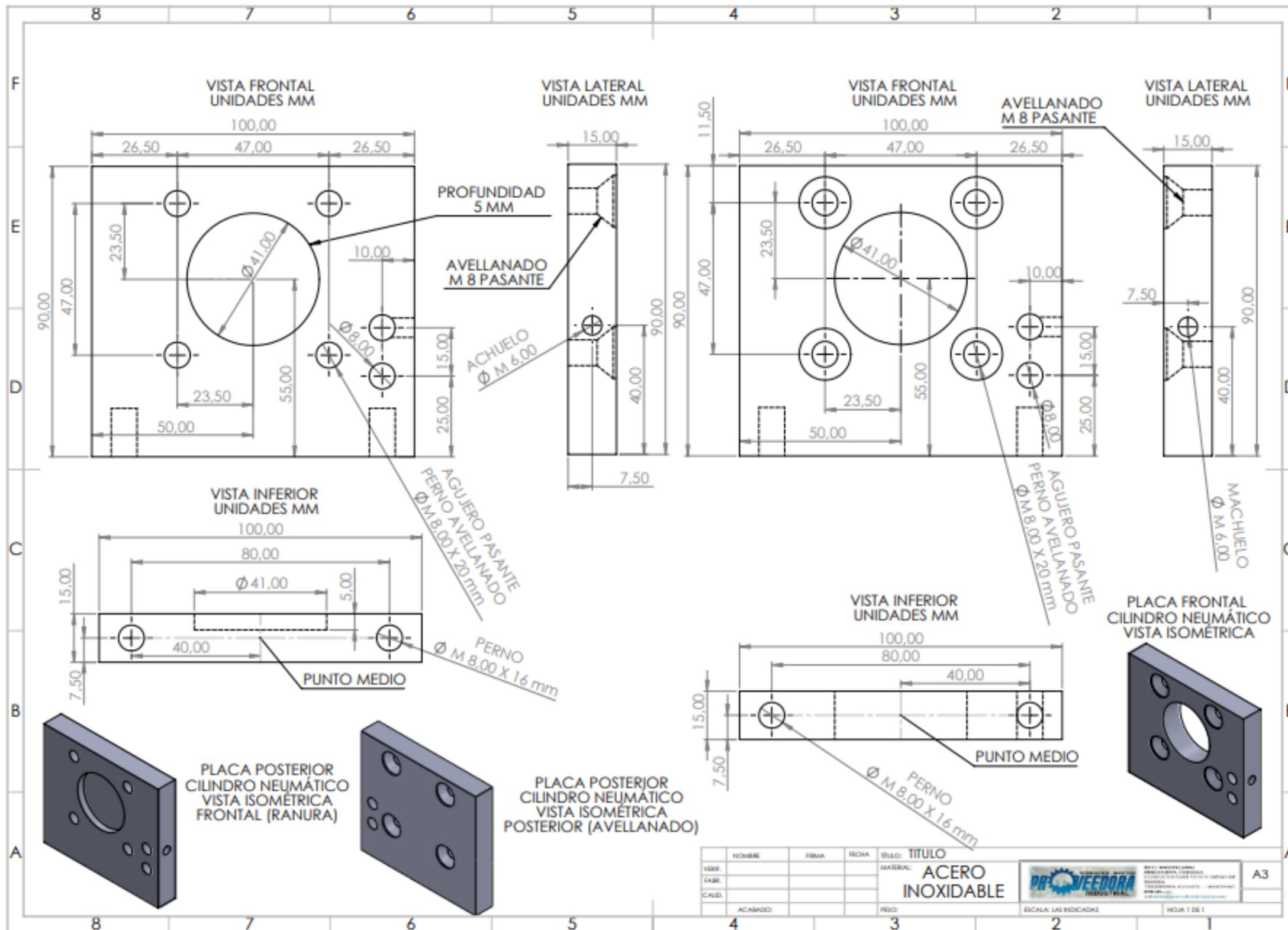
ANEXO B. PLANOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS



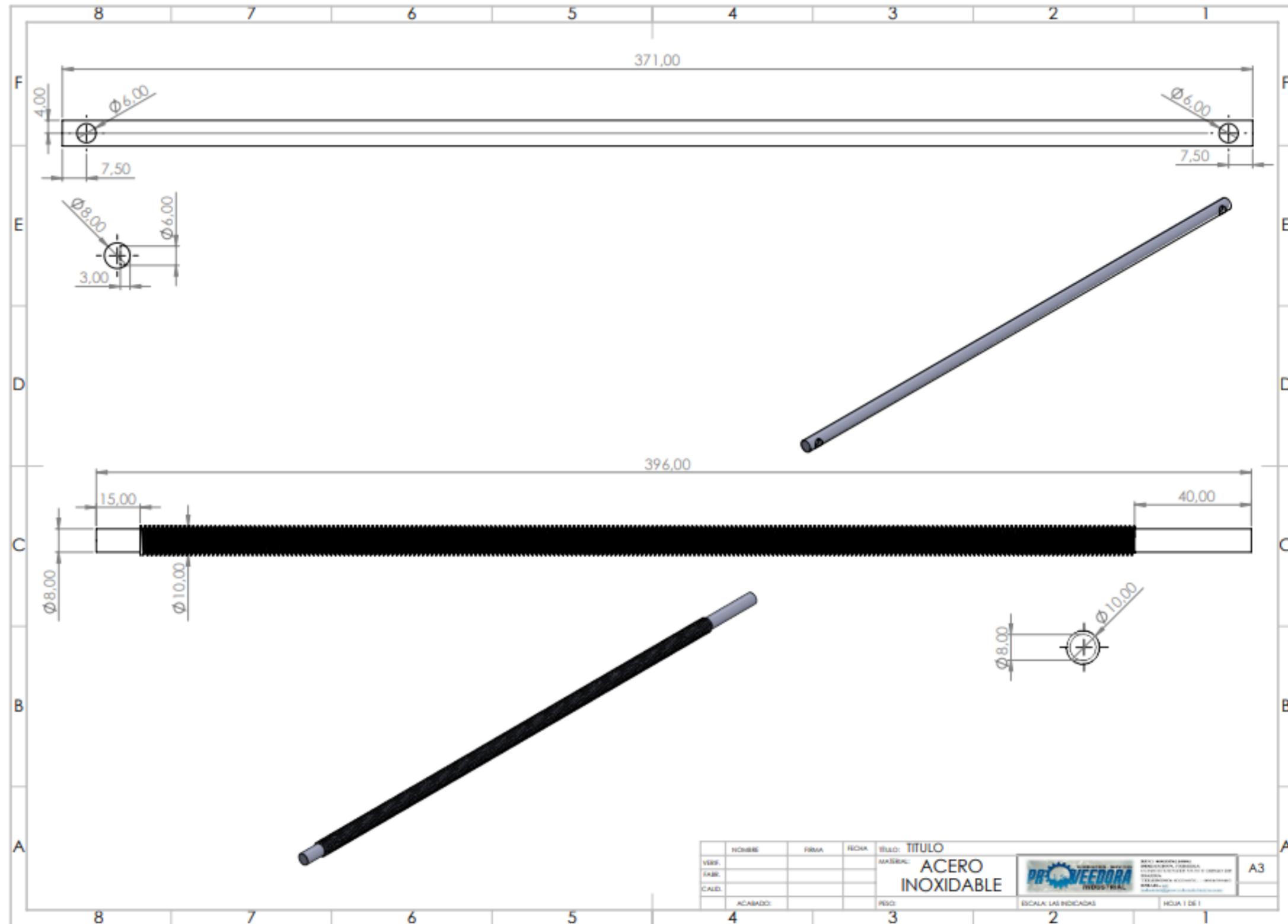
ANEXO 1-B. Explosionado isométrico de máquina dosificadora de líquidos viscosos



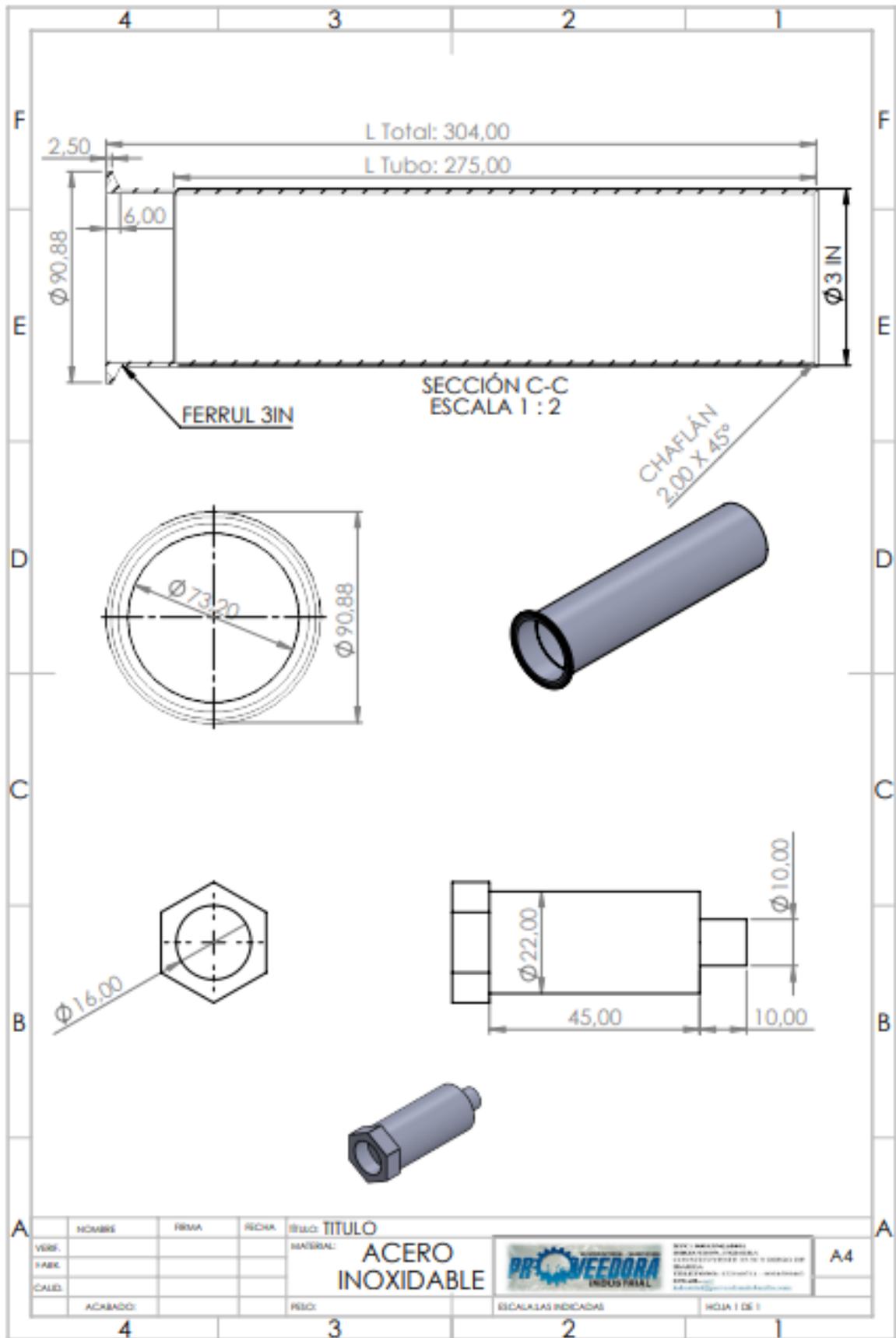
ANEXO 2-B. Base máquina dosificadora de líquidos viscosos



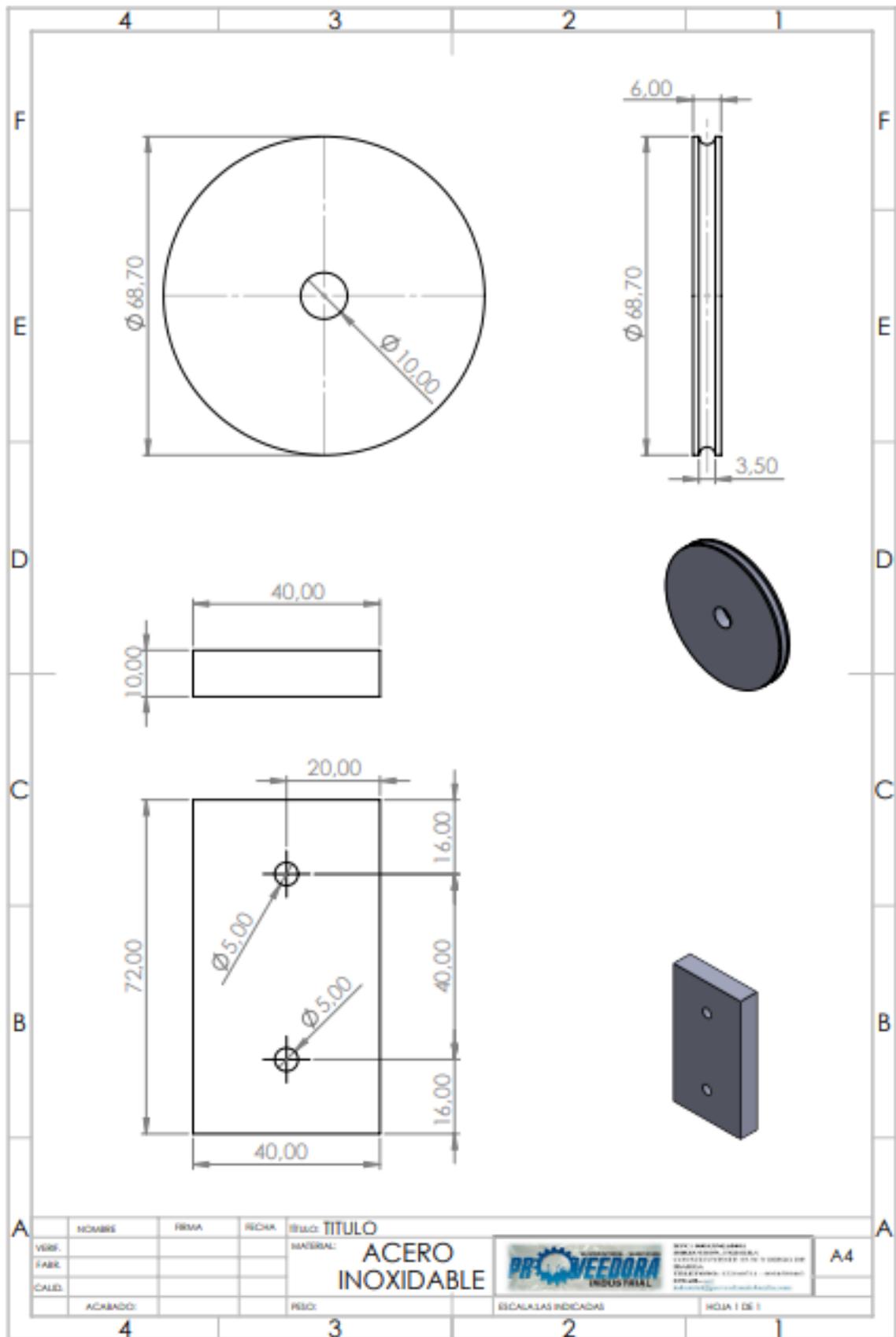
ANEXO 3-B. Placa soporte cilindro neumático



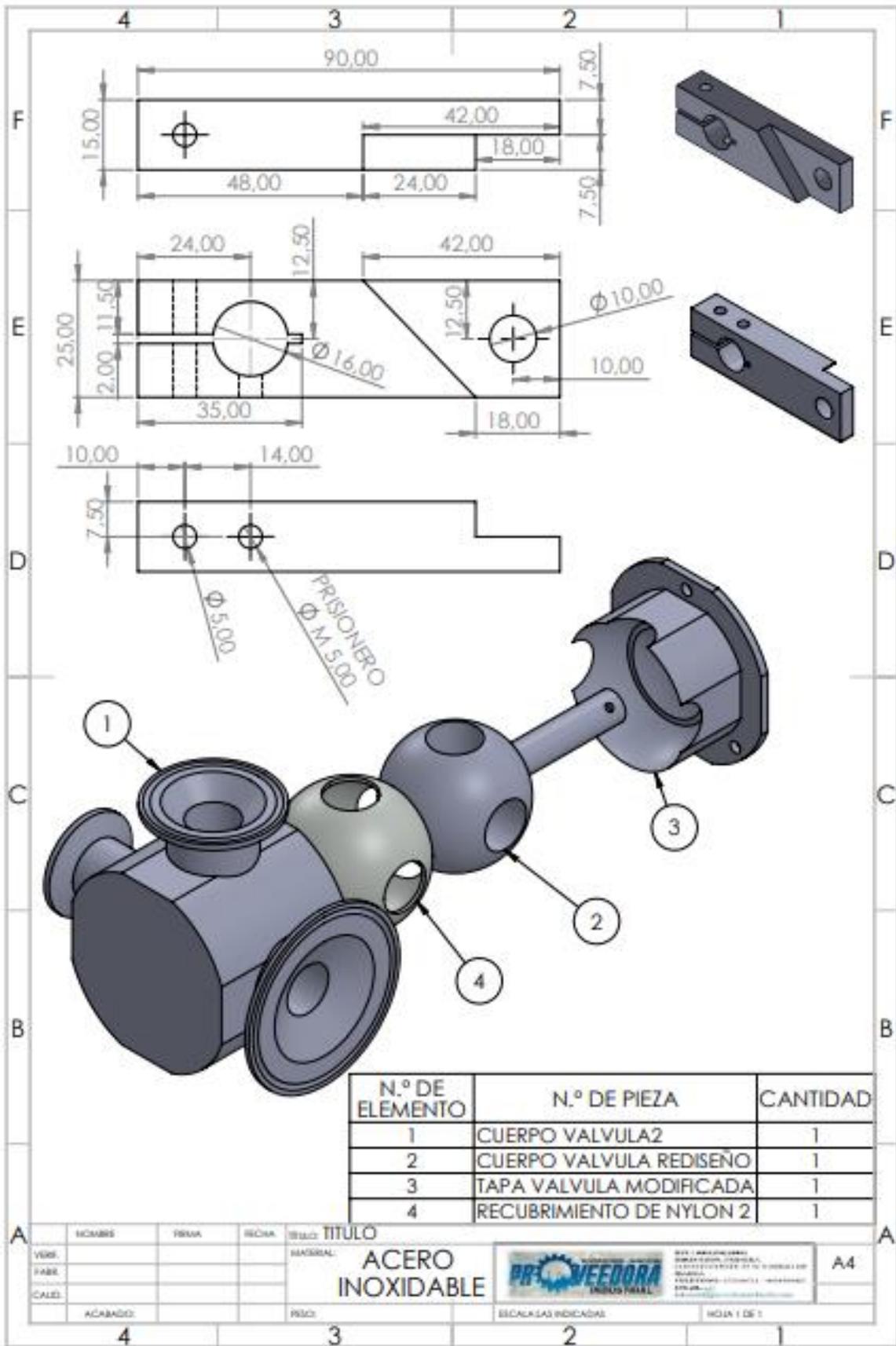
ANEXO 4-B. Varilla roscada controladora de sensor magnético



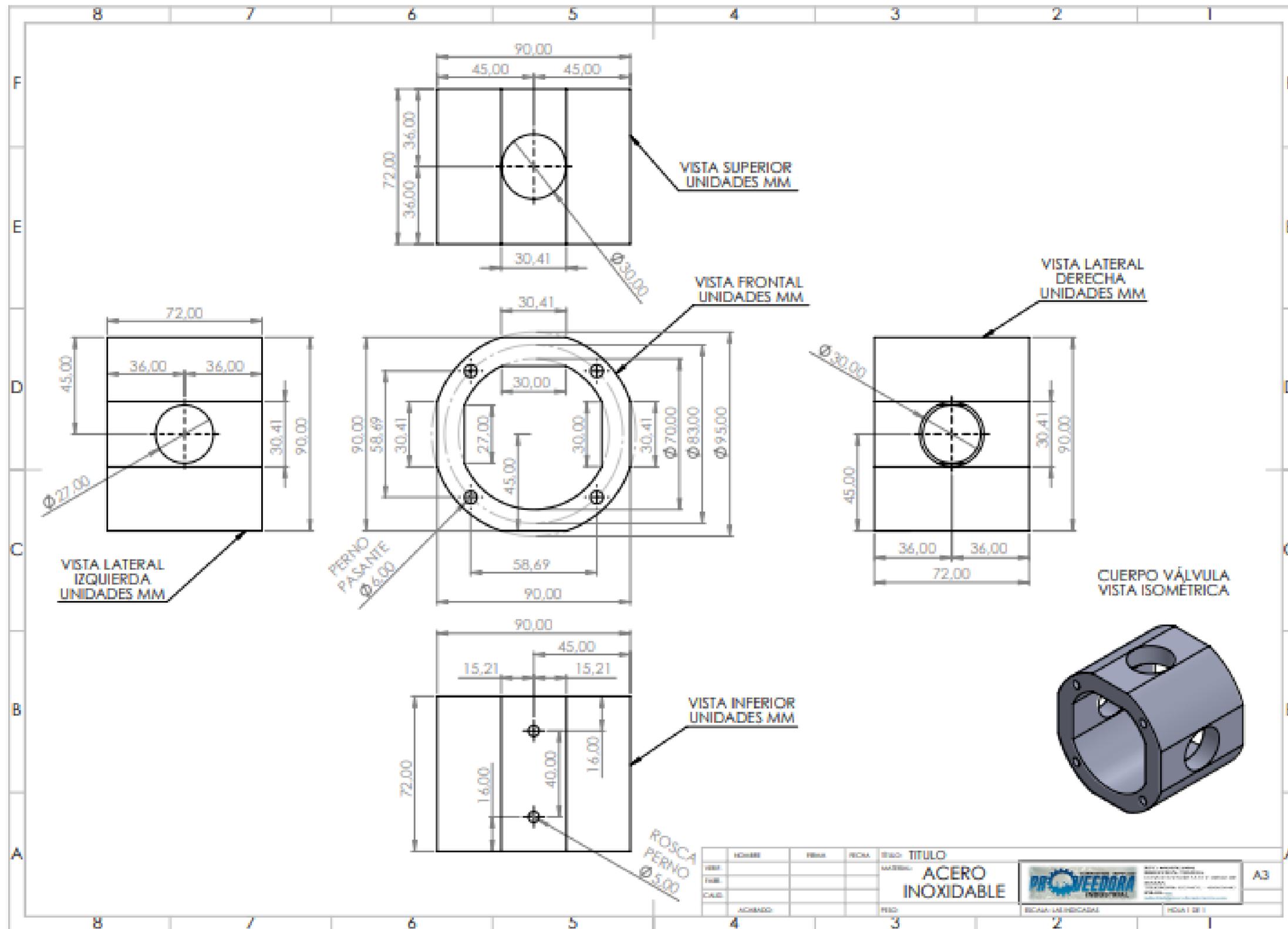
ANEXO 6-B. Cilindro de carga y acople embolo de cilindro de carga



