

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA DE  
ACEITE DE AGUACATE PARA EL LABORATORIO FARMACÉUTICO  
ECUFARMA CON UNA CAPACIDAD DE APROXIMADAMENTE 4 - 7 Kg/h,  
UBICADA EN QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA”

AUTOR:

HENDRY ANDRES QUIROGA JARA

TUTOR:

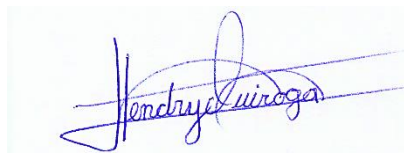
ING. MILTON SALOMÓN JAMI LEMA

QUITO, OCTUBRE DEL 2021

## DECLARACIÓN

Yo Hendry Andres Quiroga Jara con documento de identificación N° 171666149-9, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA DE ACEITE DE AGUACATE PARA EL LABORATORIO FARMACEUTICO ECUFARMA CON UNA CAPACIDAD DE APROXIMADAMENTE 4 - 7 Kg/h, UBICADA EN QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Hendry Andres Quiroga Jara

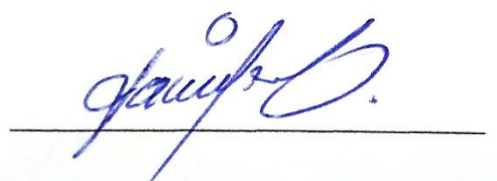
CI: 171666149-9

Quito, octubre 2021

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo Milton Salomón Jami Lema con documento de identificación N° 1707254171, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Proyecto Técnico, “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA EXTRACTORA DE ACEITE DE AGUACATE PARA EL LABORATORIO FARMACEUTICO ECUFARMA CON UNA CAPACIDAD DE APROXIMADAMENTE 4 - 7 Kg/h, UBICADA EN QUITO PROVINCIA DE PICHINCHA” realizado por Hendry Andres Quiroga Jara, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, octubre 2021



Ing. Milton Salomón Jami Lema

CI: 1707254171

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haberme apoyado a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas, especialmente a las que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a todas las personas que hicieron posible este proyecto y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres y tristes. Estas palabras son para ustedes. A mis padres por todo su amor, comprensión y apoyo, pero sobre todo por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas otras no tan buenas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

A mis hermanos y cuñados, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de películas, series y videojuegos.

A mi sobrinita Alejandra por brindarme todo su cariño y llenarme de alegría día tras día.

A mi tía Amada, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tiene en mí.

A mis amigos. Con todos los que compartí dentro y fuera de las aulas. Aquellos amigos del cole, que se convierten en amigos de vida, gracias por todo su apoyo y diversión.

Al Ing. Milton Jami, director de tesis, por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de este proyecto.

## INDICE GENERAL

DECLARACIÓN .....	I
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR .....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	XI
ABSTRACT .....	XII
DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	XIII
OBJETIVOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO .....	2
1.1 Generalidades de la planta aguacate.....	2
1.2 Composición del aguacate.....	7
1.3 Extrusión .....	12
1.4 Materiales utilizados para la construcción de la máquina.....	17
CAPITULO II.....	20
ALTERNATIVAS .....	20
1.5 Alternativas propuestas .....	20
1.6 Análisis de selección .....	24
1.7 Selección de alternativa.....	25
CAPITULO III .....	26
Cálculos, diseño de la máquina y resumen de resultados .....	26
1.8 Parámetros para la extracción de aceite de aguacate.....	26
1.9 Determinación de la potencia.....	34
1.10 Peso del tornillo extrusor.....	39
1.11 Longitud del muñón .....	40
1.12 Análisis estático del tornillo extrusor.....	40

1.13	Diseño del tornillo extrusor por efecto de torsión.....	41
1.14	Factor de seguridad estático (n) .....	44
1.15	Factor de seguridad dinámico (Nd).....	48
1.16	Comprobación de la esbeltez.....	52
1.17	Diámetro necesario para una columna .....	56
1.18	Cálculo del factor de seguridad de los hilos del tornillo extrusor.....	57
1.19	Diseño de cuñas o chavetas para el tornillo extrusor .....	59
1.20	Espesor de la camisa .....	62
1.21	Masa del cilindro/camisa.....	63
1.22	Factor de seguridad del cilindro o camisa de la máquina .....	63
1.23	Cálculo del dado de extrusión .....	66
1.24	Diseño de rosca del tornillo de ajuste al dado.....	69
1.25	Garganta de alimentación.....	70
1.26	Selección de los tornillos de sujeción de la camisa con agujeros. ....	71
1.27	Esfuerzo cortante de la rosca del tornillo. ....	74
1.28	Factor de seguridad de la soldadura .....	75
1.29	Resumen de resultados .....	77
1.30	Simulaciones .....	80
1.31	Diseño.....	93
1.32	Montaje.....	98
1.33	Pruebas de funcionamiento .....	99
1.34	Modificaciones .....	103
CAPITULO IV .....		106
Costos.....		106
1.35	Costos directos .....	106
1.36	Costos indirectos .....	107
1.37	Resumen de costos .....	107
CONCLUSIONES.....		108
RECOMENDACIONES .....		109
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....		110
ANEXO A .....		115
Manual de operación de la máquina extractora de aceite de aguacate .....		115
ANEXO B .....		116

Manual de mantenimiento y limpieza de la máquina extractora de aceite .....	116
ANEXO C .....	118
Tablas y gráficas de elementos mecánicos normalizados empleados en el cálculo .	118
Anexos.....	131
PLANOS.....	134



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición química en 100 g de aguacate .....	7
Tabla 2. Aleaciones y clasificación de los electrodos. ....	18
Tabla 3. Gases para soldadura TIG .....	19
Tabla 4. Parámetros y selección de alternativa.....	25
Tabla 5. Parámetros para el diseño del tornillo .....	27
Tabla 6. Especificaciones de operación de un tornillo extrusor tipo expeller.....	29
Tabla 7. Parámetros geométricos del tornillo extrusor.....	77
Tabla 8. Propiedades de la máquina extractora de aceite de aguacate .....	78
Tabla 9. Comportamiento de la materia prima dentro del tornillo extrusor .....	78
Tabla 10. Parámetros del tornillo extrusor .....	79
Tabla 11. Variable del análisis estático realizado al tornillo extrusor.....	79
Tabla 12. Resultados del diseño de la camisa .....	79
Tabla 13. Resultados del análisis del dado. ....	80
Tabla 14. Resultados de análisis de la unión soldada.....	80
Tabla 15. Propiedades físicas y criterio de teoría de fallas .....	80
Tabla 16. Propiedades físicas del ensamble camisa-dado .....	84
Tabla 17. Propiedades físicas del soporte 1 .....	87
Tabla 18. Propiedades físicas del soporte 2.....	90

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Raíz radicular [3].....	2
Figura 2. Tronco del árbol de aguacate [3].....	3
Figura 3. Hojas Pendiculadas [3].....	3
Figura 4. Flor del aguacatero [3]. ....	4
Figura 5. Fruto Aguacate [3]. ....	4
Figura 6. Aguacate Hass [9]. ....	5
Figura 7. Aguacate Booth [11]. ....	6
Figura 8. Aguacate fuerte [11].....	6
Figura 9. Aguacate Choquette [11].....	7
Figura 10. Diseño genérico de un extrusor [17]. ....	12
Figura 11. Tornillo o husillo [20].....	13
Figura 12. Cilindro o camisa que alberga el tornillo [21]. ....	13
Figura 13. Tipos de tolvas [20].....	14
Figura 14. Boquilla o dado. Fuente: Autor.....	14
Figura 15. Motor eléctrico y sus partes [22].....	15
Figura 16. Reductor de velocidades [26].....	16
Figura 17. Proceso de soldadura GTAW. [28].....	18
Figura 18. Prensa manual.....	20
Figura 19. Molino manual [34].....	21
Figura 20. Molino eléctrico extrusor [18]. ....	22
Figura 21. Detalle de un tornillo extrusor dentro del cilindro o camisa [19]. ....	26
Figura 22. Factor de corrección $F_d$ y $F_p$ [37].....	34
Figura 23. Distribución de fuerzas y momentos. Fuente: Autor.....	40
Figura 24. Dimensiones del tornillo extrusor. Fuente: Autor.....	40
Figura 25. Diagrama de fuerza cortante mediante Autodesk Inventor. Fuente: Autor ..	41
Figura 26. Diagrama de momento flector mediante Autodesk Inventor. Fuente: Autor	41
Figura 27. Eje circular sometido a torsión pura.....	42
Figura 28. Hilo de un tornillo extrusor [42]. ....	57
Figura 29. Cilindro sometido a presión interna y externa [39].....	63
Figura 30. Punto de operación del extrusor [18]. ....	66
Figura 31. Dado o boquilla. Fuente: Autor.....	67
Figura 32. Elementos de una rosca. [36].....	69
Figura 33. Garganta de alimentación [20]. ....	70
Figura 34. Partes de la rosca de un tornillo. [40].....	72
Figura 35. Diagrama estático del cordón de soldadura. Fuente: Autor.....	75
Figura 36. Análisis estático – Mallado del tornillo extrusor. Fuente: Autor.....	81
Figura 37. Análisis estático tensión tornillo extrusor (Von Mises). Fuente: Autor.....	82
Figura 38. Desplazamiento estático - tornillo extrusor. Fuente: Autor.....	82
Figura 39. Deformación unitaria $\delta L/L$ .....	83
Figura 40. Deformaciones unitarias del tornillo extrusor. Fuente: Autor.....	83
Figura 41. Factor de seguridad del tornillo extrusor. Fuente: Autor.....	84
Figura 42 Análisis estático – Mallado del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor.....	85
Figura 43. Análisis a tensión del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor.....	85

Figura 44. Desplazamiento estático ensamble camisa - dado. Fuente: Autor .....	86
Figura 45. Deformaciones unitarias del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor .....	86
Figura 46. Factor de seguridad ensamble camisa - dado. Fuente: Autor.....	87
Figura 47. Mallado del soporte 1. Fuente: Autor .....	88
Figura 48. Análisis estático a tensión soporte 1. Fuente Autor .....	88
Figura 49. Desplazamiento estático soporte 1. Fuente: Autor.....	89
Figura 50. Deformaciones unitarias soporte 1. Fuente: Autor .....	89
Figura 51. Factor de seguridad soporte 1. Fuente: Autor .....	90
Figura 52. Mallado de soporte 2. Fuente: Autor .....	91
Figura 53. Análisis a tensión soporte 2. Fuente: Autor .....	91
Figura 54. Análisis desplazamiento estático. Fuente: Autor .....	92
Figura 55. Análisis deformaciones unitarias soporte 2. Fuente: Autor .....	92
Figura 56. Factor de seguridad soporte 2. Fuente: Autor .....	93
Figura 57. Esquema de la Máquina. Fuente autor .....	93
Figura 58. Materiales empleados en el mecanizado de las piezas. Fuente: Autor .....	94
Figura 59. Mecanizado del tornillo extrusor cónico. Fuente: Autor .....	94
Figura 60. Fresado para la colocación de la chaveta. Fuente: Autor.....	95
Figura 61. Mecanizado de la camisa. Fuente: Autor .....	95
Figura 62. Mecanizado del orificio de alimentación. Fuente: Autor.....	96
Figura 63. Proceso de perforación en la camisa. Fuente: Autor.....	96
Figura 64. Mecanizado del dado. Fuente: Autor .....	97
Figura 65. Construcción de la tolva de alimentación. Fuente: Autor .....	97
Figura 66. Soportes para el motorreductor y motor. Fuente: Autor .....	97
Figura 67. Ensamble de la camisa y tolva de alimentación. Fuente: autor .....	98
Figura 68. Acople del tornillo extrusor al motorreductor. Fuente: Autor .....	98
Figura 69. Colocación de la camisa al motorreductor. Fuente: Autor.....	99
Figura 70. Botonera de arranque y paro de motor. Fuente: Autor.....	100
Figura 71. Llenado de materia prima en la tolva. Fuente: Autor.....	100
Figura 72. Materia prima atascada en el tornillo. Fuente: Autor.....	101
Figura 73. Salida de materia prima comprimida. Fuente: Autor .....	101
Figura 74. Goteo de aceite por los orificios de la camisa. Fuente: Autor .....	102
Figura 75. Aceite de aguacate. Fuente: Autor .....	102
Figura 76. Impurezas en el aceite. Fuente: Autor.....	103
Figura 77. Tornillo extrusor corregido. Fuente: Autor .....	104
Figura 78. Dado modificado. Fuente: Autor .....	104
Figura 79. Tolva con dosificador. Fuente: Auto.....	105
Figura 80. Reducción de la altura de la garganta de la tolva. Fuente: Autor .....	105

## RESUMEN

El actual proyecto contempla el diseño y construcción de una máquina extractora de aceite de aguacate con una capacidad de 4 – 7 Kg/h para el Laboratorio farmacéutico ECUFARMA.

El capítulo 1 inicia con el estudio de la materia a procesar y conocer las propiedades del aceite que se desea extraer. Una vez conocido el material y sus métodos para la extracción de aceite se emplea la investigación de los componentes y el método más rentable para la extracción del mismo.

Finalmente, en este capítulo se procede a escribir el fundamento teórico y la descripción del diseño empleado para dicho fin como el tornillo cónico extrusor que es un dispositivo mecánico impulsado por un motor eléctrico el cual se encarga que el tornillo gire en sentido horario el cual que se encarga de llevar la pulpa deshidratada de aguacate de manera lineal y con un incremento progresivo del diámetro del alma del tornillo para obligar su compactación con las paredes de la camisa lo que ayuda a una extracción continua y de alto rendimiento de aceite.

En el capítulo 2 se selecciona alternativas de diseño de alternativas de diseño y se recurrió al estudio de máquinas similares usadas en la extrusión de alimentos con el objetivo de encontrar un modelo que se ajuste a los requerimientos antes mencionados.

En el capítulo 3 se desarrolla el diseño estático y dinámico, establecido en los esfuerzos y deformaciones también. Se determina el material y dimensiones de cada elemento que forman parte de la máquina extractora de aceite de aguacate. Para la obtención de los parámetros de diseño se requirió el conocimiento de funcionalidad de máquinas semejantes a las condiciones de trabajo y del tipo de materia prima.

Con la información recolectada se diseñó de los elementos, acatando los conceptos y las recomendaciones del tutor designado, concluido con el diseño se procedió a la construcción, montaje y puesta en marcha de la máquina extractora de aceite.

En el capítulo 4 se realiza un resumen económico, para lo cual se calculan los costos y gastos que intervienen en la construcción de la máquina.

Para finalizar se concluye este proyecto con resultados favorables y se realiza algunas recomendaciones para el usuario con el fin de prolongar la vida útil de la máquina.

## ABSTRACT

This project includes the design and construction of an avocado oil extraction machine with a capacity of 4 - 7 Kg / h for the ECUFARMA Pharmaceutical Laboratory.

Chapter 1 begins with the study of the matter to be processed and to know the properties of the oil to be extracted. Once the material and its methods for oil extraction are known, the research of the components and the most profitable method for its extraction are used.

As the last part of this chapter, we will proceed to write the theoretical foundation and the description of the design used for this purpose as the conical extruder screw, which is a mechanical device driven by an electric motor which ensures that the screw rotates clockwise the same as It is responsible for carrying the dehydrated avocado pulp in a linear manner and with a progressive increase in the diameter of the core of the screw to force its compaction with the walls of the jacket, which helps a continuous and high-performance extraction of oil.

In chapter 2 the selection of design alternatives is made and the study of similar machines used in food extrusion was used in order to find a model that meets the aforementioned requirements.

In chapter 3 the static and dynamic design will be developed, based on stresses and deformations, the material and dimensions of each of the elements that make up the avocado oil extractor machine will be determined.

Also, to obtain the design parameters, knowledge of the functionality of machines similar to the working conditions and the type of raw material was required.

Once all the information had been collected, the elements were designed, complying with the concepts and recommendations of the designated tutor. After the design, the construction, assembly and start-up of the oil extractor machine was completed.

In chapter 4 an economic study will be carried out, for which the costs and expenses involved in the construction of the machine will be calculated.

Finally, this project is concluded with favorable results and some recommendations are made for the user in order to extend the useful life of the machine.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **Problema de Estudio**

ECUFARMA LABORATORIOS se dedica a la elaboración de cosméticos y productos de limpieza entre ellos: vaselina humectante, perfumes, gel antibacterial, jabón líquido y desinfectantes en general

En la actualidad, la extracción de aceite de aguacate es muy complicada debido a su grado de complejidad ya que no existe la maquinaria indicada que tenga un rendimiento óptimo para el efecto.

### **Justificación**

Ante el aumento de población que se ha dado recientemente, también la demanda de cosméticos a base de productos naturales. Por tanto, los laboratorios farmacéuticos tienen un gran interés en este tipo de minerales para proponer cosméticos con los beneficios que brinda el aceite de aguacate. Debido a estos hechos y pensando en el avance de la compañía, se plantea como una opción la construcción de una máquina que contribuya a la producción.

