



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO
CARRERA DE MECATRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PRENSADORA
SEMIAUTOMÁTICA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingenieros en Mecatrónica

**AUTOR: ERICK ESTEBAN BOHÓRQUEZ VIRACUCHA
LUIS DAVID USHIÑA CHUQUIMARCA**

TUTOR: BYRON RICARDO ZAPATA CHANCUSIG

Quito – Ecuador

2023

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Erick Esteban Bohórquez Viracucha con documento de identificación N° 1724581093 y Luis David Ushiña Chuquimarca con documento de identificación N° 1721480745; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 09 de marzo del año 2023

Atentamente,



Erick Esteban Bohórquez Viracucha
1724581093



Luis David Ushiña Chuquimarca
1721480745

II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Nosotros, Erick Esteban Bohórquez Viracucha con documento de identificación N° 1724581093 y Luis David Ushiña Chuquimarca con documento de identificación N° 1721480745, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Dispositivo tecnológico: “Diseño e Implementación de una Máquina Prensadora Semiautomática para la Elaboración de Quesos”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros en Mecatrónica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriores.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de marzo del año 2023

Atentamente,



Erick Esteban Bohórquez Viracucha
1724581093



Luis David Ushiña Chuquimarca
1721480745

III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Byron Ricardo Zapata Chancusig con documento de identificación N° 1723724876, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA PRENSADORA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA ELABORACIÓN DE QUESOS, realizado por Erick Esteban Bohórquez Viracucha con documento de identificación N° 1724581093 y Luis David Ushiña Chuquimarca con documento de identificación N° 1721480745, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Dispositivos tecnológicos que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 09 de marzo del año 2023

Atentamente,



Ing. Byron Ricardo Zapata Chancusig MSc.

1723724876

IV. AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la sabiduría de tener vida y permitir culminar una etapa más en mis estudios siendo un profesional.

A la Universidad Politécnica Salesiana, por abrirme sus puertas para ejercer mi proceso de formación profesional.

A todos mis docentes, quienes formaron parte de mi formación como profesional, compartiendo sus conocimientos durante todo el ciclo educativo.

A mis padres y mi familia por el apoyo incondicional quienes con sus palabras de aliento y consejos me ayudaron a culminar el ciclo universitario.

Luis David Ushiña Chuquimarca

En primer lugar, agradezco a mis padres que me han dado la oportunidad de poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

Ellos que con su cariño y apoyo incondicional me han impulsado día a día a siempre perseguir mis sueños y metas sin importar con la dificultad que se me atraviere. También son los que me han amparado en lo económico y material para poder concentrarme y seguir adelante en los estudios y nunca abandonarlos.

Son muchos los docentes que han sido parte de mi camino en la vida universitaria, a todos ellos quiero agradecer en especial a los docentes de la Carrera de ingeniería Mecatrónica que me han impartido sus conocimientos.

Erick Esteban Bohorquez Viracucha

V. DEDICATORIA

A mis padres Frashie y María, quienes formaron parte fundamental en mi carrera profesional y siendo un pilar en mi vida, brindándome todo su amor y apoyo incondicional en cada proceso para cumplir con todos mis objetivos y metas propuestas.

Son el claro ejemplo de superación, dedicación y esfuerzo que bajo trabajo duro se puede salir adelante y cumplir con el objetivo.

Luis David Ushiña Chuquimarca

Le dedico el resultado de este trabajo a mi familia. Principalmente a mis padres y mi hermana que me apoyaron en los momentos buenos y en los malos. Me han enseñado a ser la persona que soy, mi valentía, mis valores, mi perseverancia y empeño.

Todo esto con un cariño inmenso y sin pedir nada a cambio.

Erick Esteban Bohorquez Viracucha

VI. ÍNDICE DE CONTENIDO

I. CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUDITORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	ii
II. CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	iii
III. CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	iv
IV. AGRADECIMIENTO	v
V. DEDICATORIA.....	vi
VI. ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
VII. ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
VIII. ÍNDICE DE FIGURAS	xii
IX. RESUMEN.....	xiv
X. ABSTRACT.....	xv
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	xvi
PROBLEMA DE ESTUDIO	xvi
JUSTIFICACIÓN	xvi
GRUPO OBJETIVO.....	xvii
OBJETIVOS.....	xvii
OBJETIVO GENERAL	xvii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	xvii
CAPÍTULO 1	1
MARCO TEÓRICO	1
1.1 EL QUESO.....	1
1.1.1 ¿Qué es el Queso?	1
1.2 MATERIA PRIMA	1
1.2.1 Calidad y composición de la Leche	1
1.3 MATERIA A SER PROCESADA	2
1.3.1 Recepción.....	2
1.3.2 Control de Calidad	2
1.4 FILTRADO.....	3
1.5 PASTEURIZACIÓN.....	3

1.6	ENFRIAMIENTO	3
1.7	CUAJADA O COAGULACIÓN	4
1.7.1	<i>Dividido de la Cuajada</i>	4
1.8	EXTRACCIÓN DEL SUERO	5
1.9	MODELADO	5
1.10	PRENSADO	6
1.10.1	<i>Finalidad del Prensado</i>	6
1.10.2	<i>Tipos de Prensado</i>	6
1.11	NEUMÁTICA	7
1.11.1	<i>Unidad de Mantenimiento</i>	7
1.11.2	<i>Electroválvula la Proporcional</i>	9
1.11.3	<i>Nanómetro</i>	9
1.11.4	<i>Cilindro Neumático</i>	9
1.12	ELECTRÓNICA	10
1.12.1	<i>Báscula Galga Extensiométrica 50 KG</i>	10
1.12.2	<i>Arduino</i>	11
1.12.3	<i>Módulo Step Down</i>	11
1.12.4	<i>Módulo de Relé</i>	12
CAPÍTULO 2		13
ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS		13
2.1	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN MECÁNICA	13
2.1.1	<i>Alternativa 1</i>	13
2.1.2	<i>Alternativa 2</i>	13
2.1.3	<i>Alternativa 3</i>	13
2.1.4	<i>Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico</i>	14
2.1.5	<i>Análisis de alternativas de diseño mecánico</i>	14
2.2	ALTERNATIVAS DE MATERIAL	15
2.2.1	<i>Alternativa Acero inoxidable 304</i>	15
2.2.2	<i>Alternativa Acero inoxidable 316</i>	15
2.2.3	<i>Alternativas para materiales</i>	17
2.3	ALTERNATIVAS DE CILINDRO NEUMÁTICO	17
2.3.1	<i>Cilindro neumático simple efecto</i>	17

2.3.2	<i>Cilindro neumático doble efecto</i>	18
2.3.3	<i>Sistema de calificación para cilindros neumáticos</i>	18
2.3.4	<i>Análisis de alternativas para cilindros neumáticos</i>	19
2.4	ALTERNATIVAS DE CONTROLADORES	20
2.4.1	<i>PLC</i>	20
2.4.2	<i>Arduino</i>	20
2.4.3	<i>Sistema de calificación para controladores</i>	21
2.4.4	<i>Análisis de alternativas para controladores</i>	21
2.5	ALTERNATIVAS DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS	22
2.5.1	<i>Electroválvula</i>	22
2.5.2	<i>Válvula de Accionamiento</i>	23
2.5.3	<i>Sistema de calificación de válvulas neumáticas</i>	23
2.5.4	<i>Análisis de alternativas de válvulas neumáticas</i>	23
CAPÍTULO 3	25
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	25
3.1	DISEÑO DEL PROTOTIPO	25
3.2	DISPOSITIVO ENSAMBLADO	26
3.3	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	27
3.3.1	<i>Cálculo del área y fuerza del cilindro</i>	27
3.3.2	<i>Diagrama de cuerpo libre de la viga</i>	29
3.3.3	<i>Diagrama de Momento Máximo</i>	30
3.3.4	<i>Momento de Inercia</i>	33
3.3.5	<i>Factor de Seguridad</i>	33
3.4	SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN EL SOFTWARE SOLIDWORKS UTILIZANDO UN MALLADO SOLIDO	34
3.4.1	<i>Simulación de la estructura ensamblada</i>	34
3.4.2	<i>Análisis del factor de seguridad de la bandeja</i>	35
3.5	DIAGRAMA NEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO	36
3.5.1	<i>Sistema Neumático</i>	36
3.5.2	<i>Sistema de Control eléctrico</i>	37
3.5.3	<i>Diagrama de flujo control del proceso</i>	38
CAPITULO 4	41

ANÁLISIS Y RESULTADOS	41
4.1 RESULTADOS DE MOVIMIENTO	41
4.1.1 <i>Prueba de medición de salida y retorno del cilindro</i>	41
4.1.2 <i>Prueba de regulador de caudal con motor</i>	41
4.1.3 <i>Prueba de Funcionamiento del sistema neumático y la galga extensiométrica.</i> 42	
4.1.4 <i>Prueba de Funcionamiento del sistema neumático con la materia prima</i>	43
4.2 COSTOS	44
4.2.1 <i>Costos de la Estructura Mecánica</i>	45
4.2.2 <i>Costos de elementos de Neumática</i>	45
4.2.3 <i>Costos de elementos de electrónica</i>	45
4.2.4 <i>Mano de obra</i>	46
4.2.5 <i>Total de costos de la prensadora semiautomática para quesos.</i>	46
4.2.6 <i>Análisis para determinar el VAN.</i>	47
4.2.7 <i>Análisis para determinar el TIR</i>	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
XI. CONCLUSIONES	49
XII. RECOMENDACIONES	50
XIII. BIBLIOGRAFÍA	51
XIV. ANEXOS	53
ANEXO 1	53
Código de programación de la prensa semiautomática	53
ANEXO 2	59
Componentes del sistema eléctrico y alimentación	59
ANEXO 3	60
Componentes del sistema neumático	60
ANEXO 4	60
Funcionamiento de la estructura con el sistema neumático	60
ANEXO 5	61
Funcionamiento con reguladores de caudal	61
ANEXO 6 PLANOS MECÁNICOS	62

VII. ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición de la leche [3]	1
Tabla 2 Componentes de la leche [5].....	2
Tabla 3 Ventajas y desventajas de neumática [9]	7
Tabla 4 Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico	14
Tabla 5 Calificación de alternativas del diseño mecánico	14
Tabla 6 Propiedades del Acero Inoxidable [18].....	15
Tabla 7 Sistema de calificación de alternativas para materiales	17
Tabla 8 Sistema de calificación de criterios para alternativas de cilindros neumáticos	19
Tabla 9 Calificación de alternativas para cilindros neumáticos.....	19
Tabla 10 Sistema de calificación de criterios de controladores	21
Tabla 11 Alternativas para calificación de controladores	22
Tabla 12 Sistema de calificación de criterios de válvulas neumáticas	23
Tabla 13 Sistema de calificación de alternativas de válvulas neumáticas	24
Tabla 14 Partes de la máquina prensadora de quesos	26
Tabla 15 Partes de la máquina prensadora de quesos	27
Tabla 16 Costos de los accesorios para la construcción mecánica	45
Tabla 17 Costos de los accesorios para la construcción neumática	45
Tabla 18 Costos de los accesorios electrónicos	46
Tabla 19 Costos Mano de Obra.....	46
Tabla 20 Costos totales de la prensadora de quesos	47
Tabla 21 Tabla de cálculo del VAN.....	48
Tabla 22 Tabla de cálculo del TIR.....	48

VIII. ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recepción y análisis de la leche productos lácteos Santa Anita [4].....	2
Figura 2 Línea de pasteurizado[4]	3
Figura 3 Enfriamiento de la leche [1]	4
Figura 4 Coagulación de la leche [6]	4
Figura 5 Cortada de la cuajada [7].....	5
Figura 6 Extracción del suero de la leche productos lácteos Santa Anita	5
Figura 7 Modelado del queso productos lácteos Santa Anita.....	6
Figura 8 Filtro de la unidad de mantenimiento [10]	8
Figura 9 Regulador de presión [10]	8
Figura 10 Lubricador [10].....	8
Figura 11 Esquema de una electroválvula [11]	9
Figura 12 Manómetro	9
Figura 13 Regulador de presión [13]	10
Figura 14 Regulador de presión [13]	10
Figura 15 Esquema de una báscula galga extensiométrica [15]	11
Figura 16 Placa de Arduino [16].....	11
Figura 17 Módulo Step Down	12
Figura 18 Módulo Relé [17]	12
Figura 19 Cilindro simple efecto [3].....	18
Figura 20 Cilindro doble efecto [3]	18
Figura 21 PLC [20].....	20
Figura 22 Placa de Arduino [16].....	21
Figura 23 Esquema de una electroválvula [11]	23
Figura 24 Vista explosionada de una prensadora de quesos.....	25
Figura 25 Vista en 3D de la máquina ensamblada.....	27
Figura 26 Viga empotrada	29
Figura 27 Reacciones de la viga	30
Figura 28 Diagrama de momento máximo de la viga.....	31
Figura 29 Diagrama de momento máximo de la viga.....	31
Figura 30 Diagrama de momento máximo de la viga.....	32
Figura 31 Análisis estático en tensión	34
Figura 32 Análisis de Desplazamiento	35

Figura 33 Análisis del Factor de seguridad	35
Figura 34 Factor de seguridad de la bandeja	36
Figura 35 Sistema de Control Neumático.....	37
Figura 36 Sistema de Control Eléctrico.....	38
Figura 37 Diagrama de flujo de inicialización del proceso	39
Figura 38 Prueba de salida y retorno del cilindro.....	41
Figura 39 Regulador de caudal con motor.....	42
Figura 40 Grafica con una masa real de 0.45 Kg.....	42
Figura 41 Grafica con una masa real de 1.12 Kg.....	43
Figura 42 Grafica con una masa real de 1.71 Kg.....	43
Figura 43 Funcionamiento del sistema neumático con la materia prima	44
Figura 44 Materia prima prensada	44

IX. RESUMEN

El presente documento está enfocado en el diseño e implementación de una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos para la microempresa “Queso Fresco Santa Anita” que ha desarrollado de manera artesanal la producción de queso fresco semiblando y queso fresco prensado de forma manual, con la finalidad de mejorar el producto específicamente el queso prensado.

Para el desarrollo del diseño e implementación de la máquina inició con el estudio de varias prensadoras de queso, basadas en el análisis de alternativas de materiales, accesorios y equipos para la construcción.

Por medio del software SolidWorks se diseñó y simuló las partes que componen la estructura de la máquina, obteniendo el factor de seguridad adecuado que permite la construcción con el material seleccionado en el análisis de elección.

Para la comprobación de su correcto funcionamiento de la prensadora de quesos semiautomática, se realizaron varias pruebas de funcionamiento, mediante la galga extensiométrica para determinar la fuerza aplicada en cada prensado obteniendo resultados favorables.

Palabras claves: Queso, SolidWorks, Microcontrolador, Arduino, Automatización, Neumática, Producto.

X. ABSTRACT

The present graduation work is focused on the design and construction of a semi-automated cheese-pressing machine for the microenterprise "Queso Fresco Santa Anita". That has developed the production of semi-soft fresh cheese and manually pressed fresh cheese in an artisanal way, in order to improve the quality of the product, specifically of the pressed cheese. For the development of the design and construction of the machine, it began with the study of several cheese presses, based on the analysis of alternative materials, accessories and construction equipment.

Through the SolidWorks software, each of the parts of the machine structure was designed and simulated, obtaining an safety factor that allows the construction of the machine with the material selected in the analysis of alternatives.

In order to verify the control operation of the semiautomatic cheese press, several functional tests were carried out, using the strain gauge to determine the applied forcé in each pressing, obtaining favorable results in the design and construction of the semi-automatic pressing machine for cheeses.

Keywords: Cheese, SolidWorks, Microcontroller, Arduino, Automation, Pneumatics, Products.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

PROBLEMA DE ESTUDIO

El sistema de prensado manual causa un producto mal elaborado que deja partículas de suero el cual afecta al tiempo de duración y conserva de queso. El prensado de quesos tiene una función principal que es la extracción del suero, este se puede realizar por diferentes tipos, los más comunes se genera mediante el auto prensado y prensado bajo presión [1].

En la mayoría de las producciones artesanales, se lo hace mediante una tela sin molde, la cual le ayuda a desuarse con su propio peso de manera muy lenta, bajando niveles de producción por el tiempo tardío al igual que el prensado heterogéneo por motivo de la extracción del suero sin molde afecta la figura del producto [1].

La eliminación del suero a baja presión se genera introduciendo el producto dentro de un molde y se prensa de manera manual ejerciendo una fuerza necesaria pero no la exacta, esta presión se da por la fuerza del operador ya que en una estación se puede dar una fuerza constante siendo un mismo operador y al momento de cambiar de operador la fuerza sería totalmente diferente la cual puede causar deformaciones en el queso y la extracción del suero variaría lo que no sería adecuado [1].

El principal efecto a corto plazo de un producto con mala extracción de suero, es el tiempo de duración del producto lo cual genera que la producción sea a pequeño plazo y no generaría las ganancias esperadas, provocando pérdidas de materia prima y demoras en el tiempo de producción [1].

JUSTIFICACIÓN

Los sistemas semiautomatizados son cada día más utilizados en las industrias, para manipular objetos y mejorar la productividad dentro de la industria quesera, este de tipo de prensa semiautomática las cuales ayudan en la fabricación y elaboración de un producto de mejor calidad para el consumo, logrando así reducción de pérdidas de materia prima y que el tiempo de conservación del queso sea mayor.

Por esta razón en este trabajo de titulación se diseñará una máquina semiautomática de prensado de quesos que permita, realizar el proceso de prensado a tiempos mayores y de manera uniforme mejorando el producto y permitiendo que el queso puede conservarse a mayor tiempo, lo cual conllevará a aumentar la producción en mayores cantidades. Con la presión aplicada uniformemente semiautomática en todo el molde del queso se logrará un desuerado más eficaz, comúnmente el prensado manual demora de 2 a 3 horas, con ayuda de un sistema

automatizado el tiempo estimado para la extracción del suero sería de 1 a 1 hora y 30, logrando aumentar la cantidad del producto elaborado.

GRUPO OBJETIVO

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el proceso de prensado manual para obtener parámetros de funcionamiento y producción de quesos.
- Diseñar el equipo semiautomático a través de software apropiado basado en los parámetros estudiados para realizar el proceso de prensa uniforme.
- Implementar sistemas de control mecatrónico para el funcionamiento de la máquina semiautomática.
- Realizar pruebas para la validación del funcionamiento del sistema implementado.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En el capítulo 1 se caracteriza la justificación teórica, que permita conocer las definiciones básicas del tema realizado para el desarrollo del trabajo de titulación.

1.1 EL QUESO

1.1.1 ¿Qué es el Queso?

Es un tipo de alimento conseguido de la leche procesada de las vacas, ovejas y cabras u otros mamíferos, para procesar la leche se combina el cuajo con acidificación. Las bacterias acidifican la leche y su rol es definir la textura y el gusto al momento de saborear la mayoría de quesos. El queso se da por la coagulación y la extracción del suero [2].