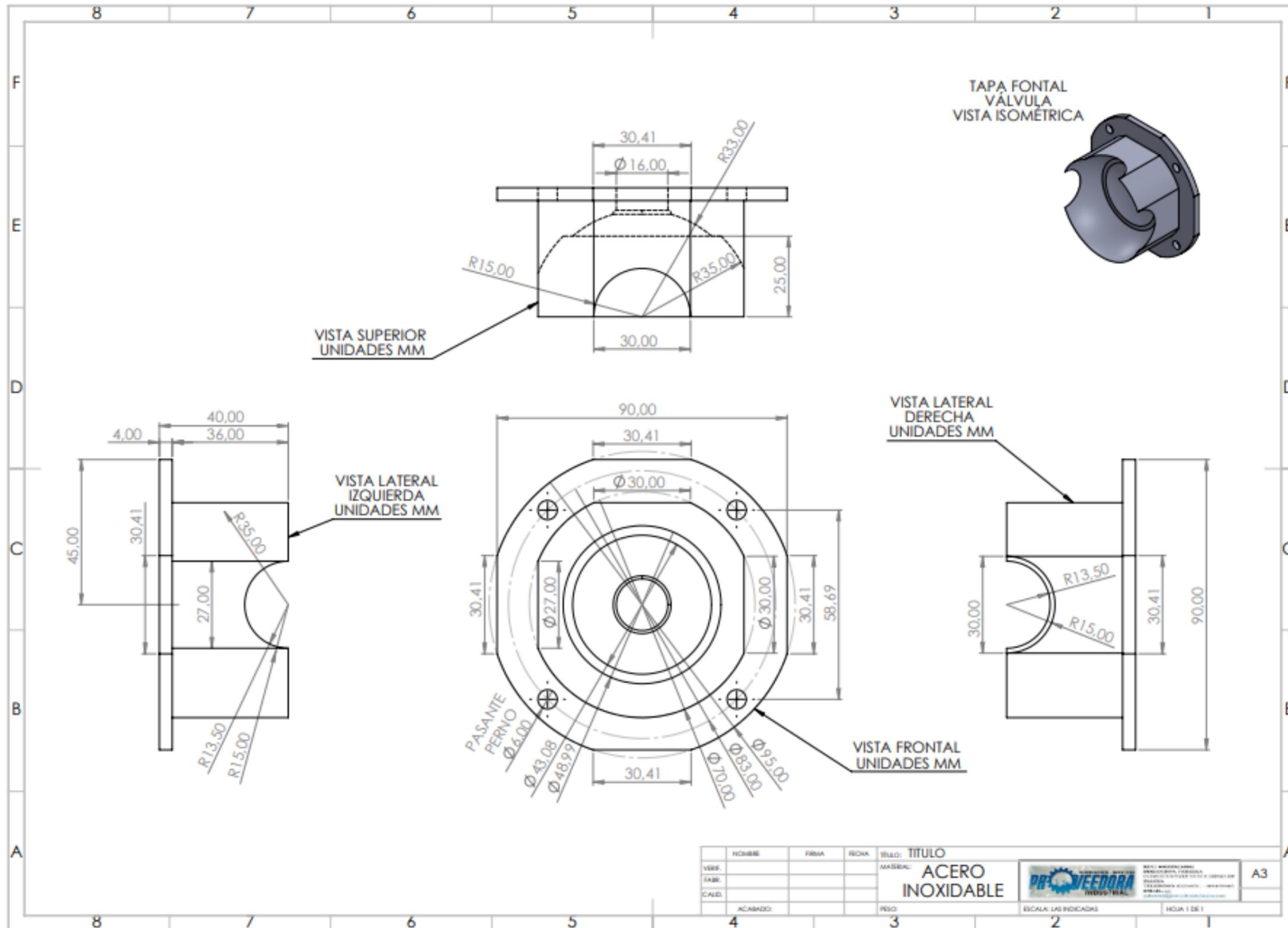
ANEXO 7-B. Embolo de cilindro de carga y soporte de válvula



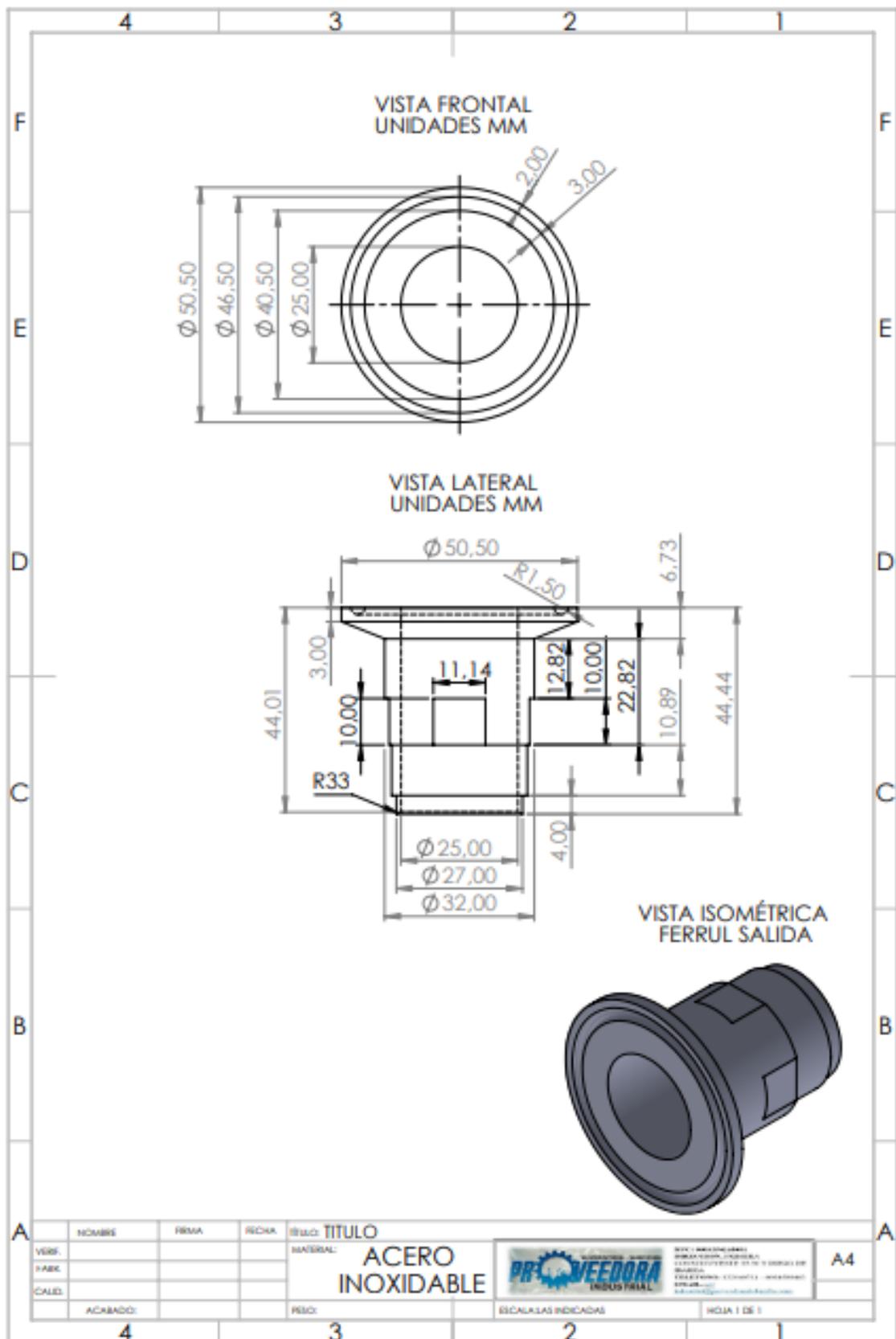
ANEXO 8-B. Palanca posicionamiento de válvula y válvula 3/2



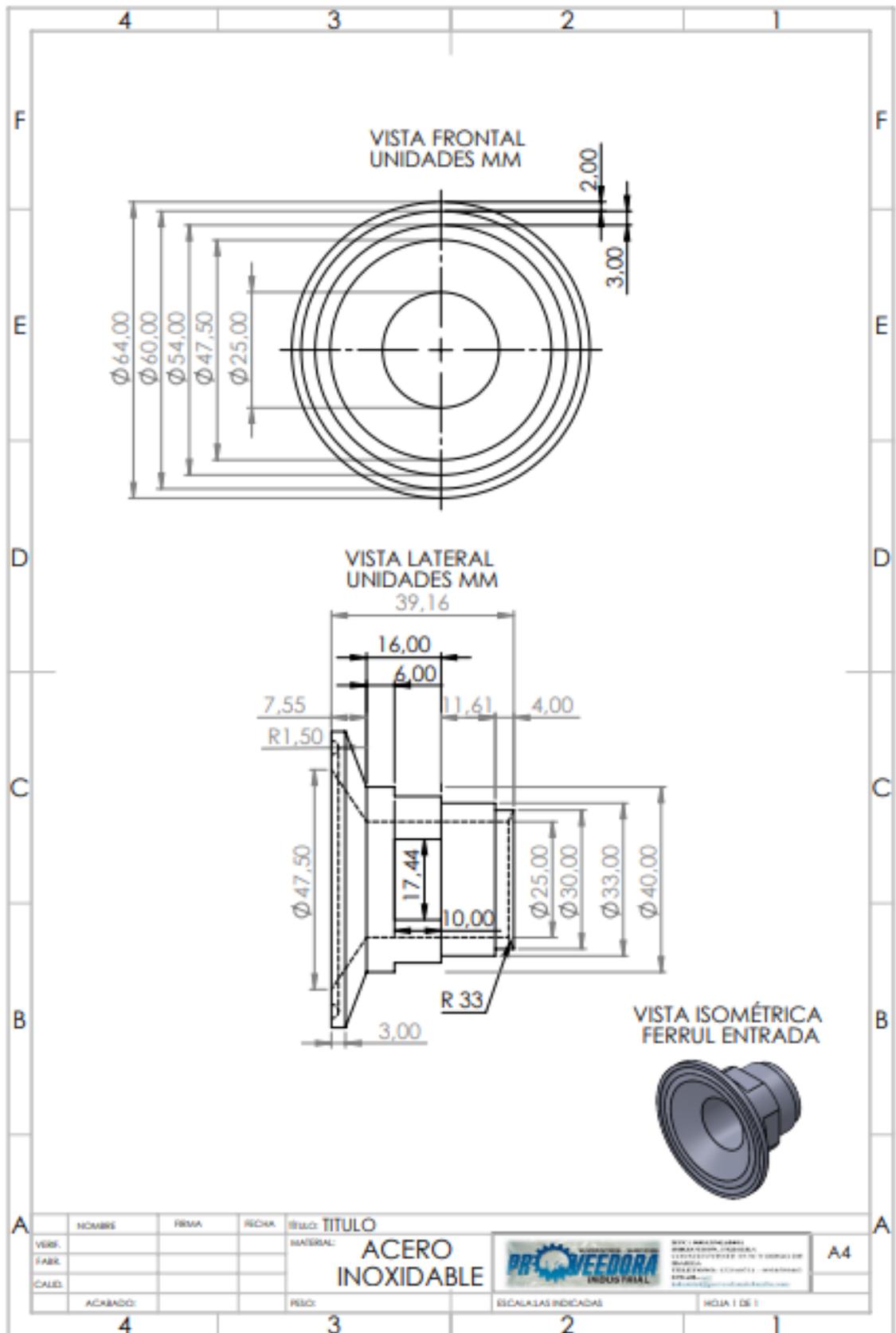
ANEXO 9-B. Cuerpo de válvula



ANEXO 10-B. Tapa frontal de válvula

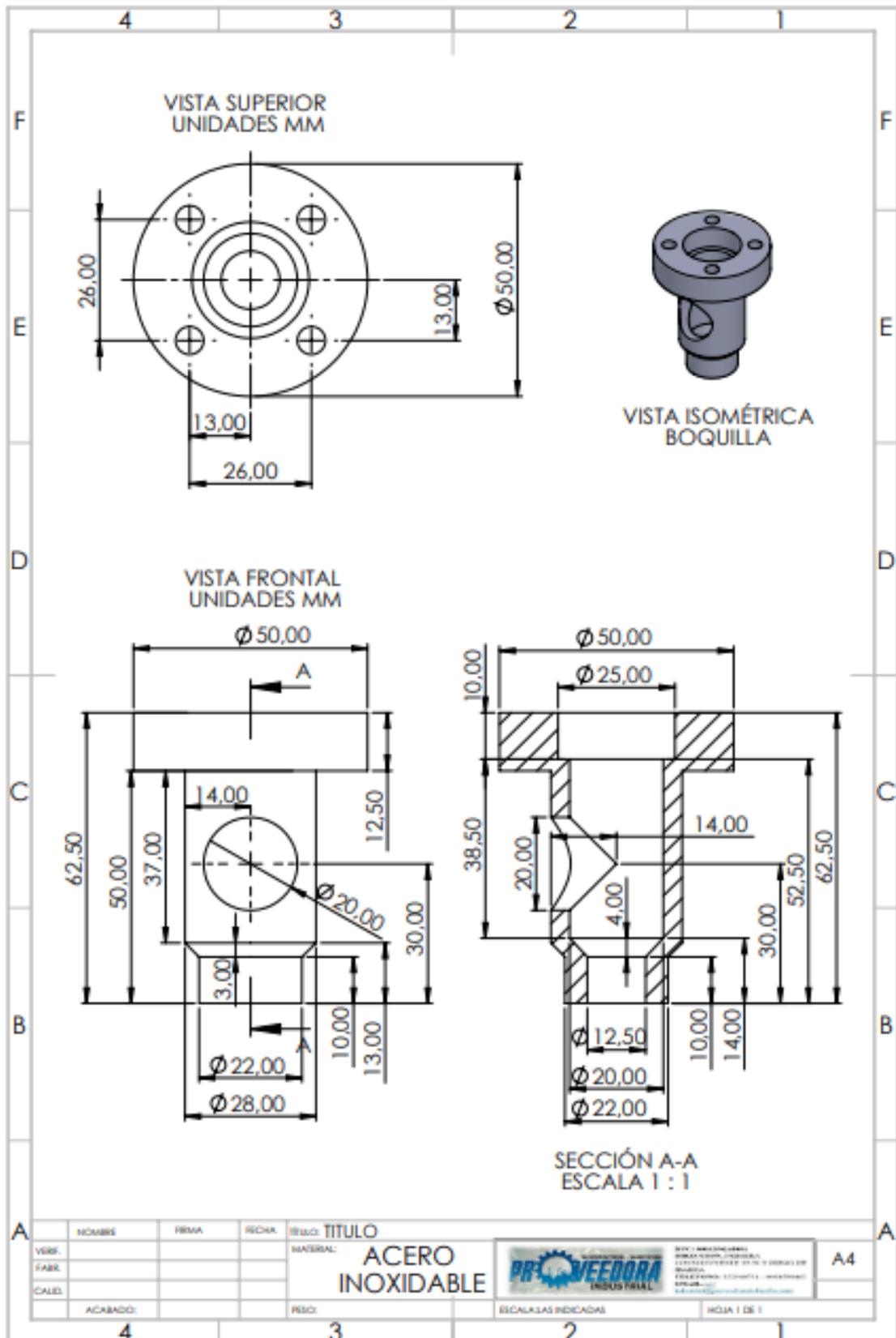


ANEXO 12-B. Ferrul de salida

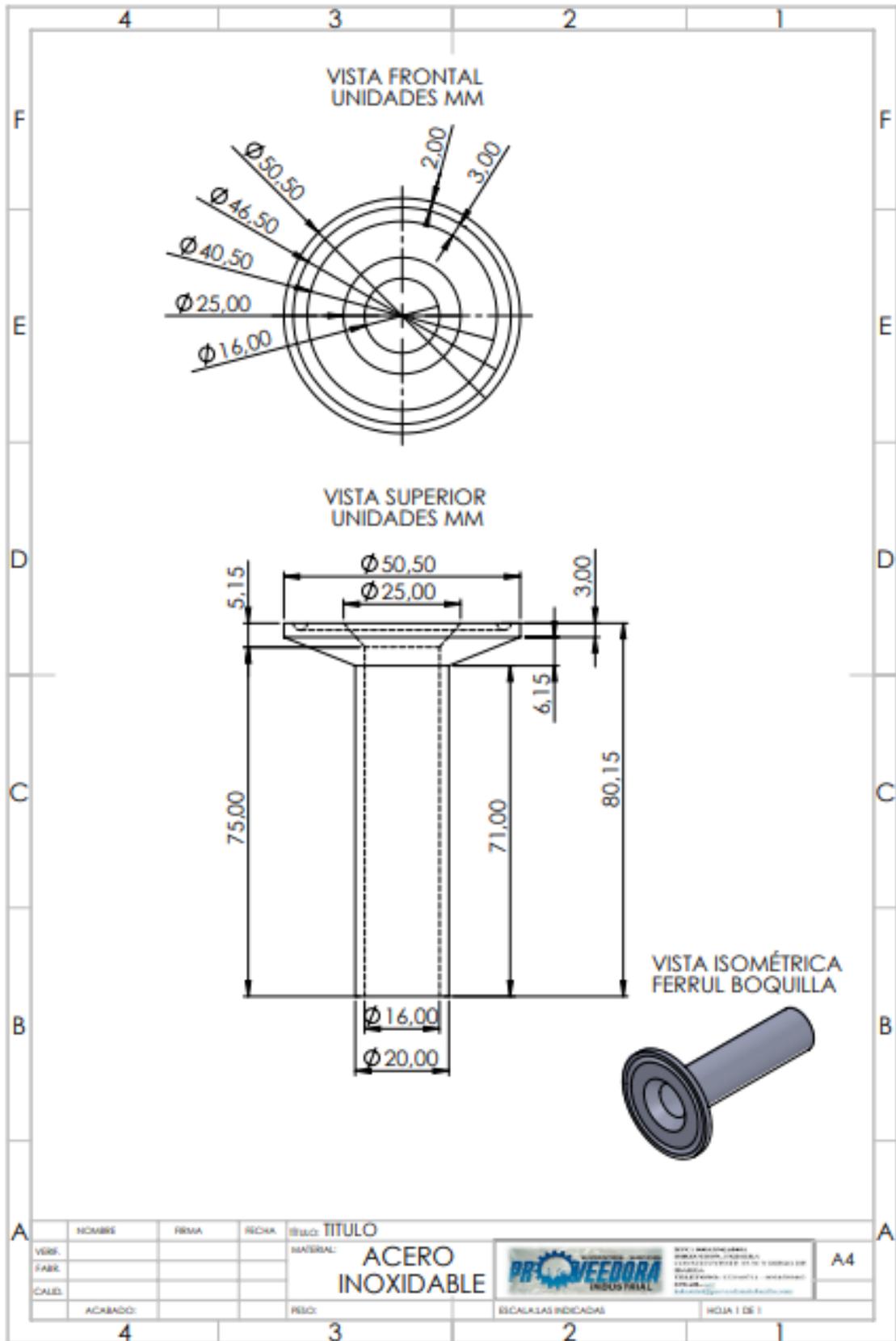


ANEXO 13-B. Ferrul de entrada

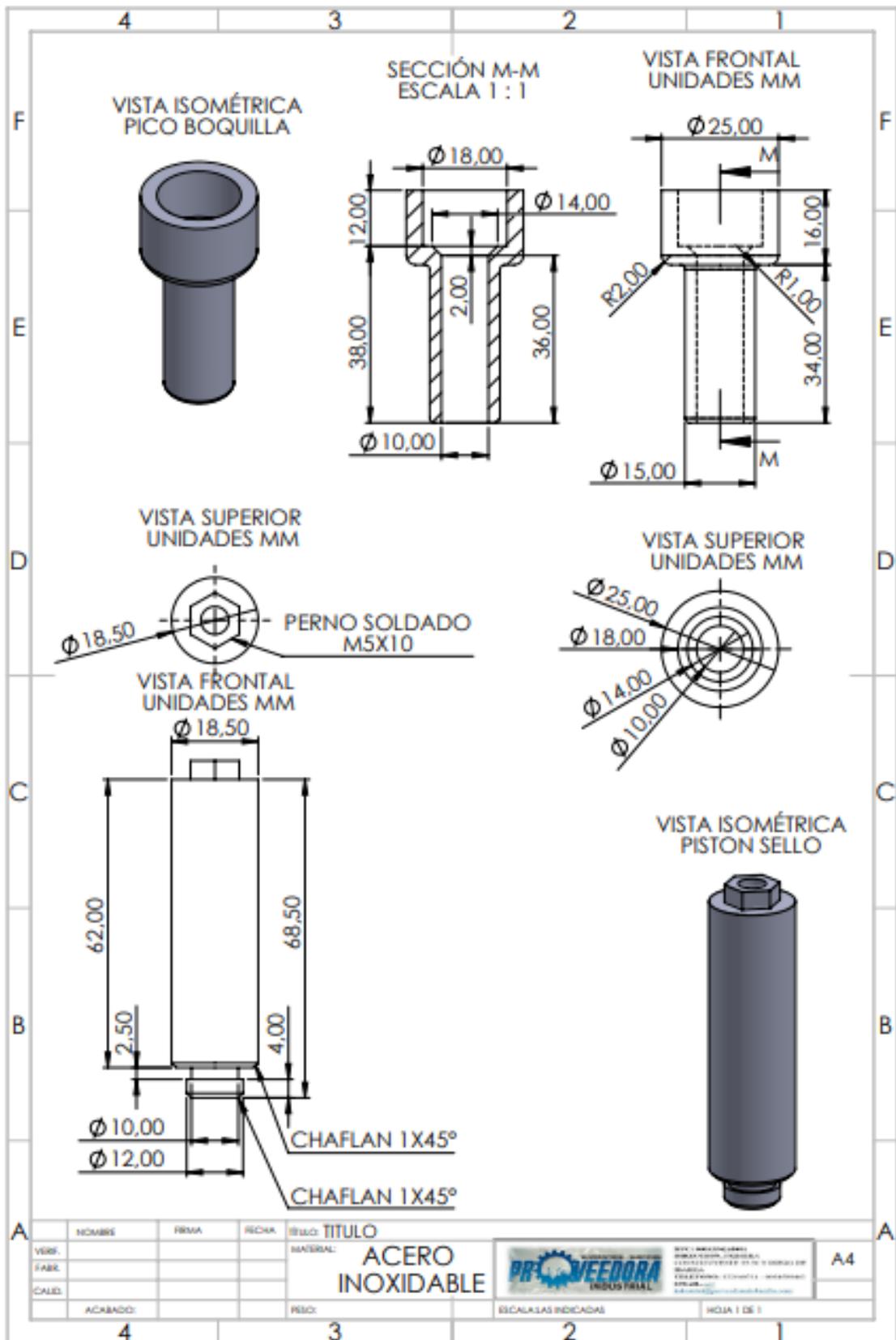
				TÍTULO					
NOMBRE				MATERIAL: ACERO INOXIDABLE		ESCALAS INDICADAS		HOLIA 1 DE 1	
FABR.				PROVEEDORA		INDUS PIAL		A4	
CALIB.				REPO:					
ACABADO:				3					