La optimización de este proceso se dará para que esta compañía, reduzca el tiempo que se demora en la extracción de aceite de aguacate de forma artesanal y aumente en grado de pureza del aceite

### **Alcance**

El enfoque de este proyecto se centra en la extracción de aceite de aguacate para el laboratorio farmacéutico ECUFARMA LABORATORIOS, que requieren una máquina para realizar este tipo de procedimiento, de fácil manejo que conste con todas las especificaciones técnicas para que su rendimiento sea satisfactorio para el cliente.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Diseñar y construir una máquina extractora de aceite de aguacate para el laboratorio Farmacéutico ECUFARMA con una capacidad aproximada de 4 - 7 kg/h, ubicada en Quito provincia de Pichincha.

### **Objetivos Específicos**

- Establecer los parámetros operacionales requeridos para el diseño de la máquina extractora de aceite de aguacate.
- Simular el proceso de extracción del aceite de aguacate mediante empleo de herramienta computacional con elementos finitos.
- Diseñar y construir la máquina extractora de aceite de aguacate.
- Validar el funcionamiento de la máquina extractora de aceite de aguacate mediante pruebas de extracción de aceite.
- Análisis económico del diseño y construcción de la máquina extractora de aceite de aguacate.

## INTRODUCCIÓN

En las zonas que tuvo su comienzo el aguacate fue en las tropicales y subtropicales de América y su asentamiento natural tuvo origen en México, Guatemala y hasta Perú mediante la ribera del Pacífico. Estudios arqueológicos han encontrado vestigios de este fruto de hace 12000 años en el valle de Tehuacán en el estado de Puebla [1].

El término aguacate o ahuate como se lo conoce proviene del alegado azteca “ahuácatl” que era el vocablo con que ellos nombraban a esta fruta y hace referencia a su renombre castellano que es una alternación de la palabra británica “avocado” [1].

El aguacate es una fruta que tiene un gusto y fragancia agradable con unos altos beneficios medicinales y nutritivos. La manipulación pos recolección es significativamente primordial para conservar la calidad de esta fruta debido a que entre las primeras causas de pérdida de este fruto está el magullamiento mecánico, el tiempo de enfriamiento y la contaminación por hongos. Para la comercialización de esta fruta existe un mercado muy amplio que es para alimentos procesados cuando esta fresca y su aceite para productos cosméticos [1]. El aceite de aguacate obtenido de la pulpa es nuevo en el ámbito gastronómico y muy influyente en la industria cosmética por su alto nivel de estabilidad y vitamina E ( $\alpha$ -tocoferol). El volumen de aceite de aguacate extraído de su pulpa o negociado es relativamente pequeño en comparación con otros aceites [3].

A nivel de país en los últimos años se ha enfatizado en la manufactura en el torno al aprovechamiento de cultivos herbáceos viscosos y leños, los cuales son parte de un conjunto de especies vegetales de diferentes tipos que son conocidas por producir frutos y semillas con altos contenidos de aceite

Los cuales se han visto aprovechados por la industria alimenticia dejando de lado los otros beneficios que estos aceites naturales pueden brindar a otros campos como en la industria farmacéutica o cosmética.

Y para conseguir dicho aceite se ha empleado diferentes técnicas y una de las más recurrentes es la compactación de materia prima mediante una prensa hidráulica.

Esta técnica puede ser sencilla pero no tan sofisticada, por esto se propone la construcción y diseño de un molino extrusor eléctrico con el fin de extraer el aceite del fruto de aguacate de una manera más eficiente y sofisticada.



# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 Generalidades de la planta aguacate

La planta de aguacate tiene una vida útil de cultivo comercial de más de 50 años y puede crecer inclusive hasta 30 metros de altura por esta característica es considerado un árbol. También se lo conoce como aguacatero y es una especie perenne, muy vigorosa de crecimiento vertical por lo general. Sin embargo, estas características pueden variar de acuerdo a la variedad del fruto [4].

#### 1.1.1 Partes de la planta de aguacate

- Raíz. El sistema radicular como se muestra en la figura 1, es bastante pivotante para ser superficial y puede alcanzar una profundidad máxima de 1.5 m, una gran parte de las raíces se desarrollan en los 60 cm iniciales del suelo. También la raíz es muy sensible al ataque de organismos fitopatógenos y al encharcamiento [2].



Figura 1. Raíz radicular [3].

- Tallo. La apariencia del tronco es rugosa, su ramificación es muy abultada y la ubicación de las ramas es verticilada (forma de V) como se observa en la figura 2. El color de las ramas jóvenes es de color marrón subiendo de tono hacia el ápice [2].



Figura 2. Tronco del árbol de aguacate [3].

- Hojas. La mayoría son brillantes, pedunculadas, colocadas de manera alterna, con forma lanceolada, de base y ápice agudo (figura 3). Cuando las hojas están maduras son de color verde oscuro, el alto relieve de la venación que pasa por el haz intermedio y el peciolo muestra muescas o canales [2].



Figura 3. Hojas Pendiculadas [3].

- Flor y floración. Se puede describir el color de la flor como nevado el mismo que se puede divisar en la figura 4. Por otro lado, la flor es bisexual o unisexual de pedicelo esmirriado y presenta el fenómeno de asincrónica de la dependiente polinización del fotoperiodo que viene a ser dicogamia relacionada con la luminosidad y la variación de temperatura; lo que significa que hay una alternativa de que al momento que se libere el polen el órgano afeminado no lo pueda recibir (gameto masculino), impidiendo la fecundación [2].



Figura 4. Flor del aguacatero [3].

- Fruto: El color del aguacate cuando se encuentra en el árbol tiene un color verde oscuro. Mientras que cuando se encuentra maduro toma un color verde purpura es de forma ovalada de volumen moderado con cascara de textura gruesa y cara áspera como se observa en la figura 5. Por otro lado la semilla es redonda y dura de un tamaño pequeño mientras que la pulpa es de consistencia suave [2].



Figura 5. Fruto Aguacate [3].

### 1.1.2 Hábitat

El aguacate crece muy bien en zonas de altitud moderada, sin llegar a la zona de heladas invernales y un tanto alejadas del mar. En cuanto al suelo prefiere suelos no calcáreos con buen drenaje. El exceso de agua es perjudicial para su germinación. Las zonas con heladas durante la floración deben ser evitadas, puesto que éstas son muy perjudiciales para las flores, que dependiendo de la variedad aparecerán a tiempos diferentes [4].

### **1.1.3 Principales zonas de cultivo en el Ecuador**

Entre las zonas con mayor cultivo están: San Antonio de Ibarra, Mira, Atuntaqui, Chaltura, Catamayo, Tumbaco, Puembo, Guayllabamba, Patate, San Antonio de Pichinacha, Baños, Paute entre otros [5].

### **1.1.4 Descripción del aguacate**

El aguacate es una fruta que está cubierta con una corteza de color verde de textura gruesa dependiendo la clase tiene forma de pepino, pera o manzana mientras que en su interior se encuentra la pulpa que tiene una contextura blanda y cremosa y una semilla no comestible que esta recubierta por la pulpa [6].

Por otro lado, el tamaño de esta fruta suele estar entre los 10 – 13 centímetros con un peso de 150 – 350 gramos son los más comercializados, aunque a veces los aguacates pueden llegar a pesar 2 kilogramos [7].

#### **1.1.4.1 Variedades de aguacate más utilizadas en el Ecuador**

Hass: también llamada la fruta del corazón no solo por su similitud con el órgano vital asimismo es porque la pulpa de este fruto da un aceite benefactor para reducir el colesterol y los problemas del sistema cardío-circulatorio.

Esta variedad es conocida por su color al momento de la cosecha ya que toma un tono violeta oscuro y al inicio de su crecimiento es de color verde y es una de las más comercializadas.

En cuanto a la apariencia es de corteza dura, áspera y gruesa, el gusto de la pulpa es equiparable a los frutos secos mientras que la pulpa es de color amarillo como se puede observar en la figura 6 también se puede resaltar que es una variedad limitada comparada con el resto. Se cultiva de la planta entre los meses de enero y junio [8].



Figura 6. Aguacate Hass [9].

Booth 8. Se caracteriza por adaptarse a climas cálidos y medios con fructificaciones en gran cantidad en ramillete. Los árboles son fornidos y no necesitan mucha nutrición por esto se cultivan en una densidad de 204 y 278 árboles por hectárea y son polinizantes de otras variedades que se cultiven cerca. Sus frutos son de un alto contenido nutricional llegando a pesar 430 gramos por fruto con un 12% de grasa. En relación a la cosecha es tardía por lo cual no suele coincidir cuando hay plena cosecha logrando así agradables costes en el mercado [10], el aspecto de esta variedad se la puede observar en la figura 7



Figura 7. Aguacate Booth [11].

Fuerte. La parte exterior de esta fruta cuenta con una cascara brillante de color verde opaco que se pela de una manera muy fácil aparte es delgada y lisa; la pulpa es amarilla empalecida, por lo general esta variante llega a un peso de 250 a 450 g y en cuestión de altura de 10 a 12 centímetros con un compendio de grasa del 18 a 24% [2] . La pulpa tiene un excelente sabor a nuez y tiene un aprovechamiento del 77% debido a que la semilla es de un tamaño pequeño [12] la apariencia de esta variedad se observa en la figura 8.

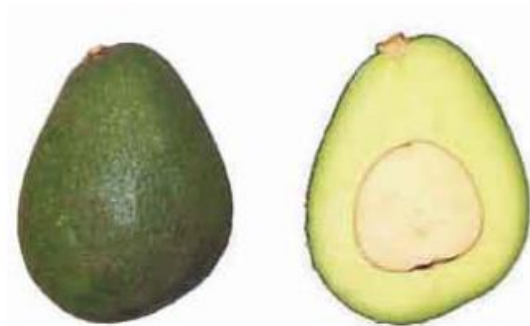


Figura 8. Aguacate fuerte [11].

Choquette. También conocida como variedad Antillano x Guatemalteca y se caracteriza por tener un lado asimétrico en su representación. Son árboles fornidos con frutos grandes y su peso oscila entre los 900 y 1000 gramos, adaptándose a climas entre los 600 y 1600 msnm. La pulpa es suave con bajo contenido de aceite, llega al 9% pero con buen sabor al consumirla. Se siembra preferiblemente en trayectos entre árboles a 7 x 7 m [10] la forma de esta variedad se puede observar en la figura 9.



Figura 9. Aguacate Choquette [11].

## 1.2 Composición del aguacate

### 1.2.1.1 Composición química del aguacate

El aguacate es una fruta que es rico en nutrientes por ende puede ser consumido y garantizar su ingesta siempre y cuando este fresco y tenga un sabor agradable ya que contiene un armónico balance entre calidad y cantidad nutrientes los mismos que se detallan en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química en 100 g de aguacate

Descripción	Unidad	Hass	Fuerte	Palta
Energía	Kcal	131.0	104	141
Agua	g	79.2	69.7	78,8
Proteínas	g	1.7	1.9	1,5
Grasa tota	g	12,5	8,9	12
Carbohidratos totales	g		17,1	
Carbohidratos disponibles	g	5,6	6,5	5,9

Azúcares	g			5,9
Fibra cruda	g	5,8		1,8
Fibra dietaria	g	6,7	10,6	
Ceniza	g	1	2,4	
Calcio (Ca)	mg	30	11	16
Hierro (Fe)	mg	0,6	0,49	0,7
Iodo (I)	mg			2
Magnesio (Mg)	mg			41
Zinc (Zn)	mg	0,64	0,63	0,3
Sodio (Na)	mg		21	2
Potasio (K)	mg		431	400
Fosforo (P)	mg	67	60	28
B-caroteno	ug		12,3	150
Vitamina A (Retinol)	ug	7		25
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0,03		0,09
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0,1		0,12
Vitamina B3 (Niacina)	mg	1,82		1,5
Vitamina B6 (Piridoxina)	mg			0,42
Vitamina C	mg	6,8	3,82	17
Vitamina E	mg			3,2

Fuente: a Reyes, et al., (2009); b Reyes, (2013); c Moreiras, Carbajal, Cabrera y Cuadrado, (2013).

### 1.2.1.2 Aplicaciones y usos del aceite de aguacate

El aceite de aguacate es extraído de la pulpa del mismo y es utilizado tanto como en la gastronomía y también en la elaboración de productos cosméticos, aprovechando sus propiedades hidratantes y reconstituyentes para la piel, el cabello seco, etc

Además, el aceite de aguacate es beneficioso en el cuidado de la piel y tratamientos para el cabello debido a su increíble capacidad de penetración cutánea y rápida absorción.

Este lípido es utilizado en el ámbito de la cosmética natural aportando al cuidado de los diferentes tipos de piel (deshidratadas, ásperas, secas, maduras, desvitalizadas). Lo que conlleva a este aceite a ser cotizado es su capacidad de normalización del manto hidrolipídico de la piel y los cosméticos que estén destinados a restaurar la fisiología de la piel [13].

### **1.2.1.3 Propiedades del aceite de aguacate**

Entre las propiedades se destacan las grasas mono saturadas, lecitinas, vitaminas A y E, fitoesteroles (sobre todo beta-sitosterol), ácido oleico y también es rico en antioxidante, omega-3, omega-9 y ácidos grasos esenciales [14] .

La garantía del consumo de aceite de aguacate consiste en reducir el colesterol total y colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) del plasma y su bajo porcentaje de aterogenicidad demuestra que puede tener un papel beneficioso dentro de una dieta nutritiva por otro lado, también cuenta con ácidos grasos que se enfocan a disminuir la cantidad de grasa saturada y se caracteriza por tener muy bajos porcentajes (10 – 19%) de ácidos grasos saturados lo que depende de su estado de madurez y variedad, dispone de una gran cantidad de ácido oleico y por último el consumo de este aceite aumenta el porcentaje de colesterol HDL (lipoproteína de alta densidad) del plasma en modelos animales [14].

### **1.2.1.4 Usos y beneficios del aceite de aguacate**

El uso y beneficio del aguacate se remonta a la antigüedad, fue utilizado como aliado de la belleza, los egipcios conocían el uso del aceite y la pulpa como mantequilla y los utilizaban para ayudar el crecimiento del cabello y combatir la caída del mismo. [13].

Por otro lado, se obtienen muchos beneficios para la salud por lo que este producto es utilizado para:

- La piel. Debido a su poder hidratante y sus nutrientes, ya que al agregar un poco de aceite a tu crema humectante ayudara a dar brillo a tu piel y la volverá más suave y así prevenir la piel seca pero no es aconsejable utilizarlo en zonas que tengan acné por otro lado es efectivo para la prevención de estrías y para fortalecer su efecto se lo puede mezclar con aceite de almendras y aumentar su capacidad de flexibilidad de la piel.



- Cabello radiante. Por sus propiedades y nutrientes que contiene el aceite ayuda a reparar el cabello dañado por el sol y los químicos, aunque también se ha visto beneficioso en el control de la caída de cabello.
- Cuidar de tu corazón. Sus propiedades ayudan a reducir la presión y colesterol, lo cual contribuye a un corazón más sano. Claro, las cantidades no deben ser exageradas, pues su contenido energético es alto; sin embargo, es increíble para sustituir otros aceites o grasas a la hora de cocinar [15].
- Cuidar de tu corazón. Para que el aceite ayude a reducir la presión y el colesterol las cantidades de consumo no deben ser muy elevadas debido a que el contenido energético es alto sien embargo puede sustituir a otros aceites al momento de cocinar y esto contribuirá a un corazón más sano.

## **1.2.2 Métodos de extracción del aceite de aguacate**

Para la extracción de aceite de materias primas vegetales se conocen dos procesos siendo el primero la extracción mediante prensado en frio y el segundo la extracción mediante disolventes

### **1.2.2.1 Extracción por solventes y fluidos súper críticos**

Este tipo de extracción por fluidos supercríticos (FSC) se la conoció hace más de 120 años. Las bases tecnológicas para la extracción de FSC se implementaron hace unos 30 años y es una técnica alternativa de extracción que permite obtener fracciones de alimentos de alta calidad con sus propiedades naturales y libres de residuos [16].

Para la extracción de aceite de la pulpa de aguacate por medio de esta tecnología se somete a la pulpa a un secado mediante una estufa al vacío a 60°C por un lapso de 4 horas y concluido este tiempo se extrae de la pulpa seca mediante un sistema Soxhlet. Para evaporizar el disolvente en exceso contenido en el aceite se lo calienta y se seca por estufa al vacío para eliminar el agua y el solvente restante.

El porcentaje de aceite extraído por este método esta alrededor del 22%, con un rendimiento del 80%, estos porcentajes varían por diversos factores como la zona de cultivo, la variedad y el estado de madurez del aguacate. Los solventes más utilizados para este proceso son el hexano, éter de petróleo, mentol y mezcla de cloroformo [5].

### **1.2.2.2 Prensado en frío, combinados con pretratamientos enzimáticos o secado de la pulpa como tal**

Uno de los procesos más utilizados en la industria para la extracción de aceite es el prensado en frío. Este proceso varía dependiendo la naturaleza de la semilla o fruto que se desee procesar y las operaciones unitarias que se puedan obtener del producto final.