1.2 MATERIA PRIMA

La leche y otros productos provenientes del ordeño de los animales bovinos contienen materia orgánica, es un producto que es obtenido del ordeño de una vaca sana y bien alimentada, que es recogida con sumo cuidado y limpieza que no contenga calostro. La leche cruda es un producto sin adición, ni sustracción de algún componente y exterior del calostro, destinado a la elaboración de productos lácteos o a la vez al consumo de manera natural [3].

1.2.1 Calidad y composición de la Leche

La leche es de origen animal que por sus particularidades y su valor alimenticio es indispensable en la alimentación humana, está compuesta de elementos que se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Composición de la leche [3]

Constituyente Principal	Porcentaje
Agua	87%
Lactosa	4.9%
Caseína	2.9%
Alfa lactoalbúmina	0.5%
Beta lactoalbúmina	0.2%
Grasa neutra	3.7%
Fosfolípidos	0.1%
Ácido cítrico	0.2%

El control del cuidado de la leche es muy estricto, debido a que el producto es muy delicado y se debe cuidar la higiene al momento de recibirla [3].

1.3 MATERIA A SER PROCESADA

El proceso productivo del queso, se suele llevar a cabo de los siguientes puntos.

1.3.1 Recepción

Al llegar la leche a su destino para la elaboración del queso se debe someter a un análisis de densidad, pH y acidez [4]. Además, para un buen consumo del producto la leche debe estar en óptimas condiciones: fresca, con olor, color y sabor que se caracteriza a la leche como se observa en la Figura 1.



Figura 1 Recepción y análisis de la leche productos lácteos Santa Anita [4]

1.3.2 Control de Calidad

La leche cuando llega a su destino se procede a realizar el respectivo control de calidad donde se obtienen los datos de la Tabla 2.

Tabla 2 Componentes de la leche [5]

Componentes de la leche	Porcentaje
Acidez de la leche	14°C – 19°C
Densidad	1.028 – 1.034 gr./ml
Prueba de alcohol	Negativo (no se debe cortar la leche)

1.4 FILTRADO

Es un proceso muy importante en la elaboración de quesos, se debe usar una tela blanca esterilizada con agua hervida para eliminar la suciedad como: pelos, hierva, estiércol y otros objetos que generalmente trae la leche cuando se realiza el ordeño manual [5].

1.5 PASTEURIZACIÓN

En la Figura 2 muestra el proceso que se utiliza para suprimir microorganismos, que consiste en elevar a temperaturas altas por cierto tiempo para así eliminar todo microorganismos que provoca daño el ser humano. Existen varios métodos de pasteurización de la leche son en base a la temperatura y otros al tiempo [4]:

- **Pasteurización lenta o baja:** La leche es depositada en bidones apropiados para lácteos y es calentada a temperaturas entres 62°C y 65°C con un tiempo límite de 30 minutos [4].
- **Pasteurización relámpago (HTST):** En este proceso de pasteurización la leche pasa por un conducto intercambiador de calor que se calienta de 71°C y 74°C durante un tiempo estimado de 15 s [4].
- **Pasteurización UHT (ultra pasteurización):** El proceso de calentamiento es de 135°C y 150°C con un tiempo duradero de 6 s, es necesario realizar la pasteurización para eliminar microorganismos patógenos que hacen daño a la salud de humano [4].



Figura 2 Línea de pasteurizado[4]

1.6 ENFRIAMIENTO

Una vez terminada la pasteurización se enfría la leche a 42°C – 40°C y se agrega el Cloruro de Calcio dependiendo los litros de leche. En la Figura 3 (a) se aprecia un tanque de enfriamiento de la leche, y en la Figura 3 (b) se aprecia la cuajada [1].



Figura 3 Enfriamiento de la leche [1]

1.7 CUAJADA O COAGULACIÓN

La coagulación es la causa en que las proteínas se vuelven resistente y se endurece transformando a la leche en una masa semisólida y gelatinosa como se muestra en la Figura 4. La cuajada de la leche se puede realizar de dos maneras[6]:

- **Coagulación ácida:** Da como resultado el descenso del pH. Negativas de aminoácidos hasta cierto punto, a esta consistencia se la llama punto isoelectrico [6].
- **Coagulación enzimática:** Consta de dos fases:
 - Fase enzimática: Separa la caseína en un 95% de paracaseínas y un 5% en proteína de suero [6].
 - Fase de coagulación: en la paracaseína cálcica y fosfática. Este complejo se precipita, provocando consistencias gelatinosas de la leche cuajada [6].



Figura 4 Coagulación de la leche [6]

1.7.1 Dividido de la Cuajada

El dividido de la cuajada se basa en el corte que facilitará la salida del suero. La operación de cortado se realiza con hilos de metal o con liras, este cortado tiene un límite, pues si las

partículas son muy finas puede salir gran cantidad de suero en el proceso de prensado [7]. En la Figura 5 se muestra los hilos el proceso de corte de la cuajada.



Figura 5 Cortada de la cuajada [7]

1.8 EXTRACCIÓN DEL SUERO

Como se muestra en la Figura 6, El suero se elimina evitando la acidez en la cuajada y controlar de maduración del queso. El suero se puede reutilizar para hacer requesón o para el alimento de los animales [7].

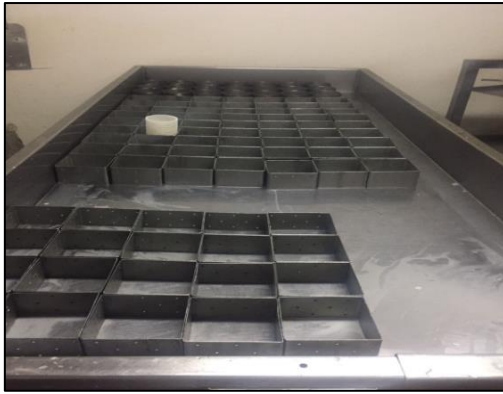


Figura 6 Extracción del suero de la leche productos lácteos Santa Anita

1.9 MODELADO

El modelado tiene el fin de darle la forma deseada al queso. Se debe utilizar una malla entre la cuajada y el molde para evitar que se pegue a las paredes y se tapen todos los agujeros del molde por donde se extrae el suero durante el prensado. Se pueden utilizar varios moldes de diferentes medidas. El de acero inoxidable es el material recomendable pero es más costosos que los moldes de madera y plástico [7].

En la Figura 7(a) y 7(b) se muestra los moldes de acero inoxidable.



(a)



(b)

Figura 7 Modelado del queso productos lácteos Santa Anita

1.10 PRENSADO

El prensado es el resultado de la extracción de suero formando la corteza para dar forma al queso y de pequeñas partículas de cuajada puedan formar una masa homogénea y permanente con gran posibilidad de conservación. [2].

1.10.1 Finalidad del Prensado

Para la culminación de un buen proceso se tiene cuatro objetivos indispensables al llevar a cabo el prensado [2]:

- Producir la expulsión del suero.
- Obtener una buena textura del queso.
- Dar la forma deseada al queso.
- Adquirir una buena textura que tenga un largo periodo de maduración [2].

La rapidez del prensado y la presión se aplica específicamente al tipo de queso que se está haciendo procesado. El prensado al inicio se debe dar de forma gradual para no deformar y no encerrar la humedad [2].

1.10.2 Tipos de Prensado

En el proceso de prensado se conoce de tres tipos que se detallan a continuación:

- **Prensado por gravedad:** Es el más conocido en el proceso de elaboración que requiere producir quesos de gran cantidad de humedad o blandos. El prensado por gravedad que por acción de su mismo peso se va extrayendo el suero [2].
- **Prensado corto en prensas neumáticas o hidráulicas:** Este proceso se da con un rango de presión de a 0,4 – 0,5 [bar] en moldes perforados que no son completamente desuerados al estar medio húmedo [2].

- **Prensado largo:** Lleva a cabo un proceso en un rango 8 a 48 horas. Por este periodo de tiempo se suele girar al queso para la máxima extracción del suero [2].

1.11 NEUMÁTICA

La neumática es el estudio y uso del aire a presión y depresión (vacío) que se puede utilizar como energía para realizar cualquier tipo de trabajo [8]. Con el uso de los sistemas neumática se detalla algunas ventajas y desventajas que se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3 Ventajas y desventajas de neumática [9]

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Todo tipo de máquina neumática puede ser grandes o pequeñas, livianas, muy rápidas y potentes en su trabajo.	Altos precios de la energía neumática
El aire ligero puede relacionar con el aire comprimido.	Disminución de su rendimiento en posibles fugas de aire.
Fácil de almacenar aire comprimido.	Ruidoso
Riesgo de explosión nulo	Su instalación es muy costosa
Bajo precio de sus elementos	

1.11.1 Unidad de Mantenimiento

Es un conjunto de elementos que se encargan de adaptar el aire comprimido, su principal funcionamiento es de proporcionar aire comprimido con una presión normalizada a todos los componentes neumáticos que se muestra en la Figura 8, los cuales son [10]:

- **Filtro:** Se encarga de contener las impurezas que puedan pasar al sistema, la cual puede dañar las instalaciones del circuito, en la Figura 8 se observa mantener leves partículas de humedad que mediante un tornillo de purga lo vacía [10].

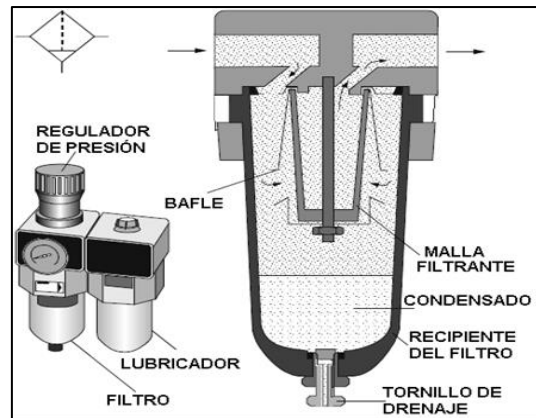


Figura 8 Filtro de la unidad de mantenimiento [10]

- **Regulador de presión:** Como se aprecia en la Figura 9 el regulador mantiene la presión de entrada del aire constante y presión de salida del aire debe ser mínima a la presión del tanque o deposito [10].

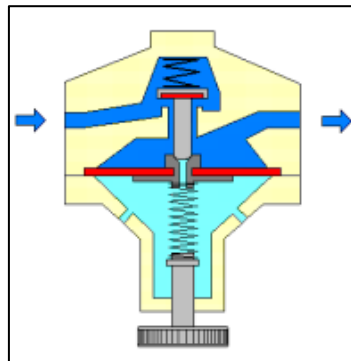


Figura 9 Regulador de presión [10]

- **Lubricador:** Su principal labor es lubricar a los elementos neumáticos, el aceite se combina en la unidad de mantenimiento a través del aire suministrado en modo de niebla o micro pulverización como en la Figura 10, este lubricante se lo añade para evitar el rozamiento de los componentes de instalación móviles [10].

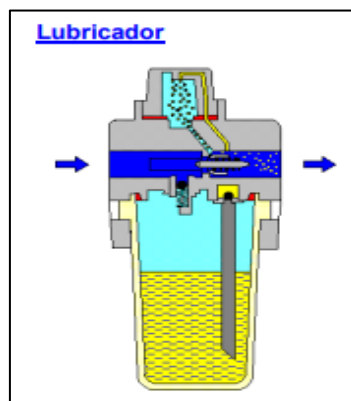


Figura 10 Lubricador [10]

1.11.2 Electroválvula la Proporcional

Es un elemento fácil de controlar y utilizar en el campo de la automatización industrial, su utilidad consiste en algunos procesos que tienen fluidos como: el aire, agua, aceites, vapor, etc. En la Figura 11 se observa las electroválvulas que están compuestas de un accionamiento mecánico que es muy útil para ser accionadas en cualquier tiempo[11].

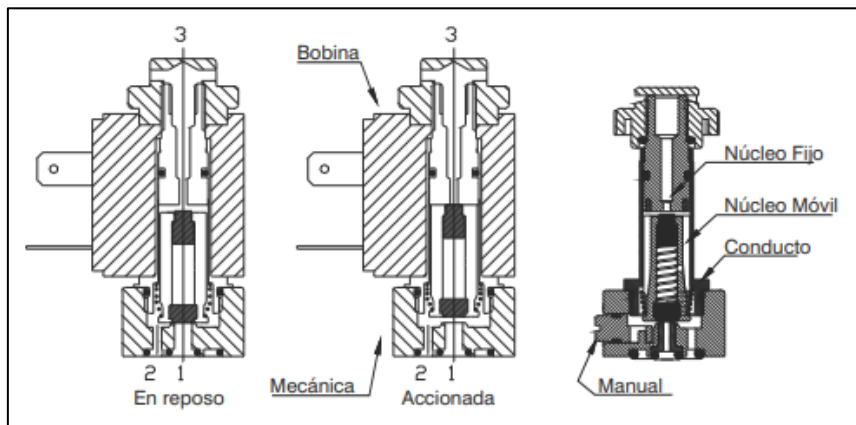


Figura 11 Esquema de una electroválvula [11]

1.11.3 Nanómetro

El nanómetro es un herramienta de medición que se usa en la medición del aire comprimido, se suele medir en el sistema internacional de unidades en Psi o Bares [12].



Figura 12 Manómetro

1.11.4 Cilindro Neumático

Un cilindro o comúnmente llamado pistón neumático produce un movimiento lineal para desplazar objetos, generan energía potencial, se clasifican en dos tipos neumáticos [8].

- **Cilindro simple efecto:** Este cilindro neumático tiene una sola entrada y salida de aire, comúnmente, el cilindro simple efecto tiene un solo sentido y el retroceso del vástago es producido por la fuerza de un muelle [13]. Como se ve en la Figura 13.

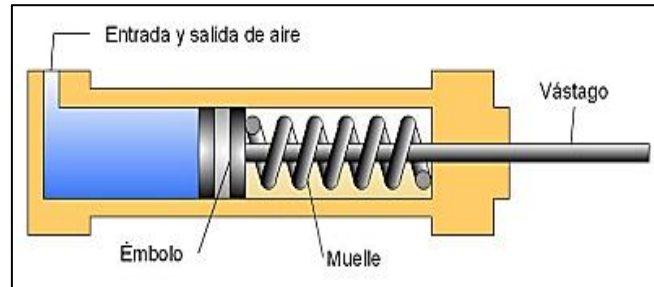


Figura 13 Regulador de presión [13]

- **Cilindro doble efecto:** Este cilindro neumático a comparación del cilindro simple efecto tiene dos entradas de aire que permite que el émbolo pueda ser presionado por el aire comprimido en los dos sentidos (salida y regreso) [13].

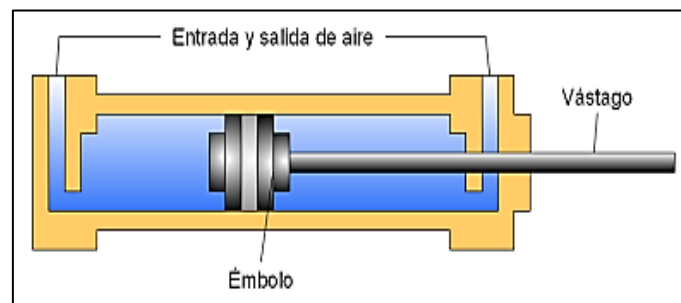


Figura 14 Regulador de presión [13]

1.12 ELECTRÓNICA

La electrónica es el estudio con respecto al diseño y aplicación de diferentes dispositivos, en si son los circuitos que dependen del flujo de electrones. La electrónica está vinculada con la electricidad la cual permite hacer funcionar cualquier dispositivo [14].

1.12.1 Báscula Galga Extensiométrica 50 KG

Las galgas se usan extensamente en diferentes partes a nivel industrial, en aplicaciones de ingeniería, son utilizadas para medir con precisión la fuerza, se clasifican en tres tipos de galgas [15]:

- **Galgas Estáticas:** Se utilizan en estructuras que son sometidas a cargas estáticas [15].
- **Galgas Mixtas:** Estas son sometidas en soportes y en estructuras que están sujetas a la acción de variación rápida [15].

- **Galgas Dinámicas:** Son aplicadas a la acción en vibraciones y fenómenos de vibración [15].

En la Figura 15 me muestra el componente de una galga extensiométrica.



Figura 15 Esquema de una báscula galga extensiométrica [15]

1.12.2 Arduino

El Arduino es un tipo de micro controlador en un entorno gráfico, el cual su lenguaje de programación es desarrollado para la salida y entrada de señales y datos. El Arduino es manejable y no necesita de un profundo estudio sobre él, además de una tarjeta física Figura 16, se usa en el entorno de una computadora su lenguaje de programación es en código C/C++ que es un lenguaje apropiado para la programación para este tipo [16].

El Arduino puede ser programable y usado en las industrias recibiendo información en los sistemas electrónicos [16].

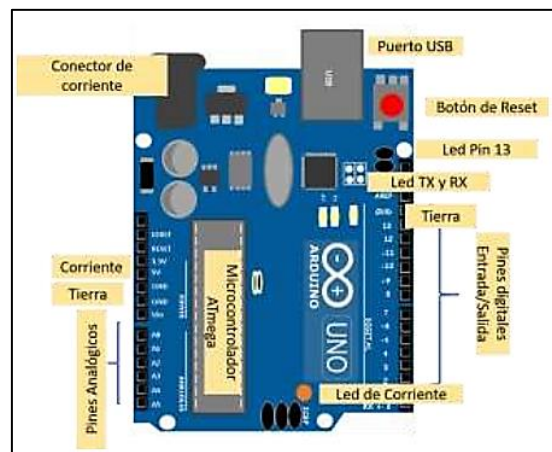


Figura 16 Placa de Arduino [16]

1.12.3 Módulo Step Down

Es un módulo reductor de voltaje que permite suministrar corriente de hasta 3A de salida con una óptima regulación de línea de carga.

En la Figura 17 se aprecia el módulo Step Down que es usado en las fuentes de alimentación y proyectos con microcontroladores.

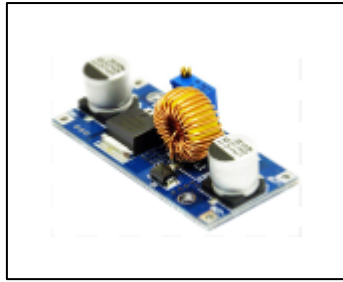


Figura 17 Módulo Step Down

1.12.4 Módulo de Relé

Es un conmutador ideal para cargas de corriente alterna que permite conectarse a la red eléctrica, se usa en todos los microcontroladores y aplicaciones industriales de control con PLC [17]. Como se aprecia en la Figura 18.



Figura 18 Módulo Relé [17]

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

En el capítulo II se lleva a cabo las posibles elecciones que darán solución a la dificultad principal del análisis, dicho análisis ayudará a la selección de la mejor alternativa a realizar.