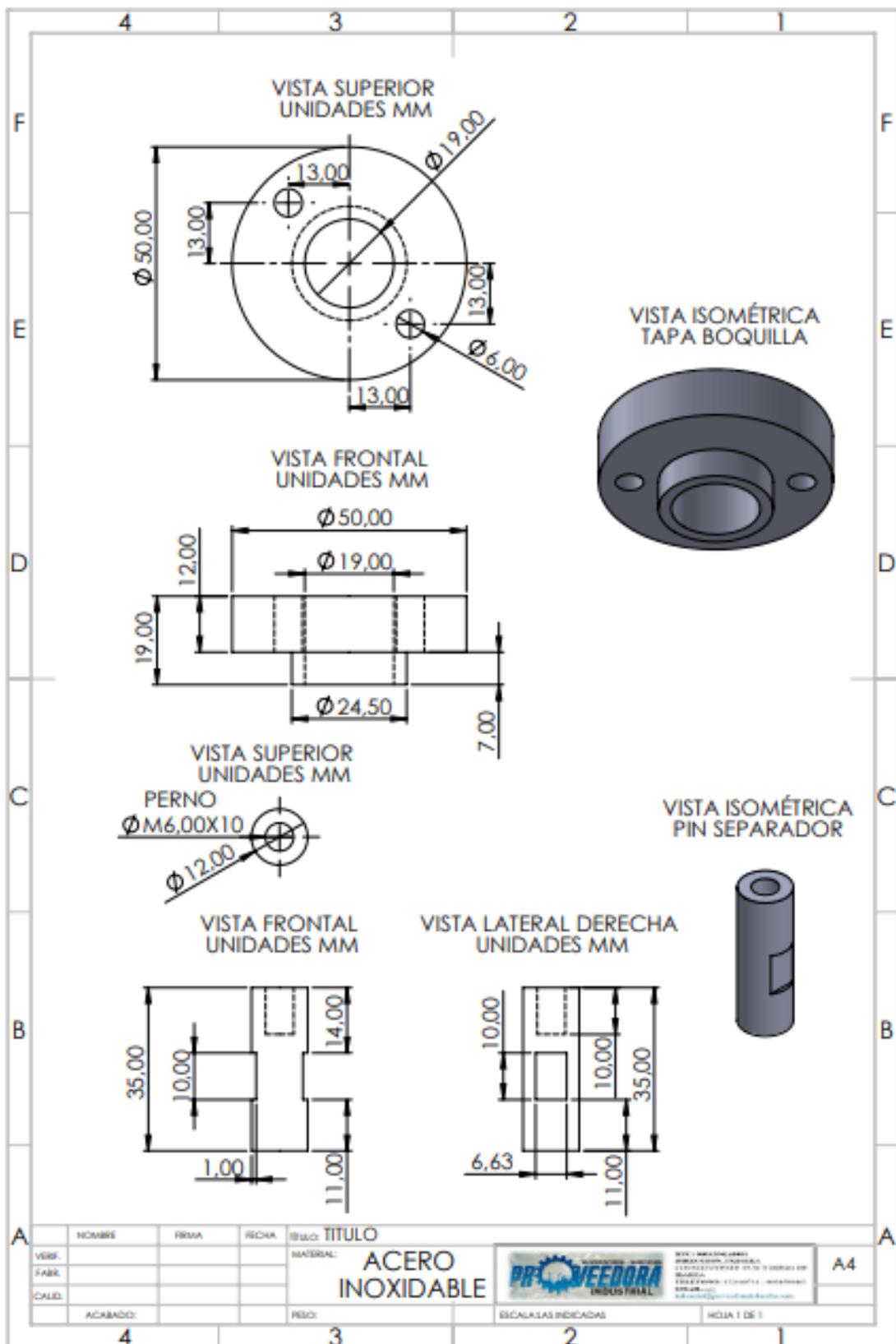
ANEXO 16-B. Base boquilla



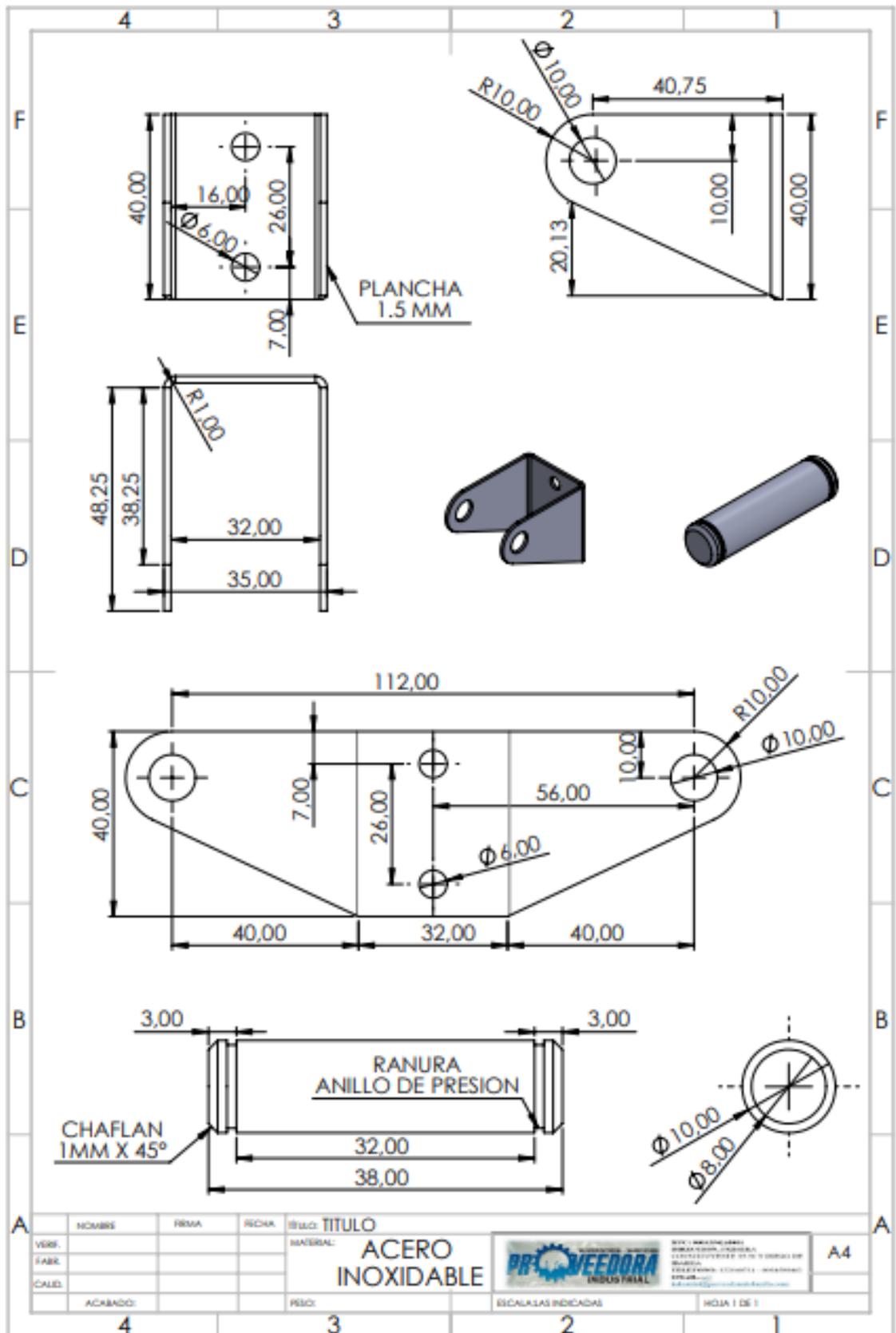
ANEXO 17-B. Ferrul de boquilla



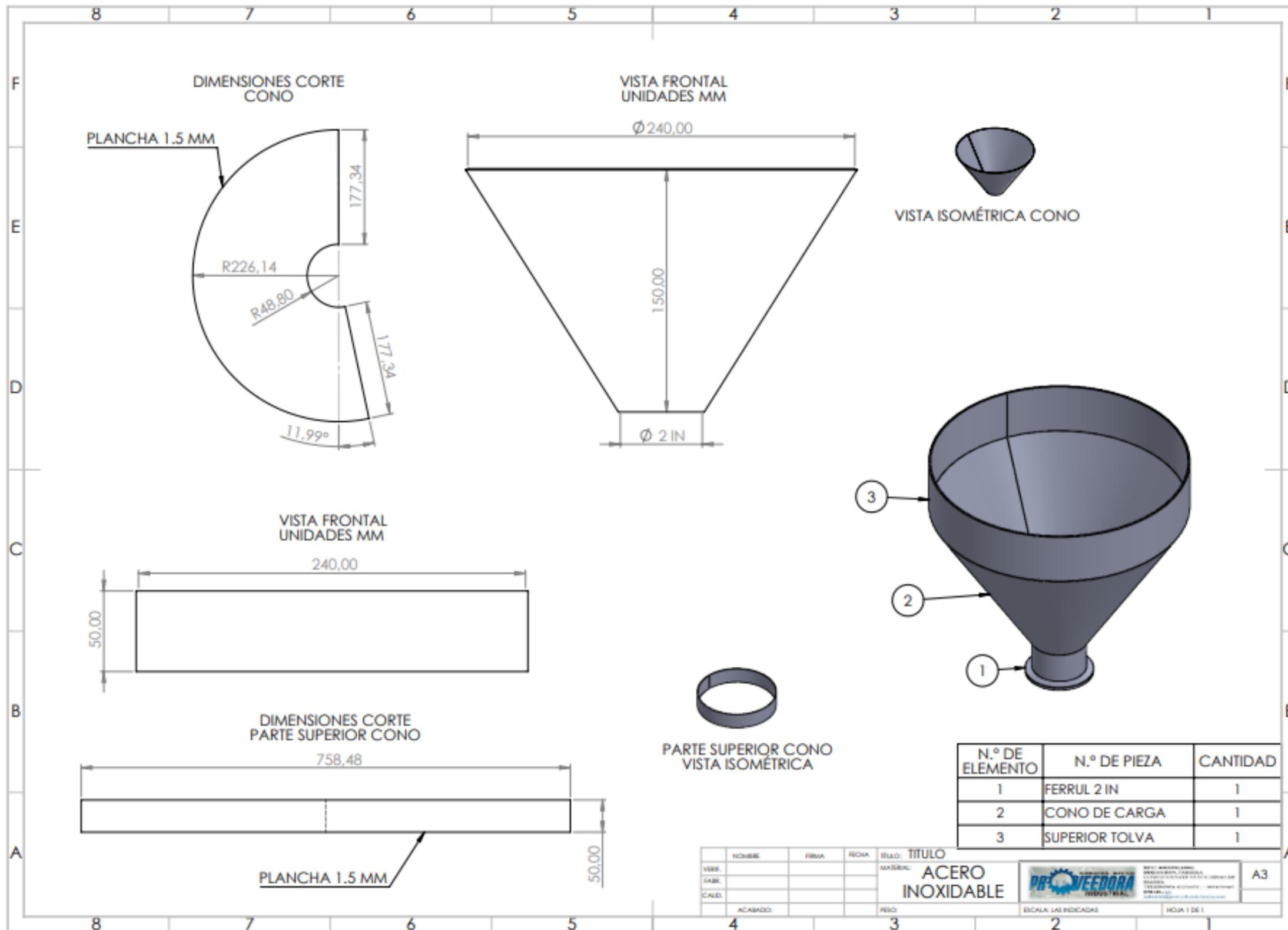
ANEXO 18-B. Pico de boquilla y Pistón de boquilla



ANEXO 19-B. Tapa de boquilla y Soporte cilindro neumático



ANEXO 20-B. Soporte cilindro motriz



ANEXO 21-B. Tolva de carga

G95 X26.174 Z-12.068	G95 Z-10.507 F0.102	X35.408
F0.102	G95 X31.137 Z-10.839	G95 G1 X36.116 Z0
G0 X24.174	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X30.157 Z-10.741	G95 Z-9.18 F0.102
X28.439	F0.102	G95 X35.12 Z-9.512
G95 G1 X29.146 Z0	G0 X28.157	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X34.139 Z-9.414
G95 Z-11.503 F0.102	X32.422	F0.102
G95 X28.15 Z-11.834	G95 G1 X33.129 Z0	G0 X32.139
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X27.17 Z-11.736	G95 Z-10.175 F0.102	X36.404
F0.102	G95 X32.133 Z-10.507	G95 G1 X37.111 Z0
G0 X25.17	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X31.152 Z-10.409	G95 Z-8.848 F0.102
X29.435	F0.102	G95 X36.116 Z-9.18
G95 G1 X30.142 Z0	G0 X29.152	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X35.135 Z-9.082
G95 Z-11.171 F0.102	X33.417	F0.102
G95 X29.146 Z-11.503	G95 G1 X34.124 Z0	G0 X33.135
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X28.166 Z-11.405	G95 Z-9.843 F0.102	X37.4
F0.102	G95 X33.129 Z-10.175	G95 G1 X38.107 Z0
G0 X26.166	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X32.148 Z-10.077	G95 Z-8.516 F0.102
X30.43	F0.102	G95 X37.111 Z-8.848
G95 G1 X31.137 Z0	G0 X30.148	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X36.131 Z-8.75
G95 Z-10.839 F0.102	X34.413	F0.102
G95 X30.142 Z-11.171	G95 G1 X35.12 Z0	G0 X34.131
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X29.161 Z-11.073	G95 Z-9.512 F0.102	X38.395
F0.102	G95 X34.124 Z-9.843	G95 G1 X39.102 Z0
G0 X27.161	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X33.144 Z-9.745	G95 Z-8.184 F0.102
X31.426	F0.102	G95 X38.107 Z-8.516
G95 G1 X32.133 Z0	G0 X31.144	F0.102
F0.102	Z0.354	

G95 X37.126 Z-8.418	G95 Z-6.857 F0.102	X46.36
F0.102	G95 X42.089 Z-7.189	G95 G1 X47.068 Z0
G0 X35.126	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X41.109 Z-7.091	G95 Z-5.53 F0.102
X39.391	F0.102	G95 X46.072 Z-5.862
G95 G1 X40.098 Z0	G0 X39.109	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X45.091 Z-5.763
G95 Z-7.853 F0.102	X43.374	F0.102
G95 X39.102 Z-8.184	G95 G1 X44.081 Z0	G0 X43.091
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X38.122 Z-8.086	G95 Z-6.525 F0.102	X47.356
F0.102	G95 X43.085 Z-6.857	G95 G1 X48.063 Z0
G0 X36.122	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X42.104 Z-6.759	G95 Z-5.198 F0.102
X40.387	F0.102	G95 X47.068 Z-5.53
G95 G1 X41.094 Z0	G0 X40.104	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X46.087 Z-5.432
G95 Z-7.521 F0.102	X44.369	F0.102
G95 X40.098 Z-7.853	G95 G1 X45.076 Z0	G0 X44.087
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X39.118 Z-7.754	G95 Z-6.193 F0.102	X48.352
F0.102	G95 X44.081 Z-6.525	G95 G1 X49.059 Z0
G0 X37.118	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X43.1 Z-6.427	G95 Z-4.866 F0.102
X41.382	F0.102	G95 X48.063 Z-5.198
G95 G1 X42.089 Z0	G0 X41.1	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X47.083 Z-5.1
G95 Z-7.189 F0.102	X45.365	F0.102
G95 X41.094 Z-7.521	G95 G1 X46.072 Z0	G0 X45.083
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X40.113 Z-7.423	G95 Z-5.862 F0.102	X49.347
F0.102	G95 X45.076 Z-6.193	G95 G1 X50.054 Z0
G0 X38.113	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X44.096 Z-6.095	G95 Z-4.534 F0.102
X42.378	F0.102	G95 X49.059 Z-4.866
G95 G1 X43.085 Z0	G0 X42.096	F0.102
F0.102	Z0.354	

G95 X48.078 Z-4.768	G95 Z-3.207 F0.102	X57.312
F0.102	G95 X53.041 Z-3.539	G95 G1 X58.02 Z0
G0 X46.078	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X52.061 Z-3.441	G95 Z-1.88 F0.102
X50.343	F0.102	G95 X57.024 Z-2.211
G95 G1 X51.05 Z0	G0 X50.061	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X56.043 Z-2.113
G95 Z-4.202 F0.102	X54.326	F0.102
G95 X50.054 Z-4.534	G95 G1 X55.033 Z0	G0 X54.043
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X49.074 Z-4.436	G95 Z-2.875 F0.102	X58.308
F0.102	G95 X54.037 Z-3.207	G95 G1 X59.015 Z0
G0 X47.074	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X53.056 Z-3.109	G95 Z-1.548 F0.102
X51.339	F0.102	G95 X58.02 Z-1.88
G95 G1 X52.046 Z0	G0 X51.056	F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X57.039 Z-1.782
G95 Z-3.871 F0.102	X55.321	F0.102
G95 X51.05 Z-4.202	G95 G1 X56.028 Z0	G0 X55.039
F0.102	F0.102	Z0.354
G95 X50.07 Z-4.104	G95 Z-2.543 F0.102	X59.304
F0.102	G95 X55.033 Z-2.875	G95 G1 X60.011 Z0
G0 X48.07	F0.102	F0.102
Z0.354	G95 X54.052 Z-2.777	G95 Z-1.262 F0.102
X52.334	F0.102	G95 G2 X59.469 Z-1.397
G95 G1 X53.041 Z0	G0 X52.052	CR=1.2 F0.102
F0.102	Z0.354	G95 G1 X59.015 Z-1.548
G95 Z-3.539 F0.102	X56.317	F0.102
G95 X52.046 Z-3.871	G95 G1 X57.024 Z0	G95 X58.035 Z-1.45
F0.102	F0.102	F0.102
G95 X51.065 Z-3.773	G95 Z-2.211 F0.102	G0 X56.035
F0.102	G95 X56.028 Z-2.543	Z0.354
G0 X49.065	F0.102	X60.299
Z0.354	G95 X55.048 Z-2.445	G95 G1 X61.007 Z0
X53.33	F0.102	F0.102
G95 G1 X54.037 Z0	G0 X53.048	G95 Z-1.195 F0.102
F0.102	Z0.354	G95 X60.8 F0.102