La presión que ejerce este tipo de prensado hace que la masa sea procesada de manera continua y que las gotas de aceite tanto como los gramos de grasa se separen de la masa y así las gotas que aun contienen aceite mediante la trituración rozan con las paredes y mediante su trayectoria sean de igual manera separadas de la masa. Para aumentar la extracción dependiendo el tipo de materia se suelen calentar para que el aceite se separe de una forma más fácil debido a que disminuirá la viscosidad del mismo y también con la elevación de temperatura se coagulan los cuerpos albuminoides y precipitan los mucilaginosos que están en las células vegetales consiguen un tipo de emulsión con el aceite. Por otro lado, si se calienta el aceite incrementa el poder disolvente para los cuerpos que dan color, sabor y olor que se encuentra en la semilla [16].

Para el proceso de categorización de la materia prima la maquinaria debe cumplir con un proceso de control de calidad por lo tanto los aguacates son separados por su variante, peso y características fisiológicas y después son transportados al área de maduración, al paso de 5 días son lavados y desinfectados mediante amonio cuaternario de grado alimenticio. Una vez transcurrido este proceso la materia prima ingresa a la máquina deshuesadora donde se separa la pulpa de la semilla, la pulpa es llevada a un proceso malaxers batch a 40°C por dos horas. Después de este periodo se lleva la mezcla a un equipo decantador de tres fases donde se separa el aceite, sólidos y el agua. Para separar el aceite de cualquier impureza se lo pasa por una pulidora de cono múltiple y se procede a su envase [5].

### **1.2.2.3 Prensado en frío continuo**

El proceso de prensado en frío continuo es realizado por medio de una máquina que proporciona una gran ventaja para los pequeños sectores industriales que deseen extraer este tipo de aceite debido al bajo costo y fácil manipulación del mecanismo que otros métodos de extracción.

El principio de funcionamiento se centraliza en el mecanismo que ejerce un tornillo de potencia que mueve el material de forma axial y lo comprime al mismo tiempo, como se muestra en la figura 10, también este proceso es llamado extrusión.

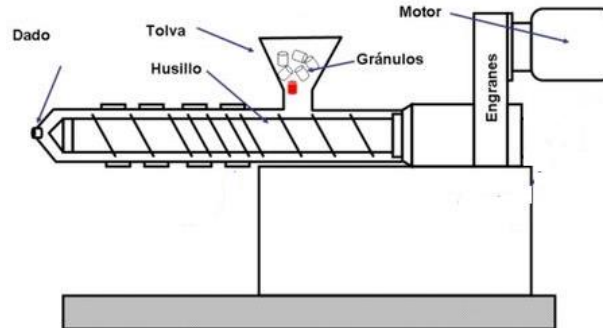


Figura 10. Diseño genérico de un extrusor [17].

### 1.3 Extrusión

Es un proceso que fue diseñado para dar forma a polímeros, se emplea de igual manera para termoplásticos, elastómeros, producción en masa de artículos equiparables como ductos, tuberías, mangueras y formas estructurales (molduras para ventanas y puertas), cañamos continuos, recubrimientos para cables eléctricos. Para la realización de estos productos se lleva a cabo un proceso continuo; el extruido o producto extruido se limita con las longitudes deseadas debido a que es un recurso de compresión en el que el tornillo sin fin lleva la materia de forma lineal hasta un orificio de salida en cual tiene una forma determinada dependiendo del producto final [18].

El procesamiento de productos comestibles a nivel comercial a estado inmerso en la industria a más de 60 años. La extrusión como un mecanismo de cocción continuo fue aprovechado a finales de la década de 1930 y la primera actividad comercial registrada por este proceso fue a mediados de la década de 1940. El producto final llevado a cabo fue la fécula de maíz expandida. En la actualidad el proceso de extrusión comercial se aplica a la mayoría de alimentos y sus derivados [19].

#### 1.3.1 Descripción del equipo de extrusión

##### - Tornillo de extrusión

También conocido como husillo es una de las partes fundamentales de este proceso debido a que se encarga de transportar, mezclar y fundir el material. Consiste en un rodillo largo rodeado por un filete en espiral, La calidad y la invariabilidad de este proceso

depende del diseño del tornillo. Los parámetros más importantes se los puede observar en la figura 11 siendo su largura (L), diámetro (D), el ángulo del filete ( $\theta$ ) y el paso de rosca (w) [20].

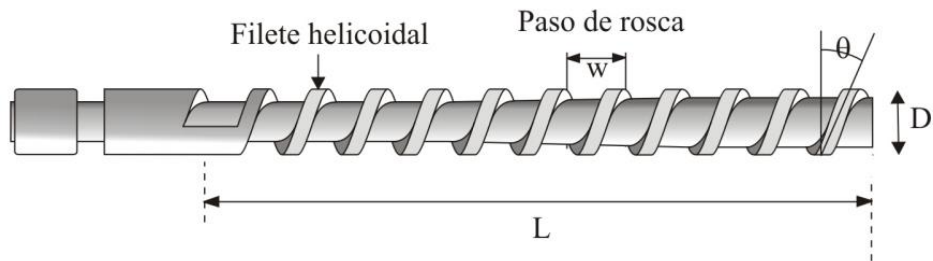


Figura 11. Tornillo o husillo [20]

Por lo general en este proceso el husillo no está acompañado de un sistema de enfriamiento o calentamiento, no obstante, y dependiendo las propiedades de la materia prima que vaya a ingresar a este mecanismo se emplean tornillos huecos para circular un fluido calefactor o refrigerante. El tornillo se lo puede considerar de forma cónica debido a medida que avanza el tornillo va presurizando el material, comenzando con la presión atmosférica de la tolva y aumentando hasta la salida que ocurre por la abertura del dado, la sección con mayor profundidad y paso es en la zona de alimentación (mayor profundidad de canal) [20].

### - Cilindro

El cilindro o camisa tiene una superficie rugosa en su interior lo que ayudara a aumentar las fuerzas de corte que soporta el material y permitir que fluya de manera lineal a lo largo del tornillo extrusor que se encuentra en el interior de este cilindro. La construcción del cilindro suele estar diseñado y mecanizado en aceros muy duros y resistentes y el algún caso viene con un revestimiento bimetalico que le haría evitar la corrosión y el desgaste mecánico y en su mayoría la resistencia del material suele ser mayor a la del tornillo [20].

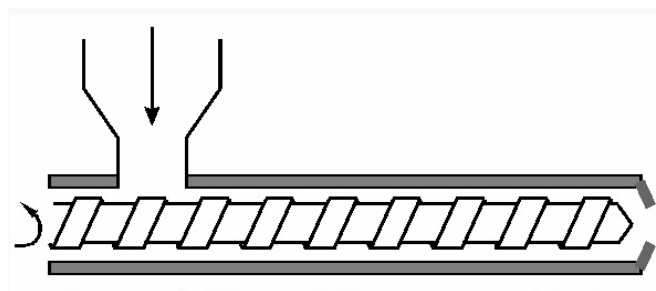


Figura 12. Cilindro o camisa que alberga el tornillo [21].

### - Tolva

Las tolvas de sección circular proveen un flujo constante de material en comparación a las de sección rectangular son más costosas debido a su dificultad de construcción y por lo general se diseñan con un volumen que permita albergar el material para las horas de trabajo que este diseñada la máquina, Consta de tres partes fundamentales Tolva, garganta de alimentación y boquilla (figura 13) las cuales deben estar perfectamente alineadas y acopladas [20].

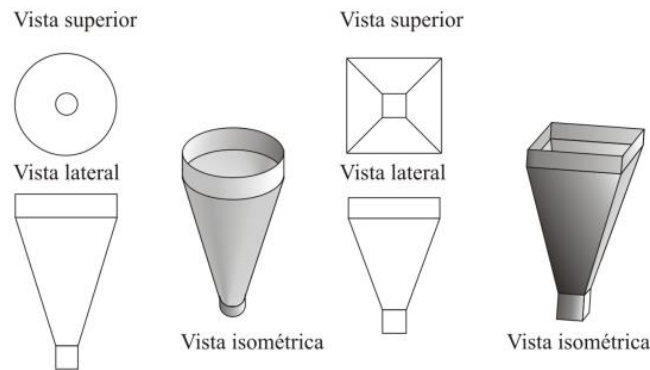


Figura 13. Tipos de tolvas [20]

### - Boquilla o dado

La boquilla es la pieza situada al final del cilindro, la cual es la encargada de comprimir y expulsar el material que ingrese a la máquina extrusora por lo general esta pieza va atornillada al cilindro para facilitar la limpieza del tornillo en la figura 14 muestra un sistema de boquilla cilindro de forma circular si muestra hacia donde fluye el material.

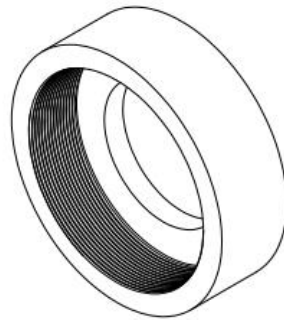


Figura 14. Boquilla o dado. Fuente: Autor

### 1.3.2 Motores eléctricos

Es una maquina idónea para convertir la energía eléctrica en mecánica y todo esto lo realiza mediante la acción de campos magnéticos que son generados por las bobinas que se encuentra en el interior del motor como se muestra en la figura 15 en la cual también se observa el nombre de las partes principales del motor.

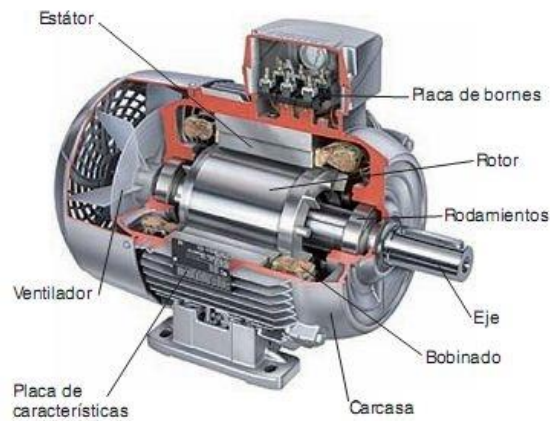


Figura 15. Motor eléctrico y sus partes [22].

Los principales componentes de un motor eléctrico son:

- Estator. Es uno de los elementos esenciales utilizados para transmitir potencia y es una parte fija de la parte rotativa de los motores eléctricos en corriente continua y corriente alterna en el caso de los generadores eléctricos.
- Rotor. Se trata de un eje que soporta un juego de bobinas envueltas sobre piezas polares estáticas. Esta parte rota o gira dentro de una maquina eléctrica la cual puede ser un generador o un motor eléctrico.
- Conmutador. Su función es cambiar periódicamente la dirección de la corriente entre el circuito externo y el rotor también se lo puede relacionar con una variedad de interruptor que se encuentra en algunos motores y generadores.
- Escobillas. Los generadores o motores eléctricos deben crear un enlace fijo entre las bobinas del rotor y la máquina. Para lograr este vínculo se fijan dos anillos de giro asilados de la electricidad del eje y conectado a la bobina rotatoria con sus terminales. Después se localiza unos bloques de carbón que mediante unos resortes realizan presión para establecer el contacto eléctrico. Estos bloques son las escobillas

Para entender cómo funciona un motor eléctrico. Debemos conocer que el magnetismo que mueve los objetos es una fuerza física y dependiendo de esta y como se alinean los polos de un imán los mismos que pueden repelerse o atraerse.

Los motores eléctricos se manejan con campos magnéticos los mismos que son creados por medio de la energía eléctrica y estos campos se resisten entre si para lograr hacer mover la parte giratoria, que es el rotor.

El cableado que conforma la bobina está envuelto en el rotor y su campo magnético opuesto al de la parte fija del motor se lo conoce como estator y por medio de este campo magnético apuesto el rotor intenta girar.

Mientras que el alternador es el encargado de cuidar el fallo del motor y permitir que este siga girando para que esto suceda cambia la polaridad del electroimán cuando los polos se alinean, que provoca que el motor se detenga

La corriente alterna (AC) es una gran mayoría alimenta los motores eléctricos [23].

### **1.3.3 Reductor de velocidad**

Lo que buscan estos reductores o motorreductores de velocidad acoplados al motor es que se aumente o disminuya la velocidad y la potencia mecánica de giro de acuerdo al funcionamiento de la máquina. Los motorreductores están compuestos por muchos pares de engranajes (figura 16) y son compactos [24].

Para seleccionar un reductor se debe realizar el estudio de cuanta velocidad de giro o par de torque se necesita para una carga especifica y potencia especifica. Lo que seria un indicador para determinar si disminuye o aumenta la velocidad con el objetivo de que la velocidad de entrada se estabilice y a la salida obtenga otra velocidad que permita mover la maquina regulando la fuerza y previniendo el daño del equipo [25].



Figura 16. Reductor de velocidades [26].

## **1.4 Materiales utilizados para la construcción de la máquina**

### **1.4.1 Acero Inoxidable 304**

Para la construcción del tornillo extrusor, camisa y dado, se selecciona este material debido a sus características tanto mecánicas como físicas y consultando el mercado nacional se puede mencionar al acero inoxidable 304 también conocido como acero inoxidable 18/8 tiene en su estructura un 8% de níquel (Ni), 18% de cromo (Cr), también dispone de resistencia a la corrosión, resistencia a altas y bajas temperaturas como material de trabajo en caliente, buena soldabilidad, procesabilidad en lo que implica el estampado y doblado. Por todas estas características es muy utilizado en la industria alimentaria, decoración de muebles y médica, etc [27].

### **1.4.2 Tipo de soldadura empleado en el proceso**

Se emplea por un proceso de soldadura de arco eléctrico, que establece un electrodo de tungsteno y este tipo es conocido como TIG (tungsten inert gas) y avalado por la AWS como Gas Tungsten Arc Welding-GTAW también interviene un gas inerte que protege al cordón de soldadura del aire con el baño de fusión y con el electrodo que trabaja a altas temperaturas.

La fuente que alimenta este tipo de soldadura puede ser alterna o continua, el proceso para aplicar la soldadura se lo realiza con un electrodo de tungsteno que este sujeto a una torcha que le trasmite corriente eléctrica e inserta el gas de protección también en ocasiones se utiliza pequeñas varillas de metal como material de aporte aplicándolas directamente al cordón de soldadura [28].

### **1.4.3 Descripción física del proceso**

Este proceso al igual que el resto de procesos de soldadura por arco eléctrico se lo diferencia por 2 puntos en específico, el primero es que el cordón de soldadura que une dos partes entre si puede realizarse con o sin material de aporte y el segundo es que el electrodo empleado en el proceso no sufre cambios (figura 17), por su modo de operación puede ser comparado a la soldadura OFW (Oxy-Fuel Welding), con la diferencia que el calor producido en este proceso es originado por una reacción química entre el gas y el oxígeno del ambiente.

El arco eléctrico se compone por 3 zonas, la anódica que es el polo positivo del arco, la catódica que es el polo negativo del arco y el plasma que es gas ionizado; El arco eléctrico



se genera por la circulación de corriente entre el cátodo y el ánodo trascurriendo esta corriente por una columna de gas ionizado conocido como plasma [28].

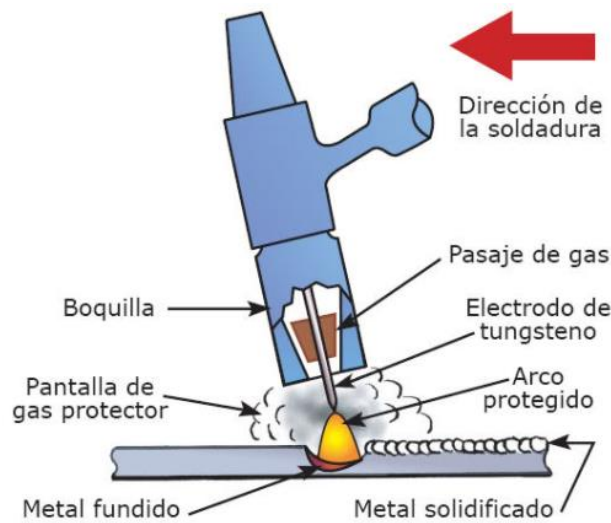


Figura 17. Proceso de soldadura GTAW. [28]

#### 1.4.4 Electrodo y su clasificación

Durante años los fabricantes de tungstenos han modificado la composición de estos para mejorar el proceso de la soldadura TIG contaminándolos con varios óxidos y por estas variaciones se obtuvo mejoras en el encendido del arco, disminución de erosión en la punta y estabilidad del arco. Para la selección de un electrodo es necesario considerar el metal de mayor punto de fusión  $3410^{\circ}$ , comparándolo con el aluminio  $660^{\circ}$  y el hierro  $1536^{\circ}$ .

La tabla 2 describe las diferentes aleaciones, las categorizaciones de la AWS e ISO con sus respectivos códigos, colores y la cantidad de óxido en su estructura [29].

Tabla 2. Aleaciones y clasificación de los electrodos.

Aleación	AWS	ISO	Cantidad de oxígeno
2 % Thorio	EWTh-2	WT20	1.7-2.2 % ThO <sub>2</sub>
2 % Cerio	EWCe-2	WC20	1.8-2.2 % CeO <sub>2</sub>
1.05 % Lanthanio	EwLa - 1.5	WL20	1.3 - 1.7 % La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1% Lanthanio	EwLa-1	WL10	0.8 - 1.2 % La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Zirconio	EWZr-1	WZ3	0.15 - 0.40 % ZrO <sub>2</sub>
Puro	EWP	W	Ninguno

Fuente: [29].