2.1 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN MECÁNICA

2.1.1 Alternativa 1

En esta opción se propone la utilización de una estructura rígida y un pistón estático para poder hacer la prensa neumática. Dicha alternativa, será fabricada en acero inoxidable, con su respectivo control de lazo abierto, ya que son productos alimentación y no puede tener ningún contacto con superficies infecciosas para el ser humano. Esta alternativa satisface al prototipo, teniendo en cuenta que podría generarse deformaciones del producto al momento del prensado.

2.1.2 Alternativa 2

En esta opción, se propone de una estructura de un solo brazo con un pistón neumático que pueda ejercer la fuerza necesaria para el prensado. Esta alternativa será una estructura compacta para que el pistón neumático este ligeramente prevenido ante una colisión con la base donde será prensado el producto, con su control neumático regulado por válvula de presión.

La segunda alternativa es muy apropiada al prototipo, sin embargo, la fuerza que ejerce el pistón en una estructura sin dos apoyos puede ser perjudicial, periódicamente esta estructura podría generar deformaciones no deseadas.

2.1.3 Alternativa 3

Esta última alternativa propone una estructura móvil donde conjuntamente el soporte con el cilindro neumático se desplaza de arriba abajo, regulando de una manera más fácil la longitud de prensado y su control.

Esta alternativa, podrá ser fabricada con material de acero inoxidable, con su debido control en lazo cerrado que permita medir la fuerza que ejerce el pistón sin deformar el producto al momento de prensarlo neumáticamente, también contará con circuito electroneumático a base de un controlador y sus pulsadores de accionamiento, paro de emergencia, para la retroalimentación del control se utilizará una galga extensiométrica.

2.1.4 Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico

En la Tabla 4, se puede mostrar las diferentes calificaciones para así referenciar los mejores criterios de cada una de las alternativas con mayor viabilidad para poder implementarla.

Tabla 4 Sistema de calificación de criterios de diseño mecánico

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Costo de construcción	Costosa	Normal	Económica
Implementación	Compleja	Normal	Fácil
Operación	Difícil	Normal	Fácil
Confiabilidad	Mala	Normal	Buena
Extracción del suero	Regular	Buena	Excelente

2.1.5 Análisis de alternativas de diseño mecánico

En la Tabla 5, se puede ver los diferentes criterios relacionados con sus respectivos porcentajes, utilizando como referencia al número **1** con la menor calificación y el número **10** como la mejor calificación en el análisis con respectiva opinión.

Tabla 5 Calificación de alternativas del diseño mecánico

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	3	
CALIFICACIÓN					
1	Costo de construcción	7	7	8	10
2	Implementación	4	7	8	10
3	Operación	6	7	10	10
4	Confiabilidad	3	6	9	10
5	Extracción del suero	4	5	9	10
Sumatorio C.		24	32	44	50
Índice porcentual		0.48	0.64	0.88	1
Orden de selección		48%	64%	88%	100%

En los resultados obtenidos en el análisis de alternativas, se puede ver que la alternativa 3 es la ideal ya que muestra un buen y gran porcentaje frente a las otras alternativas con el 88% superior a la alternativa más próxima con el 24% de diferencia, esta alternativa cuenta con el mejor porcentaje con sus puntos fuertes en la confiabilidad y la extracción del suero.

2.2 ALTERNATIVAS DE MATERIAL

Los materiales que se designará en la construcción de la prensa neumática, son materiales mecánicos y neumáticos, los cuales son presentados a continuación.

2.2.1 Alternativa Acero inoxidable 304

El acero inoxidable tiene propiedades como la resistencia a la corrosión y formalidad que lo hacen indispensable para utilización en procesos industriales de productos alimenticios para el consumo del ser humano.

2.2.2 Alternativa Acero inoxidable 316

Este material da mayor resistencia a corrosión y ácidos no oxidables, dicho acero es utilizado en su variedad para piezas y elementos en industrias como; celulosa, textilera, ejes de hélices y acoples, principalmente en la industria alimenticia [1].

En la Tabla 6 se señala las especificaciones de cada material diferenciándolo uno del otro.

Tabla 6 Propiedades del Acero Inoxidable [18]

Características técnicas del acero inoxidable		Serie 300	
		Acero al Cromo – Níquel	Acero al cromo – Níquel - Molibdeno
Tipo AISI		304	316
Designación	Composición Química	C ≤ 0.08%*	C ≤ 0.08%*
		Si ≤ 1.00%	Si ≤ 1.00%
		Mn ≤ 2.00%	Mn ≤ 2.00%
		Cr 18% - 20%*	Cr 16% - 18%*
		Ni 8% - 10.5%/*	Ni 10% - 14%*
			Mo 2% - 2.5%

Propiedades físicas	Peso específico a 20°C (densidad)	(g/cm ³)	7.9	7.95 – 7.98
	Módulo de elasticidad	(N/mm ²)	193.00	193.00
	Estructura		Austenítico	Austenítico
	Calor específico a 20°C	(j/Kg K)	500	500
	Conductividad térmica a 20°C / 100°C	(W/ m K)	15/16	15 / 16
	Intervalo de fusión	(C)	13981454	13711398
	Propiedades eléctricas	Permeabilidad eléctrica en estado soluble.		Amagnético 1.008
Capacidad de resistencia		(μΩm)	0.72 – 0.73	0.73 – 0.74
Propiedades mecánicas a 20°C	Dureza Brinell recocido HRB/ con deformación en frío		13.150 /180330	130185
	Dureza Brinell recocido HRB/ con deformación en frío		7088 /1035	7085
	Resistencia a la tracción Recocido/Deformación en frío	R _m (N/mm ²)	520 – 720 / 540 – 750	540690
	Elasticidad Recocido/Deformación en frío	R _p (N/mm ²)	210 / 230	205410
	Elongación (A5) MIN	(%)	≥45	
	Resiliencia KCUL/KVL	(J/cm ²)	160 / 180	160/180
	Otras propiedades	Soldabilidad		Muy buena
Maquinabilidad comparada con un acero Bessemer para a. B1112			45%	45%

2.2.3 Alternativas para materiales

En la Tabla 7, se ve los diferentes criterios relacionados con sus respectivos porcentajes, utilizando como referencia al número **1** con la menor calificación y el número **10** como la mejor calificación en el análisis con respecto a cada criterio.

Tabla 7 Sistema de calificación de alternativas para materiales

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	
		Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
1	Costo	7	5	10
2	Implementación	7	6	10
3	Operación	8	6	10
4	Confiabilidad	8	7	10
5	Aplicación	8	7	10
Sumatorio C.		38	31	50
Índice porcentual		0.76	0.62	1
Orden de selección		76%	62%	100%

Con los resultados obtenidos en las alternativas, la alternativa 1 del material es ideal ya que muestra un gran porcentaje frente a la otra alternativa con el 76% superior a la alternativa más próxima con el 14% de diferencia, esta alternativa cuenta con el mejor porcentaje con sus puntos fuertes en la operación, confiabilidad y su aplicación industrial.

2.3 ALTERNATIVAS DE CILINDRO NEUMÁTICO

El sistema neumático consta de un conjunto de elementos en serie que es capaz de accionar un actuador de movimiento lineal [19].

2.3.1 Cilindro neumático simple efecto

La generación de un movimiento rectilíneo accionado por elementos mecánicos o a la vez con elementos eléctricos.

El cilindro simple efecto tiene como conexión una sola entrada de aire comprimido que genera un movimiento de traslación, el vástago puede retornar por el efecto de un muelle o a la misma

ves de una fuerza ejercida, el retorno que ejerce el resorte incorporado lo hace a una velocidad para que vuelva a posición inicial [8].

En la Figura 19 se muestra un pistón simple efecto.

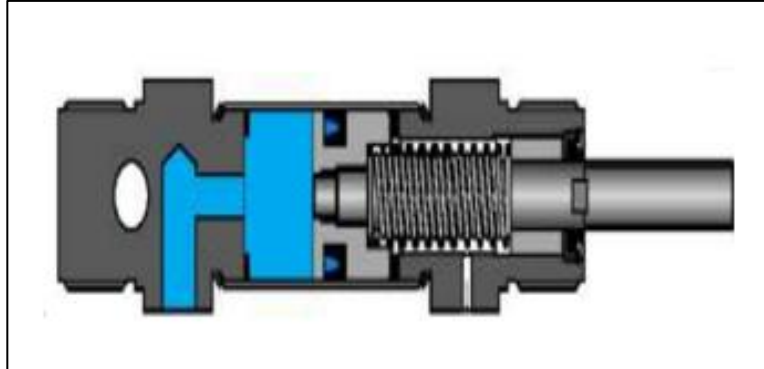


Figura 19 Cilindro simple efecto [3]

2.3.2 Cilindro neumático doble efecto

Se utiliza en ocasiones específicas en donde el émbolo tiene la misión de retomar a la posición inicial, como principal característica de accionamiento de salida y entrada del émbolo, la fuerza necesaria para poder hacer el movimiento lineal es igual en los dos sentidos [3], como se presenta en la Figura 20.

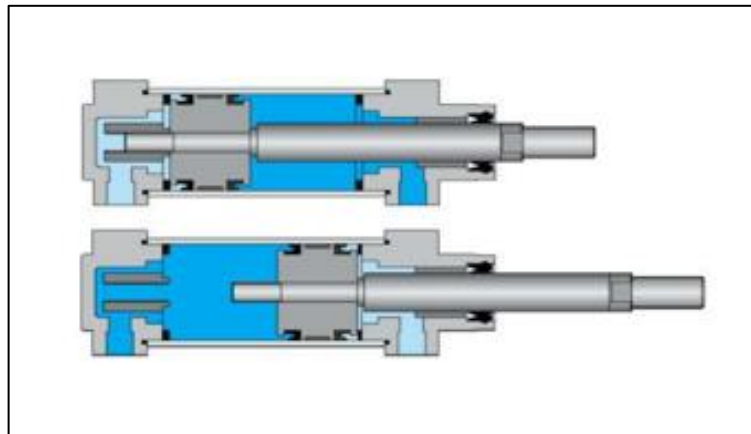


Figura 20 Cilindro doble efecto [3]

2.3.3 Sistema de calificación para cilindros neumáticos

En la Tabla 8, se puede mostrar las diferentes calificaciones para así diferenciar cada uno de los cilindros con mayor viabilidad para poder ser implementado.

Tabla 8 Sistema de calificación de criterios para alternativas de cilindros neumáticos

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Costo	Costosa	Normal	Económica
Implementación	Compleja	Normal	Fácil
Operación	Difícil	Normal	Fácil
Confiabilidad	Mala	Normal	Buena
Aplicación	Difícil	Normal	Fácil

2.3.4 Análisis de alternativas para cilindros neumáticos

En la tabla 9, Se muestra los diferentes criterios relacionados con sus respectivos porcentajes, utilizando como referencia al número **1** con la menor calificación y el número **10** como la mejor calificación en el análisis con respecto a su criterio.

Tabla 9 Calificación de alternativas para cilindros neumáticos

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	
		Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
1	Costo	3	7	10
2	Implementación	7	8	10
3	Operación	6	8	10
4	Confiabilidad	4	8	10
5	Aplicación	7	8	
Sumatorio C.		27	39	50
Índice porcentual		0.54	0.78	1
Orden de selección		54%	78%	100%

Se puede ver que la alternativa 2 del cilindro neumático doble efecto es ideal ya que muestra un gran porcentaje frente a la otra alternativa con el 78% superior a la alternativa más próxima con el 24% de diferencia, esta alternativa cuenta con el mejor porcentaje con sus puntos fuertes en la confiabilidad e implementación.

2.4 ALTERNATIVAS DE CONTROLADORES

2.4.1 PLC

PLC es un tipo de controlador lógico programable que se presenta en la Figura 21 que se presenta para ser programada en procesos de control de ingeniería automática o en la ingeniería en automatización industrial. El proceso de automatización de la maquinaria se lo realiza básicamente con un PLC mediante operaciones lógicas, secuenciales y específicas[20].

Las aplicaciones de un PLC son extensas tanto en la industria, aeroespacial y construcción.



Figura 21 PLC [20]

2.4.2 Arduino

El Arduino es un tipo de micro controlador en un entorno gráfico, el cual su lenguaje de programación desarrollado para la entrada y salida de datos. El Arduino es manejable y no necesita de un profundo estudio sobre él, además de una tarjeta física Figura 22, se usa en el entorno de una computadora, su lenguaje de programación es en código C/C++ que es un lenguaje apropiado para la programación para este tipo[16].

Dicho controlador puede ser programable y usado en las industrias recibiendo información en los sistemas electrónicos [16].

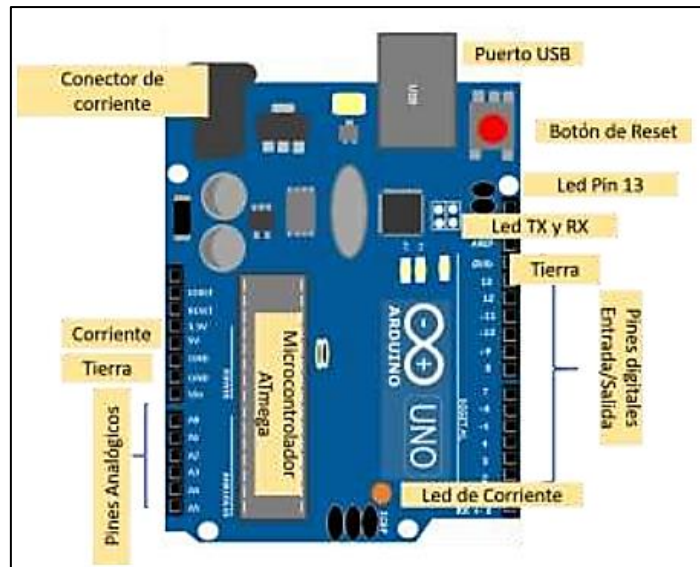


Figura 22 Placa de Arduino [16]

2.4.3 Sistema de calificación para controladores

En la Tabla 10, se puede mostrar las diferentes calificaciones para así referenciar los mejores criterios de cada una de las alternativas con mayor viabilidad para poder ser implementarla.

Tabla 10 Sistema de calificación de criterios de controladores

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Costo de controlador	Costosa	Normal	Económica
Implementación	Compleja	Normal	Fácil
Programación	Difícil	Normal	Fácil
Confiabilidad	Mala	Normal	Buena
Robusto	Grande	Normal	Pequeño

2.4.4 Análisis de alternativas para controladores

En la Tabla 11, se puede ver los diferentes criterios relacionados con sus respectivos porcentajes, utilizando como referencia al número **1** con la menor calificación y el número **10** como la mejor calificación en el análisis con respecto al criterio.

Tabla 11 Alternativas para calificación de controladores

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	
		Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
1	Costo de controlador	3	9	10
2	Implementación	3	9	10
3	Programación	7	8	10
4	Confiabilidad	8	8	10
5	Robusto	3	8	10
	Sumatorio C.	24	42	50
	Índice porcentual	0.48	0.84	1
	Orden de selección	48%	84%	100%

La alternativa 2 es la ideal ya que muestra un buen porcentaje frente a la otra alternativa con el 84% superior a la alternativa más próxima con el 36% de diferencia, esta alternativa cuenta con el mejor porcentaje con sus puntos fuertes en la implementación y costo.

2.5 ALTERNATIVAS DE VÁLVULAS NEUMÁTICAS

2.5.1 Electroválvula

Es un elemento fácil de controlar y utilizar en el campo de la automatización industrial, su utilidad consiste en algunos procesos que tienen fluidos como: el aire, agua, aceites, vapor, etc. Las electroválvulas están compuestas de un accionamiento mecánico que es muy útil para ser accionadas en cualquier tiempo, En la Figura 23 se muestran sus componentes [11].

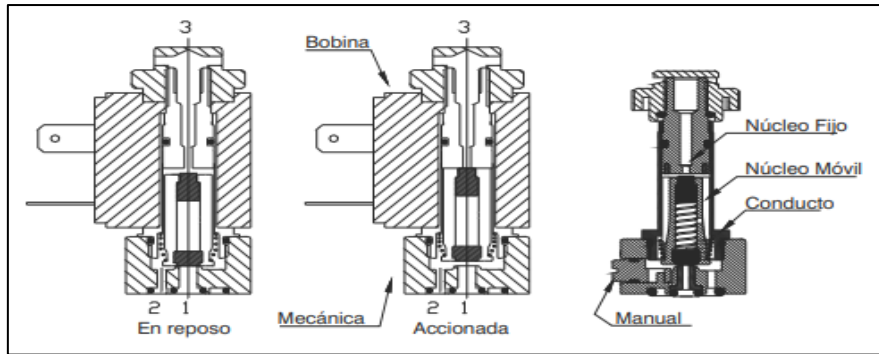


Figura 23 Esquema de una electroválvula [11]

2.5.2 Válvula de Accionamiento

Este tipo de válvulas se utilizan en todo tipo de procesos industriales, desarrollando pequeños y sencillos procesos de accionamientos deseados [21].

2.5.3 Sistema de calificación de válvulas neumáticas

En la Tabla 12, se puede mostrar las diferentes calificaciones para así referenciar los mejores criterios de cada una de las alternativas con mayor viabilidad para poder ser implementarla.

Tabla 12 Sistema de calificación de criterios de válvulas neumáticas

CRITERIO	EQUIVALENCIA DE INDICADORES		
	Rango 1-3	Rango 4-7	Rango 8-10
Costo	Costosa	Normal	Económica
Implementación	Compleja	Normal	Fácil
Operación	Difícil	Normal	Fácil
Confiabilidad	Mala	Normal	Buena
Regulación de caudal	Regular	Buena	Excelente

2.5.4 Análisis de alternativas de válvulas neumáticas

En la Tabla 13, se puede ver los diferentes criterios relacionados con sus respectivos porcentajes, utilizando como referencia al número 1 con la menor calificación y el número 10 como la mejor calificación en el análisis con respecto al criterio.

Tabla 13 Sistema de calificación de alternativas de válvulas neumáticas

Í T E M	CRITERIO	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA	IDEAL
		1	2	
CALIFICACIÓN				
1	Costo	7	3	10
2	Implementación	4	8	10
3	Operación	6	8	10
4	Confiabilidad	7	8	10
5	Regulación de caudal	3	9	10
Sumatorio C.		27	36	50
Índice porcentual		0.48	0.72	1
Orden de selección		48%	72%	100%

Se muestra que la alternativa 2 es la ideal ya que muestra un buen y gran porcentaje frente a las otras alternativas con el 72% superior a la alternativa más próxima con el 24% de diferencia, esta alternativa cuenta con el mejor porcentaje con sus puntos fuertes en la mayoría de criterios, pero sobre todo en la regulación de caudal.

CAPÍTULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

En el presente capítulo, se detalla el diseño e implementación de una máquina prensadora semiautomática para la elaboración de quesos, mediante el diseño mecánico al igual que la implementación electrónica y los cálculos requeridos para el funcionamiento correcto de la misma.