G95 G2 X60.011 Z-1.262	G95 X63.993 F0.102	G95 X67.269 Z-0.842
CR=1.2 F0.102	G95 X63.286 Z-0.842	F0.102
G95 G1 X59.111 Z-1.044	F0.102	G0 X65.269
F0.102	G0 X61.286	Z0.354
G0 X57.111	Z0.354	X69.26
Z0.354	X65.278	G95 G1 X69.967 Z0
X61.295	G95 G1 X65.985 Z0	F0.102
G95 G1 X62.002 Z0	F0.102	G95 Z-1.195 F0.102
F0.102	G95 Z-1.195 F0.102	G95 X68.972 F0.102
G95 Z-1.195 F0.102	G95 X64.989 F0.102	G95 X68.264 Z-0.842
G95 X61.007 F0.102	G95 X64.282 Z-0.842	F0.102
G95 X60.299 Z-0.842	F0.102	G0 X66.264
F0.102	G0 X62.282	Z0.354
G0 X58.299	Z0.354	X70.256
Z0.354	X66.273	G95 G1 X70.963 Z0
X62.291	G95 G1 X66.98 Z0	F0.102
G95 G1 X62.998 Z0	F0.102	G95 Z-1.195 F0.102
F0.102	G95 Z-1.195 F0.102	G95 X69.967 F0.102
G95 Z-1.195 F0.102	G95 X65.985 F0.102	G95 X69.26 Z-0.842
G95 X62.002 F0.102	G95 X65.278 Z-0.842	F0.102
G95 X61.295 Z-0.842	F0.102	G0 X67.26
F0.102	G0 X63.278	Z0.354
G0 X59.295	Z0.354	X71.251
Z0.354	X67.269	G95 G1 X71.959 Z0
X63.286	G95 G1 X67.976 Z0	F0.102
G95 G1 X63.993 Z0	F0.102	G95 Z-1.195 F0.102
F0.102	G95 Z-1.195 F0.102	G95 X70.963 F0.102
G95 Z-1.195 F0.102	G95 X66.98 F0.102	G95 X70.256 Z-0.842
G95 X62.998 F0.102	G95 X66.273 Z-0.842	F0.102
G95 X62.291 Z-0.842	F0.102	G0 X68.256
F0.102	G0 X64.273	Z0.354
G0 X60.291	Z0.354	X72.247
Z0.354	X68.264	G95 G1 X72.954 Z0
X64.282	G95 G1 X68.972 Z0	F0.102
G95 G1 X64.989 Z0	F0.102	G95 Z-1.195 F0.102
F0.102	G95 Z-1.195 F0.102	G95 X71.959 F0.102
G95 Z-1.195 F0.102	G95 X67.976 F0.102	

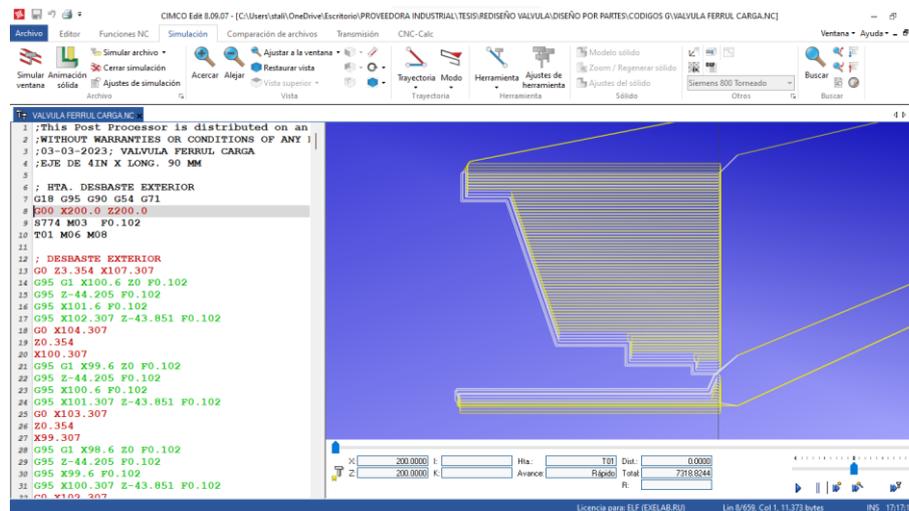
G95 X71.251 Z-0.842
F0.102
G0 X69.251
Z0.354
X73.243
G95 G1 X73.95 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X72.954 F0.102
G95 X72.247 Z-0.842
F0.102
G0 X70.247
Z0.354
X74.238
G95 G1 X74.945 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X73.95 F0.102
G95 X73.243 Z-0.842
F0.102
G0 X71.243
Z0.354
X75.234
G95 G1 X75.941 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X74.945 F0.102
G95 X74.238 Z-0.842
F0.102
G0 X72.238
Z0.354
X76.23
G95 G1 X76.937 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X75.941 F0.102

G95 X75.234 Z-0.842
F0.102
G0 X73.234
Z0.354
X77.225
G95 G1 X77.932 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X76.937 F0.102
G95 X76.23 Z-0.842
F0.102
G0 X74.23
Z0.354
X78.221
G95 G1 X78.928 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X77.932 F0.102
G95 X77.225 Z-0.842
F0.102
G0 X75.225
Z0.354
X79.217
G95 G1 X79.924 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X78.928 F0.102
G95 X78.221 Z-0.842
F0.102
G0 X76.221
Z0.354
X80.212
G95 G1 X80.919 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X79.924 F0.102

G95 X79.217 Z-0.842
F0.102
G0 X77.217
Z0.354
X81.208
G95 G1 X81.915 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X80.919 F0.102
G95 X80.212 Z-0.842
F0.102
G0 X78.212
Z0.354
X82.203
G95 G1 X82.911 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X81.915 F0.102
G95 X81.208 Z-0.842
F0.102
G0 X79.208
Z0.354
X83.199
G95 G1 X83.906 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X82.911 F0.102
G95 X82.203 Z-0.842
F0.102
G0 X80.203
Z0.354
X84.195
G95 G1 X84.902 Z0
F0.102
G95 Z-1.195 F0.102
G95 X83.906 F0.102

G95 X83.199 Z-0.842	G95 X87.182 Z-0.842	G95 X24.376 Z-13.629
F0.102	F0.102	F0.102
G0 X81.199	G0 X85.182	G0 X22
Z0.354	Z0.354	Z4
X85.19	X89.173	X200
G95 G1 X85.897 Z0	G95 G1 X89.88 Z0	Z200.0
F0.102	F0.102	M9
G95 Z-1.195 F0.102	G95 Z-1.195 F0.102	M5
G95 X84.902 F0.102	G95 X88.884 F0.102	M1
G95 X84.195 Z-0.842	G95 X88.177 Z-0.842	
F0.102	F0.102	; HTA RANURADO
G0 X82.195	G0 X86.177	2mm espesor
Z0.354	Z0.354	G18 G96 S66 G90 G54
X86.186	X90.173	G71
G95 G1 X86.893 Z0	G95 G1 X90.88 Z0	G00 X200.0 Z200.0
F0.102	F0.102	M03 F0.033
G95 Z-1.195 F0.102	G95 Z-1.695 F0.102	T06 M06 M08
G95 X85.897 F0.102	G95 X60.8 F0.102	
G95 X85.19 Z-0.842	G95 G2 X60.024 Z-1.813	; RANURADO centrada
F0.102	CR=.7 F0.102	mitad hta
G0 X83.19	G95 G1 X25.356 Z-	Z4
Z0.354	13.367 F0.102	X83.88
X87.182	G95 X24.376 Z-13.269	G95 G1 X83.88 Z-0.995
G95 G1 X87.889 Z0	F0.102	F0.033
F0.102	G0 X21.968	G95 Z-3.22 F0.033
G95 Z-1.195 F0.102	Z1.358	G0 Z-0.995
G95 X86.893 F0.102	X93.387	X84.213
G95 X86.186 Z-0.842	G95 G1 X92.387 Z-1.642	G95 G1 Z-3.064 F0.033
F0.102	F0.102	G95 G3 X83.88 Z-3.22
G0 X84.186	G95 X91.68 Z-1.995	CR=1.3 F0.033
Z0.354	F0.102	G0 Z-0.995
X88.177	G95 X60.8 F0.102	X84.547
G95 G1 X88.884 Z0	G95 G2 X60.356 Z-2.062	G95 G1 Z-2.832 F0.033
F0.102	CR=.4 F0.102	G95 G3 X84.213 Z-3.064
G95 Z-1.195 F0.102	G95 G1 X25.356 Z-	CR=1.3 F0.033
G95 X87.889 F0.102	13.727 F0.102	G0 Z-0.995
		X84.88

G95 G1 Z-2.195 F0.033	G0 Z-0.995	G95 G2 X83.213 Z-2.832
G95 G3 X84.547 Z-2.832	X83.213	CR=1.3 F0.033
CR=1.3 F0.033	G95 G1 Z-2.832 F0.033	G0 Z4
G0 Z-0.995	G95 G2 X83.547 Z-3.064	X200
X83.547	CR=1.3 F0.033	Z200.0
G95 G1 Z-3.064 F0.033	G0 Z-0.995	M9
G95 G2 X83.88 Z-3.22	X82.88	M5
CR=1.3 F0.033	G95 G1 Z-2.195 F0.033	M30



ANEXO 2-C. Código G para el maquinado posterior de ferrules

;This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,

;WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.

;03-03-2023; VALVULA	; DESBASTE	G95 Z-44.205 F0.102
FERRUL CARGA	EXTERIOR	G95 X100.6 F0.102
; EJE DE 4IN X LONG.	G0 Z3.354 X107.307	G95 X101.307 Z-43.851
90 MM	G95 G1 X100.6 Z0	F0.102
	F0.102	G0 X103.307
; HTA. DESBASTE	G95 Z-44.205 F0.102	Z0.354
EXTERIOR	G95 X101.6 F0.102	X99.307
G18 G95 G90 G54 G71	G95 X102.307 Z-43.851	G95 G1 X98.6 Z0 F0.102
G00 X200.0 Z200.0	F0.102	G95 Z-44.205 F0.102
S774 M03 F0.102	G0 X104.307	G95 X99.6 F0.102
T01 M06 M08	Z0.354	G95 X100.307 Z-43.851
	X100.307	F0.102
	G95 G1 X99.6 Z0 F0.102	G0 X102.307

Z0.354	G95 X95.307 Z-43.851	G95 X91.497 Z-36.005
X98.307	F0.102	F0.102
G95 G1 X97.6 Z0 F0.102	G0 X97.307	G0 X93.497
G95 Z-44.205 F0.102	Z0.354	Z0.354
G95 X98.6 F0.102	X93.307	X89.307
G95 X99.307 Z-43.851	G95 G1 X92.6 Z0 F0.102	G95 G1 X88.6 Z0 F0.102
F0.102	G95 Z-44.205 F0.102	G95 Z-35.885 F0.102
G0 X101.307	G95 X93.6 F0.102	G95 X89.6 Z-36.055
Z0.354	G95 X94.307 Z-43.851	F0.102
X97.307	F0.102	G95 X90.497 Z-35.835
G95 G1 X96.6 Z0 F0.102	G0 X96.307	F0.102
G95 Z-44.205 F0.102	Z0.354	G0 X92.497
G95 X97.6 F0.102	X92.307	Z0.354
G95 X98.307 Z-43.851	G95 G1 X91.6 Z0 F0.102	X88.307
F0.102	G95 Z-36.396 F0.102	G95 G1 X87.6 Z0 F0.102
G0 X100.307	G95 X92.48 Z-36.546	G95 Z-35.715 F0.102
Z0.354	F0.102	G95 X88.6 Z-35.885
X96.307	G95 Z-44.205 F0.102	F0.102
G95 G1 X95.6 Z0 F0.102	G95 X92.6 F0.102	G95 X89.497 Z-35.664
G95 Z-44.205 F0.102	G95 X93.307 Z-43.851	F0.102
G95 X96.6 F0.102	F0.102	G0 X91.497
G95 X97.307 Z-43.851	G0 X95.307	Z0.354
F0.102	Z0.354	X87.307
G0 X99.307	X91.307	G95 G1 X86.6 Z0 F0.102
Z0.354	G95 G1 X90.6 Z0 F0.102	G95 Z-35.544 F0.102
X95.307	G95 Z-36.226 F0.102	G95 X87.6 Z-35.715
G95 G1 X94.6 Z0 F0.102	G95 X91.6 Z-36.396	F0.102
G95 Z-44.205 F0.102	F0.102	G95 X88.497 Z-35.494
G95 X95.6 F0.102	G95 X92.497 Z-36.175	F0.102
G95 X96.307 Z-43.851	F0.102	G0 X90.497
F0.102	G0 X94.497	Z0.354
G0 X98.307	Z0.354	X86.307
Z0.354	X90.307	G95 G1 X85.6 Z0 F0.102
X94.307	G95 G1 X89.6 Z0 F0.102	G95 Z-35.374 F0.102
G95 G1 X93.6 Z0 F0.102	G95 Z-36.055 F0.102	G95 X86.6 Z-35.544
G95 Z-44.205 F0.102	G95 X90.6 Z-36.226	F0.102
G95 X94.6 F0.102	F0.102	

G95 X87.497 Z-35.324
F0.102
G0 X89.497
Z0.354
X85.307
G95 G1 X84.6 Z0 F0.102
G95 Z-35.204 F0.102
G95 X85.6 Z-35.374
F0.102
G95 X86.497 Z-35.153
F0.102
G0 X88.497
Z0.354
X84.307
G95 G1 X83.6 Z0 F0.102
G95 Z-35.034 F0.102
G95 X84.6 Z-35.204
F0.102
G95 X85.497 Z-34.983
F0.102
G0 X87.497
Z0.354
X83.307
G95 G1 X82.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.863 F0.102
G95 X83.6 Z-35.034
F0.102
G95 X84.497 Z-34.813
F0.102
G0 X86.497
Z0.354
X82.307
G95 G1 X81.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.693 F0.102
G95 X82.6 Z-34.863
F0.102

G95 X83.497 Z-34.643
F0.102
G0 X85.497
Z0.354
X81.307
G95 G1 X80.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.523 F0.102
G95 X81.6 Z-34.693
F0.102
G95 X82.497 Z-34.472
F0.102
G0 X84.497
Z0.354
X80.307
G95 G1 X79.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.352 F0.102
G95 X80.6 Z-34.523
F0.102
G95 X81.497 Z-34.302
F0.102
G0 X83.497
Z0.354
X79.307
G95 G1 X78.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.182 F0.102
G95 X79.6 Z-34.352
F0.102
G95 X80.497 Z-34.132
F0.102
G0 X82.497
Z0.354
X78.307
G95 G1 X77.6 Z0 F0.102
G95 Z-34.012 F0.102
G95 X78.6 Z-34.182
F0.102

G95 X79.497 Z-33.961
F0.102
G0 X81.497
Z0.354
X77.307
G95 G1 X76.6 Z0 F0.102
G95 Z-33.841 F0.102
G95 X77.6 Z-34.012
F0.102
G95 X78.497 Z-33.791
F0.102
G0 X80.497
Z0.354
X76.307
G95 G1 X75.6 Z0 F0.102
G95 Z-33.671 F0.102
G95 X76.6 Z-33.841
F0.102
G95 X77.497 Z-33.621
F0.102
G0 X79.497
Z0.354
X75.307
G95 G1 X74.6 Z0 F0.102
G95 Z-33.501 F0.102
G95 X75.6 Z-33.671
F0.102
G95 X76.497 Z-33.45
F0.102
G0 X78.497
Z0.354
X74.307
G95 G1 X73.6 Z0 F0.102
G95 Z-33.331 F0.102
G95 X74.6 Z-33.501
F0.102

G95 X75.497 Z-33.28	G95 X71.497 Z-32.599	G95 X67.497 Z-31.918
F0.102	F0.102	F0.102
G0 X77.497	G0 X73.497	G0 X69.497
Z0.354	Z0.354	Z0.354
X73.307	X69.307	X65.307
G95 G1 X72.6 Z0 F0.102	G95 G1 X68.6 Z0 F0.102	G95 G1 X64.6 Z0 F0.102
G95 Z-33.16 F0.102	G95 Z-32.479 F0.102	G95 Z-31.798 F0.102
G95 X73.6 Z-33.331	G95 X69.6 Z-32.649	G95 X65.6 Z-31.968
F0.102	F0.102	F0.102
G95 X74.497 Z-33.11	G95 X70.497 Z-32.429	G95 X66.497 Z-31.747
F0.102	F0.102	F0.102
G0 X76.497	G0 X72.497	G0 X68.497
Z0.354	Z0.354	Z0.354
X72.307	X68.307	X64.307
G95 G1 X71.6 Z0 F0.102	G95 G1 X67.6 Z0 F0.102	G95 G1 X63.6 Z0 F0.102
G95 Z-32.99 F0.102	G95 Z-32.309 F0.102	G95 Z-31.628 F0.102
G95 X72.6 Z-33.16	G95 X68.6 Z-32.479	G95 X64.6 Z-31.798
F0.102	F0.102	F0.102
G95 X73.497 Z-32.94	G95 X69.497 Z-32.258	G95 X65.497 Z-31.577
F0.102	F0.102	F0.102
G0 X75.497	G0 X71.497	G0 X67.497
Z0.354	Z0.354	Z0.354
X71.307	X67.307	X63.307
G95 G1 X70.6 Z0 F0.102	G95 G1 X66.6 Z0 F0.102	G95 G1 X62.6 Z0 F0.102
G95 Z-32.82 F0.102	G95 Z-32.138 F0.102	G95 Z-31.457 F0.102
G95 X71.6 Z-32.99	G95 X67.6 Z-32.309	G95 X63.6 Z-31.628
F0.102	F0.102	F0.102
G95 X72.497 Z-32.769	G95 X68.497 Z-32.088	G95 X64.497 Z-31.407
F0.102	F0.102	F0.102
G0 X74.497	G0 X70.497	G0 X66.497
Z0.354	Z0.354	Z0.354
X70.307	X66.307	X62.307
G95 G1 X69.6 Z0 F0.102	G95 G1 X65.6 Z0 F0.102	G95 G1 X61.6 Z0 F0.102
G95 Z-32.649 F0.102	G95 Z-31.968 F0.102	G95 Z-31.287 F0.102
G95 X70.6 Z-32.82	G95 X66.6 Z-32.138	G95 X62.6 Z-31.457
F0.102	F0.102	F0.102

G95 X63.497 Z-31.237
F0.102
G0 X65.497
Z0.354
X61.307
G95 G1 X60.6 Z0 F0.102
G95 Z-31.117 F0.102
G95 X61.6 Z-31.287
F0.102
G95 X62.497 Z-31.066
F0.102
G0 X64.497
Z0.354
X60.307
G95 G1 X59.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.946 F0.102
G95 X60.6 Z-31.117
F0.102
G95 X61.497 Z-30.896
F0.102
G0 X63.497
Z0.354
X59.307
G95 G1 X58.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.776 F0.102
G95 X59.6 Z-30.946
F0.102
G95 X60.497 Z-30.726
F0.102
G0 X62.497
Z0.354
X58.307
G95 G1 X57.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.606 F0.102
G95 X58.6 Z-30.776
F0.102

G95 X59.497 Z-30.555
F0.102
G0 X61.497
Z0.354
X57.307
G95 G1 X56.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.435 F0.102
G95 X57.6 Z-30.606
F0.102
G95 X58.497 Z-30.385
F0.102
G0 X60.497
Z0.354
X56.307
G95 G1 X55.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.265 F0.102
G95 X56.6 Z-30.435
F0.102
G95 X57.497 Z-30.215
F0.102
G0 X59.497
Z0.354
X55.307
G95 G1 X54.6 Z0 F0.102
G95 Z-30.095 F0.102
G95 X55.6 Z-30.265
F0.102
G95 X56.497 Z-30.044
F0.102
G0 X58.497
Z0.354
X54.307
G95 G1 X53.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.925 F0.102
G95 X54.6 Z-30.095
F0.102

G95 X55.497 Z-29.874
F0.102
G0 X57.497
Z0.354
X53.307
G95 G1 X52.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.754 F0.102
G95 X53.6 Z-29.925
F0.102
G95 X54.497 Z-29.704
F0.102
G0 X56.497
Z0.354
X52.307
G95 G1 X51.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.584 F0.102
G95 X52.6 Z-29.754
F0.102
G95 X53.497 Z-29.534
F0.102
G0 X55.497
Z0.354
X51.307
G95 G1 X50.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.414 F0.102
G95 X51.6 Z-29.584
F0.102
G95 X52.497 Z-29.363
F0.102
G0 X54.497
Z0.354
X50.307
G95 G1 X49.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.243 F0.102
G95 X50.6 Z-29.414
F0.102

G95 X51.497 Z-29.193
F0.102
G0 X53.497
Z0.354
X49.307
G95 G1 X48.6 Z0 F0.102
G95 Z-29.073 F0.102
G95 X49.6 Z-29.243
F0.102
G95 X50.497 Z-29.023
F0.102
G0 X52.497
Z0.354
X48.307
G95 G1 X47.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.903 F0.102
G95 X48.6 Z-29.073
F0.102
G95 X49.497 Z-28.852
F0.102
G0 X51.497
Z0.354
X47.307
G95 G1 X46.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.732 F0.102
G95 X47.6 Z-28.903
F0.102
G95 X48.497 Z-28.682
F0.102
G0 X50.497
Z0.354
X46.307
G95 G1 X45.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.562 F0.102
G95 X46.6 Z-28.732
F0.102