### 1.4.5 Gases para soldadura TIG

El gas de protección más utilizado para este proceso de soldadura es el argón, aunque se puede utilizar helio o mezclas de argón o hidrogeno para obtener mejores resultados, pero lo primero que se debe tener en cuenta en las características del material que se va a soldar como se puede apreciar en la tabla 3 [30].

Tabla 3. Gases para soldadura TIG

<b>Gas o Mezcla de gases</b>	<b>Metal</b>
<b>Argón</b>	Todos los metales
<b>Ar + He</b>	Recomendado para aceros inoxidable no compatibles con ARGÓN, metales y aleaciones de alta conductividad térmica (Aluminio y Cobre). La adición de Helio proporciona una soldadura más rápida que con Argón
<b>Ar + H<sub>2</sub></b>	Recomendado para soldadura manual o automática de acero inoxidable, Cobre – Níquel y aleaciones de Níquel.

Fuente: [30].

### 1.4.6 Varilla de aporte a la soldadura

Para seleccionar una varilla de aporte se debe establecer el proceso de soldadura y conocer el tipo de materiales de aporte en la soldadura, sin dejar de lado el cordón de soldadura que debe cumplir con los requerimientos de resistencia mecánica y calidad establecidos por la norma o a su vez especificados por el fabricante. [31].

Las varillas de aporte más utilizadas dependiendo del material hallamos:

**Acero inoxidable:** TIG WELD 308L, TIG WELD 309L, TIG WELD 316L.

**Acero al carbono:** TIG WELD ER 70S-3, TIG WELD ER 70S-6.

**Níquel:** ALLOY 82.

**Aluminio:** TIG 4043.

**Cobre:** APSIL 0, LOW FUMING BRONCE RF, LOW FUMING BRONCE D.

**Plata:** OXIWELD 600, OXIWELD 800.

Es recomendable elegir el tipo de varilla de aporte adecuado para el trabajo que se desea realizar, ya sea un proceso diferente a la soldadura TIG, ya que esto permite obtener cordones menos sensibles a la corrosión y con un grado de resistencia mayor [32].

## CAPITULO II

### ALTERNATIVAS

Con la finalidad de establecer la mejor opción en cuanto a eficiencia y durabilidad al momento de la extracción del aceite de aguacate, se instituyeron tres variantes de diseño que puedan cumplir con los requerimientos antes mencionados. A continuación, se muestra una breve descripción del funcionamiento de cada alternativa y sus detalles técnicos.

#### 1.5 Alternativas propuestas

- Prensa manual para la extracción de aceite de aguacate
- Molino manual con tornillo sin fin para la extracción de aceite de aguacate
- Molino eléctrico para la extracción de aceite de aguacate

##### 1.5.1 Prensa manual para la extracción de aceite de aguacate

La figura 18 muestra el diseño de una prensa manual para la extracción de aceite de aguacate.

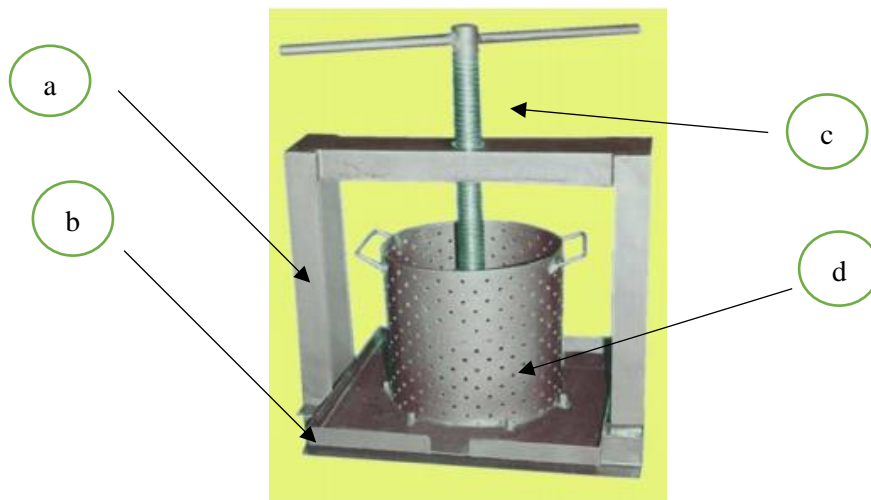


Figura 18. Prensa manual

#### Elementos principales

a- Marco o estructura

b-Bandeja

c-Tornillo

d-Jaula metálica

### Funcionamiento

Los frutos triturados se colocan en una jaula cilíndrica perforada. Por encima de la masa triturada hay un tornillo en cuya base hay un plato de presión. Al hacer girar el tornillo, el plato desciende y comprime la masa, liberando el aceite a través de los pequeños orificios de la superficie del cilindro. El aceite se recoge en una bandeja colocada debajo de la prensa. Los equipos vienen provistos de dos cilindros de modo que mientras uno está siendo presionado, el otro puede ser llenado cada cilindro puede cargar 40 a 50 kg [33].

### Ventajas

- Compacto
- Operación sencilla
- Operando por una persona

### Desventajas

- Mezcla de aceite con residuos del aguacate
- Baja producción de aceite

## 1.5.2 Molino manual con tornillo sin fin para la extracción de aceite de aguacate

La figura 19 muestra el diseño de un molino manual con tornillo sin fin para la extracción de aceite de aguacate.

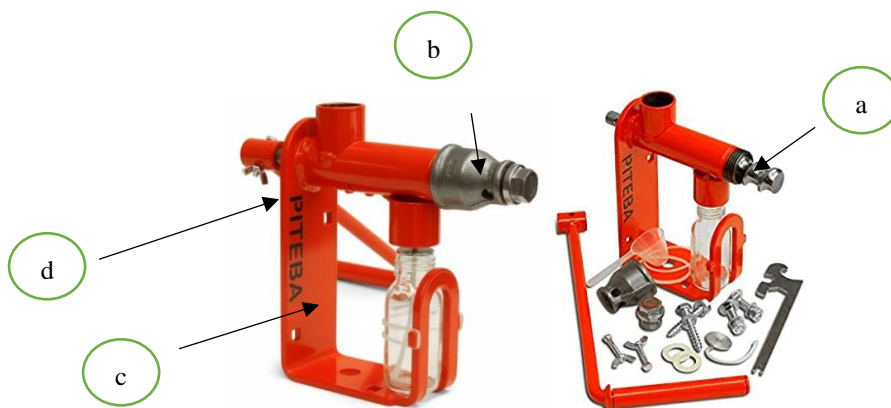


Figura 19. Molino manual [34].

## Elementos principales

a - Tornillo sin fin

b - Boquilla

c - Manivela

d - Carcasa

## Funcionamiento

Llenar el molino con la pulpa de aguacate y girar la manivela. El aceite por la hendidura del tubo del molino comenzará a bajar de manera simultánea mientras que el desecho de la pulpa saldrá por las aberturas de la boquilla y su rendimiento promedio será de 2kg por hora.

## Ventajas

- Operación sencilla
- Reducción de la manipulación en producto al ser procesado
- Operado por una persona
- Mayor volumen de producción de aceite

## Desventajas

- Mediana producción de aceite
- Producción discontinua

### 1.5.3 Molino eléctrico para la extracción de aceite de aguacate

La figura 20 muestra el diseño de un molino eléctrico para la extracción de aceite de aguacate.

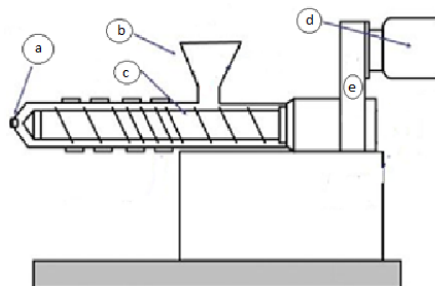


Figura 20. Molino eléctrico extrusor [18].

### **Elementos principales**

a -Dado o boquilla. Se conoce como la parte por donde sale el material comprimido en la parte final del proceso.

b - Tolva

c - Tornillo

d -Motor

e -Motorreductor

### **Funcionamiento**

El principio de funcionamiento del tornillo sin fin es transformar la materia prima a través del transporte y compresión. En este proceso se precisa a la materia prima a fluir mediante el tornillo como se muestra en la figura 20 que se muestra el recorrido que realiza en material.

### **Ventajas**

- Operación sencilla. Debido a que cuenta con una botonera de encendido y paro de la máquina.

- Reducción de manipulación de la materia prima

- Operada con una persona

- Reducción de restos sólidos en el producto final (aceite)

- Mayor volumen de materia prima procesada

- Costo moderado

- Fácil mantenimiento

### **Desventajas**

- Necesita de alimentación continua. Ya que la maquina cuenta con una tolva que cumple con los requerimientos del usuario.

- Necesita de corriente eléctrica

## **1.6 Análisis de selección**

### **1.6.1 Factores a considerarse**

Los siguientes factores a considerarse se detallan a continuación:

#### **Extracción**

Para realizar este proceso es necesario que la pulpa obtenida del aguacate sea tratada para lograr su máxima extracción de aceite

#### **Capacidad de producción**

Que la máquina cumpla con los parámetros de producción establecidos por el usuario que es de 4 a 7 Kg/h

#### **Facilidad de operación**

Capacidad y facilidad de operar la máquina por el beneficiario, evadiendo riesgos de trabajo como daños o accidentes a la propia máquina por su complejidad de operación.

#### **Fabricación**

Parámetro basado en la disposición de fabricación y construcción de sus componentes.

#### **Partes y piezas**

Este punto resalta el número de elementos que conforman el conjunto teniendo en cuenta la cantidad y factibilidad de construcción.

#### **Montaje**

El montaje de la máquina debe ser ordenada y coherente para que las partes y piezas puedan ser montadas según el diseño

#### **Mantenimiento**

Es un factor muy importante debido a que se considera que la máquina tenga una larga vida útil sin perder su funcionalidad y que pueda ser puesta en marcha por cualquier usuario sin la necesidad de conocimientos técnicos.

#### **Seguridad**

Parámetro que se basa en la manipulación del equipo

## 1.7 Selección de alternativa

El planteamiento de parámetros de funcionamiento y costos, que cumplan con los requerimientos para un procesamiento adecuado en la obtención de aceite de aguacate. Los parámetros propuestos se los puede divisar en 2.2

Tabla 4. Parámetros y selección de alternativa

<b>Parámetros</b>	<b>Alternativa 1 Prensa manual</b>	<b>Alternativa 2 Molino manual</b>	<b>Alternativa 3 Molino eléctrico</b>
1 Extracción	6	7	9
2 Capacidad de producción	5	6	9
3 Facilidad de operación	7	7	8
4 Fabricación	8	8	8
5 Partes y piezas	8	8	8
6 Montaje	9	9	9
7 Mantenimiento	6	7	8
8 Seguridad	5	6	8
Total / 80	54	58	67

Tabla de parámetros y selección de alternativa. Fuente: Autor

Por lo observado en la tabla 4 la alternativa 3, "Molino eléctrico", es la mejor opción a considerar y que brinda los mejores parámetros para cumplir con las necesidades de este proceso de extracción de aceite de aguacate.



## CAPITULO III

### Cálculos, diseño de la máquina y resumen de resultados

#### 1.8 Parámetros para la extracción de aceite de aguacate

Para dimensionar y determinar la capacidad de operación de la máquina extrusora se tomarán en cuenta dos puntos. El primero es la cantidad de materia prima a ser procesada y el segundo punto se obtendrá de parámetros similares para el proceso de extrusión debido a que no existen datos suficientes de la materia prima después de realizar el proceso para la extracción de aceite y ser tabulados ya que la misma debe tener un tiempo de maduración del fruto, extracción de la semilla y calentamiento de la pulpa se toma como referencia los datos de las semillas de cacao que pasan por un proceso similar para la extracción de su aceite. Como información complementaria se tomará en cuenta diseños de máquinas con características y capacidades semejantes para determinar las dimensiones necesarias para en diseño del tornillo y la camisa.

##### 1.8.1 Diseño del tornillo

Para el diseño del tornillo extrusor se necesitan conocer los parámetros mostrados en la figura 21 aparte de estos parámetros se debe resaltar que este elemento es el más importante de la maquina ya que cumple con 3 funciones esenciales trasportar, fundir y mezclar el material. El producto final que se obtiene de estas funciones depende enormemente del diseño del tornillo [20].

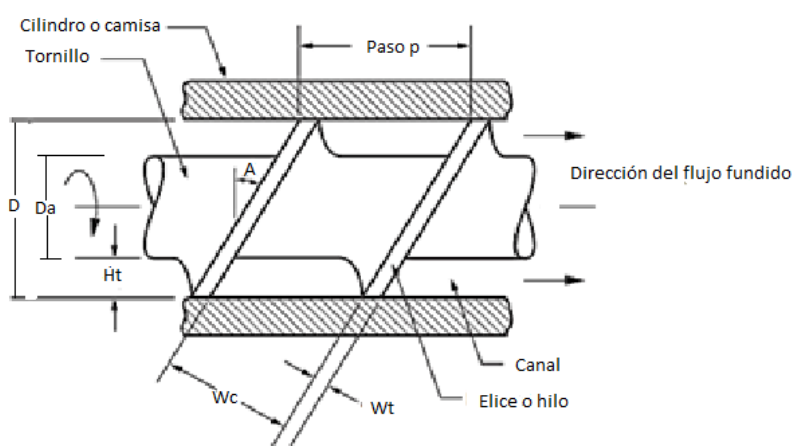


Figura 21. Detalle de un tornillo extrusor dentro del cilindro o camisa [19].

A medida que el tornillo gira las cuerdas o hélices empujan el material hacia adelante a través del ancho de los canales  $W_c$  que van reduciendo su altura  $H_t$  empezando en el extremo de la tolva sujeta en la camisa hasta llegar al dado, a pesar que en el diagrama no se distingue el diámetro de las cuerdas es menor al diámetro  $D$  por una diferencia de altura alrededor de 0.05 mm (0.02 in). La parte trasera del tornillo se le conoce como muñón y se encarga de minimizar la fuga de material por los canales. Las hélices o cuerdas del tornillo tienen un espesor  $W_f$  y están hechas de acero endurecido con el fin de resistir el uso prolongado del tornillo cuando esta gira y presiona contra el interior de la camisa o cilindro. El paso del tornillo tiene un valor cercano al diámetro del tornillo. Las hélices o cuerdas del tornillo cuentan con un ángulo  $A$ .

Tabla 5. Parámetros para el diseño del tornillo

Variable	Nomenclatura	Valor
Diámetro del tornillo	D	43 mm
Diámetro del alma del tornillo	Da	29 mm
Holgura camisa del tornillo	Het	0,5 mm
Altura del hilo del tornillo en la parte inicial	Ht <sub>i</sub>	7 mm
Altura del hilo del tornillo en la parte final	Ht <sub>f</sub>	2.5 mm
Ancho del hilo del tornillo	Wf	4.3 mm
Paso del tornillo	p	22 mm
Longitud del tornillo	Lt	220 mm

Fuente: Autor

### 1.8.1.1 Angulo del filete del tornillo A

Una vez definidos los parámetros en la tabla 5 se prosigue al cálculo mediante la ecuación (1), según [35].

$$A = \tan^{-1} \left( \frac{p}{2\pi * r_m} \right) \quad (1)$$

Dónde

$r_m$  = Relación entre diámetro del tornillo y el promedio de radios del tornillo

p = Paso del tornillo

A = Ángulo de la hélice de canal

$$r_m = \left( \frac{D - Ht_f}{2} \right) \quad (2)$$

$$r_m = \left( \frac{43 \text{ mm} - 2.5 \text{ mm}}{2} \right)$$

$$r_m = 20.25 \text{ mm}$$

Remplazando valores se tiene

$$A = \tan^{-1} \left( \frac{22 \text{ mm}}{2\pi * 20.25 \text{ mm}} \right)$$

$$A = 9.80^\circ \approx 10^\circ$$

### 1.8.1.2 Ancho del canal del tornillo ( $W_c$ )

Estará determinado por el diámetro del tornillo  $D$  y el ángulo del filete  $A$  como se muestra en (3), según [18].

$$W_c = (\pi * D * \tan(A) - W_f) \cos(A) \quad (3)$$

Donde:

$W_c$  = ancho del canal del tornillo

$D$  = diámetro del tornillo (mm)

$A$  = ángulo del filete (grados)

$W_f$  = ancho del filete (mm)

Para definir el ancho del filete del tornillo ( $W_t$ ) se considera la siguiente expresión 0.1 \*  
 $D$  después remplazamos todos los datos en la ecuación (3)

$$W_c = (\pi * 43 \text{ mm} * \tan(10^\circ) - 4.3 \text{ mm}) \cos(10^\circ)$$

$$W_c = 19.22 \text{ mm}$$

Se tomará como referencia la tabla 6 para obtener la característica de corte del tornillo

Tabla 6. Especificaciones de operación de un tornillo extrusor tipo expeller

<b>Variable de operación</b>	<b>Expeller de corte bajo</b>	<b>Expeller de corte medio</b>	<b>Expeller de corte alto</b>
Humedad de la materia prima (%)	25-35	20-30	12-20
Temperatura máxima del producto(C)	50-120	125-175	150-200
Relación Lt/Dt	5-8	10-20	4-12
Relación de compresión	1:1.5	2-3:1	3-5:1
Velocidad del tornillo	3-10	10-25	30-45
Energía mecánica neta de entrada (Kw-hr/kg)	0.03-0,06	0.04-0,08	0.10-0.14