3.1 DISEÑO DEL PROTOTIPO

Una vez realizados los estudios de varias alternativas del diseño e implementación de una máquina, se optó por la primera opción para su construcción, la misma que se desarrollara mediante el uso de un software CAM para diseño en SolidWorks.

Este software cuenta con herramientas necesarias para comprobar el correcto funcionamiento de cada parte que será diseñada para la construcción de esta máquina, una vez finalizada se procede al ensamble y posteriormente a ser implementada físicamente como se observa en la Figura 24, se detalla una vista de las partes explosionadas a ser ensambladas. Además, en el Anexo 5 se presentan los diferentes planos empleados para la construcción.

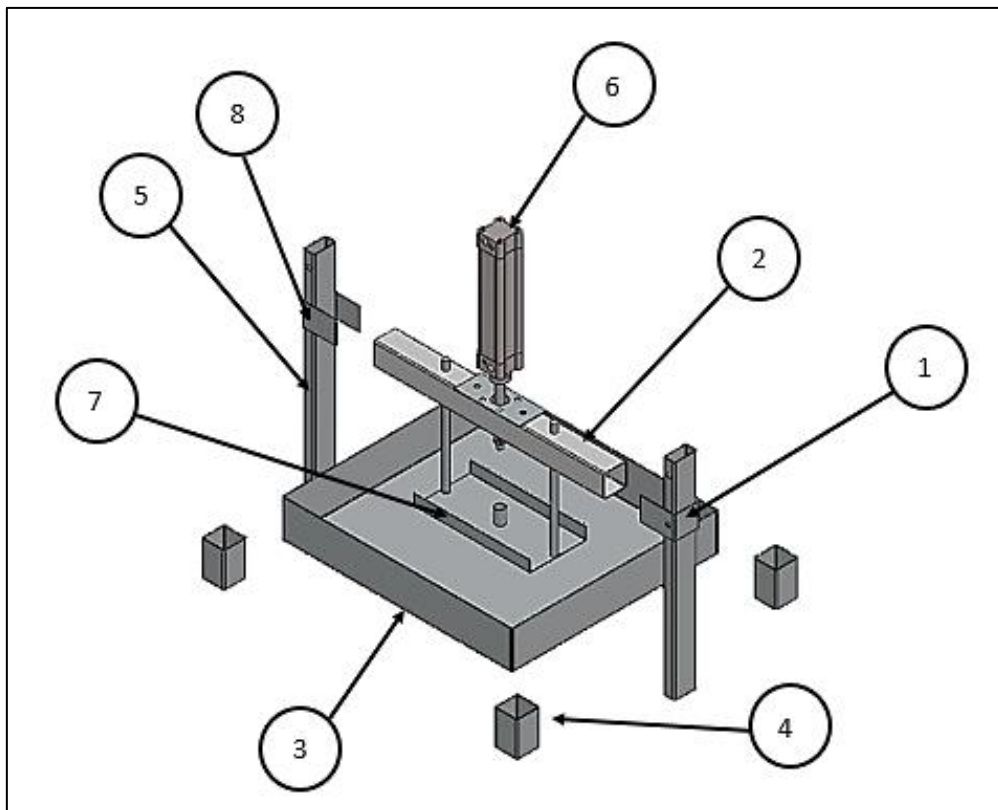


Figura 24 Vista explosionada de una prensadora de quesos

En la Tabla 14 se detalla los elementos que contiene la prensadora semiautomática para la elaboración de quesos a construirse.

Tabla 14 Partes de la máquina prensadora de quesos

Número	Parte	Detalle
1	Lamina de sujeción para la base del pistón	Este soporte sirve como guía para bajar y subir la posición del pistón.
2	Base del pistón	Posición del pistón
3	Bandeja	Lugar donde está situada el molde y la acumulación del suero.
4	Base estructura	Esta parte contiene todo el peso de la estructura del prototipo.
5	Perfiles laterales	Estos perfiles se utilizan como apoyo para la base de la bandeja al igual que del cilindro o pistón.
6	Pistón neumático	Dispositivo de fuerza para la elaboración de quesos.
7	Soporte de guía del pistón	Permite que el vástago del cilindro baje rectilíneamente y no se gire.
8	Pasador M8	Esto sujeta la base y altura del cilindro en los perfiles laterales.

Adicional de los materiales mencionados en la Tabla 14 se utilizarán pasadores de diferentes medidas para la sujeción de la estructura donde va fijada la base del cilindro neumático de la máquina.

3.2 DISPOSITIVO ENSAMBLADO

Después de diseñar las partes de la máquina, se inicia la creación del ensamble, obteniendo las medidas de la máquina con el software CAM SolidWorks, como se observa en la Tabla 15.

Tabla 15 Partes de la máquina prensadora de quesos

Medida	Unidad en (mm)
Largo	553
Ancho	451
Alto	705.2

En la Figura 25 se muestra la vista en 3D de la máquina prensadora de quesos ensamblada.

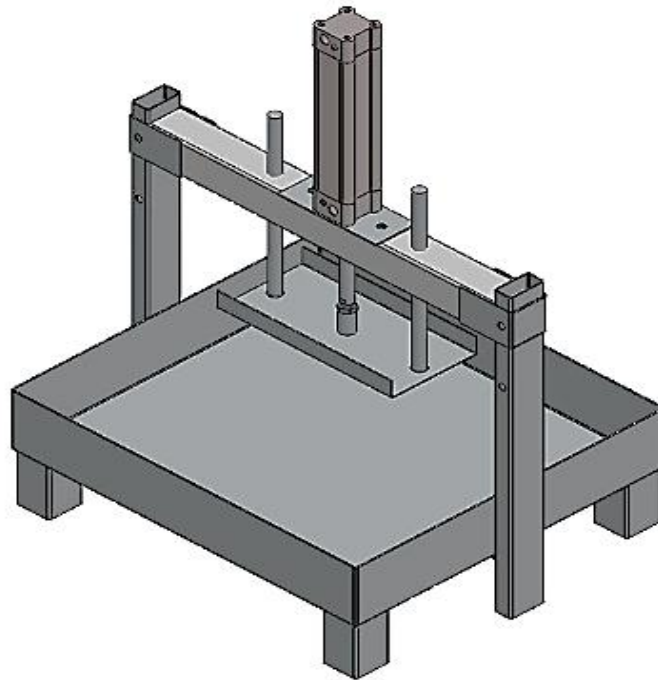


Figura 25 Vista en 3D de la máquina ensamblada

3.3 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Para obtener la fuerza de avance y retroceso total del cilindro, se conoce las características que tiene el mismo, embace a eso se realiza la selección del equipo.

3.3.1 Cálculo del área y fuerza del cilindro

Para determinar el área y fuerza de avance y retorno de un cilindro neumático se utilizarán las siguientes ecuaciones:

$$Area_{avance} = \pi * \frac{D^2_{cilindro}}{4} \quad (1)$$

$$Área_{retorno} = \pi * \frac{D^2_{cilindro} - d^2_{vastago}}{4} \quad (2)$$

$$Fuerza_{avance} = Area_{avance} * \frac{6}{10} \quad (3)$$

$$Fuerza_{retorno} = Area_{retorno} * \frac{P}{10} \quad (4)$$

Donde:

- $D = \text{Diámetro cilindro [mm}^2\text{]}; 40\text{mm}$
- $d = \text{Diámetro vástago [mm}^2\text{]}; 16\text{mm}$
- $p = \text{Presión trabajo [bar]}$

Para determinar la fuerza del cilindro se emplea la Ecuación (1) que representa el cálculo del área de avance del pistón.

$$\begin{aligned} Area_{avance} &= \pi * \frac{D^2_{cilindro}}{4} \\ Area_{avance} &= \pi * \frac{40^2\text{mm}^2}{4} \\ Area_{avance} &= 1.256\text{mm}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

Para el retorno del pistón se utiliza la Ecuación (2) para el cálculo del área del cilindro.

$$\begin{aligned} \text{Área}_{retorno} &= \pi * \frac{D^2_{cilindro} - d^2_{vástago}}{4} \\ \text{Área}_{retorno} &= \pi * \frac{40^2_{cilindro} - 16^2_{vástago}}{4} \\ \text{Área}_{retorno} &= 1.055.5\text{mm}^2 \end{aligned} \quad (6)$$

Con los cálculos obtenidos del área conseguida del pistón se calcula la fuerza tanto de avance como de retroceso del émbolo.

En la Ecuación (3) se muestra la fuerza de avance del pistón.

$$\begin{aligned} Fuerza_{avance} &= Area_{avance} * \frac{6}{10} \\ Fuerza_{avance} &= 1.256 * \frac{6}{10} \\ Fuerza_{avance} &= 0.754 \\ Fuerza_{avance} &= 754 \text{ N} \end{aligned} \quad (7)$$

En la Ecuación (8) se muestra la fuerza de retorno del pistón

$$\begin{aligned}
 F_{\text{retorno}} &= \text{Area}_{\text{retorno}} * \frac{P}{10} \\
 F_{\text{retorno}} &= 1.055 * \frac{6}{10} \\
 F_{\text{retorno}} &= 0.633 \\
 F_{\text{retorno}} &= 633 \text{ N}
 \end{aligned}
 \tag{8}$$

3.3.2 Diagrama de cuerpo libre de la viga

En la figura 26 se muestra como la viga está diseñada con soportes en los extremos y se aplica la carga puntual de 754 [N] en el centro.

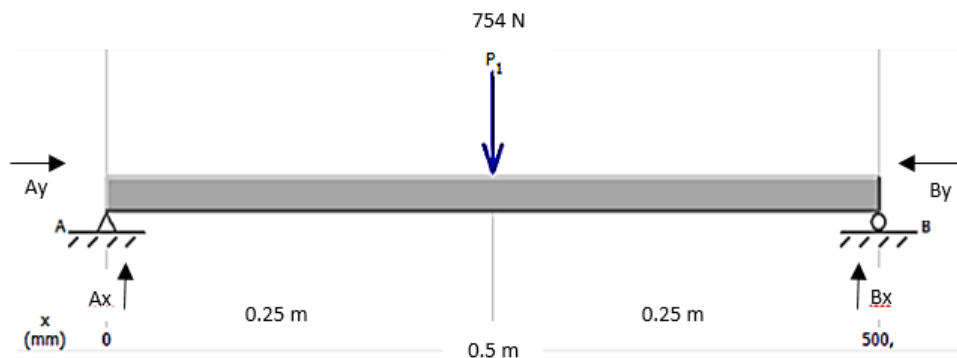


Figura 26 Viga empotrada

Se calcula las reacciones en los extremos a partir de la Ecuación (9) con la carga puntual que está en el centro de la viga.

$$(+) \sum MA = 0$$

$$-754\text{N}(0.25)\text{m} + By(0.5)\text{m} = 0$$

$$-188.5\text{Nm} + 0.5By = 0$$

$$0.5By = 188.5 \text{ Nm}$$

$$By = \frac{188.5\text{Nm}}{0.5\text{m}}$$

$$By = 377[\text{N}]$$

(9)

Donde:

- $\sum MA$: Sumatoria de momentos en A
- $P1$: Fuerza que ejerce en la mitad de la viga en Newtons [N]
- p : Punto de aplicación de la fuerza en la mitad en metros [m]
- R_{By} : Reaccion B entorno a la viga en Newtons [N]

Las Ecuación (10) se muestra el cálculo de la fuerza en la reacción A entorno a la viga en Newtons.

$$(+)\sum FY = 0$$

$$Ay - 754N + By = 0$$

$$Ay - 754N + 377N = 0 \tag{10}$$

$$Ay - 377N = 0$$

$$Ay = 377[N]$$

Donde:

- $\sum F$: Sumatoria de fuerzas
- R_{Ay} : Reacción A entorno a la viga en Newtons [N]

En la figura 27 se aprecia la reacción de la viga y la comprobación de los resultados realizados en el software MdSolid.

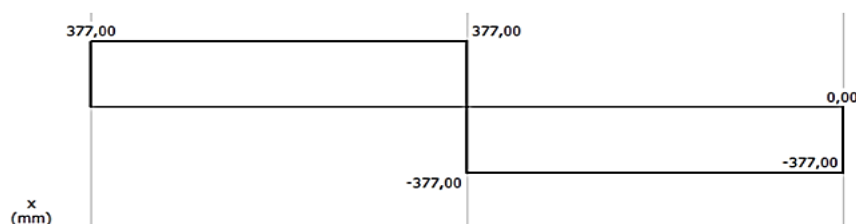


Figura 27 Reacciones de la viga

3.3.3 Diagrama de Momento Máximo

Para calcular el momento máximo del eje de la viga se emplea la ecuación (11). Esta ecuación se empleada ya que la carga puntual está en el centro y sus extremos están empotrados.

$$M_{max} = \frac{P_1 * l}{4}$$

$$M_{max} = \frac{754N * 0.5m}{4} \tag{11}$$

$$M_{max} = 94.25$$

$$M_{max} = 0.9425[Nm]$$

Donde:

- M_{max} : Momento máximo medio en Newtons metro [Nm]
- l : longitud del eje medio en milímetros [mm]

En la Figura 28 se considera la gráfica del diagrama de momentos de la viga con sus respectivos resultados realizados en el software MdSolid y la comprobación.

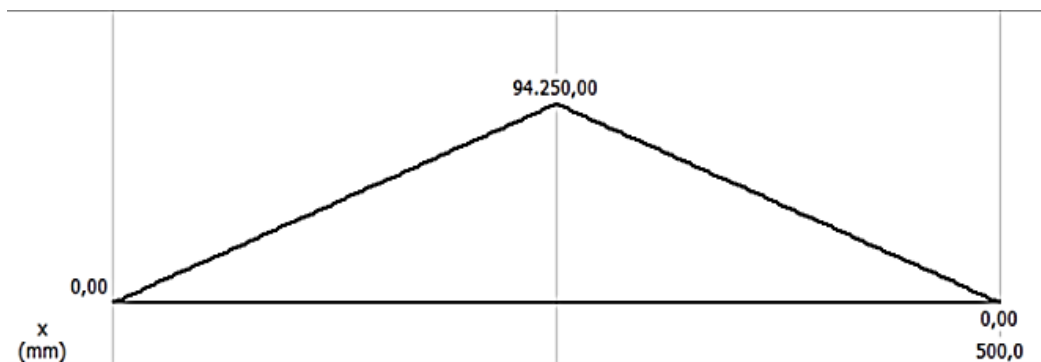


Figura 28 Diagrama de momento máximo de la viga

La Figura 29 muestra un tramo de la viga para el cálculo del diagrama de momento máximo.

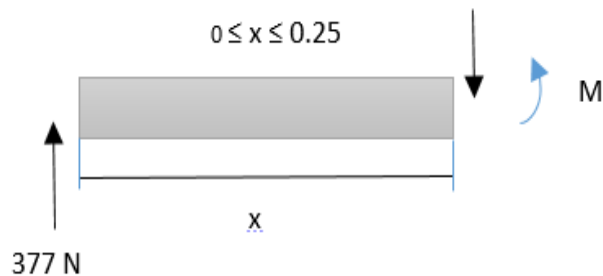


Figura 29 Diagrama de momento máximo de la viga

En la Ecuación (12) se muestra el cálculo de sumatoria de momentos en el tramo de $0 \leq x \leq 0.25$

$$\sum M = 0$$

$$M - 377(X) = 0 \tag{12}$$

$$M - 377(0.25) = 0$$

$$M = 94.25N$$

La Figura 30 muestra el tramo siguiente para el cálculo de momento máximo de la viga

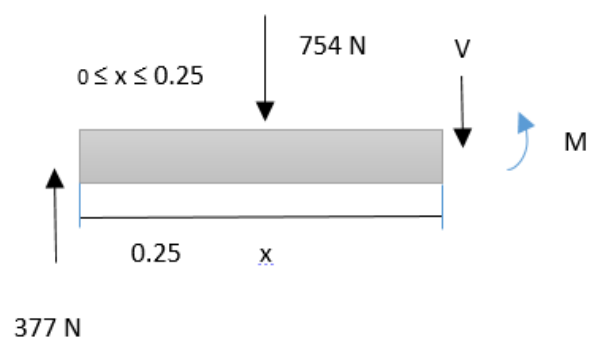


Figura 30 Diagrama de momento máximo de la viga

En la Ecuación (13) se muestra el cálculo de sumatoria de momentos en el tramo de $0 \leq x \leq 0.25$ con una fuerza de 754 [N]

$$\sum M = 0$$

$$M - 377(X) + 754N(x - 0.25) = 0$$

$$M - 377(X) + 754N(x) - 754(-0.25) = 0 \tag{13}$$

$$M + 377(X) - 188.5 = 0$$

$$M - 377(0.5) + 188.5 = 0$$

$$M = 0$$

3.3.4 Momento de Inercia

Con la ecuación (14) obtenemos el momento de inercia de la viga que muestra la distribución de masa del cuerpo.

$$\begin{aligned}i &= \frac{1}{12} * b * h^3 \\i &= \frac{1}{12} * 5 * (5)^3 \\i &= 52.08[cm^4] \\i &= 5.208x10^{-5}[cm^4]\end{aligned}\tag{14}$$

3.3.5 Factor de Seguridad

Es un valor número, obtenido de la última simulación realizada sobre el esfuerzo real. Considerando que $F = [754 N]$ y $A = 30131.7(mm^2)$, se aplican estos valores a la ecuación (15), la cual muestra el factor de seguridad a utilizar.

$$\sigma = \frac{F}{A} = 0,025 MPa ; 25000 Pa$$

$$S_y = 230 MPa$$

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

(15)

$$\sigma_{max} = \frac{(94.25 Nm)(0.01)}{(5.208 * 10^{-5})}$$

$$\sigma_{max} = 18.09 MPa ; \text{ESFUERZO MÁXIMO}$$

$$FS = \frac{(0.6)S_y}{\sigma_{max}}$$

$$FS = \frac{0.6 * 230 MPa}{18.09 MPa}$$

$$FS = 7.62$$

3.4 SIMULACIÓN DE LA ESTRUCTURA EN EL SOFTWARE SOLIDWORKS UTILIZANDO UN MALLADO SOLIDO

Para realizar el mallado e la estructura se usó el material de acero inoxidable establecido en el software SolidWorks con una fuerza de 754 [N], se obtiene los resultados de las siguientes simulaciones detalladas a continuación.

3.4.1 Simulación de la estructura ensamblada

En la simulación de la estructura ensamblada se toma la fuerza de 754 [N] que ejerce el cilindro. En la Figura 31 se observar el respectivo análisis estático en tensión que sufre la estructura aplicando una fuerza de 754 [N], alcanzando como resultado un valor mínimo de tensión de 0.000 [N/m^2] y como valor máximo de tensión de 34.676 [N/m^2].