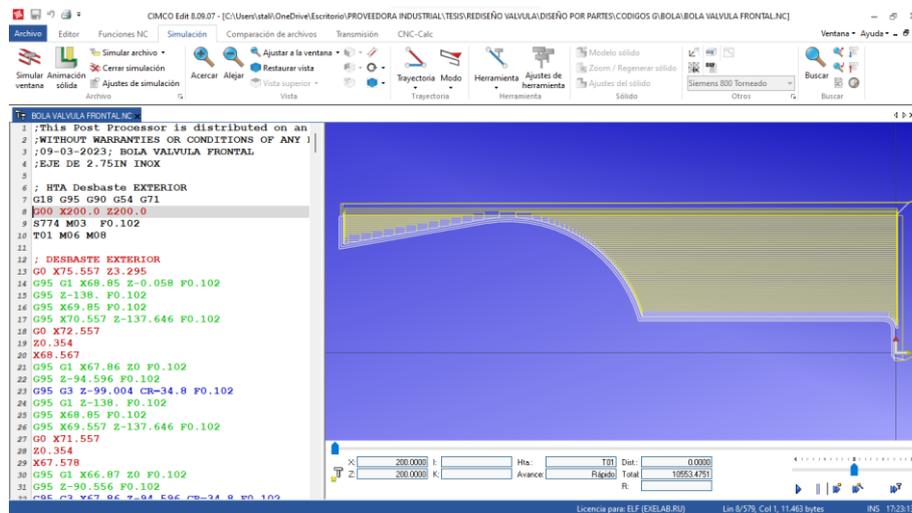
G95 X47.497 Z-28.512
F0.102
G0 X49.497
Z0.354
X45.307
G95 G1 X44.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.392 F0.102
G95 X45.6 Z-28.562
F0.102
G95 X46.497 Z-28.341
F0.102
G0 X48.497
Z0.354
X44.307
G95 G1 X43.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.222 F0.102
G95 X44.6 Z-28.392
F0.102
G95 X45.497 Z-28.171
F0.102
G0 X47.497
Z0.354
X43.307
G95 G1 X42.6 Z0 F0.102
G95 Z-28.051 F0.102
G95 X43.6 Z-28.222
F0.102
G95 X44.497 Z-28.001
F0.102
G0 X46.497
Z0.354
X42.307
G95 G1 X41.6 Z0 F0.102
G95 Z-27.881 F0.102
G95 X42.6 Z-28.051
F0.102

G95 X43.497 Z-27.831
F0.102
G0 X45.497
Z0.354
X41.307
G95 G1 X40.6 Z0 F0.102
G95 Z-15.54 F0.102
G95 X41.6 F0.102
G95 X42.307 Z-15.894
F0.102
G0 X44.307
Z0.354
X40.307
G95 G1 X39.6 Z0 F0.102
G95 Z-15.54 F0.102
G95 X40.6 F0.102
G95 X41.307 Z-15.186
F0.102
G0 X43.307
Z0.354
X39.307
G95 G1 X38.6 Z0 F0.102
G95 Z-15.54 F0.102
G95 X39.6 F0.102
G95 X40.307 Z-15.186
F0.102
G0 X42.307
Z0.354
X38.307
G95 G1 X37.6 Z0 F0.102
G95 Z-15.54 F0.102
G95 X38.6 F0.102
G95 X39.307 Z-15.186
F0.102
G0 X41.307
Z0.354
X37.307

G95 G1 X36.6 Z0 F0.102	G0 X36.307	G0 Z3.354 X36.707
G95 Z-15.54 F0.102	Z0.354	G95 G1 X30. Z-0.4
G95 X37.6 F0.102	X32.307	F0.102
G95 X38.307 Z-15.186	G95 G1 X31.6 Z0 F0.102	G95 Z-4.73 F0.102
F0.102	G95 Z-3.93 F0.102	G95 X33. F0.102
G0 X40.307	G95 X32.6 F0.102	G95 Z-16.34 F0.102
Z0.354	G95 X33.307 Z-3.576	G95 X40. F0.102
X36.307	F0.102	G95 Z-28.454 F0.102
G95 G1 X35.6 Z0 F0.102	G0 X35.307	G95 X90.88 Z-37.118
G95 Z-15.54 F0.102	Z0.354	F0.102
G95 X36.6 F0.102	X31.307	G95 Z-45.005 F0.102
G95 X37.307 Z-15.186	G95 G1 X30.6 Z0 F0.102	G95 X100.8 F0.102
F0.102	G95 Z-4.43 F0.102	G95 X101.507 Z-44.651
G0 X39.307	G95 X33.6 F0.102	F0.102
Z0.354	G95 Z-16.04 F0.102	G0 X105 Z-43.5
X35.307	G95 X40.6 F0.102	X200.0 Z200.0
G95 G1 X34.6 Z0 F0.102	G95 Z-28.239 F0.102	M9
G95 Z-15.54 F0.102	G95 X91.48 Z-36.904	M5
G95 X35.6 F0.102	F0.102	M1
G95 X36.307 Z-15.186	G95 Z-44.705 F0.102	
F0.102	G95 X100.8 F0.102	; HTA Desbaste
G0 X38.307	G95 X101.507 Z-44.351	INTERIOR
Z0.354	F0.102	G18 G96 S122 G90 G54
X34.307	G0 X105 Z-43.5	G71
G95 G1 X33.6 Z0 F0.102	X200.0 Z200.0	G00 X200.0 Z200.0
G95 Z-3.93 F0.102	M9	M03 T02 M06 M08
G95 X34.6 F0.102	M5	
G95 X35.307 Z-4.284	M1	; DESBASTE INTERIOR
F0.102		G0 X19 Z3.354
G0 X37.307	; HTA ACABADO	G95 G1 X20.05 Z0
Z0.354	EXTERIOR.	F0.102
X33.307	G18 G95 G90 G54 G71	G95 Z-45.54 F0.102
G95 G1 X32.6 Z0 F0.102	G00 X200.0 Z200.0	G95 X19.05 F0.102
G95 Z-3.93 F0.102	S774 M03 F0.102	G95 X18.343 Z-45.186
G95 X33.6 F0.102	T03 M06 M08	F0.102
G95 X34.307 Z-3.576		G0 X16.343
F0.102	; ACABADO EXTERIOR	Z0.354

X20.341	G0 X20.337	G95 Z-0.473 F0.102
G95 G1 X21.048 Z0	Z0.354	G95 G3 X27.036 Z-0.704
F0.102	X24.333	CR=31.8 F0.102
G95 Z-45.54 F0.102	G95 G1 X25.04 Z0	G95 G1 X26.1 Z-0.528
G95 X20.05 F0.102	F0.102	F0.102
G95 X19.343 Z-45.186	G95 Z-1.136 F0.102	G0 X24.1
F0.102	G95 G3 X24.891 Z-1.166	Z0.354
G0 X17.343	CR=31.8 F0.102	X28.325
Z0.354	G95 G1 X24.042 Z-1.34	G95 G1 X29.032 Z0
X21.339	F0.102	F0.102
G95 G1 X22.046 Z0	G95 X23.12 Z-1.147	G95 Z-0.231 F0.102
F0.102	F0.102	G95 G3 X28.034 Z-0.473
G95 Z-45.54 F0.102	G0 X21.12	CR=31.8 F0.102
G95 X21.048 F0.102	Z0.354	G95 G1 X27.092 Z-0.305
G95 X20.341 Z-45.186	X25.331	F0.102
F0.102	G95 G1 X26.038 Z0	G0 X25.092
G0 X18.341	F0.102	Z0.354
Z0.354	G95 Z-0.925 F0.102	X29.293
X22.337	G95 G3 X25.04 Z-1.136	G95 G1 X30. Z0 F0.102
G95 G1 X23.044 Z0	CR=31.8 F0.102	G95 Z-0.548 F0.102
F0.102	G95 G1 X24.117 Z-0.944	G95 G3 X25.27 Z-1.629
G95 Z-45.54 F0.102	F0.102	CR=32.3 F0.102
G95 X22.046 F0.102	G0 X22.117	G95 G1 X24.4 Z-1.807
G95 X21.339 Z-45.186	Z0.354	F0.102
F0.102	X26.329	G95 Z-46.04 F0.102
G0 X19.339	G95 G1 X27.036 Z0	G95 X20.85 F0.102
Z0.354	F0.102	G95 X20.143 Z-45.686
X23.335	G95 Z-0.704 F0.102	F0.102
G95 G1 X24.042 Z0	G95 G3 X26.038 Z-0.925	G0 X19
F0.102	CR=31.8 F0.102	Z3.354
G95 Z-1.34 F0.102	G95 G1 X25.108 Z-0.741	X200.0 Z200.0.
G95 X23.4 Z-1.472	F0.102	M9
F0.102	G0 X23.108	M5
G95 Z-45.54 F0.102	Z0.354	M1
G95 X23.044 F0.102	X27.327	
G95 X22.337 Z-45.186	G95 G1 X28.034 Z0	; HTA Acabado
F0.102	F0.102	INTERIOR

G18 G96 S122 G90 G54	G95 G1 X30.745 Z-0.298	G95 X22 Z-45.5 F0.102
G71	F0.102	G0 X19
G00 X200.0 Z200.0	G95 X30 Z-0.73 F0.102	Z3.354
M03 T04 M06 M08	G95 G3 X25 Z-1.90	X200.0 Z200.0.
	CR=33 F0.102	M9
; ACABADO INTERIOR	G95 G1 Z-45.8 F0.102	M5
G0 Z3.354 X36.707	G95 X23 F0.102	M30



ANEXO 3-C. Código G para el maquinado frontal de bola

;This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,

;WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.

;09-03-2023; BOLA	G95 G1 X68.85 Z-0.058	G95 G1 Z-138. F0.102
VALVULA FRONTAL	F0.102	G95 X68.85 F0.102
; EJE DE 2.75IN INOX	G95 Z-138. F0.102	G95 X69.557 Z-137.646
	G95 X69.85 F0.102	F0.102
; HTA Desbaste	G95 X70.557 Z-137.646	G0 X71.557
EXTERIOR	F0.102	Z0.354
G18 G95 G90 G54 G71	G0 X72.557	X67.578
G00 X200.0 Z200.0	Z0.354	G95 G1 X66.87 Z0
S774 M03 F0.102	X68.567	F0.102
T01 M06 M08	G95 G1 X67.86 Z0	G95 Z-90.556 F0.102
	F0.102	G95 G3 X67.86 Z-94.596
; DESBASTE	G95 Z-94.596 F0.102	CR=34.8 F0.102
EXTERIOR	G95 G3 Z-99.004	G95 G1 X68.611 Z-
G0 X75.557 Z3.295	CR=34.8 F0.102	94.926 F0.102

G0 X70.611	G95 G3 X63.901 Z-	G95 G1 X58.952 Z0
Z0.354	85.034 CR=34.8 F0.102	F0.102
X66.588	G95 G1 X64.806 Z-	G95 Z-79.642 F0.102
G95 G1 X65.881 Z0	85.247 F0.102	G95 G3 X59.942 Z-
F0.102	G0 X66.806	80.546 CR=34.8 F0.102
G95 Z-88.278 F0.102	Z0.354	G95 G1 X60.897 Z-
G95 G3 X66.87 Z-90.556	X62.629	80.694 F0.102
CR=34.8 F0.102	G95 G1 X61.922 Z0	G0 X62.897
G95 G1 X67.693 Z-90.84	F0.102	Z0.354
F0.102	G95 Z-82.577 F0.102	X58.669
G0 X69.693	G95 G3 X62.911 Z-	G95 G1 X57.962 Z0
Z0.354	83.738 CR=34.8 F0.102	F0.102
X65.598	G95 G1 X63.832 Z-	G95 Z-78.797 F0.102
G95 G1 X64.891 Z0	83.933 F0.102	G95 G3 X58.952 Z-
F0.102	G0 X65.832	79.642 CR=34.8 F0.102
G95 Z-86.515 F0.102	Z0.354	G95 G1 X59.916 Z-
G95 G3 X65.881 Z-	X61.639	79.775 F0.102
88.278 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X60.932 Z0	G0 X61.916
G95 G1 X66.739 Z-	F0.102	Z0.354
88.534 F0.102	G95 Z-81.52 F0.102	X57.68
G0 X68.739	G95 G3 X61.922 Z-	G95 G1 X56.973 Z0
Z0.354	82.577 CR=34.8 F0.102	F0.102
X64.608	G95 G1 X62.856 Z-	G95 Z-78.002 F0.102
G95 G1 X63.901 Z0	82.755 F0.102	G95 G3 X57.962 Z-
F0.102	G0 X64.856	78.797 CR=34.8 F0.102
G95 Z-85.034 F0.102	Z0.354	G95 G1 X58.933 Z-
G95 G3 X64.891 Z-	X60.649	78.916 F0.102
86.515 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X59.942 Z0	G0 X60.933
G95 G1 X65.775 Z-	F0.102	Z0.354
86.748 F0.102	G95 Z-80.546 F0.102	X56.69
G0 X67.775	G95 G3 X60.932 Z-81.52	G95 G1 X55.983 Z0
Z0.354	CR=34.8 F0.102	F0.102
X63.618	G95 G1 X61.877 Z-	G95 Z-77.253 F0.102
G95 G1 X62.911 Z0	81.682 F0.102	G95 G3 X56.973 Z-
F0.102	G0 X63.877	78.002 CR=34.8 F0.102
G95 Z-83.738 F0.102	Z0.354	G95 G1 X57.95 Z-78.109
	X59.659	F0.102

G0 X59.95	G95 G3 X53.013 Z-	G95 G1 X48.065 Z0
Z0.354	75.227 CR=34.8 F0.102	F0.102
X55.7	G95 G1 X54.007 Z-	G95 Z-72.42 F0.102
G95 G1 X54.993 Z0	75.285 F0.102	G95 G3 X49.054 Z-
F0.102	G0 X56.007	72.934 CR=34.8 F0.102
G95 Z-76.543 F0.102	Z0.354	G95 G1 X50.054 Z-
G95 G3 X55.983 Z-	X51.741	72.949 F0.102
77.253 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X51.034 Z0	G0 X52.054
G95 G1 X56.965 Z-	F0.102	Z0.354
77.347 F0.102	G95 Z-74.03 F0.102	X47.782
G0 X58.965	G95 G3 X52.024 Z-	G95 G1 X47.075 Z0
Z0.354	74.615 CR=34.8 F0.102	F0.102
X54.71	G95 G1 X53.019 Z-	G95 Z-71.926 F0.102
G95 G1 X54.003 Z0	74.662 F0.102	G95 G3 X48.065 Z-72.42
F0.102	G0 X55.019	CR=34.8 F0.102
G95 Z-75.869 F0.102	Z0.354	G95 G1 X49.064 Z-
G95 G3 X54.993 Z-	X50.751	72.424 F0.102
76.543 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X50.044 Z0	G0 X51.064
G95 G1 X55.98 Z-76.625	F0.102	Z0.354
F0.102	G95 Z-73.471 F0.102	X46.792
G0 X57.98	G95 G3 X51.034 Z-74.03	G95 G1 X46.085 Z0
Z0.354	CR=34.8 F0.102	F0.102
X53.721	G95 G1 X52.031 Z-	G95 Z-71.451 F0.102
G95 G1 X53.013 Z0	74.066 F0.102	G95 G3 X47.075 Z-
F0.102	G0 X54.031	71.926 CR=34.8 F0.102
G95 Z-75.227 F0.102	Z0.354	G95 G1 X48.075 Z-71.92
G95 G3 X54.003 Z-	X49.761	F0.102
75.869 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X49.054 Z0	G0 X50.075
G95 G1 X54.993 Z-	F0.102	Z0.354
75.939 F0.102	G95 Z-72.934 F0.102	X45.802
G0 X56.993	G95 G3 X50.044 Z-	G95 G1 X45.095 Z0
Z0.354	73.471 CR=34.8 F0.102	F0.102
X52.731	G95 G1 X51.043 Z-	G95 Z-70.994 F0.102
G95 G1 X52.024 Z0	73.496 F0.102	G95 G3 X46.085 Z-
F0.102	G0 X53.043	71.451 CR=34.8 F0.102
G95 Z-74.615 F0.102	Z0.354	G95 G1 X47.084 Z-
	X48.772	71.436 F0.102

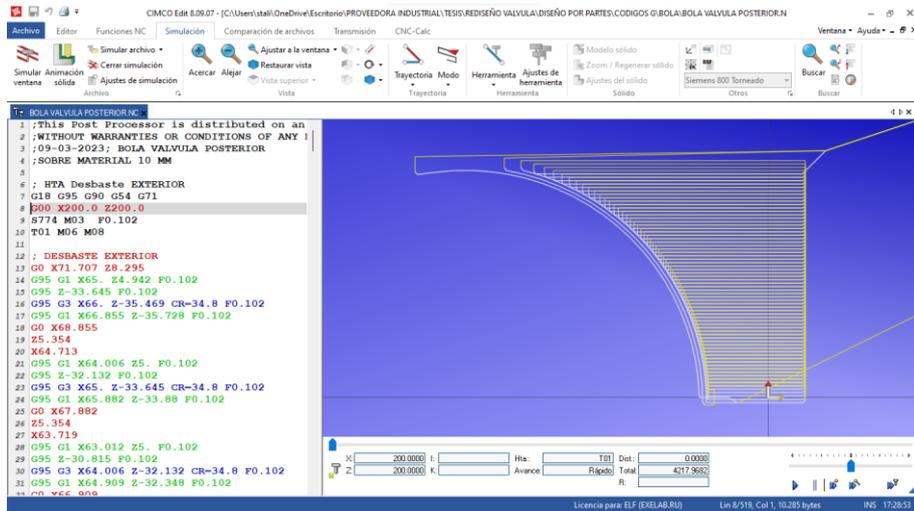
G0 X49.084	G95 G3 X42.126 Z-	G95 G1 X37.177 Z0
Z0.354	69.725 CR=34.8 F0.102	F0.102
X44.812	G95 G1 X43.12 Z-69.672	G95 Z-67.901 F0.102
G95 G1 X44.105 Z0	F0.102	G95 G3 X38.167 Z-68.24
F0.102	G0 X45.12	CR=34.8 F0.102
G95 Z-70.555 F0.102	Z0.354	G95 G1 X39.151 Z-
G95 G3 X45.095 Z-	X40.853	68.151 F0.102
70.994 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X40.146 Z0	G0 X41.151
G95 G1 X46.094 Z-	F0.102	Z0.354
70.969 F0.102	G95 Z-68.955 F0.102	X36.894
G0 X48.094	G95 G3 X41.136 Z-	G95 G1 X36.187 Z0
Z0.354	69.333 CR=34.8 F0.102	F0.102
X43.823	G95 G1 X42.128 Z-	G95 Z-67.575 F0.102
G95 G1 X43.116 Z0	69.271 F0.102	G95 G3 X37.177 Z-
F0.102	G0 X44.128	67.901 CR=34.8 F0.102
G95 Z-70.132 F0.102	Z0.354	G95 G1 X38.158 Z-
G95 G3 X44.105 Z-	X39.864	67.805 F0.102
70.555 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X39.156 Z0	G0 X40.158
G95 G1 X45.103 Z-	F0.102	Z0.354
70.521 F0.102	G95 Z-68.591 F0.102	X35.904
G0 X47.103	G95 G3 X40.146 Z-	G95 G1 X35.197 Z0
Z0.354	68.955 CR=34.8 F0.102	F0.102
X42.833	G95 G1 X41.136 Z-	G95 Z-67.261 F0.102
G95 G1 X42.126 Z0	68.884 F0.102	G95 G3 X36.187 Z-
F0.102	G0 X43.136	67.575 CR=34.8 F0.102
G95 Z-69.725 F0.102	Z0.354	G95 G1 X37.165 Z-67.47
G95 G3 X43.116 Z-	X38.874	F0.102
70.132 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X38.167 Z0	G0 X39.165
G95 G1 X44.112 Z-	F0.102	Z0.354
70.088 F0.102	G95 Z-68.24 F0.102	X34.915
G0 X46.112	G95 G3 X39.156 Z-	G95 G1 X34.208 Z0
Z0.354	68.591 CR=34.8 F0.102	F0.102
X41.843	G95 G1 X40.144 Z-	G95 Z-66.959 F0.102
G95 G1 X41.136 Z0	68.511 F0.102	G95 G3 X35.197 Z-
F0.102	G0 X42.144	67.261 CR=34.8 F0.102
G95 Z-69.333 F0.102	Z0.354	G95 G1 X36.171 Z-
	X37.884	67.148 F0.102

G0 X38.171	G95 G3 X31.238 Z-	G95 G1 X26.289 Z0
Z0.354	66.117 CR=34.8 F0.102	F0.102
X33.925	G95 G1 X32.195 Z-	G95 Z-64.916 F0.102
G95 G1 X33.218 Z0	65.972 F0.102	G95 G3 X27.279 Z-
F0.102	G0 X34.195	65.137 CR=34.8 F0.102
G95 Z-66.667 F0.102	Z0.354	G95 G1 X28.216 Z-
G95 G3 X34.208 Z-	X29.966	64.962 F0.102
66.959 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X29.259 Z0	G0 X30.216
G95 G1 X35.178 Z-	F0.102	Z0.354
66.838 F0.102	G95 Z-65.607 F0.102	X26.007
G0 X37.178	G95 G3 X30.248 Z-	G95 G1 X25.299 Z0
Z0.354	65.857 CR=34.8 F0.102	F0.102
X32.935	G95 G1 X31.201 Z-	G95 Z-64.704 F0.102
G95 G1 X32.228 Z0	65.705 F0.102	G95 G3 X26.289 Z-
F0.102	G0 X33.201	64.916 CR=34.8 F0.102
G95 Z-66.387 F0.102	Z0.354	G95 G1 X27.22 Z-64.734
G95 G3 X33.218 Z-	X28.976	F0.102
66.667 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X28.269 Z0	G0 X29.22
G95 G1 X34.184 Z-	F0.102	Z0.354
66.538 F0.102	G95 Z-65.367 F0.102	X25.017
G0 X36.184	G95 G3 X29.259 Z-	G95 G1 X24.31 Z0
Z0.354	65.607 CR=34.8 F0.102	F0.102
X31.945	G95 G1 X30.206 Z-	G95 Z-64.501 F0.102
G95 G1 X31.238 Z0	65.447 F0.102	G95 G3 X25.299 Z-
F0.102	G0 X32.206	64.704 CR=34.8 F0.102
G95 Z-66.117 F0.102	Z0.354	G95 G1 X26.225 Z-
G95 G3 X32.228 Z-	X27.986	64.515 F0.102
66.387 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X27.279 Z0	G0 X28.225
G95 G1 X33.19 Z-66.25	F0.102	Z0.354
F0.102	G95 Z-65.137 F0.102	X24.027
G0 X35.19	G95 G3 X28.269 Z-	G95 G1 X23.32 Z0
Z0.354	65.367 CR=34.8 F0.102	F0.102
X30.955	G95 G1 X29.211 Z-65.2	G95 Z-64.307 F0.102
G95 G1 X30.248 Z0	F0.102	G95 G3 X24.31 Z-64.501
F0.102	G0 X31.211	CR=34.8 F0.102
G95 Z-65.857 F0.102	Z0.354	G95 G1 X25.229 Z-
	X26.996	64.305 F0.102