Fuente: Food Extrusion Science an Technology

Mediante el siguiente cálculo se puede establecer el tipo de corte del tornillo.

$$\frac{L_t}{D} = \frac{220 \text{ mm}}{43 \text{ mm}} = 5,11 \quad (4)$$

Obtenido este resultado y mediante la tabla 6 se establece que el tornillo es de corte bajo ya que este parámetro es considerado de 5-8

### 1.8.1.3 Cálculo de la velocidad de giro del tornillo

Para determinar la velocidad del tornillo de la máquina se debe considerar la capacidad de la misma, con el objetivo de satisfacer la necesidad del usuario, la capacidad es de 7 kg/h de materia prima y utilizamos la ecuación (5) descrita por [36].

$$N_{\min} = \frac{R}{2.3 * D^2 * Ht_f * g} \quad (5)$$

Donde:

R = Capacidad de producción (lb/min)

D = Diámetro del tornillo (in)

$N_{\min}$  = Velocidad angular del tornillo (rad/s)

$Ht_f$  = Altura del hilo del tornillo en la parte final (in)

$g$  = Densidad de la materia prima (lb/in<sup>3</sup>)

$$N_{\min} = \frac{15,4324 \text{ lb/min}}{2.3 * (1,69291 \text{ in})^2 * (0.0984252 \text{ in}) * 0,9}$$

$$N_{\min} = 26,4295 \text{ rpm} \approx 2.7676 \text{ rad/s}$$

El resultado obtenido mediante la ecuación (3.5) indica la velocidad de giro del tornillo extrusor para alcanzar una capacidad de 7 Kg/h que cumpliría con los requerimientos de la máquina en condiciones ideales, sin considerar el tipo de materia prima que se va emplear y su comportamiento dentro del cilindro. Debido a que la mayoría de alimentos extruidos se comportan como fluidos no newtonianos se debe emplear el criterio de [37] para calcular el caudal volumétrico corregido para ello se debe conocer los siguientes parámetros:

#### 1.8.1.4 Gradiente de presión

Para el cálculo del gradiente de presión se emplea la ecuación 6 descrita por [18].

$$\Delta P = \int_0^{L_t} \frac{[\alpha * (Ht_i) * \sin(A) * \cos(A) - Q1] * \mu_{ap}}{\beta * (Ht_i)^3 * \sin(A) * \sin(A)} dx \quad (6)$$

Donde:

$\Delta P$  = Gradiente de presión

$L_t$  = Longitud del tornillo extrusor

$\alpha$  = Coeficiente para gradiente de presión

$Ht_i$  = Altura del hilo del tornillo en la parte inicial

$A$  = Ángulo del filete

$\mu_{ap}$  = Viscosidad aparente

$\beta$  = Coeficiente para gradiente de la presión

$\rho$  = Densidad de la materia prima

### 1.8.1.5 Caudal volumétrico deseado

$$Q1 = \frac{Q_{kg} * 10^9}{3600 * \rho} \quad (7)$$

$$Q1 = \frac{\frac{7kg}{h} * 10^9}{3600 * 900kg/m^3}$$

$$Q1 = 2,16 * 10^3 \text{ mm}^3/s$$

### 1.8.1.6 Razón de corte

$$\gamma_{app} = \frac{\pi * N_{rad} * D}{Ht_i} \quad (8)$$

$$\gamma_{app} = \frac{\pi * 2,7676 \text{ rad/s} * 43 \text{ mm}}{7 \text{ mm}}$$

$$\gamma_{app} = 53,41 \frac{1}{s}$$

### 1.8.1.7 Viscosidad aparente

$$\mu_{ap} = mf * \gamma^{nf-1} \quad (9)$$

Donde los factores mf y nf son datos obtenidos en tablas. Ver anexo C2

$$\mu_{ap} = 223 * \left(10,034 \frac{1}{s}\right)^{0,78-1}$$

$$\mu_{ap} = 223 * \left(10,034 \frac{1}{s}\right)^{0,78-1}$$

$$\mu_{ap} = 134,27 \text{ Pa.s}$$

### 1.8.1.8 Coeficiente para gradiente de presión $\alpha$

$$\alpha = 0.5 * \pi^2 * D^2 * Nrad \quad (10)$$

$$\alpha = 0.5 * \pi^2 * 43^2 \text{ mm} * 2.7676 \text{ rad/s}$$

$$\alpha = 25.25 \times 10^3 \text{ mm}^2/\text{s}$$

### 1.8.1.9 Coeficiente para gradiente de la presión $\beta$

$$\beta = \frac{\pi * D}{12} \quad (11)$$

$$\beta = \frac{\pi * 43 \text{ mm}}{12}$$

$$\beta = 11.25 \text{ mm}$$

Se reemplaza valores en la ecuación 6 para determinar el gradiente de presión.

$$\Delta P = \int_0^{230} \frac{[25.25 \times 10^3 * (7) * \sin(10) * \cos(10) - 2,1604 \times 10^3] * 134,27}{11.25 * (7)^3 * \sin(10) * \sin(10)} dx$$

$$\Delta P = 7,12 \text{ MPa}$$

### 1.8.1.10 Presión máxima de extrusión

Una vez encontrado el valor del gradiente de presión se realiza el cálculo de la presión máxima de extrusión descrita por [18].

$$P_{\max} = \frac{6 * \pi * D * Nrad * Lt * \mu_{ap} * \text{Cot}(A)}{Ht_i^2} \quad (12)$$

$$P_{\max} = \frac{6 * \pi * 43 * 2.76 * 220 * 134,27 * \text{Cot}(10)}{7^2}$$

$$P_{\max} = 7,64 \text{ MPa}$$

### 1.8.1.11 Caudal volumétrico

Con la obtención de estos datos se efectúa el cálculo de la capacidad real de la máquina para ello se emplea la ecuación 14 descrita por [18].

$$Q = Q_d - Q_p \quad (13)$$

$Q_d$  = Flujo de arrastre

$Q_p$  = Flujo de contrapresión

$$Q = \frac{\pi * D * N_{rad} * \cos(A) * W_t * H_{t_i}}{2} F_d - \frac{W_c * H_{t_i}^3 * \sin(A) * P_{max}}{12 * \mu_{app} * L_t} F_p \quad (14)$$

Donde:

$D$  = Diámetro del tornillo

$N_{rad}$  = Velocidad angular del tornillo

$A$  = Ángulo del filete del tornillo

$W_c$  = Ancho del canal del tornillo

$H_{t_i}$  = Altura del hilo del tornillo en la parte inicial

$F_d$  = Factor de corrección

$F_p$  = Factor de corrección

$P_{max}$  = Presión máxima de extrusor

$\mu_{app}$  = Viscosidad aparente

$L_t$  = Longitud del tornillo



### 1.8.1.12 Factor de corrección Fd y Fp

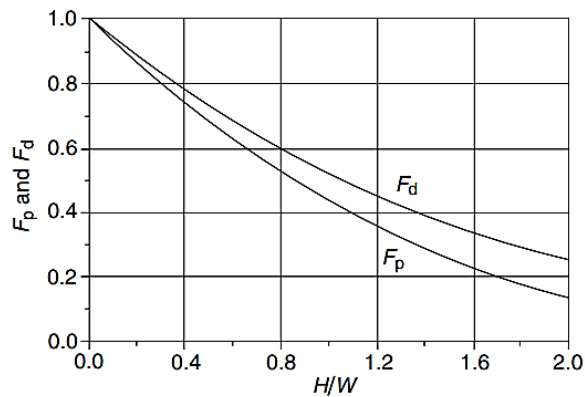


Figura 22. Factor de corrección Fd y Fp [37].

$$\frac{H}{Wt} = \frac{7}{19.22} = 0.36 \quad (15)$$

$$F_p = 0,88 \quad \wedge \quad F_d = 0,92$$

Después de encontrar los factores de corrección se reemplaza los valores en la ecuación (14)

$$Q = \frac{\pi * 43 * 2.76 * \cos(10) * 19.22 * 7}{2} 0.92 - \frac{19.22 * 7^3 * \sin(10) * 7.64 * 10^6}{12 * 134,27 * 220} 0.88$$

$$Q = 1,78 * 10^3 \text{ mm}^3/\text{s}$$

Se realiza la transformación a Kg/h

$$Q = 5,7672 \text{ Kg/h}$$

### 1.9 Determinación de la potencia

Conforme el tornillo gire adentro del cilindro llevando el material fundido se debe tomar en cuenta el flujo de arrastre, que se obtiene de la fricción entre el líquido viscoso y las 2 superficies opuestas que se muestran con relación a otra que viene representado por la ecuación (16) según [38] por otro lado, al comprimir el material a través del troquel en sentido opuesto, se crea una contrapresión en el cilindro que resta la cantidad del material

que se mueve por flujo de arrastre a este flujo se le llama de contrapresión [18] para esto se emplea la ecuación (17) según [38] .

### 1.9.1 Flujo de arrastre

$$Q_f = \frac{1}{2} * \pi * D * N * H_{t_f} * W_c * \cos \theta_t \quad (16)$$

Donde:

$Q_f$  = Flujo de fricción

$D$  = Diámetro del husillo

$N$  = Número de revoluciones en rad/s

$H_{t_f}$  = Altura del filete en la parte final del tornillo

$W_c$  = Ancho del canal

$A$  = Ángulo del filete.

$$Q_f = \frac{1}{2} * \pi * 43 * 2.76 * 2,5 * 19.22 * \cos(10^\circ)$$

$$Q_f = 8.821 \times 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

$$Q_f = 8.821 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### 1.9.2 Flujo de contrapresión

$$Q_p = \frac{1}{12 * \mu_{ap}} * W_c * H_{t_f}^3 * \text{sen}(A) * \frac{\Delta P}{L_t} \quad (17)$$

Donde:

$Q_p$  = Flujo de presión

$\mu_{ap}$  = Viscosidad aparente

$W_c$  = Ancho del canal

$H_{t_f}$  = Altura del filete al final del tornillo

$\Delta P$  = Variación de presión

$L_t$  = Longitud del tornillo

$$Q_p = \frac{1}{12 * 134,27 \text{ Pa.s}} * 19,22 * 2,5^3 * \text{sen}(10) * \frac{7,12 \text{ MPa}}{220}$$

$$Q_p = 1.04 \times 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}$$

Flujo total es la sumatoria de los 2 flujos

$$Q_t = Q_f + Q_p \quad (18)$$

$$Q_t = 8.821 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} + 1.04 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_t = 9.861 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

### 1.9.3 Potencia mediante al flujo

Para calcular la potencia mediante los flujos antes calculados se emplea la ecuación (19) según [38].

$$P_f = Q_t \times \Delta P \quad (19)$$

Donde:

$Q_T$  = Flujo total

$Q_f$  = Flujo de fricción

$Q_P$  = Flujo de presión

$$P_f = 9.861 * 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} * 7,12 \text{ MPa}$$

$$P_f = 70,21 \text{ W}$$

$$P_f = 0,070 \text{ KW}$$

#### 1.9.4 Pérdidas por instalaciones eléctricas ( $Z_e$ )

$$Z_e = 0,015(P_f) \quad (20)$$

Donde:

$Z_e$  = Representa las pérdidas por instalaciones eléctricas

$P_f$  = Potencia en base al flujo

$$Z_e = 0,015(0,070 \text{ KW})$$

$$Z_e = 1.05 \times 10^{-3} \text{ KW}$$

#### 1.9.5 Pérdidas en motores y generadores ( $Z_m$ )

$$Z_m = 0.03(P_f) \quad (21)$$

Donde:

$Z_m$  = Representa las pérdidas en motores y generadores

$P_f$  = Potencia en base al flujo

$$Z_m = 0.03(0.070 \text{ KW})$$

$$Z_m = 2.1 \times 10^{-3} \text{ KW}$$

### 1.9.6 Potencia real en un motor

Para realizar el cálculo se toma en cuenta la sumatoria de potencia en flujos, las pérdidas por instalaciones eléctricas también, las pérdidas en motores y generadores. Y se determina con la ecuación (22).

$$P_R = P_T + Z_e + Z_m \quad (22)$$

Dónde

$Z_m$ = Representa las pérdidas en motores y generadores

$Z_e$ = Representa las pérdidas por instalaciones eléctricas

$P_T$ = Potencia en base al flujo

$P_R$ = Potencia real en base al flujo

$$P_R = 0,070 \text{ KW} + 1.05 \times 10^{-3} \text{ KW} + 2.1 \times 10^{-3} \text{ KW}$$

$$P_R = 0.07315 \text{ KW}$$

Una vez encontrado la potencia real del motor se sugiere utilizar un motor de ½ hp

### 1.9.7 Torque

Es la fuerza que provocan los cuerpos en rotación, el motor produce fuerza en el tornillo extrusor y por ende lo hace girar. Para encontrar el valor de esta fuerza, se utiliza los dos sistemas de medidas indicados en las ecuaciones (3.23) y (3.24) según [39].

Sistema ingles

$$P_D = \frac{2 * \pi * N * T}{60} \quad (23)$$

Donde:

$P_D$  = Potencia real diseño (HP)

$N$  = Número de revoluciones de salida (rpm)

$T$  = Torque (lbf x plg)

$$T = \frac{PD * 60}{2 * \pi * N}$$

$$T = \frac{0.5 * 60}{2 * \pi * 30}$$

$$T = 0.1591 \text{ lbf/plg}$$

Sistema internacional

$$H = T * W \quad (24)$$

Donde:

H= Potencia (Watt)

W= Velocidad angular (rad/s)

T= Torsión (N.m)

N= rpm

$$T = \frac{372.85}{3.1416}$$

$$T = 118.68 \text{ N.m}$$

### 1.10 Peso del tornillo extrusor

Se debe calcular el peso del tornillo extrusor para por medio de ello encontrar las fuerzas que se generan a lo largo del mismo.

Se utiliza la herramienta de simulación SolidWorks que indica la masa del tornillo extrusor de 2,48 Kg

### 1.11 Longitud del muñón

“El muñón es la parte posterior del tornillo que tiene una amplitud de 5 a 6 % de la longitud del tornillo” [38]. Se utiliza la ecuación (25).

$$L_m = 5\% * L \quad (25)$$

$$L_m = 5\% * 220\text{mm}$$

$$L_m = 11 \text{ mm}$$

### 1.12 Análisis estático del tornillo extrusor

En base al diagrama de cuerpo libre representado en la figura 23, se calcula los esfuerzos a los que está sometido el tornillo extrusor.

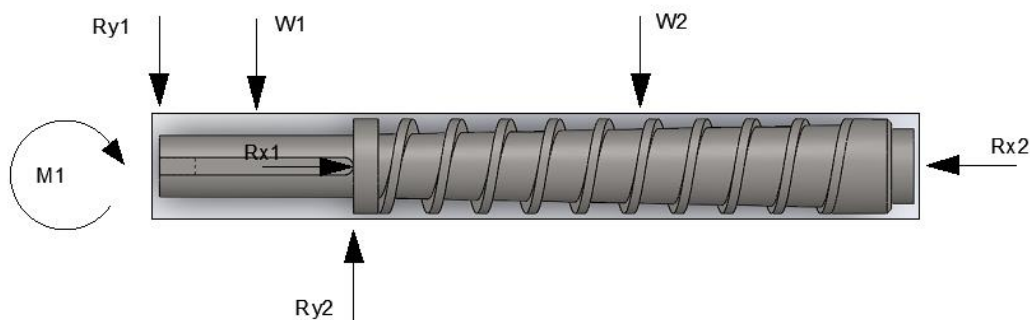


Figura 23. Distribución de fuerzas y momentos. Fuente: Autor

Por otro lado, en la figura 24 se muestra las dimensiones de las secciones del tornillo extrusor las mismas que influirán en los cálculos.

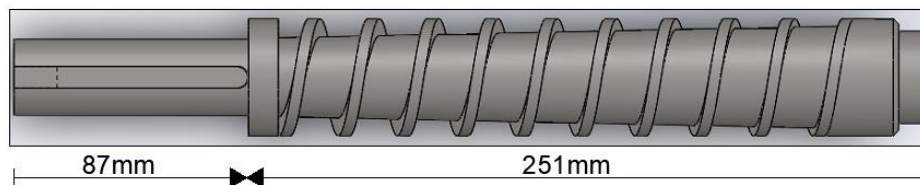


Figura 24. Dimensiones del tornillo extrusor. Fuente: Autor

Luego de establecer los pesos de las secciones que forman parte del tornillo extrusor, se calcula las reacciones y se realiza el diagrama de fuerza cortante (figura 25) y el diagrama de momento flector (figura 26) mediante el programa Autodesk Inventor.