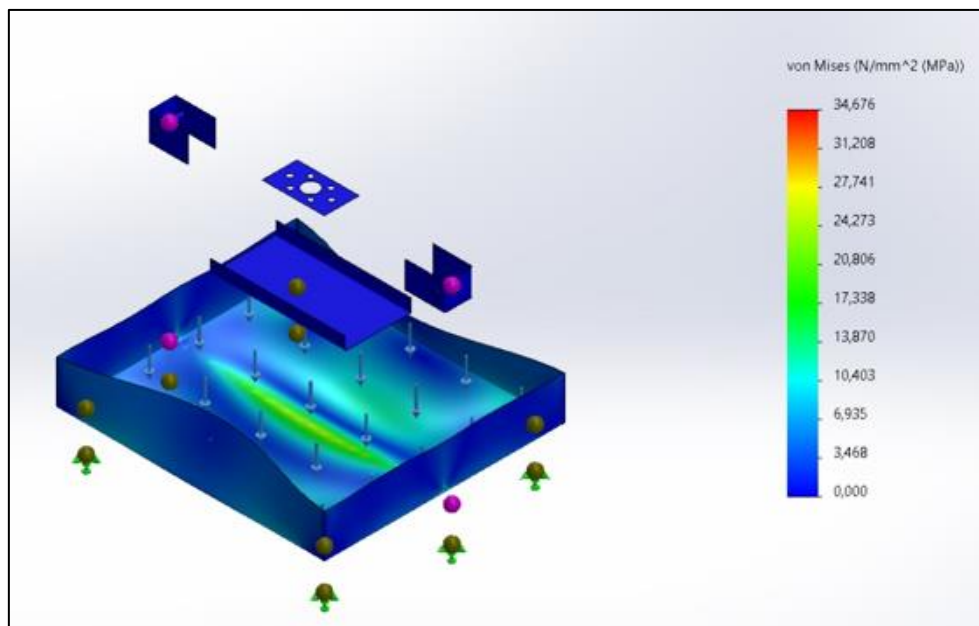


Figura 31 Análisis estático en tensión

De los resultados de simulación en el software SolidWorks en la se obtiene el desplazamiento que se aplica en la bandeja con un peso de 754 [N], obteniendo como resultado un valor mínimo de desplazamiento de 0.00 [mm] y como valor máximo de 0.29 [mm], como se observa en la Figura 32.

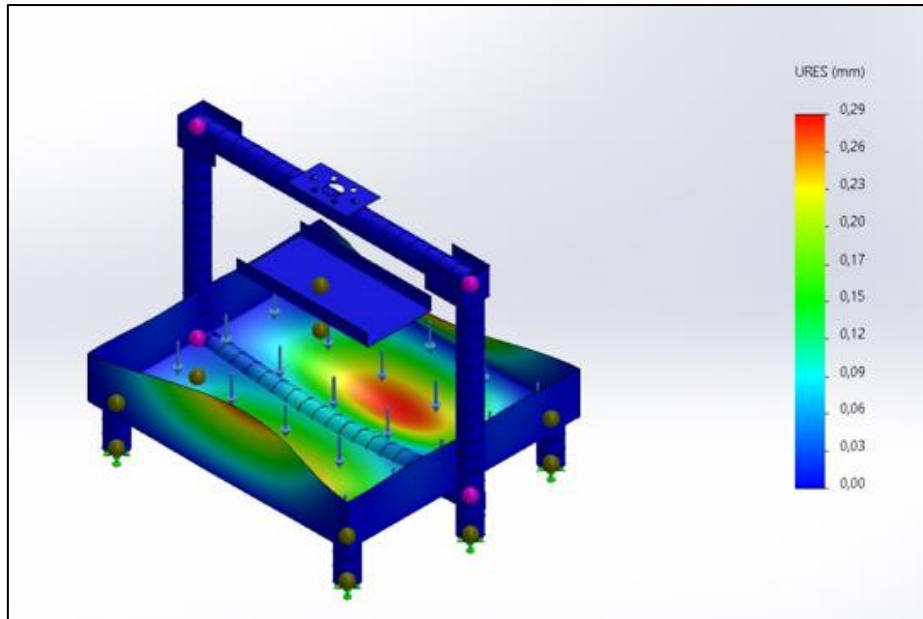


Figura 32 Análisis de Desplazamiento

Los resultados en el software SolidWorks en la que se consigue el factor de seguridad que se aplica en la bandeja con un peso de 754 [N], obteniendo como resultado un factor de seguridad mínimo de 4.97 y como valor máximo de 10.000,000 como se puede apreciar en la Figura 33.

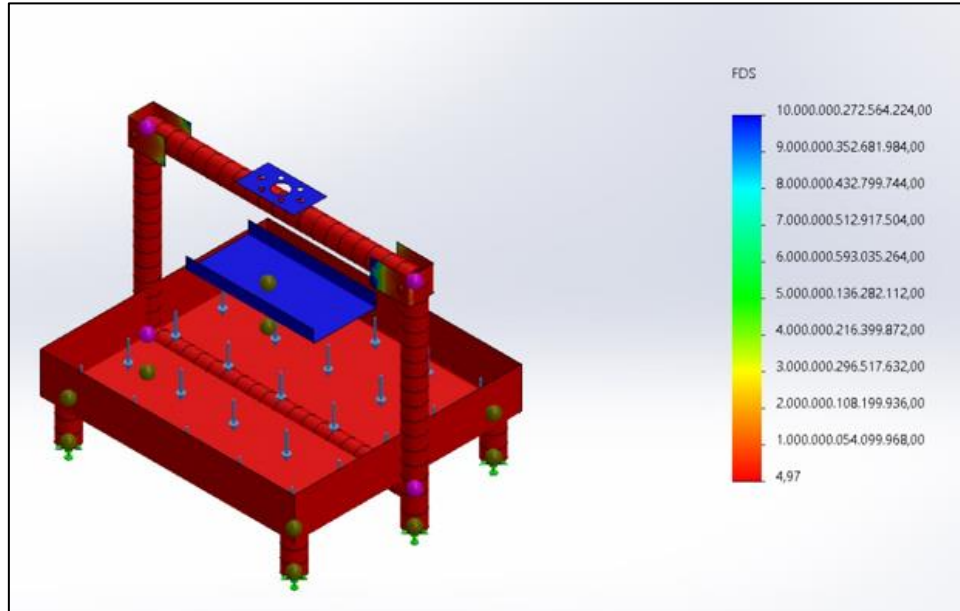


Figura 33 Análisis del Factor de seguridad

3.4.2 Análisis del factor de seguridad de la bandeja

En la Figura 34 muestra la simulación con una fuerza de 754 [N] aplicada a la bandeja, la cual nos da el factor de seguridad mínimo de 2.707×10^0 y un valor máximo de 1.149×10^1 .

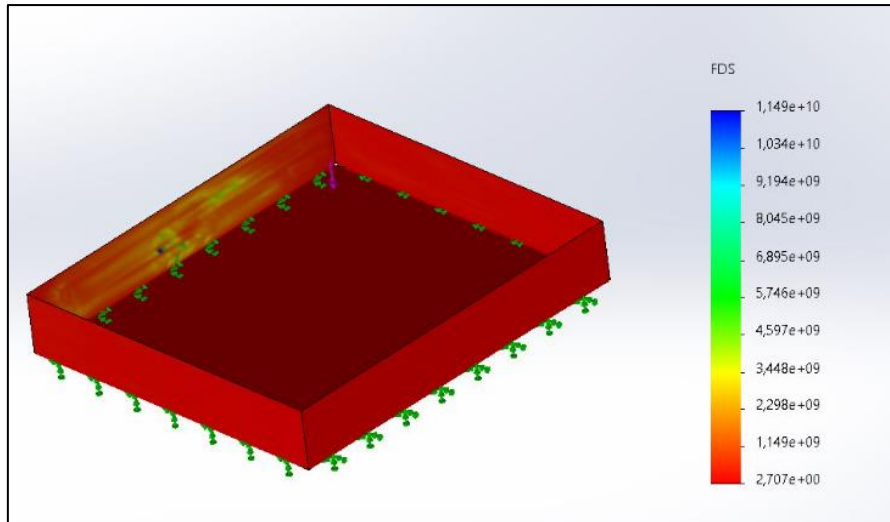


Figura 34 Factor de seguridad de la bandeja

3.5 DIAGRAMA NEUMÁTICO Y ELECTRÓNICO

Para analizar y simular el circuito neumático de la prensadora de quesos, se utiliza el software FluidSIM que permite diseñar los diagramas de manera más apropiada y sencilla, mientras que para el diagrama electrónico se emplea el software Fritzing.

3.5.1 Sistema Neumático

En la Figura 35 se presenta el sistema neumático usando el software FluidSIM. El sistema neumático consta de una unidad de mantenimiento, una válvula 5/n, válvula anti-retorno, válvula estranguladora y un cilindro de doble efecto, ANEXO 3. El sistema neumático trabaja con presión de entrada de 6[bar] y el sistema de mando eléctrico se alimenta por una fuente de 24 Vdc.

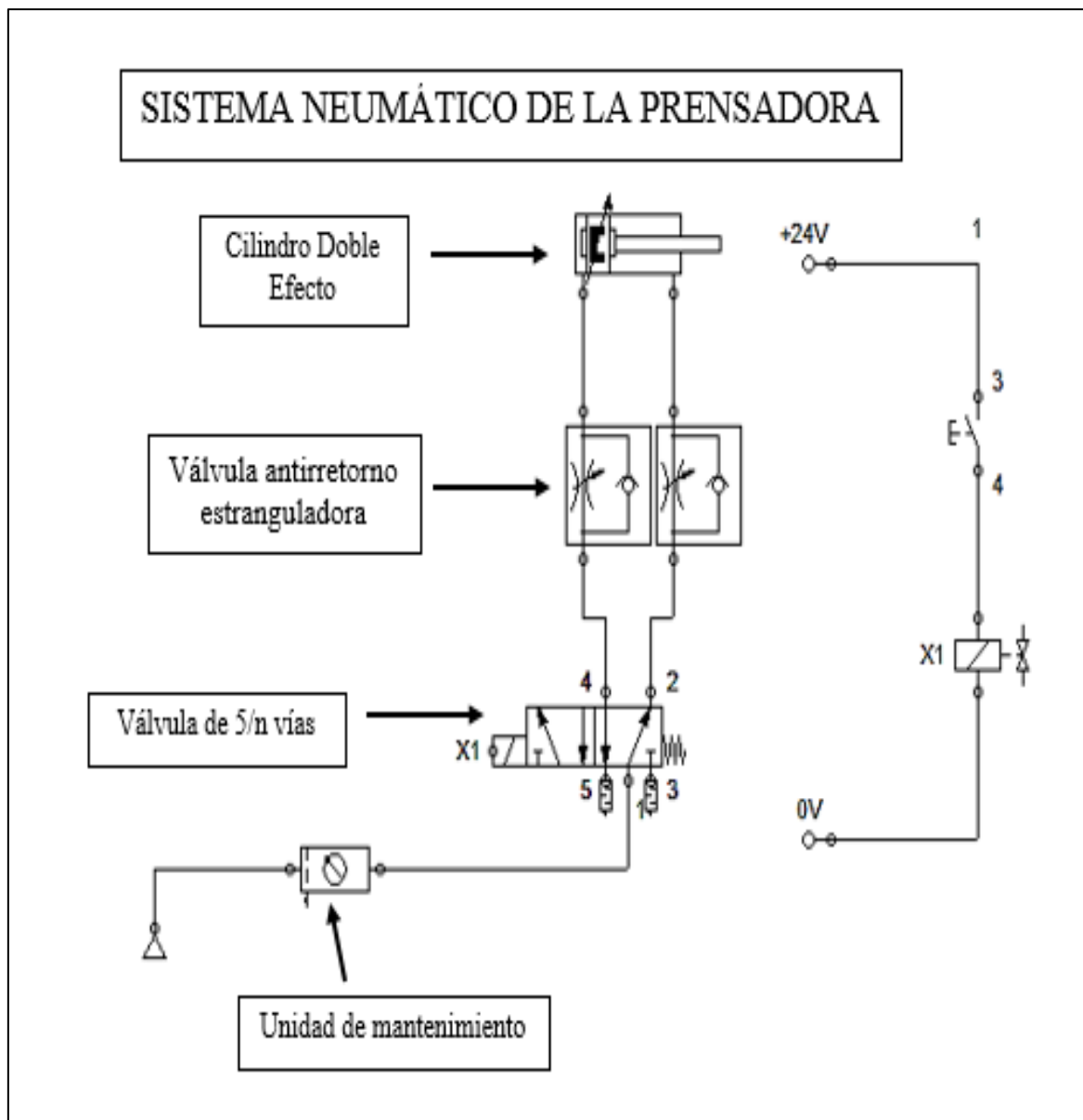


Figura 35 Sistema de Control Neumático

3.5.2 Sistema de Control eléctrico

En la Figura 36 se presenta el esquemático del circuito eléctrico el mismo que conformado por un microcontrolador Arduino Uno, módulo Step Down, módulo Relé y un motor a pasos que están alimentados por una fuente de 24 Vdc.

En el Anexo 1 se puede observar que en el circuito armado físicamente del sistema de control eléctrico.

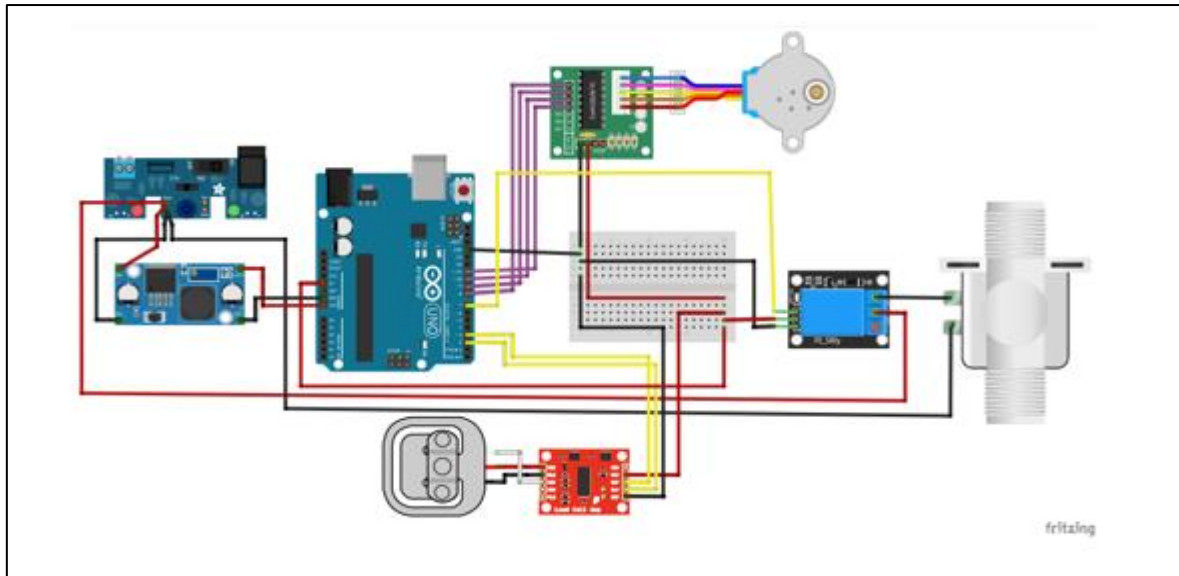


Figura 36 Sistema de Control Eléctrico

Posteriormente, Se detalla los componentes principales del circuito.

- Fuente de alimentación: Permite tener una entrada de 110 V AC y transformarla a 24 V DC el cual servirá para alimentar toda la parte eléctrica, electrónica y electroneumática.
- Arduino: El microcontrolador se emplea para enviar y receptor diferentes señales a los actuadores, sensores e interruptores, para el control total del prototipo.
- Módulo de Relé: Funciona como interruptor para activar y desactivar de manera controlada a la electroválvula del sistema neumático.
- El motor a pasos: Actúa como acople para cerrar y abrir la válvula que permitirá regular el caudal de salida.
- Galga extensiométrica: Se emplea para medir la fuerza que ejerce el cilindro al momento de compactar el queso semiblando.
- Step Down: Regula el voltaje de salida para alimentar el microcontrolador Arduino.

3.5.3 Diagrama de flujo control del proceso

En la Figura 37 se observa el diagrama de control del sistema neumático, el cual requiere la alimentación del aire comprimido seguido del accionamiento de la unidad de mantenimiento y el accionamiento de la bobina el cual permite la salida del vástago.

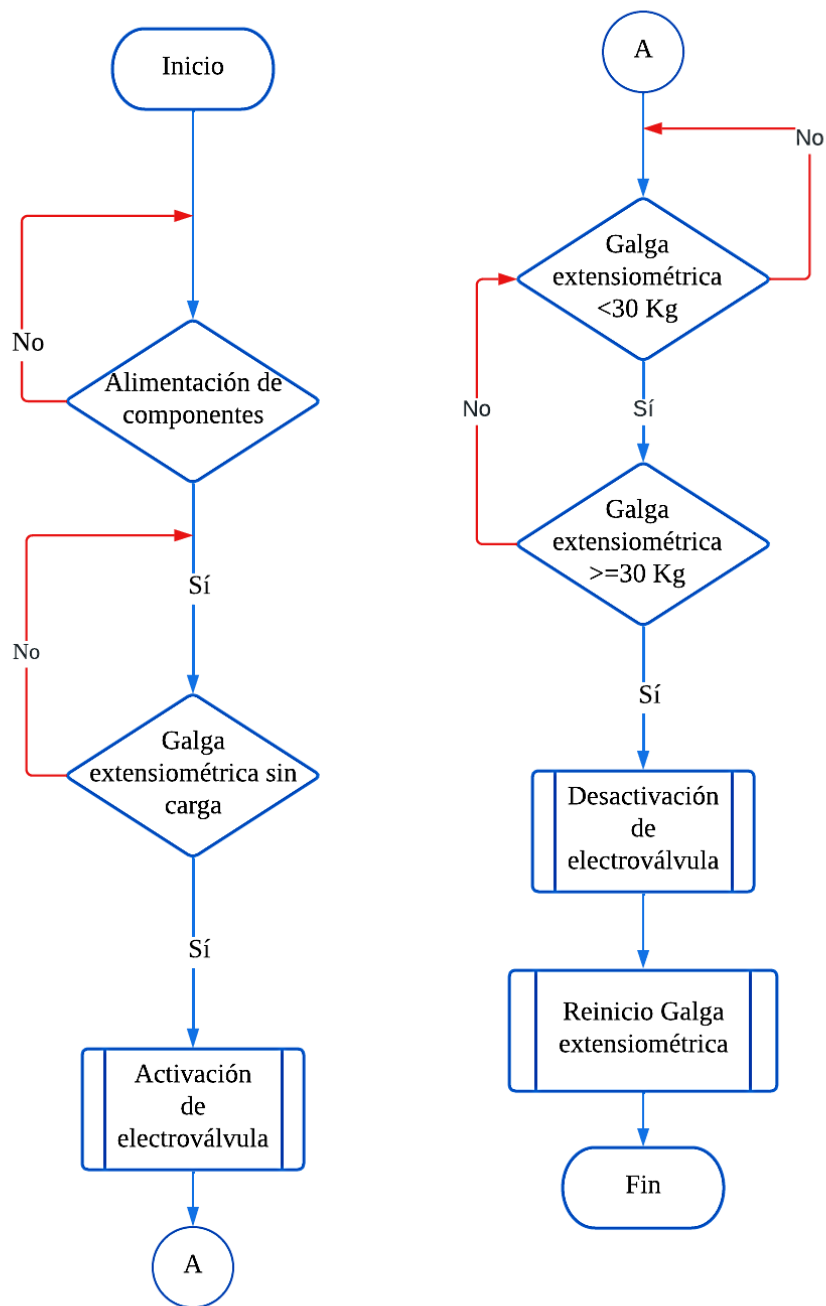


Figura 37 Diagrama de flujo de inicialización del proceso

Para el proceso de la máquina prensadora de quesos semiautomática se lleva a cabo el siguiente proceso:

- Para el inicio se procede a accionar la alimentación general que alimentara a cada uno de los componentes eléctricos y electroneumático.