G0 X27.229	G95 G3 X20.351 Z-	G0 X20.333
Z0.354	63.776 CR=34.8 F0.102	Z0.354
X23.037	G95 G1 X21.245 Z-	X16.109
G95 G1 X22.33 Z0	63.552 F0.102	G95 G1 X15.402 Z0
F0.102	G0 X23.245	F0.102
G95 Z-64.122 F0.102	Z0.354	G95 Z-0.436 F0.102
G95 G3 X23.32 Z-64.307	X19.078	G95 G3 X16.391 Z-0.836
CR=34.8 F0.102	G95 G1 X18.371 Z0	CR=2.8 F0.102
G95 G1 X24.233 Z-	F0.102	G95 G1 X17.391 Z-0.84
64.104 F0.102	G95 Z-63.463 F0.102	F0.102
G0 X26.233	G95 G3 X19.361 Z-	G0 X19.391
Z0.354	63.616 CR=34.8 F0.102	Z0.354
X22.047	G95 G1 X20.248 Z-	X15.119
G95 G1 X21.34 Z0	63.385 F0.102	G95 G1 X14.412 Z0
F0.102	G0 X22.248	F0.102
G95 Z-63.945 F0.102	Z0.354	G95 Z-0.187 F0.102
G95 G3 X22.33 Z-64.122	X18.088	G95 G3 X15.402 Z-0.436
CR=34.8 F0.102	G95 G1 X17.381 Z0	CR=2.8 F0.102
G95 G1 X23.237 Z-	F0.102	G95 G1 X16.378 Z-0.327
63.911 F0.102	G95 Z-1.521 F0.102	F0.102
G0 X25.237	G95 G3 X18. Z-2.8	G0 X18.378
Z0.354	CR=2.8 F0.102	Z0.354
X21.058	G95 G1 Z-63.408 F0.102	X14.129
G95 G1 X20.351 Z0	G95 G3 X18.371 Z-	G95 G1 X13.422 Z0
F0.102	63.463 CR=34.8 F0.102	F0.102
G95 Z-63.776 F0.102	G95 G1 X19.251 Z-	G95 Z-0.047 F0.102
G95 G3 X21.34 Z-63.945	63.226 F0.102	G95 G3 X14.412 Z-0.187
CR=34.8 F0.102	G0 X21.251	CR=2.8 F0.102
G95 G1 X22.241 Z-	Z0.354	G95 G1 X15.326 Z0.016
63.727 F0.102	X17.098	F0.102
G0 X24.241	G95 G1 X16.391 Z0	G95 X15.626 F0.102
Z0.354	F0.102	G0 X17.326
X20.068	G95 Z-0.836 F0.102	Z0.5
G95 G1 X19.361 Z0	G95 G3 X17.381 Z-1.521	X13.166
F0.102	CR=2.8 F0.102	G95 G1 X12.432 F0.102
G95 Z-63.616 F0.102	G95 G1 X18.333 Z-1.673	G95 Z0 F0.102
	F0.102	

G95 G3 X13.422 Z-0.047	G95 X66.588 Z-137.646	X62.741
CR=2.8 F0.102	F0.102	G95 G1 X61.922 Z-
G95 G1 X14.246 Z0.236	G0 X68.588	117.081 F0.102
F0.102	Z-108.374	G95 X60.932 Z-119.888
G0 X70.87	X65.71	F0.102
Z-99.004	G95 G1 X64.891 Z-	G95 Z-138. F0.102
X69.86	108.661 F0.102	G95 X61.922 F0.102
G95 G1 X67.86 F0.102	G95 X63.901 Z-111.468	G95 X62.629 Z-137.646
G95 G3 X66.943 Z-	F0.102	F0.102
102.843 CR=34.8 F0.102	G95 Z-138. F0.102	G0 X64.629
G95 G1 X66.87 Z-	G95 X64.891 F0.102	Z-119.601
103.048 F0.102	G95 X65.598 Z-137.646	X61.751
G95 Z-138. F0.102	F0.102	G95 G1 X60.932 Z-
G95 X67.86 F0.102	G0 X67.598	119.888 F0.102
G95 X68.567 Z-137.646	Z-111.181	G95 X59.942 Z-122.694
F0.102	X64.72	F0.102
G0 X70.567	G95 G1 X63.901 Z-	G95 Z-138. F0.102
Z-102.761	111.468 F0.102	G95 X60.932 F0.102
X67.69	G95 X62.911 Z-114.274	G95 X61.639 Z-137.646
G95 G1 X66.87 Z-	F0.102	F0.102
103.048 F0.102	G95 Z-138. F0.102	G0 X63.639
G95 X65.881 Z-105.854	G95 X63.901 F0.102	Z-122.408
F0.102	G95 X64.608 Z-137.646	X60.761
G95 Z-138. F0.102	F0.102	G95 G1 X59.942 Z-
G95 X66.87 F0.102	G0 X66.608	122.694 F0.102
G95 X67.578 Z-137.646	Z-113.988	G95 X58.952 Z-125.501
F0.102	X63.73	F0.102
G0 X69.578	G95 G1 X62.911 Z-	G95 Z-138. F0.102
Z-105.568	114.274 F0.102	G95 X59.942 F0.102
X66.7	G95 X61.922 Z-117.081	G95 X60.649 Z-137.646
G95 G1 X65.881 Z-	F0.102	F0.102
105.854 F0.102	G95 Z-138. F0.102	G0 X62.649
G95 X64.891 Z-108.661	G95 X62.911 F0.102	Z-125.214
F0.102	G95 X63.618 Z-137.646	X59.771
G95 Z-138. F0.102	F0.102	G95 G1 X58.952 Z-
G95 X65.881 F0.102	G0 X65.618	125.501 F0.102
	Z-116.794	

G95 X57.962 Z-128.308	G95 X55.983 F0.102	M5
F0.102	G95 X56.69 Z-137.646	M1
G95 Z-138. F0.102	F0.102	
G95 X58.952 F0.102	G95 X56.99 F0.102	; HTA ACABADO
G95 X59.659 Z-137.646	G0 X58.69	EXTERIOR
F0.102	Z-136.728	G18 G95 G90 G54 G71
G0 X61.659	X55.548	G00 X200.0 Z200.0
Z-128.021	G95 G1 X54.993 F0.102	S774 M03 T02 M06 M08
X58.782	G95 X54.544 Z-138.	
G95 G1 X57.962 Z-	F0.102	; ACABADO EXTERIOR
128.308 F0.102	G95 X54.993 F0.102	G0 X-3.693 Z2.354
G95 X56.973 Z-131.114	G95 X55.7 Z-137.646	G95 G1 X-2.307 Z-0.646
F0.102	F0.102	F0.102
G95 Z-138. F0.102	G0 X69.	G95 X-1.6 Z-1. F0.102
G95 X57.962 F0.102	Z1.654	G95 X12.4 F0.102
G95 X58.669 Z-137.646	X-3.907	G95 G3 X16. Z-2.8
F0.102	Z-0.146	CR=1.8 F0.102
G0 X60.669	G95 G1 X-3.2 Z-0.5	G95 G1 Z-64.241 F0.102
Z-130.828	F0.102	G95 X16.333 F0.102
X57.792	G95 X12.4 F0.102	G95 G3 X16.768 Z-
G95 G1 X56.973 Z-	G95 G3 X17. Z-2.8	64.272 CR=.8 F0.102
131.114 F0.102	CR=2.3 F0.102	G95 G3 X64.973 Z-
G95 X55.983 Z-133.921	G95 G1 Z-63.785 F0.102	102.669 CR=33.8 F0.102
F0.102	G95 G3 X17.039 Z-63.79	G95 G1 X52.161 Z-139.
G95 Z-138. F0.102	CR=1.3 F0.102	F0.102
G95 X56.973 F0.102	G95 G3 X65.958 Z-	G95 X68.25 F0.102
G95 X57.68 Z-137.646	102.756 CR=34.3 F0.102	G95 X68.957 Z-138.646
F0.102	G95 G1 X53.353 Z-138.5	F0.102
G0 X59.68	F0.102	G0 X74.957
Z-133.634	G95 X68.25 F0.102	X75.557 Z3.295
X56.802	G95 X68.957 Z-138.146	X200.0 Z200.0
G95 G1 X55.983 Z-	F0.102	M9
133.921 F0.102	G0 X74.957	M5
G95 X54.993 Z-136.728	X75.557 Z3.295	M30
F0.102	X200.0 Z200.0	
G95 Z-138. F0.102	M9	



ANEXO 4-C. Código G para el maquinado posterior de bola

;This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,

;WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.

;09-03-2023; BOLA	G0 X68.855	X62.725
VALVULA POSTERIOR	Z5.354	G95 G1 X62.018 Z5.
; SOBRE MATERIAL 10	X64.713	F0.102
MM	G95 G1 X64.006 Z5.	G95 Z-29.637 F0.102
	F0.102	G95 G3 X63.012 Z-
; HTA Desbaste	G95 Z-32.132 F0.102	30.815 CR=34.8 F0.102
EXTERIOR	G95 G3 X65. Z-33.645	G95 G1 X63.931 Z-
G18 G95 G90 G54 G71	CR=34.8 F0.102	31.011 F0.102
G00 X200.0 Z200.0	G95 G1 X65.882 Z-33.88	G0 X65.931
S774 M03 F0.102	F0.102	Z5.354
T01 M06 M08	G0 X67.882	X61.731
	Z5.354	G95 G1 X61.024 Z5.
; DESBASTE	X63.719	F0.102
EXTERIOR	G95 G1 X63.012 Z5.	G95 Z-28.566 F0.102
G0 X71.707 Z8.295	F0.102	G95 G3 X62.018 Z-
G95 G1 X65. Z4.942	G95 Z-30.815 F0.102	29.637 CR=34.8 F0.102
F0.102	G95 G3 X64.006 Z-	G95 G1 X62.951 Z-
G95 Z-33.645 F0.102	32.132 CR=34.8 F0.102	29.816 F0.102
G95 G3 X66. Z-35.469	G95 G1 X64.909 Z-	G0 X64.951
CR=34.8 F0.102	32.348 F0.102	Z5.354
G95 G1 X66.855 Z-	G0 X66.909	X60.737
35.728 F0.102	Z5.354	

G95 G1 X60.03 Z5. F0.102	G0 X61.012 Z5.354	G95 G3 X54.066 Z- 22.862 CR=34.8 F0.102
G95 Z-27.581 F0.102	X56.761	G95 G1 X55.056 Z- 22.933 F0.102
G95 G3 X61.024 Z- 28.566 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X56.054 Z5. F0.102	G0 X57.056 Z5.354
G95 G1 X61.969 Z-28.73 F0.102	G95 Z-24.257 F0.102	X52.785
G0 X63.969 Z5.354	G95 G3 X57.048 Z- 25.013 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X52.078 Z5. F0.102
X59.743	G95 G1 X58.024 Z-25.12 F0.102	G95 Z-21.599 F0.102
G95 G1 X59.036 Z5. F0.102	G0 X60.024 Z5.354	G95 G3 X53.072 Z- 22.216 CR=34.8 F0.102
G95 Z-26.667 F0.102	X55.767	G95 G1 X54.065 Z- 22.275 F0.102
G95 G3 X60.03 Z-27.581 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X55.06 Z5. F0.102	G0 X56.065 Z5.354
G95 G1 X60.985 Z-27.73 F0.102	G95 Z-23.541 F0.102	X51.791
G0 X62.985 Z5.354	G95 G3 X56.054 Z- 24.257 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X51.084 Z5. F0.102
X58.749	G95 G1 X57.036 Z- 24.351 F0.102	G95 Z-21.011 F0.102
G95 G1 X58.042 Z5. F0.102	G0 X59.036 Z5.354	G95 G3 X52.078 Z- 21.599 CR=34.8 F0.102
G95 Z-25.814 F0.102	X54.773	G95 G1 X53.073 Z- 21.647 F0.102
G95 G3 X59.036 Z- 26.667 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X54.066 Z5. F0.102	G0 X55.073 Z5.354
G95 G1 X59.999 Z- 26.802 F0.102	G95 Z-22.862 F0.102	X50.797
G0 X61.999 Z5.354	G95 G3 X55.06 Z-23.541 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X50.09 Z5. F0.102
X57.755	G95 G1 X56.046 Z- 23.624 F0.102	G95 Z-20.447 F0.102
G95 G1 X57.048 Z5. F0.102	G0 X58.046 Z5.354	G95 G3 X51.084 Z- 21.011 CR=34.8 F0.102
G95 Z-25.013 F0.102	X53.779	G95 G1 X52.081 Z- 21.047 F0.102
G95 G3 X58.042 Z- 25.814 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X53.072 Z5. F0.102	G0 X54.081 Z5.354
G95 G1 X59.012 Z- 25.935 F0.102	G95 Z-22.216 F0.102	X49.803

G95 G1 X49.096 Z5. F0.102	G0 X50.107 Z5.354	G95 G3 X43.131 Z-17.09 CR=34.8 F0.102
G95 Z-19.908 F0.102	X45.827	G95 G1 X44.128 Z- 17.047 F0.102
G95 G3 X50.09 Z-20.447 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X45.119 Z5. F0.102	G0 X46.128 Z5.354
G95 G1 X51.088 Z- 20.473 F0.102	G95 Z-17.957 F0.102	X41.85
G0 X53.088 Z5.354	G95 G3 X46.113 Z- 18.416 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X41.143 Z5. F0.102
X48.809	G95 G1 X47.113 Z- 18.401 F0.102	G95 Z-16.287 F0.102
G95 G1 X48.101 Z5. F0.102	G0 X49.113 Z5.354	G95 G3 X42.137 Z- 16.681 CR=34.8 F0.102
G95 Z-19.39 F0.102	X44.832	G95 G1 X43.132 Z- 16.628 F0.102
G95 G3 X49.096 Z- 19.908 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X44.125 Z5. F0.102	G0 X45.132 Z5.354
G95 G1 X50.095 Z- 19.923 F0.102	G95 Z-17.515 F0.102	X40.856
G0 X52.095 Z5.354	G95 G3 X45.119 Z- 17.957 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X40.149 Z5. F0.102
X47.815	G95 G1 X46.118 Z- 17.932 F0.102	G95 Z-15.907 F0.102
G95 G1 X47.107 Z5. F0.102	G0 X48.118 Z5.354	G95 G3 X41.143 Z- 16.287 CR=34.8 F0.102
G95 Z-18.893 F0.102	X43.838	G95 G1 X42.136 Z- 16.225 F0.102
G95 G3 X48.101 Z-19.39 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X43.131 Z5. F0.102	G0 X44.136 Z5.354
G95 G1 X49.101 Z- 19.395 F0.102	G95 Z-17.09 F0.102	X39.862
G0 X51.101 Z5.354	G95 G3 X44.125 Z- 17.515 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X39.155 Z5. F0.102
X46.821	G95 G1 X45.123 Z- 17.481 F0.102	G95 Z-15.542 F0.102
G95 G1 X46.113 Z5. F0.102	G0 X47.123 Z5.354	G95 G3 X40.149 Z- 15.907 CR=34.8 F0.102
G95 Z-18.416 F0.102	X42.844	G95 G1 X41.139 Z- 15.837 F0.102
G95 G3 X47.107 Z- 18.893 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X42.137 Z5. F0.102	G0 X43.139 Z5.354
G95 G1 X48.107 Z- 18.888 F0.102	G95 Z-16.681 F0.102	X38.868

G95 G1 X38.161 Z5. F0.102	G0 X39.151 Z5.354	G95 G3 X32.197 Z-13.33 CR=34.8 F0.102
G95 Z-15.189 F0.102	X34.892	G95 G1 X33.159 Z- 13.192 F0.102
G95 G3 X39.155 Z- 15.542 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X34.185 Z5. F0.102	G0 X35.159 Z5.354
G95 G1 X40.142 Z- 15.462 F0.102	G95 Z-13.904 F0.102	X30.916
G0 X42.142 Z5.354	G95 G3 X35.179 Z- 14.207 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X30.209 Z5. F0.102
X37.874	G95 G1 X36.153 Z- 14.094 F0.102	G95 Z-12.799 F0.102
G95 G1 X37.167 Z5. F0.102	G0 X38.153 Z5.354	G95 G3 X31.203 Z- 13.059 CR=34.8 F0.102
G95 Z-14.85 F0.102	X33.898	G95 G1 X32.16 Z-12.914 F0.102
G95 G3 X38.161 Z- 15.189 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X33.191 Z5. F0.102	G0 X34.16 Z5.354
G95 G1 X39.146 Z- 15.101 F0.102	G95 Z-13.611 F0.102	X29.922
G0 X41.146 Z5.354	G95 G3 X34.185 Z- 13.904 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X29.215 Z5. F0.102
X36.88	G95 G1 X35.155 Z- 13.782 F0.102	G95 Z-12.548 F0.102
G95 G1 X36.173 Z5. F0.102	G0 X37.155 Z5.354	G95 G3 X30.209 Z- 12.799 CR=34.8 F0.102
G95 Z-14.522 F0.102	X32.904	G95 G1 X31.161 Z- 12.646 F0.102
G95 G3 X37.167 Z-14.85 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X32.197 Z5. F0.102	G0 X33.161 Z5.354
G95 G1 X38.148 Z- 14.753 F0.102	G95 Z-13.33 F0.102	X28.928
G0 X40.148 Z5.354	G95 G3 X33.191 Z- 13.611 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X28.221 Z5. F0.102
X35.886	G95 G1 X34.157 Z- 13.482 F0.102	G95 Z-12.308 F0.102
G95 G1 X35.179 Z5. F0.102	G0 X36.157 Z5.354	G95 G3 X29.215 Z- 12.548 CR=34.8 F0.102
G95 Z-14.207 F0.102	X31.91	G95 G1 X30.162 Z- 12.388 F0.102
G95 G3 X36.173 Z- 14.522 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X31.203 Z5. F0.102	G0 X32.162 Z5.354
G95 G1 X37.151 Z- 14.417 F0.102	G95 Z-13.059 F0.102	X27.934

G95 G1 X27.227 Z5. F0.102	G0 X28.164 Z5.354	G95 G3 X21.263 Z- 10.883 CR=34.8 F0.102
G95 Z-12.077 F0.102	X23.958	G95 G1 X22.163 Z- 10.665 F0.102
G95 G3 X28.221 Z- 12.308 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X23.251 Z5. F0.102	G0 X24.163 Z5.354
G95 G1 X29.163 Z-12.14 F0.102	G95 Z-11.245 F0.102	X19.982
G0 X31.163 Z5.354	G95 G3 X24.245 Z-11.44 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X19.275 Z5. F0.102
X26.94	G95 G1 X25.164 Z- 11.243 F0.102	G95 Z-10.554 F0.102
G95 G1 X26.233 Z5. F0.102	G0 X27.164 Z5.354	G95 G3 X20.269 Z- 10.714 CR=34.8 F0.102
G95 Z-11.855 F0.102	X22.964	G95 G1 X21.162 Z- 10.489 F0.102
G95 G3 X27.227 Z- 12.077 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X22.257 Z5. F0.102	G0 X23.162 Z5.354
G95 G1 X28.163 Z- 11.901 F0.102	G95 Z-11.06 F0.102	X18.988
G0 X30.163 Z5.354	G95 G3 X23.251 Z- 11.245 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X18.281 Z5. F0.102
X25.946	G95 G1 X24.164 Z- 11.041 F0.102	G95 Z-10.401 F0.102
G95 G1 X25.239 Z5. F0.102	G0 X26.164 Z5.354	G95 G3 X19.275 Z- 10.554 CR=34.8 F0.102
G95 Z-11.643 F0.102	X21.97	G95 G1 X20.161 Z- 10.322 F0.102
G95 G3 X26.233 Z- 11.855 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X21.263 Z5. F0.102	G0 X22.161 Z5.354
G95 G1 X27.164 Z- 11.673 F0.102	G95 Z-10.883 F0.102	X17.994
G0 X29.164 Z5.354	G95 G3 X22.257 Z-11.06 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X17.287 Z5. F0.102
X24.952	G95 G1 X23.163 Z- 10.849 F0.102	G95 Z-10.257 F0.102
G95 G1 X24.245 Z5. F0.102	G0 X25.163 Z5.354	G95 G3 X18.281 Z- 10.401 CR=34.8 F0.102
G95 Z-11.44 F0.102	X20.976	G95 G1 X19.16 Z-10.164 F0.102
G95 G3 X25.239 Z- 11.643 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X20.269 Z5. F0.102	G0 X21.16 Z5.354
G95 G1 X26.164 Z- 11.453 F0.102	G95 Z-10.714 F0.102	X17.