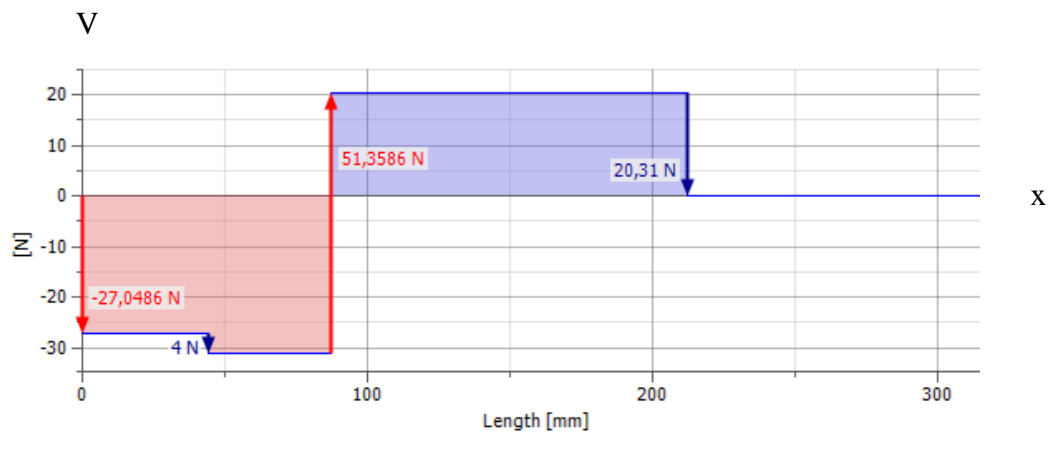


Figura 25. Diagrama de fuerza cortante mediante Autodesk Inventor. Fuente: Autor

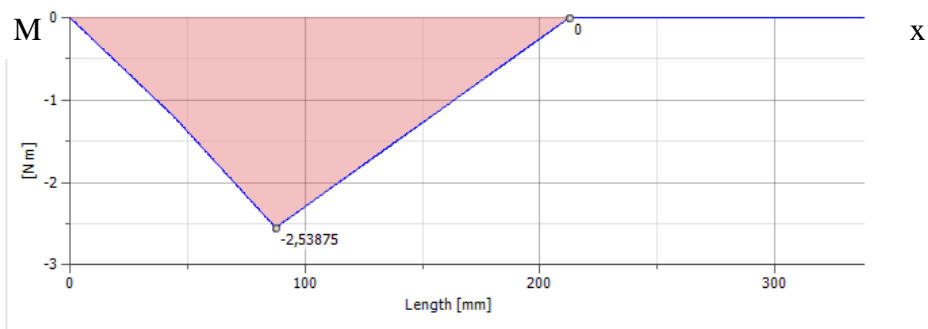


Figura 26. Diagrama de momento flector mediante Autodesk Inventor. Fuente: Autor

### 1.13 Diseño del tornillo extrusor por efecto de torsión

“La torsión se refiere al torcimiento de un tramo estructural cuando se carga con momentos que provocan rotación alrededor de su eje longitudinal” [39].

Durante la torsión si se fija el extremo izquierdo de la barra y ocurre una rotación respecto a su eje longitudinal figura 27, entonces el extremo derecho de la barra rotará un ángulo  $\theta$  con relación al extremo izquierdo y este ángulo  $\theta$ , se lo conoce como ángulo de torsión.



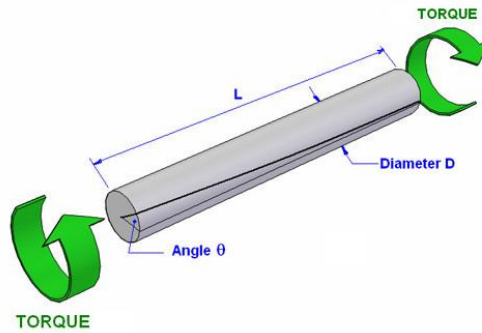


Figura 27. Eje circular sometido a torsión pura

En una barra circular sometida a torsión su esfuerzo cortante máximo se puede calcular con la ecuación (26) según [39].

$$\tau_{\max} = \frac{T * r}{J_p} \quad (26)$$

Dónde

$\tau_{\max}$  = Esfuerzo cortante máximo

T = Momento de torsión

r = Radio del eje

$J_p$  = Momento polar de inercia

La ecuación (26) establece que el esfuerzo cortante máximo es proporcional al momento de torsión T, y al radio r, e inversamente proporcional al momento polar de inercia en una sección transversal. Esta ecuación se conoce como fórmula de la torsión.

El momento polar de inercia varía de acuerdo al tipo de eje si es macizo o es una barra circular hueca.

### 1.13.1 Momento polar de Inercia para un eje macizo

Habiendo como dato el diámetro del tornillo extrusor se procederá a efectuar el cálculo de su momento polar de inercia mediante la ecuación (27) determinada por [39], considerando que es un eje circular macizo (Anexo C3).

$$J_p = \frac{\pi * D^4}{32} \quad (27)$$

Dónde:

D = Diámetro del eje

$J_p$  = Momento polar de inercia

$$J_p = \frac{\pi * (43 \text{ mm})^4}{32}$$

$$J_p = 3.3564 \times 10^{-7} \text{ m}^4$$

### 1.13.2 Esfuerzo cortante máximo ( $\tau_{\max}$ )

Se reemplaza los valores en la ecuación (26).

$$\tau_{\max} = \frac{T * r}{J_p}$$

$$\tau_{\max} = \frac{5.37 \text{ N.m} * (0.0215 \text{ m})}{3.3564 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\tau_{\max} = 343984.623 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \frac{1 \text{ KN}}{1000\text{N}}$$

$$\tau_{\max} = 343.9846 \frac{\text{KN}}{\text{m}^2}$$

### 1.13.3 Angulo de torsión

Una vez obtenido el esfuerzo cortante máximo se procede a calcular el ángulo de torsión en base a la ecuación (28) [40].

$$\alpha = \frac{T * L}{G * J_p} \quad (28)$$

Dónde

$\alpha$  = Ángulo de torsión

T = Momento de torsión

L = Longitud total del husillo

$J_P$  = Momento polar de inercia

G = Módulo de rigidez de material (70.3 kN/mm<sup>2</sup>)

$$G = 70.3 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$G = 70.3 \times 10^6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Se reemplaza los valores en la ecuación (3.28)

$$\alpha = \frac{5.37 \text{ N.m} * 0,338\text{m}}{70.3 \times 10^6 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} * 3.3564 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\alpha = 0.07692 \text{ rad}$$

#### 1.14 Factor de seguridad estático (n)

“La teoría de energía de distorsión máxima anuncia que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación, total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del material” [39].

Según la teoría de distorsión, el factor de seguridad para cargas estáticas, se calcula con la ecuación (29).

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (29)$$

Donde:

$n$  = Factor de seguridad

$S_y$  = Límite de fluencia del material (Anexo C1)

$\sigma_{\max}$  = Esfuerzo máximo de Von Mises (KN/mm<sup>2</sup>)

Para determinar una posible falla estática, primero se debe calcular los esfuerzos normales y cortantes máximos, ya que en un cierto momento ocurren en forma compartida y estos están representados por la ecuación (30) y (31) [39].

$$\sigma_{x \max} = \sigma_{x m} + \sigma_{x a} \quad (30)$$

$$\tau_{xy \max} = \tau_{xy m} + \tau_{xy a} \quad (31)$$

Dónde:

$\sigma_{x \max}$  = Esfuerzo normal máximo

$\tau_{xy \max}$  = Esfuerzo cortante máximo

$\sigma_{x m}$  = Esfuerzo de compresión medio

$\sigma_{x a}$  = Esfuerzo alternante

$\tau_{xy m}$  = Esfuerzo de torsión medio

$\tau_{xy a}$  = Esfuerzo de torsión alternante = (0 KN/mm<sup>2</sup>)

Las relaciones que se establece para calcular estas reacciones son

$$\sigma_{x m} = P_{\max} \quad (32)$$

Dónde

$\sigma_{x m}$  = Esfuerzo compresión medio

$P_{\max}$  = Presión máxima

Esfuerzo compresión medio [40].

$$\sigma_{x m} = -7.64 \text{ MPa}$$

Esfuerzo alternante [40].

$$\sigma_{x^a} = \frac{\pm M_f * c}{I} \quad (33)$$

Dónde

$M_f$  = Momento flector en el punto

$c = r =$  Radio

$D =$  Diámetro del tornillo extrusor

$I =$  Momento de inercia (Anexo C3)

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (34)$$

$$I = \frac{\pi * (43 \text{ mm})^4}{64}$$

$$I = 167820.0017 \text{ mm}^4$$

$$\sigma_{x^a} = \frac{-5.37 \text{ KN mm} * 21.5 \text{ mm}}{167820.0017 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{x^a} = -0.006879 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Después de obtener estos los valores se los reemplaza en la ecuación (30)

$$\sigma_{x \text{ max}} = \sigma_{x \text{ m}} + \sigma_{x^a}$$

$$\sigma_{x \text{ max}} = \left( -0,764 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \right) + \left( -0.006879 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} \right)$$

$$\sigma_{x \text{ max}} = -0.770879 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

De igual manera se reemplaza los valores en la ecuación (31)

$$\tau_{xy \text{ max}} = \tau_{xy \text{ m}} + \tau_{xy^a}$$

$$\tau_{xy \max} = 3.43 \times 10^{-4} \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} + 0$$

$$\tau_{xy \max} = 3.43 \times 10^{-4} \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}$$

“El esfuerzo de Von Mises, se ve disminuido cuando el esfuerzo a tensión uniaxial genera su propia energía de distorsión y no la que se produce con la combinación real de esfuerzos”

Debido al criterio anterior los esfuerzos multiaxiales de cortante y tensión se los trata como cargas a tensión pura. Para 2 dimensiones la componente alternante se suma a la componente media ecuación (35) [40].

$$\sigma'_{\max} = \sqrt{\sigma_{x \max}^2 + 3\tau_{xy \max}^2} \quad (35)$$

$$\sigma'_{\max} = \sqrt{\left(-0.770879 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}\right)^2 + 3\left(3.43 \times 10^{-4} \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}\right)^2}$$

$$\sigma'_{\max} = 0.77 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2} * \frac{1000\text{N}}{1\text{KN}} * \frac{1 \text{ Kg}}{9.81 \text{ N}}$$

$$\sigma'_{\max} = 78.49 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Para establecer el factor de seguridad estático se reemplaza estos valores en la ecuación (3.29).

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

$$N_s = \frac{276 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}}{78.49 \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}}$$

$$N_s = 3.51$$

El factor de seguridad 1.5 a 4 es para diseño de estructuras bajo carga estática, para lo que hay un alto grado de confianza en los datos de diseño empleados (Anexo C4)

### 1.15 Factor de seguridad dinámico (Nd)

Por lo general los elementos de maquina sufren algún tipo de falla cuando están sometidos a la acción de esfuerzos periódicos o fluctuantes por lo que un análisis más meticoloso revela que los esfuerzos máximos reales estuvieron por debajo de la resistencia última del material y también por debajo de la resistencia a la fluencia.

“La característica más notable de estas fallas radica en que los esfuerzos se repitieron un gran número de veces, por lo tanto, a la falla se la llama falla por fatiga” [40].

Viene representado por la ecuación (36).

$$Nd = \frac{Sy}{Se} \quad (36)$$

Dónde

Nd = Factor de seguridad dinámico

Sy= Límite de fluencia del material (Anexo C1)

Se = Límite de resistencia a la fatiga

“Marín identificó factores que cuantifican los ámbitos de la condición superficial, el tamaño, la carga, la temperatura y múltiples otros puntos. La cuestión respecto de ajustar el límite de resistencia a la fatiga a través de correcciones sustractivas o multiplicativas se resolvió a través de un amplio análisis. Por lo tanto, la ecuación (37) de Marín se escribe como”

$$.Se = Se' * Ka * Kb * Kc * Kd * Ke * Kf' \quad (37)$$

Se = Límite de resistencia a la fatiga

Se´= Límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria.

Ka = Factor de modificación de la condición superficial

Kb = Factor de modificación del tamaño

Kc = Factor de modificación de la carga

Kd = Factor de modificación de la temperatura

Ke = Factor de confiabilidad

Kf= Factor de modificación de efectos varios

### 1.15.1 Límite de resistencia a la fatiga en vigas rotatorias (Se´ )

Este factor nos permite calcular la resistencia a la fatiga en viga rotatoria en base a la resistencia a la tensión mínima Sut y se lo determina mediante la ecuación (38) descrita por [40].

$$Se' = 0.5 * Sut \quad (38)$$

Dónde

Sut = Esfuerzo último de corte (Anexo C1)

$$Se' = 0.5 * (568 \text{ MPa})$$

$$Se' = 284 \text{ MPa}$$

### 1.15.2 Factor de modificación de la condición superficial (Ka)

“La superficie de una muestra de viga rotativa está en extremo pulida y además de estos se considera dar un pulido final en la dirección axial para eliminar cualquier rayadura circunferencial. El factor de modificación depende de la calidad del acabado y de la apariencia de la viga y también de la resistencia a la tensión” [39] y viene representado por la ecuación (39).

$$Ka = a * (Sut)^b \quad (39)$$

Dónde

a y b = Coeficientes de acabado (Anexo C5)

$$Ka = 4.51 \text{ MPa} * (568 \text{ MPa})^{-0.265}$$



$$K_a = 0.839$$

### 1.15.3 Factor de tamaño (Kb)

El factor de tamaño se evalúa mediante la ecuación (40) que bien dada por [39], dependiendo el diámetro de nuestro tornillo extrusor.

$$\left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} \quad \text{para } 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \quad (40)$$

Dónde

D = Diámetro del tornillo extrusor (43 mm)

$$K_b = 1.189 (43 \text{ mm})^{-0.097}$$

$$K_b = 0.825$$

### 1.15.4 Factor de carga (Kc)

En función de ensayos se ha determinado los siguientes factores

Flexión  $C_{\text{carga}} = 1$

Carga axial  $C_{\text{carga}} = 0.70$

### 1.15.5 Factor de temperatura (Kd)

Cuando las temperaturas de trabajo son mayores que la temperatura del ambiente, es necesario investigar la fluencia ya que la resistencia a ésta disminuye con rapidez con el cambio de temperatura [39].

$$K_d = 1$$

(Anexo C6)

### 1.15.6 Factor de confiabilidad (Ke)

Para encontrar el factor de confiabilidad recurrimos al (Anexo C7) en donde se muestran los valores de confiabilidad deseada.

$$K_e = 0.753$$

### 1.15.7 Factor de modificación de efectos varios (Kf)

Gran parte de los datos de resistencia obtenidos son valores medios, hay considerable dispersión en múltiples ensayos de un mismo material bajo las mismas condiciones de prueba.

$$K_f' = 1 + q(K_t - 1) \quad (41)$$

$$K_f = \frac{1}{K_f'} \quad (42)$$

Donde:

$K_t$  = Factor de concentración de esfuerzos geométricos (Anexo C8)

$q$  = Sensibilidad de la muesca (Anexo C9).

$$K_f' = 1 + 0,84 (1,65 - 1)$$

$$K_f' = 1.546$$

$$K_f = \frac{1}{1.546}$$

$$K_f = 0.647$$

Se reemplaza los valores en la ecuación (37).

$$S_e = S_e' * K_a * K_b * K_c * K_d * K_e * K_f'$$

$$S_e = (284 \text{ MPa}) * (0.839) * (0,825) * (1) * (1) * (0.753) * (0.647)$$

$$S_e = 95,77 \text{ MPa}$$

Para encontrar el factor de seguridad dinámico se reemplaza los valores en la ecuación (36)

$$Nd = \frac{Sy}{Se}$$

$$Nd = \frac{276 \text{ MPa}}{95,77 \text{ Mpa}}$$

$$Nd = 2,88$$

“Considerar un factor de seguridad de tres o más resulta ser una garantía para diseño de estructuras estáticas o elementos de máquinas sometidos a cargas dinámicas, con incertidumbre en lo que corresponde a alguna combinación de cargas, propiedades del material, análisis de esfuerzos o el ambiente.

“El deseo de dar una seguridad adicional a mecanismos críticos puede justificar también el empleo de estos valores” [40].

### 1.16 Comprobación de la esbeltez

El tornillo se lo analiza como una columna debido a que puede fallar por pandeo y esto sucede cuando se encuentra sometido a carga axial aplicada y excede algunos valores críticos. “El factor que establece si una columna es corta o larga es su razón de esbeltez (slenderness ratio) para que no exista un fallo por pandeo es necesario que cumpla con la siguiente relación” [40] ecuación (43).

$$Fa < Pcr \quad (43)$$

Dónde:

Fa = Fuerza axial (420.03 KN)

Pcr = Carga crítica (KN)

Para determinar la carga crítica se utiliza la ecuación de Euler

$$Pcr = \frac{\pi^2 E A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2} \quad (44)$$

Dónde

E = Módulo de elasticidad (Anexo C1)

A = Área de sección transversal del husillo

KL/r = Razón de esbeltez

KL = Longitud Efectiva

r = Radio de giro

D = Diámetro del tornillo (43 mm)

Área trasversal del tornillo extrusor (Anexo C2)

$$A = \frac{\pi * (D)^2}{4} \quad (45)$$

$$A = \frac{\pi * (43 \text{ mm})^2}{4}$$

$$A = 1452.20 \text{ mm}^2$$

### 1.16.1 Longitud efectiva (KL)

Se comprobará mediante la ecuación (46) descrita por [41].

$$KL \quad (46)$$

Dónde

K= Factor de fijación en extremos (Anexo C10)

L= Longitud del husillo (338 mm)

$$KL = 2 * 338 \text{ mm} = 676 \text{ mm}$$

### 1.16.2 Radio de giro

Se obtiene con la ecuación (47) descrita por [41].