- Para el inicio del prensado del queso se acciona el *Pulsador de Start* que dará inicio al ciclo y la activación de la electroválvula.
- En el control se cuestiona que fuerza tendrá de avance del vástago ya que el motor a pasos podrá ayudar a regular el caudal para así poder medir la fuerza ejercida que hay entre el pistón y el queso
- La galga extensiométrica medirá determinadas fuerzas, en caso de llegar a una fuerza máxima, la electroválvula se desactivará la cual terminaría el proceso de prensado sin deformación y con la correcta extracción del suero.

CAPITULO 4

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En el presente capítulo se analizan la máquina prensadora que quesos, mediante la realización de varias pruebas de movimiento.

4.1 RESULTADOS DE MOVIMIENTO

4.1.1 Prueba de medición de salida y retorno del cilindro

Para esta prueba se emplea una presión de 6 [bar], como se puede apreciar en las Figuras 38 (a) el funcionamiento de avance del cilindro y Figura 38 (b) el de retorno del cilindro en la máquina.



(a)



(b)

Figura 38 Prueba de salida y retorno del cilindro

4.1.2 Prueba de regulador de caudal con motor

En esta prueba permite regular la entrada de aire por medio del motor ya que este cuenta con un sistema programable para abrir y cerrar la presión de entrada de aire al cilindro como lo se aprecia en la Figura 39.

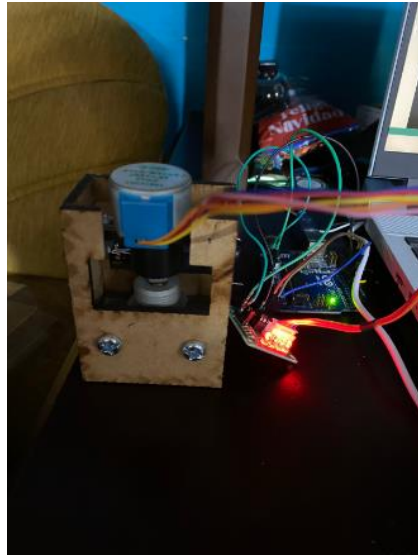


Figura 39 Regulador de caudal con motor

4.1.3 Prueba de Funcionamiento del sistema neumático y la galga extensiométrica.

Se realizó una prueba del cilindro y una galga extensiométrica de 50 Kg, el cual con una masa real de 0.45 Kg da como resultado un error de ± 0.09 Kg como se muestra en la Figura 40.



Figura 40 Grafica con una masa real de 0.45 Kg

En la Figura 41 muestra la presión del cilindro con una masa real de 1.12 Kg que mediante la simulación nos da un error 0.16 Kg cuando se estabiliza el sensor.



Figura 41 Grafica con una masa real de 1.12 Kg

En la Figura 42 muestra la presión del cilindro con una masa real de 1.71 Kg que mediante la simulación da un error de 0.04 Kg cuando el sensor se estabiliza.



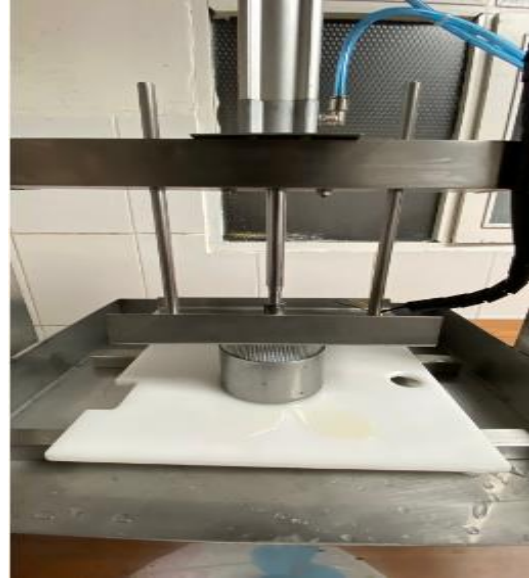
Figura 42 Grafica con una masa real de 1.71 Kg

4.1.4 Prueba de Funcionamiento del sistema neumático con la materia prima

Prueba de avance del vástago con la materia prima en la bandeja, la cual permite la extracción del suero y el prensado del queso, como se puede apreciar en la Figura 43 (a) y (b).



(a)



(b)

Figura 43 Funcionamiento del sistema neumático con la materia prima

En la Figura 44 se observa el producto después del prensado semiautomático.



Figura 44 Materia prima prensada

4.2 COSTOS

Para la elaboración de esta máquina se ha tenido en cuenta varios gastos tanto económicos y para la construcción de la estructura mecánica como diferentes accesorios de neumática del mismo equipo

4.2.1 Costos de la Estructura Mecánica

Se detalla en la Tabla 16 los diferentes materiales indispensables para la construcción de la estructura.

Tabla 16 Costos de los accesorios para la construcción mecánica

Cantidad	Descripción	Precio por unidad [usd]	Precio total [usd]
1	Plancha de acero inoxidable	90	70
1	Perfil de acero inoxidable 50X50 mm	80	50
1	Perfil de acero inoxidable 50X25 mm	70	50
2	Pasadores M4X70 mm	0.50	1
3.99 ml	Impresión 3D en resina	0.30	50
TOTAL			221

4.2.2 Costos de elementos de Neumática

Se detalla en la tabla 17 los diferentes materiales neumáticos para la construcción neumática de la máquina.

Tabla 17 Costos de los accesorios para la construcción neumática

Cantidad	Descripción	Precio por unidad [usd]	Precio total [usd]
1	Cilindro doble efecto	120	120
1	Unidad de mantenimiento	100	100
1	Regulador de presión	90	80
2	Válvula de caudal	45	90
TOTAL			390

4.2.3 Costos de elementos de electrónica

En la tabla 18 se especifica diferentes accesorios electrónicos de control de la máquina.

Tabla 18 Costos de los accesorios electrónicos

Cantidad	Descripción	Precio por unidad [usd]	Precio total [usd]
1	Arduino uno	50.00	50.00
1	Galga 50 Kg	9.95	9.95
1	Fuente 24 V	24.00	24.00
1	Estaño	1.80	1.80
1	Step Down	3.90	3.90
3	Cable MT timbre	0.40	1.20
1	Multímetro	7.90	7.90
1	Módulo Relé	2.75	2.75
1	Modulo Motor a paso	2.50	2.50
1	Fuente Metálica 5V	13.50	13.50
TOTAL			117.50

4.2.4 Mano de obra

Para fijar el precio de la mano de obra del proyecto, se el valor de un salario básico, el cual se establece un aproximado de 500 dólares de acuerdo con el Ministerio del Trabajador y se lo representa como esta en la Tabla 19.

Tabla 19 Costos Mano de Obra

Mano de Obra	Horas	Valor por Hora [usd]	Total [usd]
Diseño de la estructura	25	3.12	78
Construcción	30	3.12	93.60
TOTAL			171.60

4.2.5 Total de costos de la prensadora semiautomática para quesos.

Para obtener el costo total de la prensadora semiautomática para quesos, se procede a sumar los valores totales de las Tablas 16, 17, 18 y 19, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 Costos totales de la prensadora de quesos

Nombre del costo	Valor [\$]
Construcción Mecánica	221.00
Construcción Neumática	390.00
Construcción Electrónica	117.50
Mano de Obra	171.60
Total	900.10

4.2.6 Análisis para determinar el VAN.

Para el cálculo del se emplea la ecuación 16, donde se ingresa los valores de flujo de caja, con una inversión de 2000 dólares y una tasa de rentabilidad de 25% se obtiene el resultado final.

$$VAN = -A + \frac{F1}{(1+i)^1} + \frac{F2}{(1+i)^2} + \frac{F3}{(1+i)^3} + \frac{F4}{(1+i)^4} + \frac{F5}{(1+i)^5}$$

$$VAN = -2000 + \frac{900.10}{(1+0.25)^1} + \frac{900.10}{(1+0.25)^2} + \frac{900.10}{(1+0.25)^3} + \frac{900.10}{(1+0.25)^4} + \frac{900.10}{(1+0.25)^5} \quad (16)$$

$$VAN = 420.62$$

Donde:

A = Es la inversión inicial

$F1, F2, \dots, F5$ = Son el flujo de caja

i = La tasa de descuento

Para reforzar la rentabilidad del proyecto se emplea la aplicación de Microsoft Excel el cual permite obtener los datos resultantes requeridos, como se puede observar en la Tabla 21.

Tabla 21 Tabla de cálculo del VAN

Rentabilidad	25	%		
Inversión	-2000	\$		
AÑO	Saldo actualizado acumulado	Saldo actualizado 25%	FLUJO NETO	
0	0	0	-2000	
1	-1279.92	720.08	900.10	
2	1296.14	576.06	900.10	
3	1036.91	460.85	900.10	
4	829.53	368.68	900.10	
5	663.62	294.94	900.10	
		VAN	420.62	

4.2.7 Análisis para determinar el TIR

De la misma manera se utiliza la aplicación de Microsoft Excel para los cálculos del TIR, como se puede observar la Tabla 22.

Tabla 22 Tabla de cálculo del TIR

Rentabilidad	25	%		
Inversión	-2000	\$		
AÑO	Saldo actualizado acumulado	Saldo actualizado 25%	FLUJO NETO	
0	0	0	-2000	
1	-1279.92	720.08	900.10	
2	1296.14	576.06	900.10	
3	1036.91	460.85	900.10	
4	829.53	368.68	900.10	
5	663.62	294.94	900.10	
		TIR	35%	

Los cálculos realizados nos indica que la rentabilidad del proyecto es de 35% que es mayor al 25% de rentabilidad que se dio en el VAN

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo muestra las recomendaciones y conclusiones obtenidas mediante los respectivos pasos para la construcción de la máquina prensadora semiautomática para quesos a medida que se fue construyendo el proyecto de titulación.

XI. CONCLUSIONES

- Se realizó la distinción de los diferentes tipos de prensado de quesos para determinar los parámetros de funcionamiento de diseño del dispositivo. Lo cual permitió conocer que el proceso semiautomático basado en sistemas neumáticos permite reducir tiempos de extracción de suero a comparación de los procesos manuales debido a la acción de gravedad.
- Se diseñó la prensadora de quesos semiautomática mediante el software SolidWorks, en el cual se analizaron las deformaciones de la lámina de la bandeja y sus esfuerzos en las diferentes vigas del ensamblaje obteniendo un factor de seguridad de 2.707 para la bandeja y 4.97 para las vigas. Además, se determinó que la fuerza del cilindro necesaria para el proceso de prensado es de 754[N].
- Se implementó el circuito de control en la que se regula la presión de de recorrido del cilindro basado en la fuerza medida por una galga extensiométrica, lo cual fue implementado sobre un microcontrolador Arduino. Este sistema presenta un error ± 0.09 [Kg], lo cual no interfiere en el proceso de presando y permite evitar la destrucción de la materia prima.
- Es importante la Ingeniería Mecatrónica para el desarrollo de proyectos innovadores es esencial ya que el avance tecnológico avanza rápidamente e incita a tener más productividad en el ámbito industrial.

XII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda la utilización de una válvula proporcional neumática que permita mejorar el control del proceso de regulación de presiones.
- Se recomienda mejorar el posicionamiento de la galga extensiométrica para mejorar la lectura y adquisición de la fuerza ejercida sobre la materia prima.
- Se recomienda emplear una etapa de filtrado del aire para garantizar niveles óptimos de pureza necesarios en procesos alimenticios.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. G. Gamarra, “rentabilidad economica de la produccion de queso de la provincia de Melgar - Puno, 2016-2017,” *Tesis*, p. 134, 2019, [Online]. Available: <http://portal.unap.edu.pe/?q=organigrama>.
- [2] U. T. Del, E. D. E. I. Agroindustrial, T. Vaca, A. Mariela, G. Sono, and H. Felipe, “Universidad técnica del norte,” 2008.
- [3] M. T. Bustamante F, “Efecto de la utilización de culantro, orégano y ají en la elaboración de queso mozzarella,” *Estud. Factibilidad para el diseño una planta Ind. Mec. para la recolección turbinas Fr. y pelton.*, p. 197, 2012.
- [4] D. F. Tirado *et al.*, “Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño,” *Entre Cienc. e Ing.*, vol. 11, no. 21, p. 36, 2017, doi: 10.31908/19098367.3275.
- [5] W. Huanca Apaza, “Elaboración de quesos,” *Secr. Agric. Ganad. Desarro. Rural. Pesca Y Aliment.*, p. 11, 2013, [Online]. Available: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Elaboración de quesos.pdf>.
- [6] D. Meriño and E. Hernández, “Universidad Francisco de Paula Santander,” *Univ. Fr. Paula Santander Ocaña*, p. 67, 2017, [Online]. Available: https://www.academia.edu/31615930/BOMBAS_CENTRIFUGAS_CONECTADAS_EN_SERIE_Y_EN_PARALELO.
- [7] U. Técnica, D. E. L. Norte, and C. D. E. I. Agroindustrial, “Universidad técnica del norte,” 2015.
- [8] N. Iasparra, “Seminario de,” *Chest*, p. 2018, 2015.
- [9] L. Group and T. L. Group, “¿Qué es la neumática?,” pp. 9–17, 2000.
- [10] R. Serrano, “Ámbito científico-tecnológico. Módulo III (Optativo): Ampliación de Tecnologías. Principios de Neumática e Hidráulica,” 2016.
- [11] Pneumax, “Válvulas y Electroválvulas,” pp. 1–22, 2015, [Online]. Available: https://rodavigo.net/catalogos/PNEUMAX/01_Introducción/04_Información_técnica_III.pdf.
- [12] L. Toinga, “Rehabilitación De Tablero De Control Neumático De Lazo Abierto, Para Suministrar Aire a Presión Constante,” p. 150, 2012, [Online]. Available: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/14623/1/CD-6793.pdf>.
- [13] Danilo Vega, “El poder del ajonjolí,” no. 1, pp. 1–24, 2015, [Online]. Available: <http://elpoderdelconsumidor.org/analisisdeproductos/el-poder-de-el-ajonjoli/>.

- [14] J. Stincer, “Introducción a La Introducción a La Αποπτωσηξ,” *Br. J. Cancer*, no. 134, pp. 1–17, 2008, [Online]. Available: <http://www.revista.unam.mx/vol.7/num7/art55/int55.htm>.
- [15] E. J. Alzate, J. W. M. Ocampo, and C. A. S. Ortega, “Medidores de deformacion por resistencia: galgas extensiométricas,” *Sci. Tech.*, no. 34, pp. 7–12, 2007, [Online]. Available: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=84934002%5Cnhttp://www.redalyc.org/redalyc/pdf/849/84934002.pdf>.
- [16] J. Garrido, “019_Fundamentos de Arduino,” p. 75, 2016.
- [17] R. Descripción, P. Plataforma, A. V. R. Pic, D. S. P. Arm, C. Dispositivos, and V. D. C. Voltaje, “Módulo de relés,” vol. 8, pp. 1–10.
- [18] Carbone Stainless Steel, “Ficha Técnica de los Aceros Inoxidables AISI 304 y AISI 316,” *Empres. Carbone*, no. X, pp. 1–6, 2016.
- [19] E. M. R. J. H. M. O. A. S. Oscar Caldas Flautero Sebastián Jiménez Gómez, “Identificación paramétrica en lazo cerrado de sistema de accionamiento neumático para cilindro de doble efecto,” *Fac. Ing.*, vol. 21, no. 33, pp. 9, 19, 2012.
- [20] C. Pérez-Molina *et al.*, “Performance-centered adaptive curriculum for employment needs,” *ASEE Annu. Conf. Expo. Conf. Proc.*, pp. 1–21, 2013, doi: 10.18260/1-2--22347.
- [21] FESTO, “Válvulas de accionamiento manual Válvulas de accionamiento manual,” 2018, [Online]. Available: www.festo.com/catalogue/...