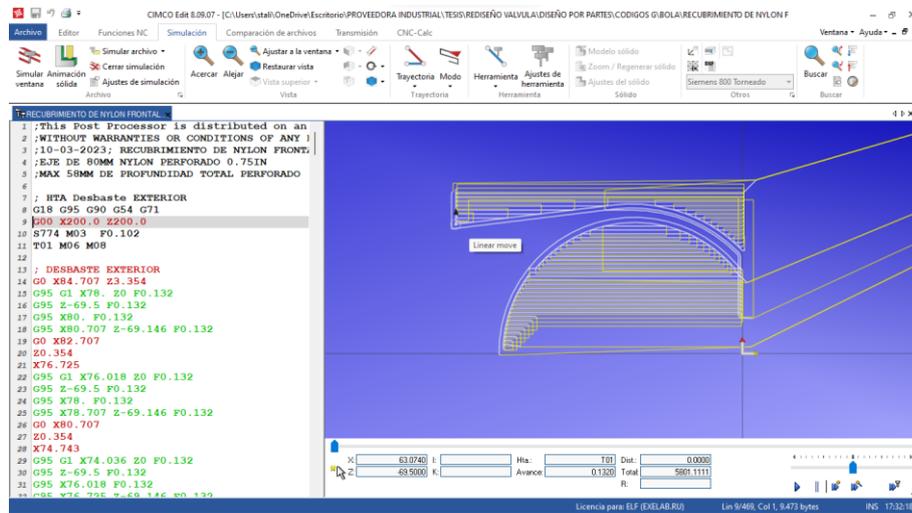
G95 G1 X16.293 Z5. F0.102	G0 X17.154 Z5.354	G95 G3 X10.328 Z-9.466 CR=34.8 F0.102
G95 Z-10.121 F0.102	X13.024	G95 G1 X11.146 Z-9.179 F0.102
G95 G3 X17.287 Z- 10.257 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X12.316 Z5. F0.102	G0 X13.146 Z5.354
G95 G1 X18.159 Z- 10.013 F0.102	G95 Z-9.654 F0.102	X9.047
G0 X20.159 Z5.354	G95 G3 X13.31 Z-9.759 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X8.34 Z5. F0.102
X16.006	G95 G1 X14.153 Z-9.49 F0.102	G95 Z-9.308 F0.102
G95 G1 X15.299 Z5. F0.102	G0 X16.153 Z5.354	G95 G3 X9.334 Z-9.384 CR=34.8 F0.102
G95 Z-9.993 F0.102	X12.029	G95 G1 X10.144 Z-9.09 F0.102
G95 G3 X16.293 Z- 10.121 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X11.322 Z5. F0.102	G0 X12.144 Z5.354
G95 G1 X17.158 Z-9.87 F0.102	G95 Z-9.557 F0.102	X8.053
G0 X19.158 Z5.354	G95 G3 X12.316 Z-9.654 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X7.346 Z5. F0.102
X15.012	G95 G1 X13.151 Z-9.379 F0.102	G95 Z-9.24 F0.102
G95 G1 X14.304 Z5. F0.102	G0 X15.151 Z5.354	G95 G3 X8.34 Z-9.308 CR=34.8 F0.102
G95 Z-9.872 F0.102	X11.035	G95 G1 X9.141 Z-9.009 F0.102
G95 G3 X15.299 Z-9.993 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X10.328 Z5. F0.102	G0 X11.141 Z5.354
G95 G1 X16.156 Z-9.736 F0.102	G95 Z-9.466 F0.102	X7.059
G0 X18.156 Z5.354	G95 G3 X11.322 Z-9.557 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X6.352 Z5. F0.102
X14.018	G95 G1 X12.148 Z-9.275 F0.102	G95 Z-9.179 F0.102
G95 G1 X13.31 Z5. F0.102	G0 X14.148 Z5.354	G95 G3 X7.346 Z-9.24 CR=34.8 F0.102
G95 Z-9.759 F0.102	X10.041	G95 G1 X8.138 Z-8.935 F0.102
G95 G3 X14.304 Z-9.872 CR=34.8 F0.102	G95 G1 X9.334 Z5. F0.102	G0 X10.138 Z5.354
G95 G1 X15.154 Z-9.609 F0.102	G95 Z-9.384 F0.102	X6.065

G95 G1 X5.358 Z5. F0.102	Z5.354 X2.089	G95 G1 X0.111 Z-8.607 F0.102
G95 Z-9.126 F0.102	G95 G1 X1.382 Z5. F0.102	G0 X2.111 Z-7.798
G95 G3 X6.352 Z-9.179 CR=34.8 F0.102	G95 Z-8.983 F0.102	X-2.307
G95 G1 X7.136 Z-8.869 F0.102	G95 G3 X2.376 Z-9.008 CR=34.8 F0.102	Z-9.098 G95 G1 X-1.6 Z-9.452 F0.102
G0 X9.136 Z5.354	G95 G1 X3.122 Z-8.676 F0.102	G95 G3 X65.976 Z- 37.848 CR=34.3 F0.102
X5.071	G0 X5.122 Z5.354	G95 G1 X66.794 Z- 38.135 F0.102
G95 G1 X4.364 Z5. F0.102	X1.095 G95 G1 X0.388 Z5. F0.102	G0 X69.571 X71.707 Z8.295 X200.0 Z200.0
G95 Z-9.08 F0.102	G95 Z-8.966 F0.102	M9
G95 G3 X5.358 Z-9.126 CR=34.8 F0.102	G95 G3 X1.382 Z-8.983 CR=34.8 F0.102	M5
G95 G1 X6.132 Z-8.809 F0.102	G95 G1 X2.119 Z-8.645 F0.102	M1
G0 X8.132 Z5.354	G0 X4.119 Z5.354	; HTA ACABADO EXTERIOR
X4.077	X0.101	G18 G95 G90 G54 G71 G00 X200.0 Z200.0
G95 G1 X3.37 Z5. F0.102	G95 G1 X-0.606 Z5. F0.102	S774 M03 T02 M06 M08
G95 Z-9.04 F0.102	G95 Z-8.955 F0.102	; ACABADO EXTERIOR
G95 G3 X4.364 Z-9.08 CR=34.8 F0.102	G95 G3 X0.388 Z-8.966 CR=34.8 F0.102	G0 X-1.707 Z-4.398
G95 G1 X5.129 Z-8.758 F0.102	G95 G1 X1.115 Z-8.622 F0.102	G95 G1 X0 Z-5.752 F0.102
G0 X7.129 Z5.354	G0 X3.115 Z5.354	G95 Z-9.961 F0.102 G95 G3 X65.496 Z- 47.871 CR=33.8 F0.102
X3.083	X-0.893	G95 G1 X64.817 Z- 50.636 F0.102
G95 G1 X2.376 Z5. F0.102	G95 G1 X-1.6 Z5. F0.102	G95 X65.433 Z-51.03 F0.102
G95 Z-9.008 F0.102	G95 Z-8.952 F0.102	G0 X70.
G95 G3 X3.37 Z-9.04 CR=34.8 F0.102	G95 G3 X-0.606 Z-8.955 CR=34.8 F0.102	
G95 G1 X4.126 Z-8.713 F0.102		
G0 X6.126		

X71.707 Z8.295
X200.0 Z200.0

M9
M5

M30



ANEXO 5-C. Código G para el maquinado frontal de recubrimiento de bola

;This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,
;WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.
;10-03-2023;
RECUBRIMIENTO DE
NYLON FRONTAL
; EJE DE 80MM NYLON
PERFORADO 0.75IN
; MAX 58MM DE
PROFUNDIDAD TOTAL
PERFORADO
; HTA Desbaste
EXTERIOR
G18 G95 G90 G54 G71
G00 X200.0 Z200.0
S774 M03 F0.102
T01 M06 M08
; DESBASTE
EXTERIOR
G0 X84.707 Z3.354

G95 G1 X78. Z0 F0.132	G95 Z-69.5 F0.132
G95 Z-69.5 F0.132	G95 X76.018 F0.132
G95 X80. F0.132	G95 X76.725 Z-69.146
G95 X80.707 Z-69.146	F0.132
F0.132	G0 X78.725
G0 X82.707	Z0.354
Z0.354	X72.761
X76.725	G95 G1 X72.054 Z0
G95 G1 X76.018 Z0	F0.132
F0.132	G95 Z-20.88 F0.132
G95 Z-69.5 F0.132	G95 G3 X72.444 Z-
G95 X78. F0.132	31.346 CR=37.3 F0.132
G95 X78.707 Z-69.146	G95 G1 X72.054 Z-
F0.132	32.932 F0.132
G0 X80.707	G95 Z-69.5 F0.132
Z0.354	G95 X74.036 F0.132
X74.743	G95 X74.743 Z-69.146
G95 G1 X74.036 Z0	F0.132
F0.132	G0 X76.743

Z0.354	G95 G1 X67.047 Z-	G95 Z-3.218 F0.132
X70.78	11.314 F0.132	G95 G3 X58.181 Z-4.487
G95 G1 X70.072 Z0	G0 X69.047	CR=37.3 F0.132
F0.132	Z0.354	G95 G1 X59.171 Z-4.559
G95 Z-16.453 F0.132	X62.852	F0.132
G95 G3 X72.054 Z-20.88	G95 G1 X62.145 Z0	G0 X61.171
CR=37.3 F0.132	F0.132	Z0.354
G95 G1 X72.865 Z-	G95 Z-7.424 F0.132	X54.924
21.173 F0.132	G95 G3 X64.127 Z-9.157	G95 G1 X54.217 Z0
G0 X74.865	CR=37.3 F0.132	F0.132
Z0.354	G95 G1 X65.084 Z-9.301	G95 Z-2.053 F0.132
X68.798	F0.132	G95 G3 X56.199 Z-3.218
G95 G1 X68.091 Z0	G0 X67.084	CR=37.3 F0.132
F0.132	Z0.354	G95 G1 X57.194 Z-3.269
G95 Z-13.492 F0.132	X60.87	F0.132
G95 G3 X70.072 Z-	G95 G1 X60.163 Z0	G0 X59.194
16.453 CR=37.3 F0.132	F0.132	Z0.354
G95 G1 X70.948 Z-	G95 Z-5.88 F0.132	X52.942
16.695 F0.132	G95 G3 X62.145 Z-7.424	G95 G1 X52.235 Z0
G0 X72.948	CR=37.3 F0.132	F0.132
Z0.354	G95 G1 X63.116 Z-7.542	G95 Z-0.979 F0.132
X66.816	F0.132	G95 G3 X54.217 Z-2.053
G95 G1 X66.109 Z0	G0 X65.116	CR=37.3 F0.132
F0.132	Z0.354	G95 G1 X55.215 Z-2.083
G95 Z-11.142 F0.132	X58.888	F0.132
G95 G3 X68.091 Z-	G95 G1 X58.181 Z0	G95 X55.515 F0.132
13.492 CR=37.3 F0.132	F0.132	G0 X57.215
G95 G1 X69.003 Z-	G95 Z-4.487 F0.132	Z0.5
13.696 F0.132	G95 G3 X60.163 Z-5.88	X51.298
G0 X71.003	CR=37.3 F0.132	G95 G1 X50.253 F0.132
Z0.354	G95 G1 X61.145 Z-5.975	G95 Z0 F0.132
X64.834	F0.132	G95 G3 X50.609 Z-0.157
G95 G1 X64.127 Z0	G0 X63.145	CR=2.3 F0.132
F0.132	Z0.354	G95 X52.235 Z-0.979
G95 Z-9.157 F0.132	X56.906	CR=37.3 F0.132
G95 G3 X66.109 Z-	G95 G1 X56.199 Z0	G95 G1 X53.235 Z-0.989
11.142 CR=37.3 F0.132	F0.132	F0.132

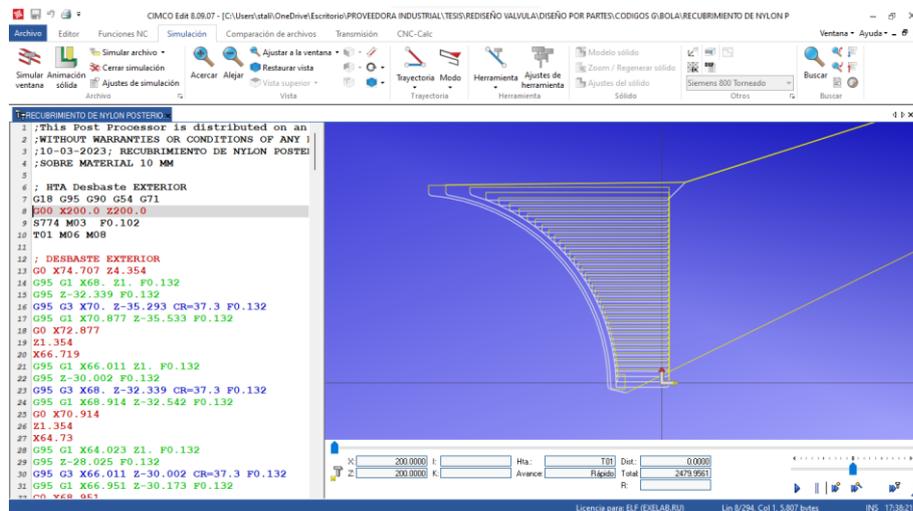
G0 X76.072	G95 G1 X66.109 Z-	X200.0 Z200.0
Z-32.625	57.144 F0.132	M9
X72.842	G95 X64.127 Z-65.215	M5
G95 G1 X72.054 Z-	F0.132	M1
32.932 F0.132	G95 Z-69.5 F0.132	
G95 X70.072 Z-41.003	G95 X66.109 F0.132	; HTA Acabado
F0.132	G95 X66.816 Z-69.146	EXTERIOR
G95 Z-69.5 F0.132	F0.132	G18 G95 G90 G54 G71
G95 X72.054 F0.132	G95 X67.116 F0.132	G00 X200.0 Z200.0
G95 X72.761 Z-69.146	G0 X68.816	S774 M03 T02 M06 M08
F0.132	Z-65.215	
G0 X74.761	X64.83	; ACABADO EXTERIOR
Z-40.695	G95 G1 X64.127 F0.132	G0 X17 Z2.354
X70.86	G95 X63.074 Z-69.5	G95 G1 X17.5 Z-0.646
G95 G1 X70.072 Z-	F0.132	F0.132
41.003 F0.132	G95 X64.127 F0.132	G95 X18.75 Z-1. F0.132
G95 X68.091 Z-49.074	G95 X64.834 Z-69.146	G95 X47.39 F0.132
F0.132	F0.132	G95 G3 X48.51 Z-1.229
G95 Z-69.5 F0.132	G0 Z-66.346	CR=.8 F0.132
G95 X70.072 F0.132	X75.	G95 X70. Z-26.8
G95 X70.78 Z-69.146	Z2.654	CR=35.8 F0.132
F0.132	X17.75	G95 G1 Z-33.043 F0.132
G0 X72.78	Z-0.146	G95 X70.707 Z-33.397
Z-48.766	G95 G1 X18.75 Z-0.5	F0.132
X68.879	F0.132	G0 X79.707
G95 G1 X68.091 Z-	G95 X47.39 F0.132	X84.707 Z3.354
49.074 F0.132	G95 G3 X49.209 Z-0.871	X200.0 Z200.0
G95 X66.109 Z-57.144	CR=1.3 F0.132	M9
F0.132	G95 X70.459 Z-31.224	M5
G95 Z-69.5 F0.132	CR=36.3 F0.132	M1
G95 X68.091 F0.132	G95 G1 X60.814 Z-70.5	
G95 X68.798 Z-69.146	F0.132	; HTA DESBASTE
F0.132	G95 X78.4 F0.132	INTERIOR
G0 X70.798	G95 X79.107 Z-70.146	G18 G96 S232 G90 G54
Z-56.836	F0.132	G71
X66.897	G0 X83.107	G00 X200.0 Z200.0
	X84.707 Z3.354	M03 F0.102

T01 M06 M08	G95 Z-57.638 F0.132	X17.424
	G95 G3 X8.388 Z-57.771	G95 G1 X18.132 Z-
; DESBASTE INTERIOR	CR=31.6 F0.132	50.169 F0.132
G0 X3.216 Z2.	G95 G1 X7.602 Z-57.463	G95 Z-56.789 F0.132
Z-53.635	F0.132	G95 G3 X16.183 Z-57.05
G95 G1 X4.491 Z-56.989	G0 X5.602	CR=31.6 F0.132
F0.132	Z-52.738	G95 G1 X15.325 Z-
G95 Z-57.946 F0.132	X11.579	56.793 F0.132
G95 G3 X2.491 Z-57.989	G95 G1 X12.286 Z-	G0 X13.325
CR=31.6 F0.132	53.091 F0.132	Z-0.219
G95 G1 X1.765 Z-57.645	G95 Z-57.474 F0.132	X19.373
F0.132	G95 G3 X10.337 Z-	G95 G1 X20.08 Z-0.573
G0 X1.765	57.638 CR=31.6 F0.132	F0.132
Z-55.661	G95 G1 X9.531 Z-57.342	G95 Z-56.494 F0.132
X5.733	F0.132	G95 G3 X18.132 Z-
G95 G1 X6.44 Z-56.014	G0 X7.531	56.789 CR=31.6 F0.132
F0.132	Z-51.764	G95 G1 X17.258 Z-
G95 Z-57.874 F0.132	X13.527	56.545 F0.132
G95 G3 X4.491 Z-57.946	G95 G1 X14.234 Z-	G0 X15.258
CR=31.6 F0.132	52.117 F0.132	Z0.006
G95 G1 X3.744 Z-57.614	G95 Z-57.278 F0.132	X21.322
F0.132	G95 G3 X12.286 Z-	G95 G1 X22.029 Z-0.347
G0 X1.744	57.474 CR=31.6 F0.132	F0.132
Z-54.686	G95 G1 X11.462 Z-57.19	G95 Z-56.164 F0.132
X7.681	F0.132	G95 G3 X20.08 Z-56.494
G95 G1 X8.388 Z-55.04	G0 X9.462	CR=31.6 F0.132
F0.132	Z-50.789	G95 G1 X19.191 Z-
G95 Z-57.771 F0.132	X15.476	56.265 F0.132
G95 G3 X6.44 Z-57.874	G95 G1 X16.183 Z-	G0 X17.191
CR=31.6 F0.132	51.143 F0.132	Z0.006
G95 G1 X5.672 Z-57.553	G95 Z-57.05 F0.132	X23.27
F0.132	G95 G3 X14.234 Z-	G95 G1 X23.977 Z-0.347
G0 X3.672	57.278 CR=31.6 F0.132	F0.132
Z-53.712	G95 G1 X13.393 Z-	G95 Z-55.798 F0.132
X9.63	57.007 F0.132	G95 G3 X22.029 Z-
G95 G1 X10.337 Z-	G0 X11.393	56.164 CR=31.6 F0.132
54.066 F0.132	Z-49.815	

G95 G1 X21.125 Z-55.95 F0.132 G0 X19.125 Z0.006 X25.219 G95 G1 X25.926 Z-0.347 F0.132 G95 Z-55.395 F0.132 G95 G3 X23.977 Z- 55.798 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X23.06 Z-55.599 F0.132 G0 X21.06 Z0.006 X27.167 G95 G1 X27.875 Z-0.347 F0.132 G95 Z-54.953 F0.132 G95 G3 X25.926 Z- 55.395 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X24.996 Z- 55.211 F0.132 G0 X22.996 Z0.006 X29.116 G95 G1 X29.823 Z-0.347 F0.132 G95 Z-54.471 F0.132 G95 G3 X27.875 Z- 54.953 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X26.933 Z- 54.785 F0.132 G0 X24.933 Z0.006 X31.065 G95 G1 X31.772 Z-0.347 F0.132	G95 Z-53.945 F0.132 G95 G3 X29.823 Z- 54.471 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X28.87 Z-54.319 F0.132 G0 X26.87 Z0.006 X33.013 G95 G1 X33.72 Z-0.347 F0.132 G95 Z-53.374 F0.132 G95 G3 X31.772 Z- 53.945 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X30.809 Z-53.81 F0.132 G0 X28.809 Z0.006 X34.962 G95 G1 X35.669 Z-0.347 F0.132 G95 Z-52.755 F0.132 G95 G3 X33.72 Z-53.374 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X32.748 Z- 53.257 F0.132 G0 X30.748 Z0.006 X36.91 G95 G1 X37.618 Z-0.347 F0.132 G95 Z-52.084 F0.132 G95 G3 X35.669 Z- 52.755 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X34.689 Z- 52.655 F0.132 G0 X32.689 Z0.006	X38.859 G95 G1 X39.566 Z-0.347 F0.132 G95 Z-51.357 F0.132 G95 G3 X37.618 Z- 52.084 CR=31.6 F0.132 G95 G1 X36.631 Z- 52.003 F0.132 G0 X34.631 Z0.006 X40.859 G95 G1 X41.566 Z-0.347 F0.132 G95 Z-51.842 F0.132 G95 G3 X-0.1 Z-59. CR=32.6 F0.132 G95 G1 X-0.8 Z-58.646 F0.132 G0 X3.216 Z2. X200.0 Z200.0 M9 M5 M1 ; HTA DESBASTE INTERIOR 2 ; HTA EN PUNTA, 50° RESPECTO A PORTA HTA G18 G96 S232 G90 G54 G71 G00 X200.0 Z200.0 M03 F0.102 T01 M06 M08 ; DESBASTE INTERIOR 2
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