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad (47)$$

Dónde

I = Momento de inercia (167820.0017 mm<sup>4</sup>)

$$r = \sqrt{\frac{7167820.0017 \text{ mm}^4}{1452.20 \text{ mm}^2}}$$

$$r = 22.21 \text{ mm}$$

### 1.16.3 Razón de esbeltez KL/r

$$\frac{KL}{r} \tag{48}$$

$$\frac{KL}{r} = \frac{2 * (338 \text{ mm})}{21.5 \text{ mm}}$$

$$\frac{KL}{r} = 31.44$$

Para un acero AISI 304, cuya resistencia a la fluencia (Sy) es de 276 Mpa (Anexo C1). Se calcula la constante de columna, con la siguiente ecuación (49) descrita por [41].

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * E}{S_y}} \tag{49}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \pi^2 * \left(180 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}\right)}{0.276 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}}}$$

$$C_c = 64.01$$

Para determinar si la columna es larga debe cumplirse con la siguiente relación

$$\frac{KL}{r} > C_c$$

$$31.44 > 64.01$$

Se puede decir que la columna no es larga, y se determina la carga crítica con la fórmula de EULER ecuación (48).

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 E A}{\left(\frac{KL}{r}\right)^2}$$

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 (180 \frac{KN}{mm^2} * 1452.20 mm^2)}{(31.44)^2}$$

$$P_{cr} = 2609,95 KN$$

Con esta carga la columna (tornillo extrusor) comenzará difícilmente a pandearse.

Una carga segura tendría un valor pequeño, que se calculará al aplicar el factor de diseño a la carga crítica.

Para determinar la carga admisible se utiliza la ecuación (50) descrita por [41].

$$P_{ad} = \frac{P_{cr}}{N} \quad (50)$$

Dónde

$P_{ad}$  = Carga admisible (KN)

$P_{cr}$  = Carga crítica (KN)

$N$  = Factor de diseño 2.

$$P_{ad} = \frac{2609.95 KN}{3}$$

$$P_{ad} = 869.98 KN$$

Como se mencionó con anterioridad para que la columna no falle por pandeo debe cumplir con la siguiente relación.

$$F_a < P_{ad}$$

$$420,03 \text{ KN} \leq 869.98 \text{ KN}$$

Y con esta relación se comprueba que la fuerza axial se encuentra dentro de los límites calculados de la carga admisible.

### 1.17 Diámetro necesario para una columna

Para determinar si el diámetro del tornillo soporta la carga admisible se aplica la ecuación (51) descrita por [41].

$$D = \left[ \frac{64 * N * Pad * (KL)^2}{\pi^3 * E} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (51)$$

Dónde

N = Factor de diseño 3.

Pad = Carga admisible (KN)

KL = Longitud admisible

E = Módulo de elasticidad

$$D = \left[ \frac{64 * 3 * 869.98 * (676 \text{ mm})^2}{\pi^3 * 180 \frac{\text{KN}}{\text{mm}^2}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$D = (13676714.03\text{mm})^{1/4}$$

$$D = 43 \text{ mm}$$

Se ve que el diámetro del tornillo calculado resiste la carga admisible, y es igual al diámetro con el que se ha realizado los cálculos.

### 1.18 Cálculo del factor de seguridad de los hilos del tornillo extrusor

Para el diseño de los hilos del tornillo de extrusión se tomará a estos como una viga en voladizo como se muestra en la Figura 28, este cálculo es aplicado a tornillos donde sus hilos son de geometría cuadrada [42].

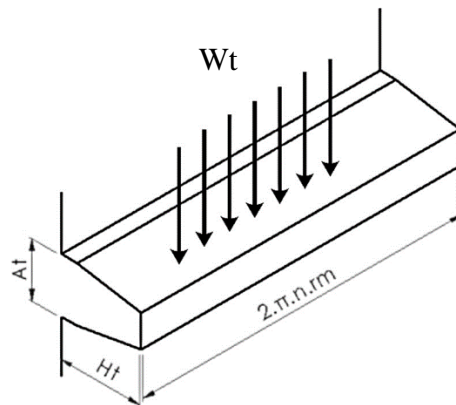


Figura 28. Hilo de un tornillo extrusor [42].

La carga axial  $W_t$  que se aplica a la viga en voladizo se encuentra ubicada en el radio medio  $r_m$ , con estas consideraciones se puede calcular el esfuerzo de flexión en la base de la rosca como muestra la ecuación (52).

$$S_b = \frac{3 * W_t * H_t}{2\pi * nr * r_m * A_t} \quad (52)$$

Y el esfuerzo cortante transversal medio es representado por:

$$S_s = \frac{W_t}{2\pi * nr * r_m * A_t} \quad (53)$$

Dónde:

$W_t$  = Carga axial en el tornillo, en N;

$nr$  = Número de vueltas de rosca sometidas a carga, adimensional;

$r_m$  = Radio medio, en mm;

$A_t$  = Ancho del filete o hilo, en mm.



Los hilos del tornillo están también sometidos a una presión de contacto que está dado por la siguiente ecuación:

$$\Delta P = \frac{W_t}{2 * \pi * n_r * r_m * H_t} \quad (3.54)$$

A esta presión de contacto se considera como referencia la presión interna del cilindro, despejando la carga axial  $W_t$  con el objetivo de calcular los respectivos esfuerzos y determinar el factor de seguridad.

Para el cálculo de los esfuerzos se considera una vuelta de la rosca siendo:

$$n_r = 1$$

$$r_m = 21.5 \text{ mm}$$

$$H_t = 4.3 \text{ mm.}$$

Despejando la carga axial  $W_t$  y reemplazando en (54) se tiene:

$$W_t = \Delta P * 2\pi * n_r * r_m * H_t$$

$$W_t = 7.64 \cdot 10^6 \text{ Pa} * 2\pi * 1 * 21.5 \text{ mm} * 4.3 \text{ mm} * \frac{1}{1000^2}$$

$$W_t = 4.43 \times 10^3 \text{ N}$$

Con la carga axial se puede determinar el esfuerzo de flexión y cortante reemplazando en (3.52) y (3.53).

$$S_b = \frac{3 * 4.43 \times 10^3 \text{ N} * 4.3 \text{ mm}}{2\pi * 1 * 21.5 \text{ mm} * (4.3 \text{ mm})^2} = 22 \text{ MPa}$$

$$S_s = \frac{4.43 \times 10^3 \text{ N}}{2\pi * 1 * 21.5 \text{ mm} * 4.3 \text{ mm}} = 7.62 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad será determinado mediante la teoría de fallas de Von Misses para encontrar el esfuerzo máximo se tiene la ecuación (55).

$$\sigma_{x \max} = \sqrt{\sigma_{x \max}^2 + 3 \tau_{xy \max}^2} \quad (55)$$

Donde:

$$S_b = \sigma_{x \max}$$

$$S_s = \tau_{xy \max}$$

$$\sigma_{x \max} = \sqrt{(22 \text{ MPa})^2 + 3 \times (7.62 \text{ MPa})^2} = 25.65 \text{ MPa}$$

Para encontrar el factor de seguridad se emplea la ecuación (56).

$$N_s = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (56)$$

El acero que se utilizará para el tornillo de extrusión es el AISI 304 con una resistencia a la fluencia  $S_y = 274 \text{ MPa}$  donde el factor de seguridad está dado por la ecuación (56)

Al sustituir los valores se tiene como resultado.

$$N_s = \frac{274 \text{ MPa}}{25.65 \text{ MPa}}$$

$$N_s = 10.68$$

### 1.19 Diseño de cuñas o chavetas para el tornillo extrusor

“Las cuñas se utilizan sobre ejes para especificar elementos rotatorios, como engranes, poleas o ruedas. Las cuñas se emplean para permitir la difusión del par de torsión del eje al elemento que soporta. Los pasadores se usan para posicionar axialmente y para transferir el par de torsión o empuje, o entre ambos” [39].

“Para el diseño se utiliza una cuña paralela cuadrada, considerado el tipo más común de cuñas para ejes que no superen los 6 ½ plg o menos de diámetro”.

La cuña rectangular se propone para ejes largos y se utiliza en ejes cortos dónde puede resistir una menor altura.

Las cuñas cuadradas, así como las rectangulares se denominan cuñas paralelas porque la parte superior, la inferior y los lados de la cuña son todos ellos paralelos.

### **1.19.1 Material para el diseño de la cuña o chaveta**

Dado que las cuñas están sometidas a esfuerzo cortante, para su fabricación se utiliza materiales dúctiles. El material más común es un acero dulce al bajo carbono.

El material utilizado para la cuña es AISI 1045 que se apega a la norma ANSI B17.1. (Anexo C11)

También su altura y longitud de la chaveta viene dado por el anexo C12.

### **1.19.2 Factor de seguridad de la cuña o chaveta**

Para demostrar si el factor de seguridad escogido es correcto se emplea la siguiente ecuación (57) descrita por [40].

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{\max}} \quad (3.57)$$

Dónde

$\eta$  = Factor de seguridad por aplastamiento

$S_y$  = Límite de fluencia del material (Anexo C11)

$\sigma_{\max}$  = Esfuerzo máximo

$$\sigma_{\max} = \frac{F_a + F_m}{A} \quad (3.58)$$

Dónde:

$F_m$  = Fuerza media sobre la cuña

$F_a$  = Fuerza alternante sobre la cuña

$A$  = Área del eje

Por lo tanto, para encontrar  $F_m$  y  $F_a$  se emplea la ecuación (59).

$$F_m = F_a = \frac{T}{r} \quad (3.59)$$

$$F_m = \frac{15899.47 \text{ lbf/plg}}{0.846 \text{ plg}}$$

$$F_m = 18793.7 \text{ lbf}$$

$$F_a = 18793.7 \text{ lbf}$$

También se realiza el cálculo del área mediante la ecuación (60).

$$A = b * L \quad (60)$$

Donde

b = Base de la cuña (0.5 plg)

L = Longitud de la cuña (2.83 plg)

$$A = 0.5 \text{ plg} * 2.83 \text{ plg}$$

$$A = 1.42 \text{ Plg}^2$$

Se reemplaza valores en la ecuación (3.58).

$$\sigma_{\max} = \frac{0.1880 \text{ lbf} + 0.1880 \text{ lbf}}{1.42 \text{ Plg}^2}$$

$$\sigma_{\max} = 26470 \text{ Psi}$$

Se calcula el factor de seguridad mediante la ecuación (3.57).

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_{\max}}$$

$$\eta = \frac{49313.6 \text{ Psi}}{26470 \text{ Psi}}$$

$$\eta = 1.8$$

## 1.20 Espesor de la camisa

La camisa es una barra perforada que se encuentra fabricado del mismo material el tornillo AISI 304, y para determinar el diámetro se deberá primero establecer el espesor de pared del cilindro o camisa.

Para calcular el espesor se realiza el análisis de este elemento como un cilindro de pared gruesa, ya que dentro de este sistema se va a generar una presión de 7,64 MPa.

Para establecer el espesor de pared del cilindro, se toma como referencia la presión interna máxima que se calculó anteriormente, Y se ocupará la ecuación (61).

$$t = r_i * \left( 1 - \sqrt{\frac{2 * P_i}{\sigma_T - 2 * P_i}} \right) \quad (61)$$

Dónde

t = Espesor de la pared (mm)

r<sub>i</sub> = Radio interno (22 mm)

P<sub>i</sub> = Presión interna (7.64 MPa)

σ<sub>T</sub> = Esfuerzo máximo de fluencia del material (Anexo C1)

$$t = 22 \text{ mm} * \left( 1 - \sqrt{\frac{2 * 7.64 \text{ MPa}}{276 \text{ MPa} - 7.64 \text{ MPa}}} \right)$$

$$t = 6 \text{ mm}$$

Al conseguir este valor se podrá efectuara la relación descrita en la ecuación (62) la misma que define si es un cilindro de pared gruesa.

$$\frac{D_i}{t} < 10 \quad (62)$$

Dónde

D<sub>i</sub> = Diámetro interno del cilindro

$$\frac{44 \text{ mm}}{16 \text{ mm}} < 10$$

$$2.75 < 10$$

### 1.21 Masa del cilindro/camisa

Se determina este parámetro mediante la herramienta de diseño y simulación llamado SolidWorks que indica la masa del cilindro o camisa seleccionando el material para la construcción de la misma que es Acero inoxidable 304, y la masa de la camisa es de 2,49 Kg

### 1.22 Factor de seguridad del cilindro o camisa de la máquina

Para el dimensionamiento de este elemento se tomará como punto de partida la presión que se encuentra en el interior de un cilindro de pared gruesa, esto es cuando el espesor de las paredes se acerca a un vigésimo de su radio o menos [19].

En las paredes de un cilindro que es sometido a altas presiones se generan dos esfuerzos bidimensionales con componentes radiales y tangenciales como se muestra en la Figura 39 tomado de [15]. En el caso de un cilindro, también puede presentar un esfuerzo tridimensional llamado axial o longitudinal, estos tres esfuerzos al que se encuentra sometido este elemento son mutuamente ortogonales y son principales, ya que no existe fuerza cortante aplicado por la presión uniformemente distribuida [14].

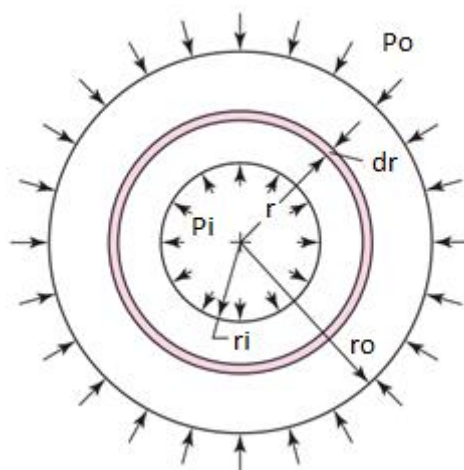


Figura 29. Cilindro sometido a presión interna y externa [39].

Los esfuerzos tangenciales y radiales están dados por las ecuaciones (63) y (64).

$$\sigma_t = \frac{P_i * r_i^2 - P_o * r_o^2}{r_i^2 - r_o^2} + \frac{r_i^2 * r_o^2 (P_i * P_o)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} \quad (63)$$

$$\sigma_r = \frac{P_i * r_i^2 - P_o * r_o^2}{r_o^2 - r_i^2} + \frac{r_i^2 * r_o^2 (P_i * P_o)}{r^2 (r_o^2 - r_i^2)} \quad (64)$$

Donde  $r_i$  y  $r_o$  son los radios internos y externos del cilindro, en mm, que soportan las presiones internas y externas respectivamente  $P_i$ ,  $P_o$ , en MPa, y  $r$  es el radio del punto de interés, en mm.

En el interior del cilindro también se produce una fuerza longitudinal llamada fuerza axial definida por la ecuación (65)

$$\sigma_a = \frac{P_i * r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} \quad (65)$$

En el cilindro de extrusión solo existe una presión interna siendo  $P_o = 0$ , donde (63) y (3.64) se simplifican, dando como resultado (66) y (67).

$$\sigma_t = \frac{P_i * r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} * \left( 1 + \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad (66)$$

$$\sigma_r = \frac{P_i * r_i^2}{r_o^2 - r_i^2} * \left( 1 - \frac{r_o^2}{r^2} \right) \quad (67)$$

Para determinar los esfuerzos en el cilindro se considera que  $P_i = \Delta P$  y  $r = r_i$ , para la construcción de los cilindros se ha seleccionado barras perforadas estándar con un diámetro exterior de 52 mm e interior de 31 mm, con el objetivo de reducir costos durante el maquinado, siendo el radio interno y externo;  $r_i = 32$  mm y  $r_o = 51.5$  mm; reemplazando en (65), (66) y (67), se tiene:

$$\sigma_a = \frac{7.64 \text{ MPa} * (22 \text{ mm})^2}{(28 \text{ mm})^2 - (22 \text{ mm})^2}$$

$$\sigma_a = 12.32 \text{ MPa}$$

$$\sigma_t = \frac{7.64 \text{ MPa} * (22 \text{ mm})^2}{(28 \text{ mm})^2 - (22 \text{ mm})^2} * \left( 1 + \frac{(28 \text{ mm})^2}{(22 \text{ mm})^2} \right)$$

$$\sigma_t = 32.29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_r = \frac{7.64 \text{ MPa} * (22 \text{ mm})^2}{(28 \text{ mm})^2 - (22 \text{ mm})^2} * \left( 1 - \frac{(28 \text{ mm})^2}{(22 \text{ mm})^2} \right)$$

$$\sigma_r = -7.64 \text{ MPa}$$

Se aplica la teoría de distorsión máxima [14], para tener un esfuerzo equivalente  $\sigma_c$ , que permitirá calcular el factor de seguridad

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_t^2 + \sigma_a^2 + \sigma_r^2 - \sigma_t * \sigma_r - \sigma_a * \sigma_r - \sigma_a * \sigma_t} \quad (68)$$

$$\sigma_c = \sqrt{(7.27 \text{ MPa})^2 + (2.06 \text{ MPa})^2 + (-3.15 \text{ MPa})^2 - (7.27 \text{ MPa}) * (-3.15 \text{ MPa}) - (2.06 \text{ MPa}) * (-3.15 \text{ MPa}) - (2.06 \text{ MPa}) * (7.27 \text{ MPa})}$$

$$\sigma_c = 34.58 \text{ MPa}$$

El acero utilizado para la construcción de los cilindros, es el mismo utilizado para la construcción del tornillo extrusor y tiene un límite a la fluencia de  $S_{yc} = 276 \text{ MPa}$

Se calcula el factor de seguridad mediante la ecuación (69).

$$F_{sc} = \frac{S_{yc}}{\sigma_c} \quad (69)$$

$$F_{sc} = \frac{276 \text{ MPa}}{34,58 \text{ MPa}}$$

$$F_{sc} = 7,98$$



### 1.23 Cálculo del dado de extrusión

El dado de extrusión estará determinado por el punto de operación del extrusor que es la intersección entre la línea de características del extrusor y del dado o troquel como se muestra en la Figura 30 tomado de [12], en donde el flujo volumétrico máximo  $Q_{m\acute{a}x}$  estará determinado cuando no exista un flujo de contrapresión  $Q_p$  y su presión máxima  $P_{m\acute{a}x}$  será alcanzada cuando  $Q_d = Q_p$ , [12].