XIV. ANEXOS

ANEXO 1

Código de programación de la prensa semiautomática

```
// ERICK BOHORQUEZ LUIS USHIÑA

// MECTRONICA

// TESIS

// DECLARACION DE VARIABLES

//***GALGA**

#include "HX711.h"

HX711 scale(5, 6);

float calibration_factor = 48100; // calibracion galga

float units;

float ounces;

float newton;

float vOut;

float vRead;

float analogVal;

//***GALGA**

//***RELE**

int relay = 3; /// declaracion pin de rele

//***RELE**

//*****MOTOR*****

const int motorPin1 = 11; // 28BYJ48 In1
```

```

const int motorPin2 = 10; // 28BYJ48 In2

const int motorPin3 = 9; // 28BYJ48 In3

const int motorPin4 = 8; // 28BYJ48 In4

//definicion variables

int motorSpeed = 900; //variable para fijar la velocidad

int stepCounter = 0; // contador para los pasos

int stepsPerRev = 500; // pasos para una vuelta completa

//secuencia media fase

const int numSteps = 8;

const int stepsLookup[8] = { B1000, B1100, B0100, B0110, B0010, B0011, B0001, B1001 };

//*****MOTOR*****

void setup() {

  pinMode(vRead, INPUT);

//*****GALGA*****

  Serial.begin(9600); // Abrir el puerto serie a la velocidad de 9600bps

  scale.set_scale();

  scale.tare(); // Regresa la escala a 0

  long zero_factor = scale.read_average(); //Get a baseline reading

//*****GALGA*****

//*****RELE*****

  pinMode(relay, OUTPUT); // Configurar relay como salida

```

```

// Serial.begin(9600);    // Abrir el puerto serie a la velocidad de 9600bps

//*****RELE*****

//*****MOTOR*****

//declarar pines como salida

pinMode(motorPin1, OUTPUT);

pinMode(motorPin2, OUTPUT);

pinMode(motorPin3, OUTPUT);

pinMode(motorPin4, OUTPUT);

//*****MOTOR*****

}

void loop() {

analogVal = analogRead(vRead);

vOut = (40*analogVal)/1023.;

Serial.print(vOut);

// Serial.println("Valor del potenciómetro");

// delay(100);

//*****condiciones*****

if (units < vOut ){

digitalWrite(relay, HIGH); // activa el relay

Serial.println("Relay accionado");

delay(300);

}

```



```

else if(units >= vOut){
digitalWrite(relay, LOW); // desactiva al relay
Serial.println("Relay no accionado");
delay(2000); // 2 segundos para volver a activarse
}

//*****condiciones*****

//*****GALGA*****

scale.set_scale(calibration_factor);
units = scale.get_units(), 10;
if (units < 0)
{
units = 0.00;
}
ounces = units * 0.035274;
newton = units * 9.8066;
Serial.println(units); // valores en KG
//Serial.print(newton); // VALORES EN NEWTON
Serial.print(" ");
delay(300); // no mas de 300 por que da error en galga

if(Serial.available())
{
char temp = Serial.read();
if(temp == '+' || temp == 'a')

```

```

    calibration_factor += 1;

else if(temp == '-' || temp == 'z')

    calibration_factor -= 1;

}

//*****GALGA*****

//*****RELE*****

// // Código principal donde ocurren en loop
// digitalWrite(relay, HIGH); // activa al relay
// Serial.println("Relay accionado");
// delay(1000);

// digitalWrite(relay, LOW); // desactiva al relay
// Serial.println("Relay no accionado");
// delay(5000);

//*****RELE*****

//*****MOTOR*****

for (int i = 0; i < stepsPerRev * 1; i++)
{
    clockwise();
    delayMicroseconds(motorSpeed);
}

delay(1000);

for (int i = 0; i < stepsPerRev * 2; i++)
{

```

```

    anticlockwise();

    delayMicroseconds(motorSpeed);

}

delay(1000);

//*****MOTOR*****

}

//*****FUERA DEL LOOP*****

//*****MOTOR*****

void clockwise()
{
    stepCounter++;

    if (stepCounter >= numSteps) stepCounter = 0;

    setOutput(stepCounter);

}

void anticlockwise()
{

```

```

stepCounter--;

if (stepCounter < 0) stepCounter = numSteps - 1;

setOutput(stepCounter);
}

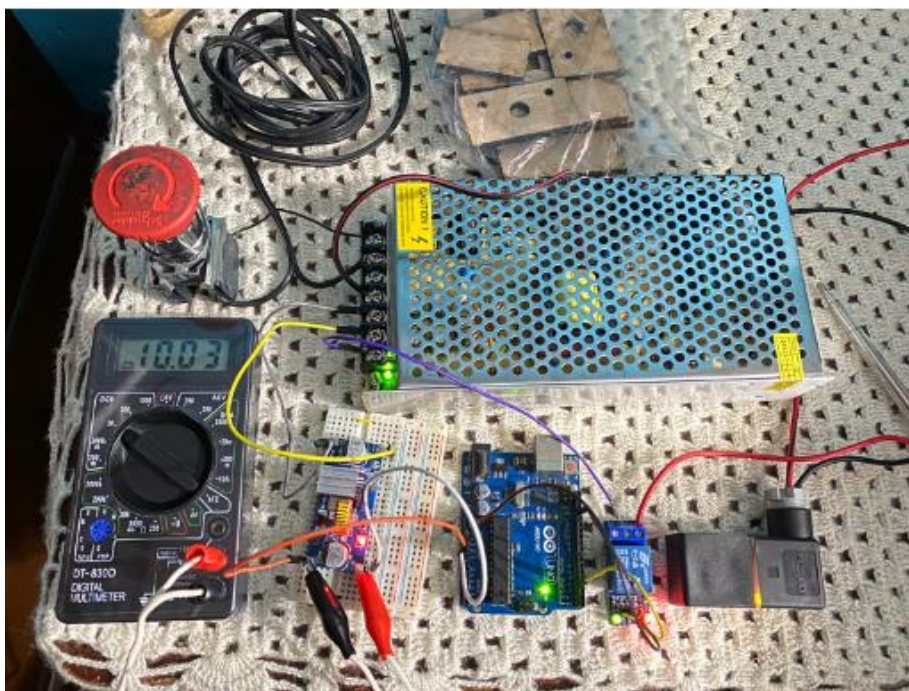
void setOutput(int step)
{
digitalWrite(motorPin1, bitRead(stepsLookup[step], 0));
digitalWrite(motorPin2, bitRead(stepsLookup[step], 1));
digitalWrite(motorPin3, bitRead(stepsLookup[step], 2));
digitalWrite(motorPin4, bitRead(stepsLookup[step], 3));
}

//*****MOTOR*****

```

ANEXO 2

Componentes del sistema eléctrico y alimentación



ANEXO 3

Componentes del sistema neumático



ANEXO 4

Funcionamiento de la estructura con el sistema neumático

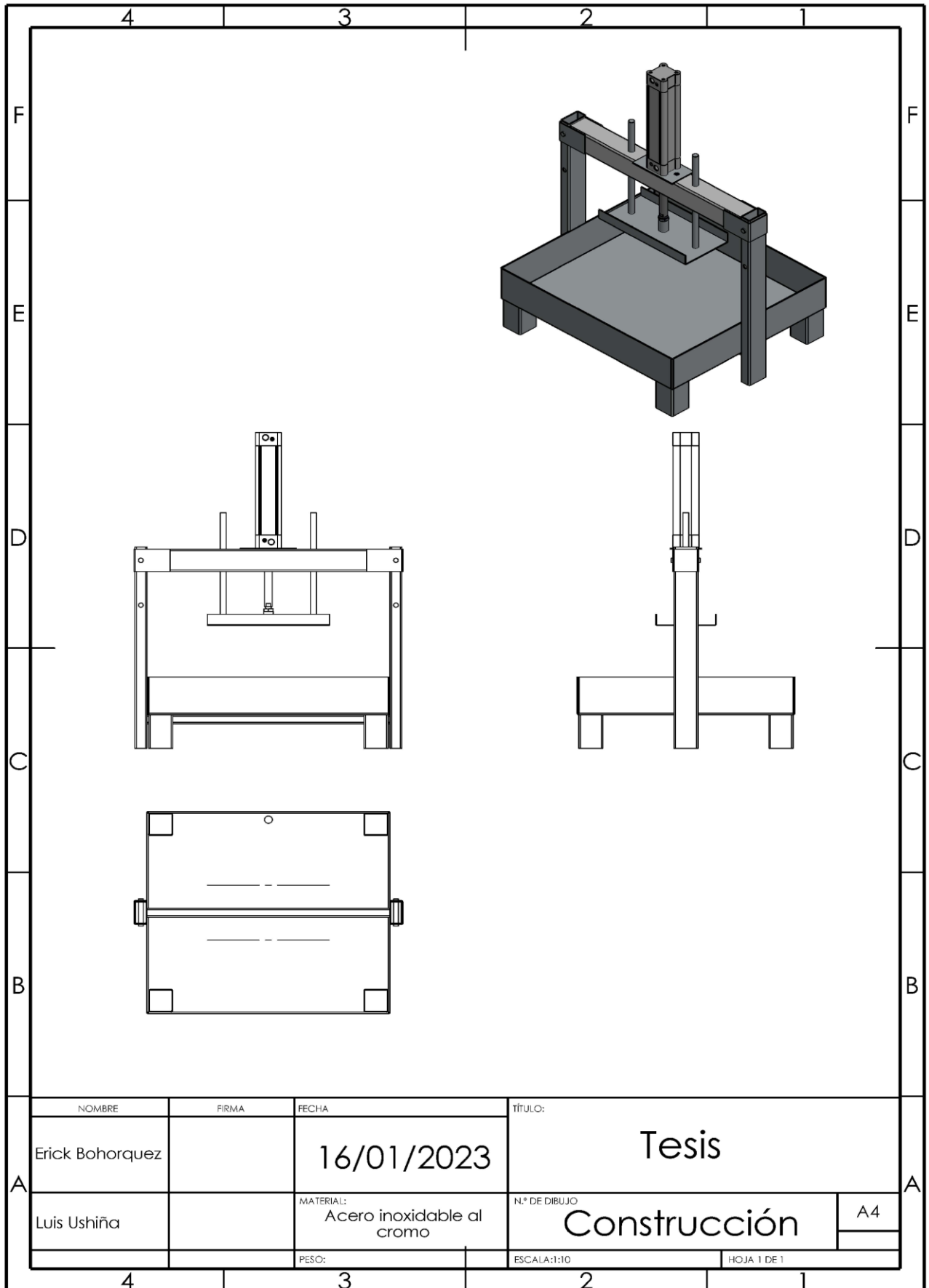


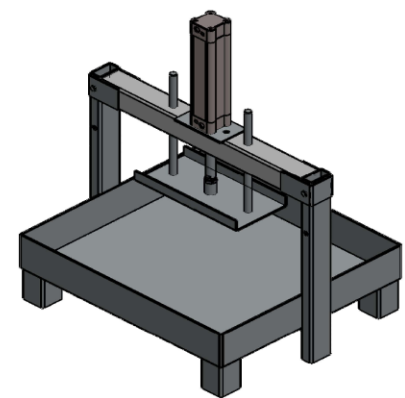
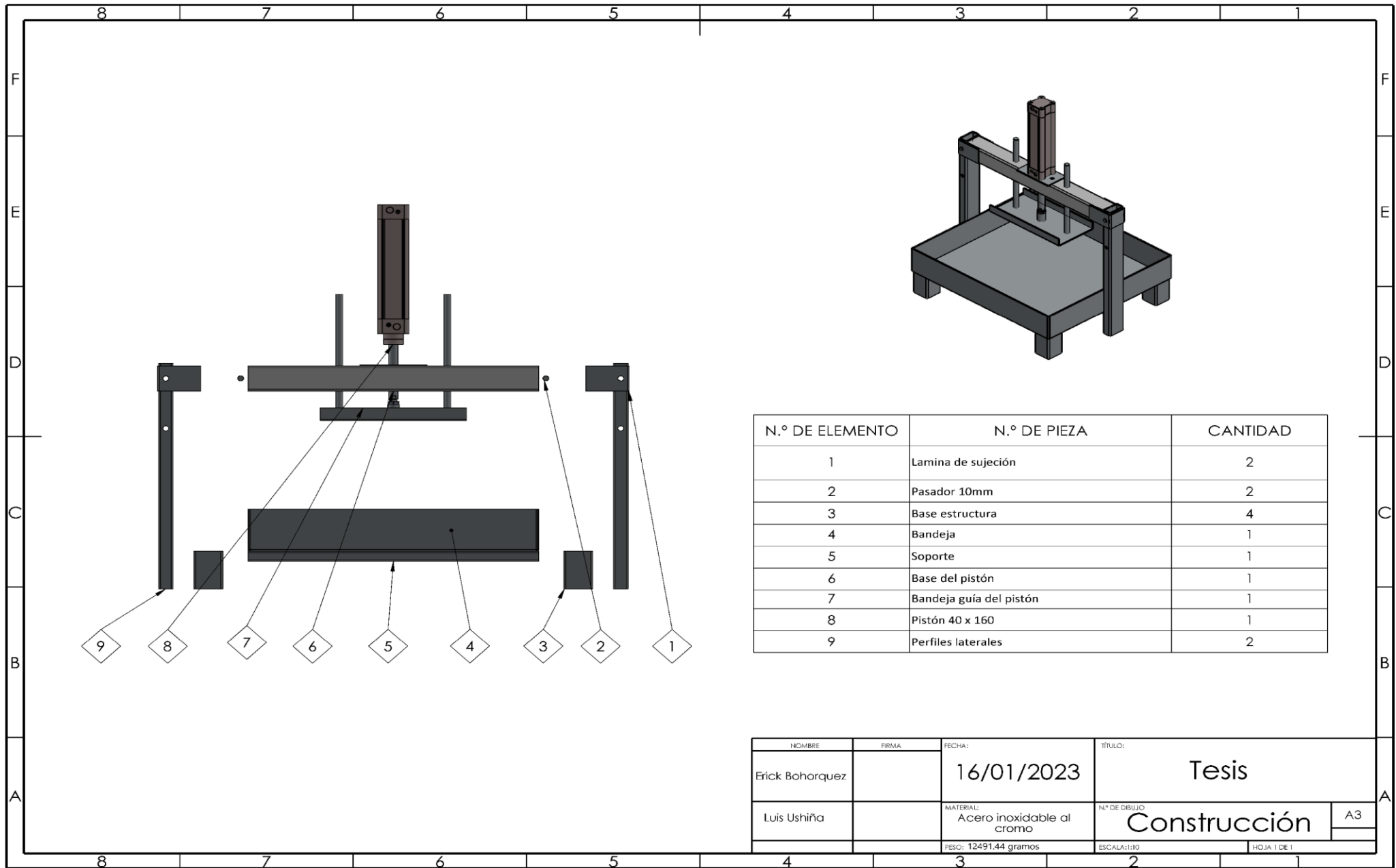
ANEXO 5

Funcionamiento con reguladores de caudal



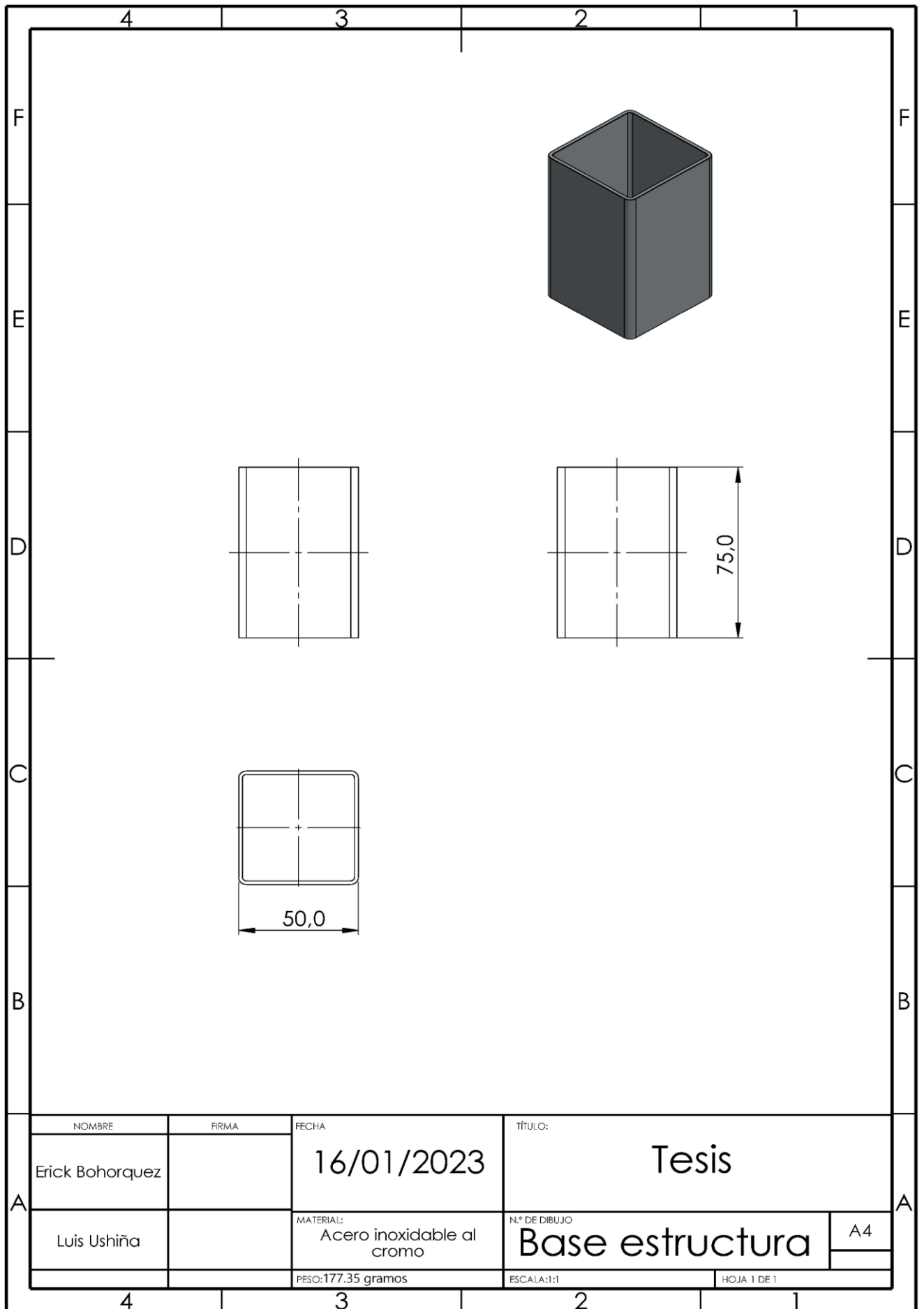
ANEXO 6 PLANOS MECÁNICOS



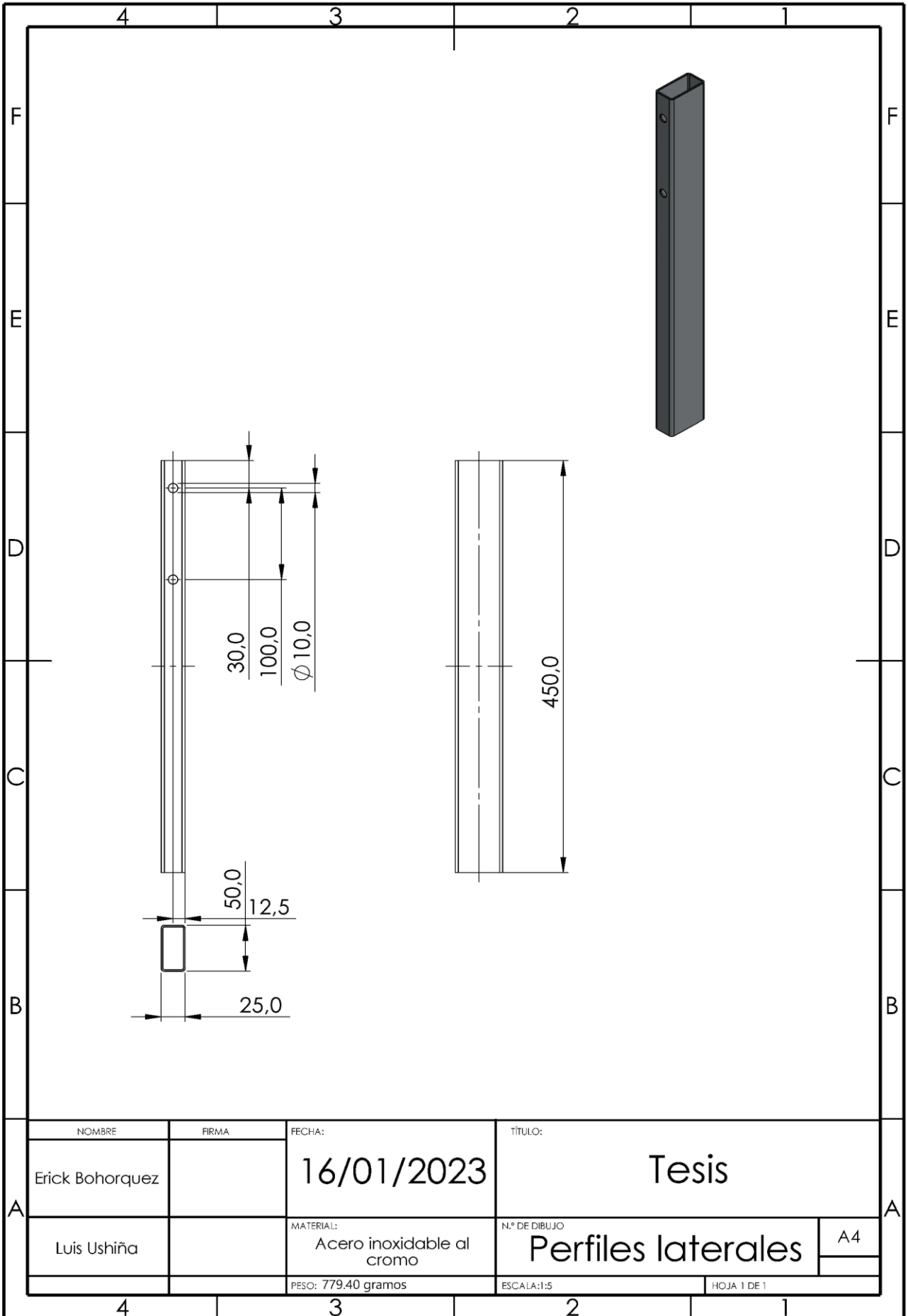


N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Lamina de sujeción	2
2	Pasador 10mm	2
3	Base estructura	4
4	Bandeja	1
5	Soporte	1
6	Base del pistón	1
7	Bandeja guía del pistón	1
8	Pistón 40 x 160	1
9	Perfiles laterales	2