G0 X34.569 Z1.112	G0 X42.424	Z-7.989
G95 G1 X40.569 Z-1.888	Z-4.569	X51.871
F0.132	X46.282	G95 G1 X52.854 Z-8.079
G95 X41.566 Z-1.851	G95 G1 X47.281 Z-4.589	F0.132
F0.132	F0.132	G95 G3 X54.712 Z-9.509
G95 X42.054 Z-2.061	G95 G3 X49.139 Z-5.643	CR=31.6 F0.132
F0.132	CR=31.6 F0.132	G95 G1 Z-42.49 F0.132
G95 G3 X43.566 Z-2.734	G95 G1 Z-46.357 F0.132	G95 G3 X52.854 Z-
CR=31.6 F0.132	G95 G3 X47.281 Z-	43.921 CR=31.6 F0.132
G95 G1 Z-49.266 F0.132	47.411 CR=31.6 F0.132	G95 G1 X51.871 Z-
G95 G3 X41.566 Z-	G95 G1 X46.282 Z-	44.011 F0.132
50.147 CR=31.6 F0.132	47.431 F0.132	G0 X49.871
G95 G1 X40.57 Z-50.105	G0 X44.282	Z-9.392
F0.132	Z-5.601	X53.74
G0 X38.57	X48.143	G95 G1 X54.712 Z-9.509
Z-2.755	G95 G1 X49.139 Z-5.643	F0.132
X42.567	F0.132	G95 G3 X56.57 Z-11.134
G95 G1 X43.566 Z-2.734	G95 G3 X50.997 Z-6.8	CR=31.6 F0.132
F0.132	CR=31.6 F0.132	G95 G1 Z-40.866 F0.132
G95 G3 X45.424 Z-3.623	G95 G1 Z-45.2 F0.132	G95 G3 X54.712 Z-42.49
CR=31.6 F0.132	G95 G3 X49.139 Z-	CR=31.6 F0.132
G95 G1 Z-48.377 F0.132	46.357 CR=31.6 F0.132	G95 G1 X53.74 Z-42.608
G95 G3 X43.566 Z-	G95 G1 X48.143 Z-	F0.132
49.266 CR=31.6 F0.132	46.399 F0.132	G0 X51.74
G95 G1 X42.567 Z-	G0 X46.143	Z-10.988
49.245 F0.132	Z-6.734	X55.613
G0 X40.567	X50.005	G95 G1 X56.57 Z-11.134
Z-3.623	G95 G1 X50.997 Z-6.8	F0.132
X44.424	F0.132	G95 G3 X58.427 Z-
G95 G1 X45.424 F0.132	G95 G3 X52.854 Z-8.079	13.025 CR=31.6 F0.132
G95 G3 X47.281 Z-4.589	CR=31.6 F0.132	G95 G1 Z-38.974 F0.132
CR=31.6 F0.132	G95 G1 Z-43.921 F0.132	G95 G3 X56.57 Z-40.866
G95 G1 Z-47.411 F0.132	G95 G3 X50.997 Z-45.2	CR=31.6 F0.132
G95 G3 X45.424 Z-	CR=31.6 F0.132	G95 G1 X55.613 Z-
48.377 CR=31.6 F0.132	G95 G1 X50.005 Z-	41.012 F0.132
G95 G1 X44.424 Z-	45.266 F0.132	G0 X53.613
48.376 F0.132	G0 X48.005	Z-12.848

X57.492	G95 G3 X62.142 Z-	G0 X40.241
G95 G1 X58.427 Z-	18.395 CR=31.6 F0.132	Z-0.426
13.025 F0.132	G95 G1 Z-33.605 F0.132	G95 G1 X41.238 Z-0.389
G95 G3 X60.285 Z-	G95 G3 X60.285 Z-	F0.132
15.325 CR=31.6 F0.132	36.675 CR=31.6 F0.132	G95 X43.359 Z-1.303
G95 G1 Z-36.675 F0.132	G95 G1 X59.38 Z-36.888	F0.132
G95 G3 X58.427 Z-	F0.132	G95 G3 X41.566 Z-
38.974 CR=31.6 F0.132	G95 X59.08 F0.132	51.842 CR=32.6 F0.132
G95 G1 X57.492 Z-	G0 X57.38	G95 G1 X40.868 Z-
39.152 F0.132	Z-18.395	51.571 F0.132
G0 X55.492	X61.428	G0 X36.241
Z-15.112	G95 G1 X62.142 F0.132	X34.569 Z1.112
X59.38	G95 G3 Z-33.605	X200.0 Z200.0
G95 G1 X60.285 Z-	CR=31.6 F0.132	M9
15.325 F0.132	G95 G1 X61.286 Z-	M5
	33.863 F0.132	M30



ANEXO 6-C. Código G para el maquinado posterior de recubrimiento de bola

;This Post Processor is distributed on an "AS IS" BASIS,
;WITHOUT WARRANTIES OR CONDITIONS OF ANY KIND, either express or implied.
;10-03-2023; S774 M03 F0.102
RECUBRIMIENTO DE ; HTA Desbaste T01 M06 M08
NYLON POSTERIOR EXTERIOR
; SOBRE MATERIAL 10 G18 G95 G90 G54 G71 ; DESBASTE
MM G00 X200.0 Z200.0 EXTERIOR

G0 X74.707 Z4.354	G0 X66.981	G95 G3 X56.069 Z-
G95 G1 X68. Z1. F0.132	Z1.354	22.103 CR=37.3 F0.132
G95 Z-32.339 F0.132	X60.753	G95 G1 X57.064 Z-
G95 G3 X70. Z-35.293	G95 G1 X60.046 Z1.	22.152 F0.132
CR=37.3 F0.132	F0.132	G0 X59.064
G95 G1 X70.877 Z-	G95 Z-24.759 F0.132	Z1.354
35.533 F0.132	G95 G3 X62.034 Z-	X52.799
G0 X72.877	26.298 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X52.091 Z1.
Z1.354	G95 G1 X63.006 Z-	F0.132
X66.719	26.415 F0.132	G95 Z-19.869 F0.132
G95 G1 X66.011 Z1.	G0 X65.006	G95 G3 X54.08 Z-20.941
F0.132	Z1.354	CR=37.3 F0.132
G95 Z-30.002 F0.132	X58.764	G95 G1 X55.078 Z-
G95 G3 X68. Z-32.339	G95 G1 X58.057 Z1.	20.969 F0.132
CR=37.3 F0.132	F0.132	G0 X57.078
G95 G1 X68.914 Z-	G95 Z-23.37 F0.132	Z1.354
32.542 F0.132	G95 G3 X60.046 Z-	X50.81
G0 X70.914	24.759 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X50.103 Z1.
Z1.354	G95 G1 X61.028 Z-	F0.132
X64.73	24.852 F0.132	G95 Z-18.876 F0.132
G95 G1 X64.023 Z1.	G0 X63.028	G95 G3 X52.091 Z-
F0.132	Z1.354	19.869 CR=37.3 F0.132
G95 Z-28.025 F0.132	X56.776	G95 G1 X53.091 Z-
G95 G3 X66.011 Z-	G95 G1 X56.069 Z1.	19.878 F0.132
30.002 CR=37.3 F0.132	F0.132	G0 X55.091
G95 G1 X66.951 Z-	G95 Z-22.103 F0.132	Z1.354
30.173 F0.132	G95 G3 X58.057 Z-23.37	X48.821
G0 X68.951	CR=37.3 F0.132	G95 G1 X48.114 Z1.
Z1.354	G95 G1 X59.047 Z-23.44	F0.132
X62.741	F0.132	G95 Z-17.954 F0.132
G95 G1 X62.034 Z1.	G0 X61.047	G95 G3 X50.103 Z-
F0.132	Z1.354	18.876 CR=37.3 F0.132
G95 Z-26.298 F0.132	X54.787	G95 G1 X51.103 Z-
G95 G3 X64.023 Z-	G95 G1 X54.08 Z1.	18.866 F0.132
28.025 CR=37.3 F0.132	F0.132	G0 X53.103
G95 G1 X64.981 Z-	G95 Z-20.941 F0.132	Z1.354
28.168 F0.132		X46.833

G95 G1 X46.126 Z1. F0.132	G0 X45.136 Z1.354	G95 G3 X34.194 Z- 13.039 CR=37.3 F0.132
G95 Z-17.097 F0.132	X38.879	G95 G1 X35.154 Z- 12.898 F0.132
G95 G3 X48.114 Z- 17.954 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X38.171 Z1. F0.132	G0 X37.154 Z1.354
G95 G1 X49.113 Z- 17.926 F0.132	G95 Z-14.208 F0.132	X30.924
G0 X51.113 Z1.354	G95 G3 X40.16 Z-14.857 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X30.217 Z1. F0.132
X44.844	G95 G1 X41.142 Z- 14.762 F0.132	G95 Z-12.027 F0.132
G95 G1 X44.137 Z1. F0.132	G0 X43.142 Z1.354	G95 G3 X32.206 Z- 12.514 CR=37.3 F0.132
G95 Z-16.298 F0.132	X36.89	G95 G1 X33.156 Z- 12.359 F0.132
G95 G3 X46.126 Z- 17.097 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X36.183 Z1. F0.132	G0 X35.156 Z1.354
G95 G1 X47.122 Z- 17.051 F0.132	G95 Z-13.603 F0.132	X28.936
G0 X49.122 Z1.354	G95 G3 X38.171 Z- 14.208 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X28.229 Z1. F0.132
X42.856	G95 G1 X39.147 Z- 14.097 F0.132	G95 Z-11.576 F0.132
G95 G1 X42.149 Z1. F0.132	G0 X41.147 Z1.354	G95 G3 X30.217 Z- 12.027 CR=37.3 F0.132
G95 Z-15.552 F0.132	X34.901	G95 G1 X31.158 Z- 11.858 F0.132
G95 G3 X44.137 Z- 16.298 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X34.194 Z1. F0.132	G0 X33.158 Z1.354
G95 G1 X45.129 Z- 16.235 F0.132	G95 Z-13.039 F0.132	X26.947
G0 X47.129 Z1.354	G95 G3 X36.183 Z- 13.603 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X26.24 Z1. F0.132
X40.867	G95 G1 X37.151 Z- 13.477 F0.132	G95 Z-11.159 F0.132
G95 G1 X40.16 Z1. F0.132	G0 X39.151 Z1.354	G95 G3 X28.229 Z- 11.576 CR=37.3 F0.132
G95 Z-14.857 F0.132	X32.913	G95 G1 X29.159 Z- 11.394 F0.132
G95 G3 X42.149 Z- 15.552 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X32.206 Z1. F0.132	G0 X31.159 Z1.354
G95 G1 X43.136 Z- 15.473 F0.132	G95 Z-12.514 F0.132	X24.959

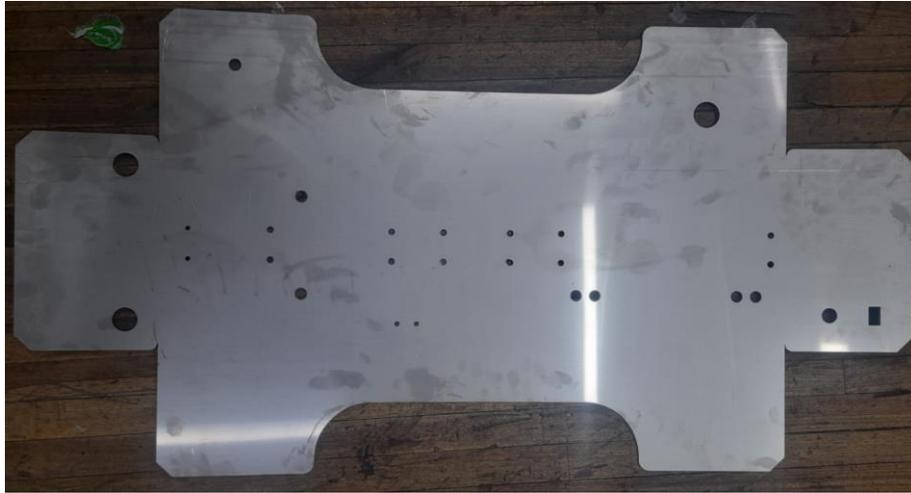
G95 G1 X24.251 Z1. F0.132	G0 X23.158 Z1.354	G95 G3 X12.32 Z-9.12 CR=37.3 F0.132
G95 Z-10.776 F0.132	X17.004	G95 G1 X13.147 Z-8.838 F0.132
G95 G3 X26.24 Z-11.159 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X16.297 Z1. F0.132	G0 X15.147 Z1.354
G95 G1 X27.16 Z-10.963 F0.132	G95 Z-9.554 F0.132	X9.05
G0 X29.16 Z1.354	G95 G3 X18.286 Z-9.814 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X8.343 Z1. F0.132
X22.97	G95 G1 X19.156 Z-9.568 F0.132	G95 Z-8.798 F0.132
G95 G1 X22.263 Z1. F0.132	G0 X21.156 Z1.354	G95 G3 X10.331 Z-8.945 CR=37.3 F0.132
G95 Z-10.425 F0.132	X15.016	G95 G1 X11.143 Z-8.652 F0.132
G95 G3 X24.251 Z- 10.776 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X14.309 Z1. F0.132	G0 X13.143 Z1.354
G95 G1 X25.16 Z-10.567 F0.132	G95 Z-9.323 F0.132	X7.061
G0 X27.16 Z1.354	G95 G3 X16.297 Z-9.554 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X6.354 Z1. F0.132
X20.981	G95 G1 X17.153 Z-9.296 F0.132	G95 Z-8.677 F0.132
G95 G1 X20.274 Z1. F0.132	G0 X19.153 Z1.354	G95 G3 X8.343 Z-8.798 CR=37.3 F0.132
G95 Z-10.104 F0.132	X13.027	G95 G1 X9.138 Z-8.494 F0.132
G95 G3 X22.263 Z- 10.425 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X12.32 Z1. F0.132	G0 X11.138 Z1.354
G95 G1 X23.159 Z- 10.203 F0.132	G95 Z-9.12 F0.132	X5.073
G0 X25.159 Z1.354	G95 G3 X14.309 Z-9.323 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X4.366 Z1. F0.132
X18.993	G95 G1 X15.15 Z-9.053 F0.132	G95 Z-8.584 F0.132
G95 G1 X18.286 Z1. F0.132	G0 X17.15 Z1.354	G95 G3 X6.354 Z-8.677 CR=37.3 F0.132
G95 Z-9.814 F0.132	X11.039	G95 G1 X7.133 Z-8.364 F0.132
G95 G3 X20.274 Z- 10.104 CR=37.3 F0.132	G95 G1 X10.331 Z1. F0.132	G0 X9.133 Z1.354
G95 G1 X21.158 Z-9.87 F0.132	G95 Z-8.945 F0.132	X3.084

G95 G1 X2.377 Z1.
F0.132
G95 Z-8.518 F0.132
G95 G3 X4.366 Z-8.584
CR=37.3 F0.132
G95 G1 X5.127 Z-8.26
F0.132
G0 X7.127
Z1.354
X1.096
G95 G1 X0.389 Z1.
F0.132
G95 Z-8.478 F0.132
G95 G3 X2.377 Z-8.518
CR=37.3 F0.132
G95 G1 X3.121 Z-8.184
F0.132
G0 X5.121
Z1.354
X-0.893
G95 G1 X-1.6 Z1. F0.132
G95 Z-8.465 F0.132

G95 G3 X0.389 Z-8.478
CR=37.3 F0.132
G95 G1 X1.114 Z-8.134
F0.132
G0 X3.114
Z-6.811
X-2.307
Z-9.111
G95 G1 X-1.6 Z-9.465
F0.132
G95 G3 X69.977 Z-
39.694 CR=36.3 F0.132
G95 G1 X70.793 Z-
39.983 F0.132
G0 X73.793
X74.707 Z4.354
X200.0 Z200.0
M9
M5
M1
; HTA ACABADO
EXTERIOR

G18 G95 G90 G54 G71
G00 X200.0 Z200.0
S774 M03 T02 M06 M08
; ACABADO EXTERIOR
G0 X-3.693 Z-6.611
G95 G1 X-2.307 Z-9.611
F0.132
G95 X-1.6 Z-9.965
F0.132
G95 G3 X69.759 Z-
42.833 CR=35.8 F0.132
G95 G1 X70.522 Z-
43.156 F0.132
G0 X73.522
X74.707 Z4.354
X200.0 Z200.0
M9
M5
M30

ANEXO D. EVIDENCIAS DE CONSTRUCCIÓN DE LA MAQUINA DOSIFICADORA DE LÍQUIDOS VISCOSOS.



ANEXO 1-D. Corte laser base máquina



ANEXO 2-D. Construcción de cilindro de carga



ANEXO 3-D. Mecanizado de Ferrules



ANEXO 4-D. Ferrules y bases de cilindros neumáticos mecanizados



ANEXO 5-D. Mecanizado de pistón de cilindro de carga tolva de carga



ANEXO 6-D. Mecanizado de bola de válvula



ANEXO 7-D. Bola y recubrimientos maquinados.



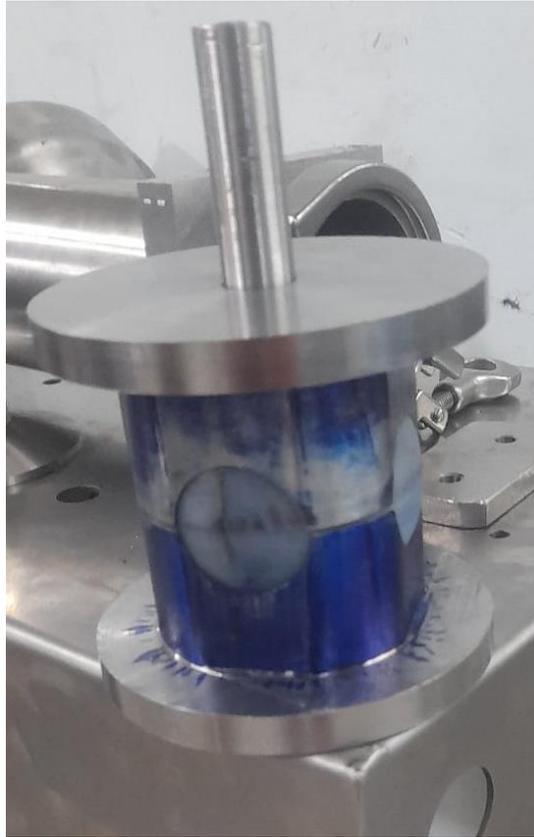
ANEXO 8-D. Bola y recubrimientos acoplados.



ANEXO 9-D. maquinado de tapas de válvula.



ANEXO 10-D. Maquinado de cuerpo de válvula.



ANEXO 11-D. Prueba de tapas, bola y recubrimiento de válvula



ANEXO 12-D. Prueba de cuerpo y tapas de válvula



ANEXO 13-D. Prueba de cuerpo y ferrules de válvula



ANEXO 14-D. Elementos de boquilla maquinados



ANEXO 15-D. Acople cilindro neumático y boquilla



ANEXO 16-D. Maquinado de boquilla



ANEXO 17-D. Acabado de tapa, bola y recubrimiento de válvula



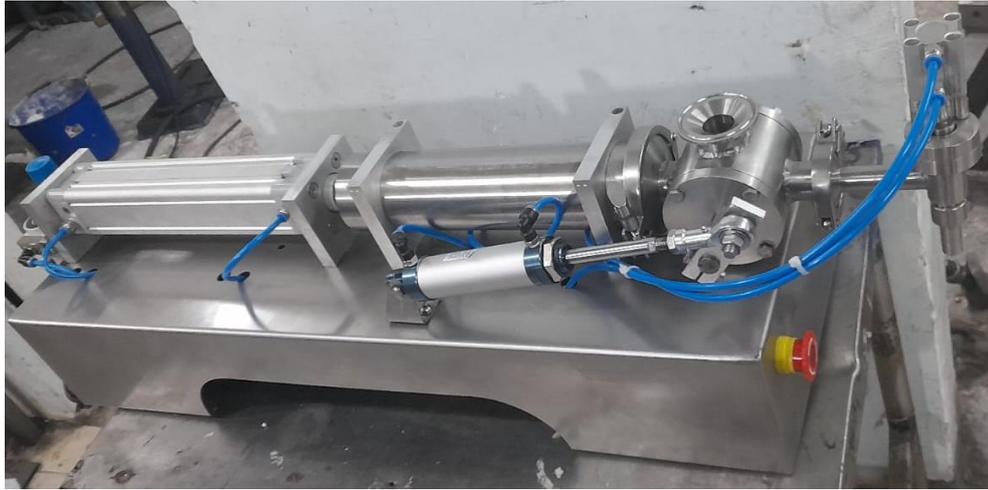
ANEXO 18-D. Maquinado de tapa frontal de válvula



ANEXO 19-D. Ensamble de máquina al 10 %



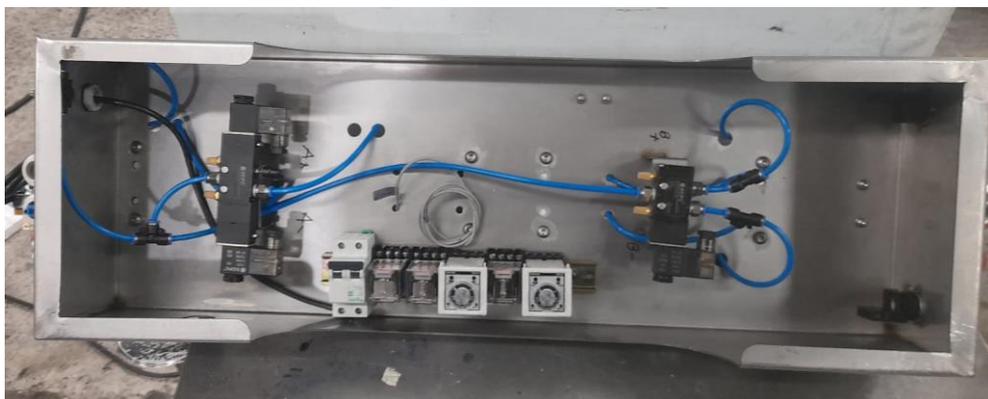
ANEXO 20-D. Ensamble de máquina al 50 %



ANEXO 21-D. Ensamble de máquina al 70 %



ANEXO 22-D. Ensamble de máquina al 85 %



ANEXO 23-D. Ensamble de máquina al 90 %



ANEXO 24-D. Sistema neumático ensamblado al 100 %



ANEXO 25-D. Máquina ensamblada al 100 %



ANEXO 26-D. Sistema control electroneumático ensamblado al 100%