NOMBRE Erick Bohorquez	FIRMA	FECHA: 16/01/2023	TÍTULO: Tesis
Luis Ushiña	MATERIAL: Acero inoxidable al cromo	N.º DE DIBUJO Construcción	A3
PESO: 12491.44 gramos		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1

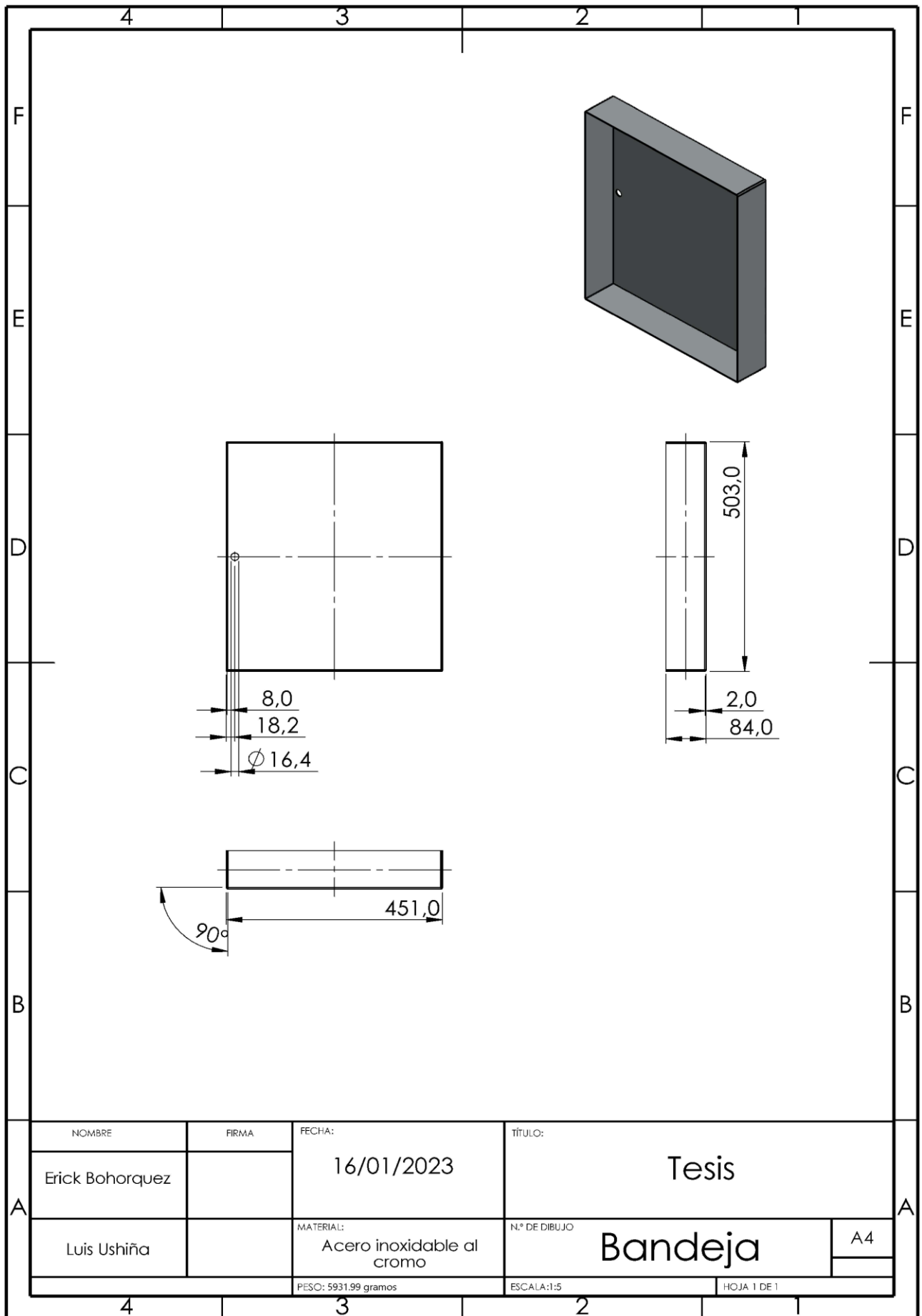


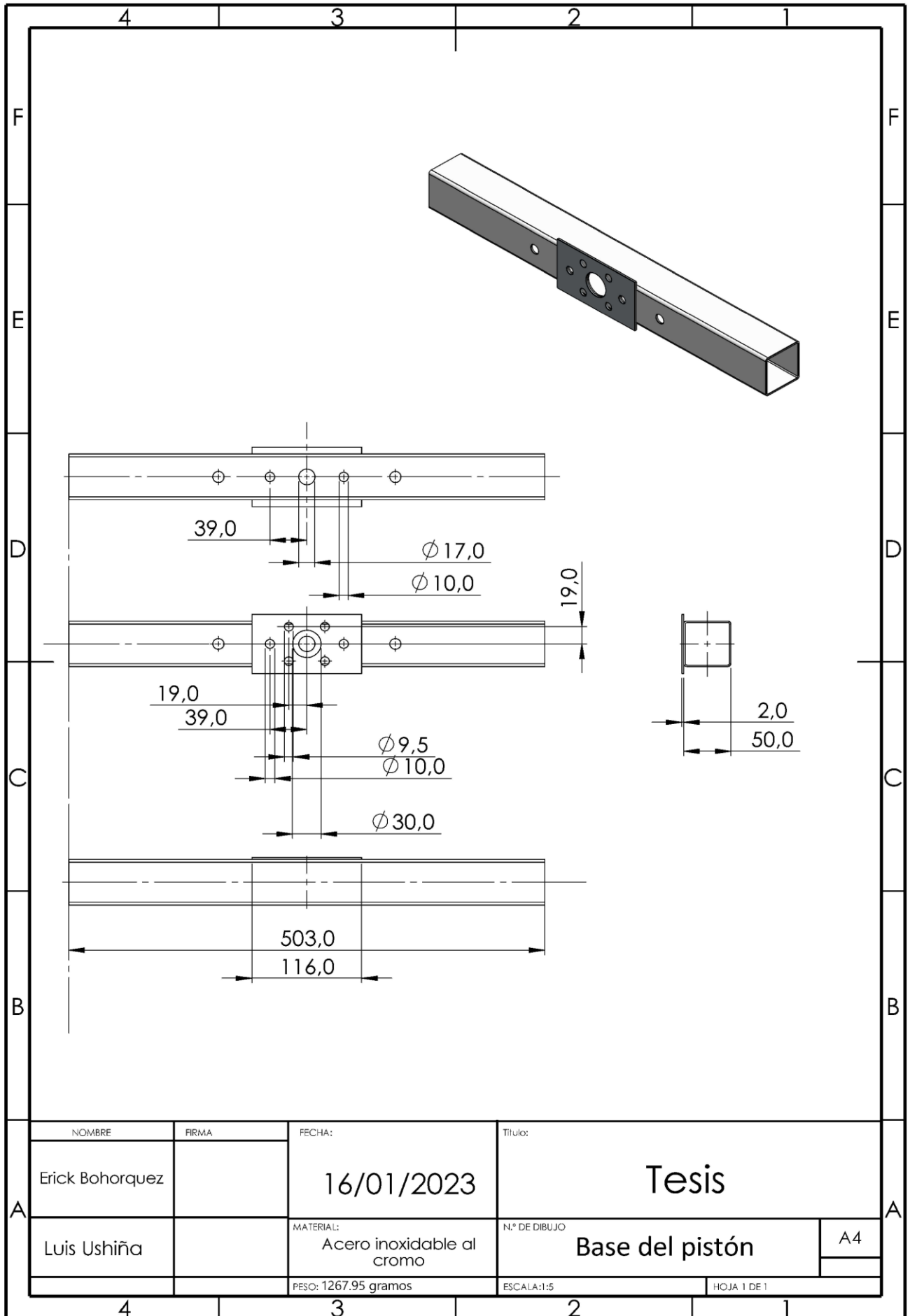
NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
Erick Bohorquez				16/01/2023		Tesis	
Luis Ushiña				MATERIAL: Acero inoxidable al cromo		N.º DE DIBUJO Base estructura	
		PESO:177.35 gramos		ESCALA:1:1		HOJA 1 DE 1	
						A4	



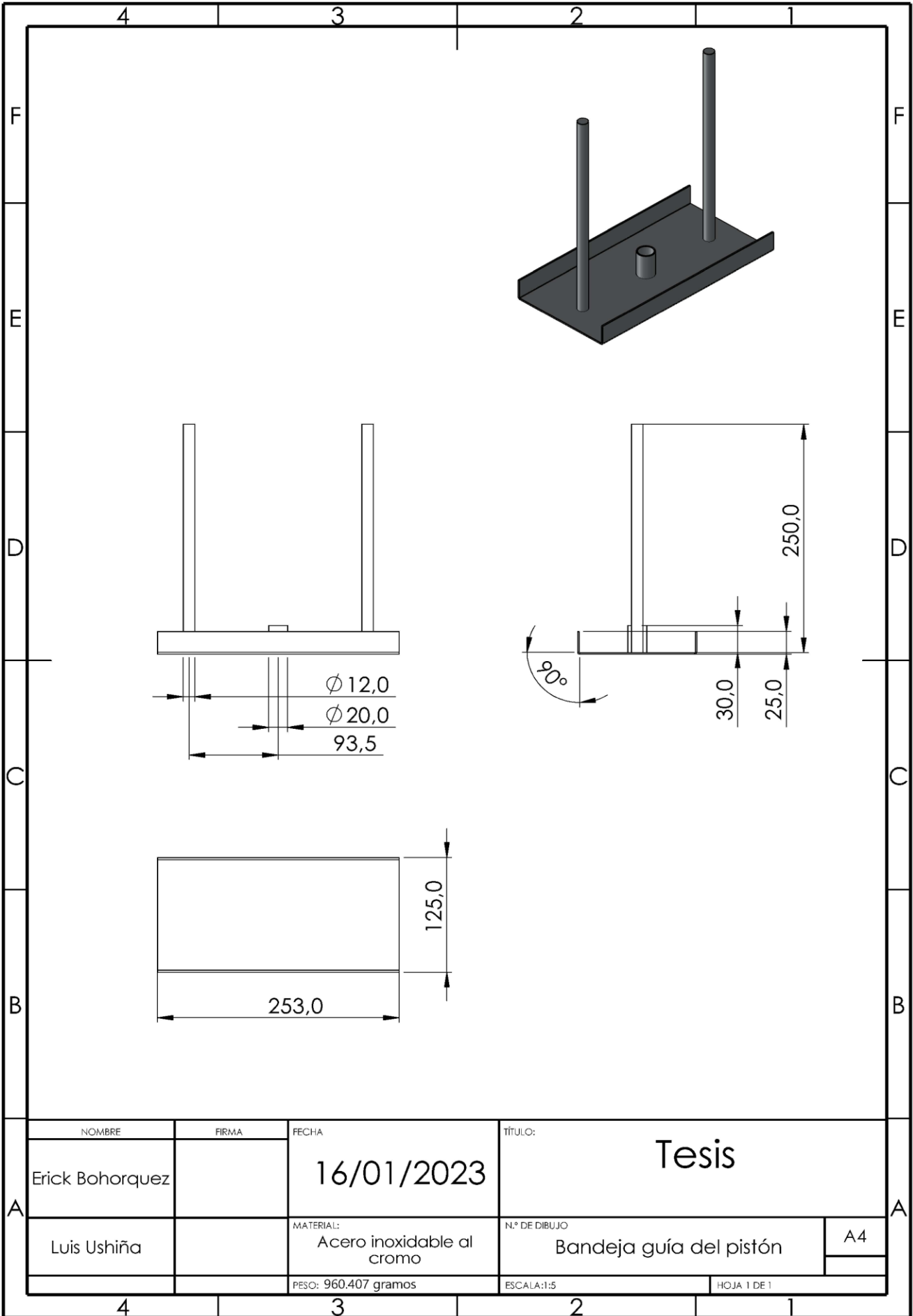
NOMBRE		FIRMA		FECHA:		TÍTULO:	
Erick Bohorquez				16/01/2023		Tesis	
Luis Ushiña				MATERIAL: Acero inoxidable al cromo		N.º DE DIBUJO Perfiles laterales	
				PESO: 779.40 gramos		ESCALA: 1:5	
						HOJA 1 DE 1	

A4

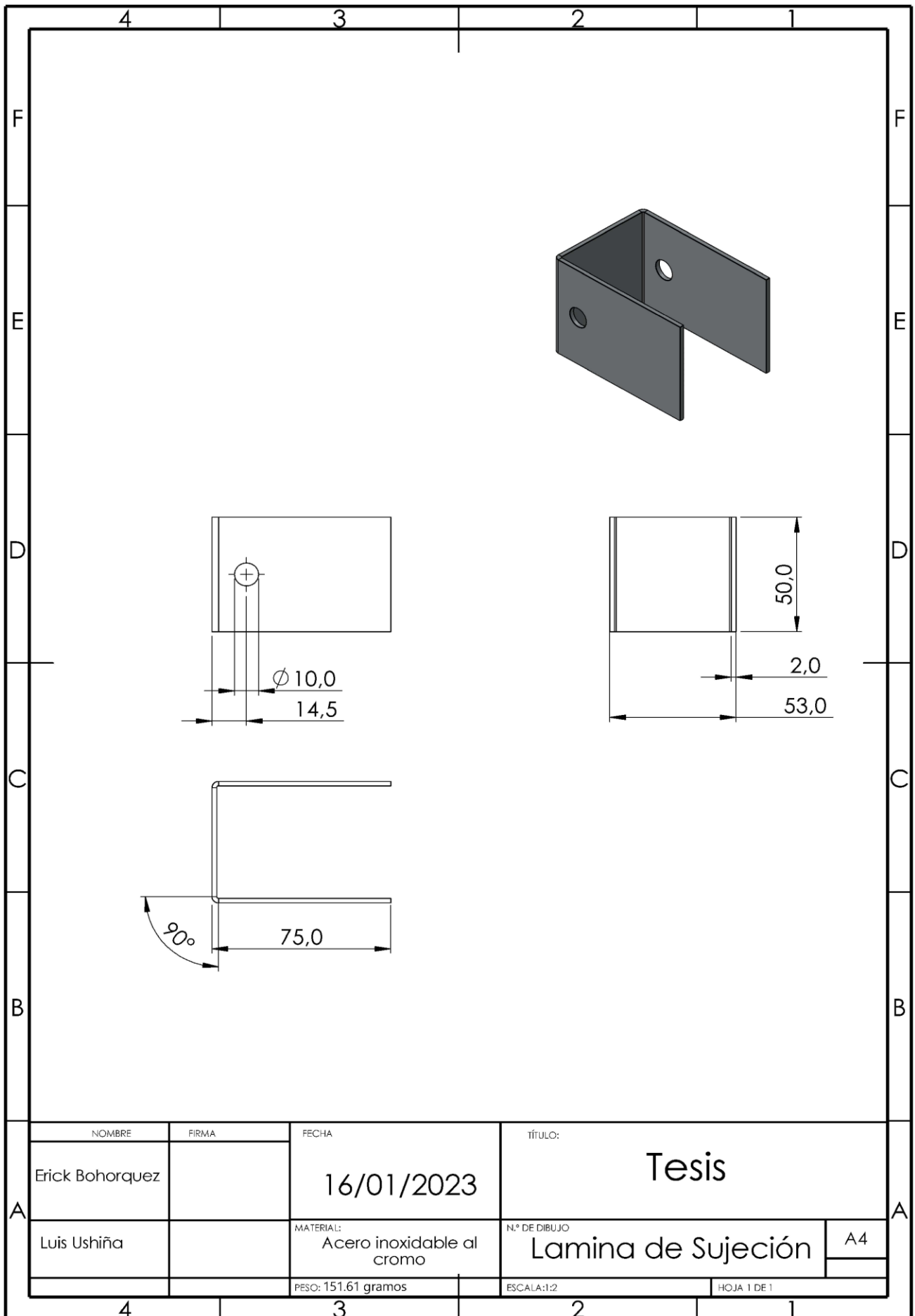




NOMBRE	FIRMA	FECHA:	Título:	
Erick Bohorquez		16/01/2023	Tesis	
Luis Ushiña		MATERIAL: Acero inoxidable al cromo	N.º DE DIBUJO	A4
		PESO: 1267.95 gramos	ESCALA: 1:5	HOJA 1 DE 1



NOMBRE		FIRMA		FECHA		TÍTULO:	
Erick Bohorquez				16/01/2023		Tesis	
Luis Ushiña				MATERIAL: Acero inoxidable al cromo		N.º DE DIBUJO Bandeja guía del pistón	
		PESO: 960,407 gramos		ESCALA: 1:5		HOJA 1 DE 1	
						A4	



NOMBRE		FIRMA	FECHA	TÍTULO:	
Erick Bohorquez			16/01/2023	Tesis	
Luis Ushiña			MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4
			Acero inoxidable al cromo	Lamina de Sujeción	
			PESO: 151.61 gramos	ESCALA: 1:2	HOJA 1 DE 1