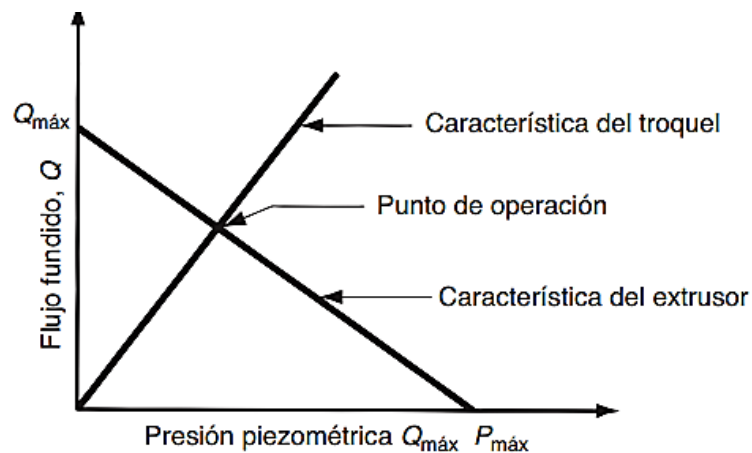


Figura 30. Punto de operación del extrusor [18].

Con la ecuación (70) se calcula el flujo en el dado o troquel que está determinado por la geometría de la abertura y la presión que se aplique, para hacer fluir la torta a través del dado; dicha torta tendrá una viscosidad  $\mu_d = 3$  a 6 veces mayor debido a que esta se encontrará sin aceite.

$$Q_x = K_s * P_e \quad (70)$$

Dónde:

$Q_x$  = Flujo a través del dado, en  $m^3/s$ ;

$K_s$  = Factor de forma del dado, en  $m^5/N \cdot s$ ;

$P_e$  = presión en el dado, en Pa.

El factor de forma de dado para una sección circular está definido por (71)

$$K_s = \frac{\pi * D_d^4}{128 * \mu_d * L_d} \quad (71)$$

Donde:

$\mu_d$ = viscosidad de la torta en el dado, en Pa·s,

$L_d$ = longitud del dado, en mm;

$D_d$ = diámetro del dado, en mm.

Se ha seleccionado un dado con una longitud  $L_d$  de 21 mm y diámetro  $D_i$  de 35 mm (figura 31); al perder aceite los granos de cacao tendrán una viscosidad  $\mu_d$  de 513,62 Pa·s, que es 6 veces la viscosidad aparente  $\mu_{app}$ .

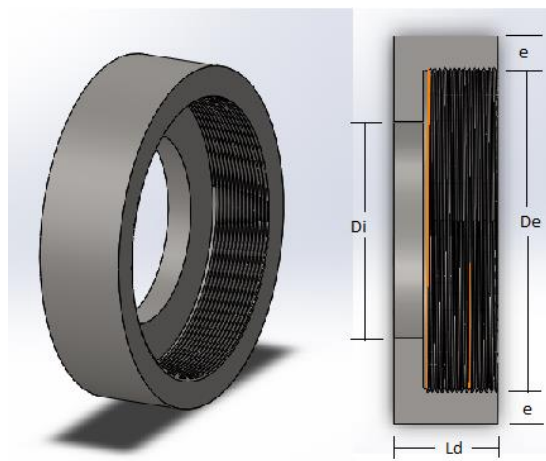


Figura 31. Dado o boquilla. Fuente: Autor

Remplazamos en (69) se tiene:

$$K_s = \frac{\pi * (35 \text{ mm})^4}{128 * (513,62 \text{ Pa} \cdot \text{s}) * 21 \text{ mm}}$$

$$K_s = 3.4146 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^5}{\text{N} \cdot \text{s}}$$

Tomando como referencia la Figura 30 se puede determinar la ecuación de la recta de las características del extrusor en la ecuación (3.72).

$$Q = Q_{\max} * \frac{1}{1000^3} - \frac{Q_{\max} * \frac{1}{1000^3}}{P_{\max}} * Pe \quad (72)$$

Donde:

$Q_{\max}$ = flujo volumétrico máximo

$P_{\max}$ = presión máxima de extrusión

$Pe$ = presión en el dado

Las dimensiones del dado seleccionado deben hacer fluir la torta y cumplir con una capacidad  $Q_v$  de  $2.16 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{s}$  ( $Q_{mc}$  de 7 kg/h), si esta condición no se cumple se cambiará las dimensiones del dado hasta obtener la capacidad requerida.

Para verificar el dado seleccionado se calculará la presión en el mismo que debe permitir obtener una capacidad igual o cercana a  $Q_v$ , Considerando el punto de operación se tiene

$$Pe = \frac{Q_{\max} * \frac{1}{1000^3}}{Ks - \frac{Q_{\max} * \frac{1}{1000^3}}{P_{\max}}} \quad (73)$$

Se tomará como flujo volumétrico máximo  $Q_{\max}$  la capacidad de la máquina  $Q_{vc}$  que será de  $2.16 \times 10^3 \text{ mm}^3/\text{s}$ , reemplazando en (3.71).

$$Pe = \frac{2.16 \times 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}} * \frac{1}{1000^3}}{\left(3.4146 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^5}{\text{N} \cdot \text{s}}\right) - \frac{\left(2.16 \times 10^3 \frac{\text{mm}^3}{\text{s}}\right) * \frac{1}{1000^3}}{7.64 \times 10^6 \text{ Pa}}}$$

$$Pe = 632.68 \text{ Pa}$$

Reemplazando la presión  $Pe$  en la ecuación (70) se tendrá el flujo volumétrico en el dado que debe ser igual o cercano a  $Q_v$

$$Q_x = 3.4146 \times 10^{-9} \frac{\text{m}^5}{\text{N} \cdot \text{s}} * (632.68 \text{ Pa})$$

$$Q_x = 2,16 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_x = \left( 2,16 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 900 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 3600$$

$$Q_x = 6,9984 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

La presión en el dado es de 632.68 Pa para una capacidad de 7 kg/h, esto está de acuerdo con la capacidad de la máquina calculada.

#### 1.24 Diseño de rosca del tornillo de ajuste al dado

Los elementos que conforman esta unión roscada son la camisa o cilindro y el dado de ajuste, conformando así una rosca macho y una rosca hembra. Para el diseño de la rosca de ajuste (figura 32) se emplean los siguientes cálculos.

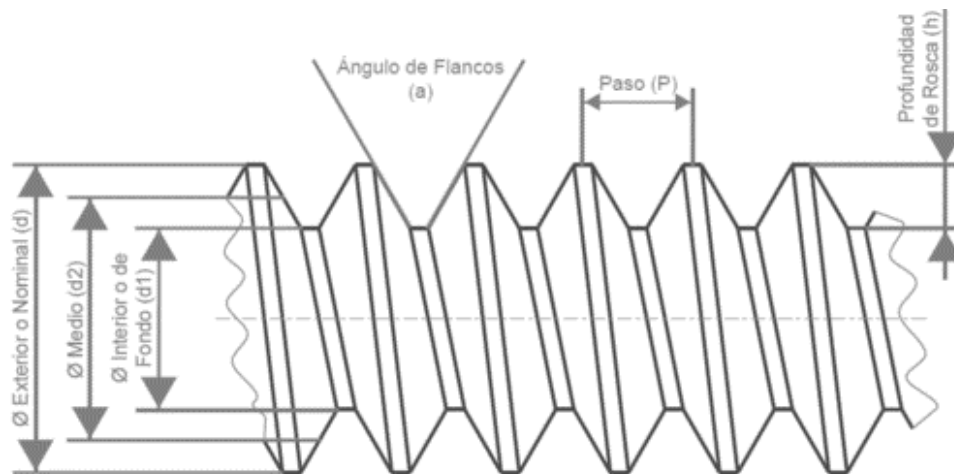


Figura 32. Elementos de una rosca. [36]

$d_1$  = Diámetro del núcleo.

$d$  = Diámetro nominal del tornillo.

$P$  = Paso de rosca.

$h$  = Profundidad de la rosca.

El cálculo de la altura del filete o profundidad de la rosca es:

$$h=0.7 * P \quad (74)$$

$$h=0.7 * 1$$

$$h= 0.7$$

El diámetro del núcleo del tornillo es:

$$d1= d - (1,4 * P) \quad (75)$$

$$d1= 56 \text{ mm} - (1,4 * 1)$$

$$d1= 54.6 \text{ mm}$$

El diámetro del taladro para la realización de la tuerca es:

$$D= 54.6 - (1,3 * P) \quad (76)$$

$$D= 54.6 - (1,3 * 1)$$

$$D= 53.3 \text{ mm}$$

Después de realizar estos cálculos se establece una rosca de paso fino.

### 1.25 Garganta de alimentación

Para dimensionar la garganta de alimentación que esta conectada a la tolva y es la entrada de materia prima hacia el tornillo extrusor. Esta boquilla por lo general tiene una anchura de 0.7 veces el diámetro del husillo y una distancia de 1.5 veces el diámetro del husillo (figura 33) y por lo general se encuentra desplazada del eje del tornillo para facilitar la caída de materia prima [20].

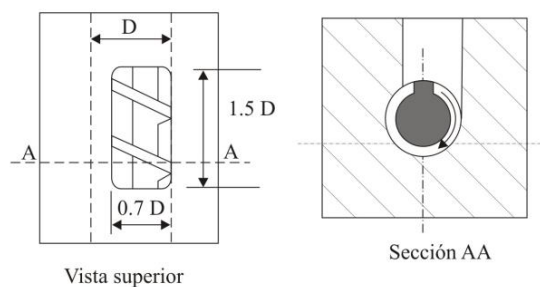


Figura 33. Garganta de alimentación [20].

Por lo tanto, la garganta de alimentación se determina mediante la ecuación (77).

$$L = 1.5 * D \quad (77)$$

L = Longitud de garganta

D = Diámetro del husillo

$$L = 1.5 * 56 \text{ mm}$$

$$L = 84 \text{ mm}$$

Ancho de la garganta se calcula mediante la ecuación (78).

$$A_{\text{Garganta}} = 0,7 * D \quad (78)$$

Dónde:

$A_{\text{Garganta}}$  = Ancho de garganta

D = Diámetro del husillo

$$A_{\text{Garganta}} = 0,7 * 56 \text{ mm}$$

$$A_{\text{Garganta}} = 39.2 \text{ mm}^2$$

### **1.26 Selección de los tornillos de sujeción de la camisa con agujeros.**

Al considerar el diseño del motorreductor este nos indica que para la sujeción de la camisa de nuestra máquina extractora de aceite al cuerpo de la caja esta viene con orificios que corresponden a un diámetro de tornillo M10. Los tornillos inmersos en la sujeción de la camisa con agujeros, son de cabeza hexagonal de rosca fina según la norma DIN 912.

Para la selección de los tornillos se realiza el cálculo del esfuerzo a la tensión del perno y del esfuerzo cortante de la rosca.

#### **1.26.1 Esfuerzo a la tensión de los tornillos.**

Ensayos con varillas roscadas, muestran que la resistencia mecánica a la tensión esta definida por el área del esfuerzo  $A_{tr}$  por tensión que resulta del promedio entre el diámetro

menor  $d_r$  y el paso  $d_p$  (figura 34) esto menciona [40] cuando se trata de una varilla roscada sometida a carga de tensión pura y su resistencia no esta limitada por el area de su diámetro menor  $d_r$ .

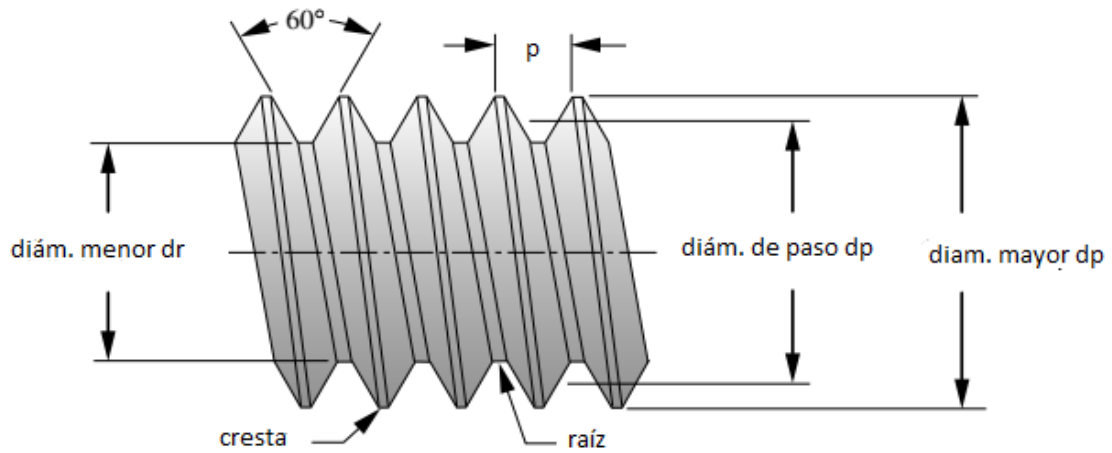


Figura 34. Partes de la rosca de un tornillo. [40]

La ecuación (79) del esfuerzo a tensión del tornillo está determinada por:

$$\sigma_{\text{tr}} = \frac{F_{\text{pr}}}{A_{\text{tr}}} \quad (79)$$

Para conocer la tensión mínima  $F_{\text{pr}}$  a la que se encuentra sometido cada tornillo se divide la Fuerza  $F_{\text{ax}}$  generada, para la presión máxima de extrusión  $P_{\text{máx}}$ , y se divide para los 4 tornillos que van a soportar el peso de la camisa y tolva.

$$F_{\text{pr}} = \frac{F_{\text{ax}}}{4} \quad (80)$$

$$F_{\text{pr}} = \frac{420.03 \text{ KN}}{4}$$

$$F_{\text{pr}} = 105.0075 \text{ KN}$$

El área del esfuerzo por tensión  $A_{\text{tr}}$  está definida por la ecuación (81):

$$A_{\text{tr}} = \frac{\pi}{4} \left( \frac{d_p + d_r}{2} \right)^2 \quad (81)$$

Los diámetros del tornillo  $d_r$  y  $d_p$  se deducen con base en el diámetro mayor  $d_p$  (M10), según las ecuaciones (82) y (83).

$$d_p = 10 \text{ mm}$$

$$d_r = d_{atr} - 1.226869 * P_{tr} \quad (82)$$

$$d_p = d_{atr} - 0.64 * P_{tr} \quad (83)$$

El paso  $p$  se selecciona según el anexo C13 y áreas de roscas métricas ISO de paso grueso y fino, donde para un diámetro de 8 mm corresponde un paso de 1mm.

$$P_r = 1.5 \text{ mm}$$

$$d_r = 10 - 1.226869 * 1.5$$

$$d_r = 8.16 \text{ mm}$$

$$d_p = 10 - 0.64 * 1.5$$

$$d_p = 9.02$$

Entonces el área  $A_{tr}$  es:

$$A_{tr} = \frac{\pi}{4} \left( \frac{8.16 + 9.02}{2} \right)^2$$

$$A_{tr} = 57.98 \text{ mm}^2$$

El esfuerzo a tensión del perno

$$\sigma_{ttr} = \frac{(105.0075 \text{ KN})(1000)^2}{57.98}$$

$$\sigma_{ttr} = 1811.0986 \text{ M Pa}$$

Se calcula el factor seguridad ecuación (3.84) con el esfuerzo de tensión del tornillo

$$n = \frac{S_{ytr}}{\sigma_{ttr}} \quad (3.84)$$



Para el cálculo del factor de seguridad se utiliza las propiedades mecánicas del tornillo expuestas en el anexo C14, donde  $S_{y_{tr}}$  tiene un valor de:

$$S_{y_{tr}} = 970 \text{ Mpa}$$

$$n = \frac{970 \text{ MPa}}{21811.0986 \text{ MPa}}$$

$$n = 0,99$$

Al obtener un factor seguridad al esfuerzo de tensión de  $n = 1$  se puede asegurar un correcto funcionamiento de los tornillos.

### 1.27 Esfuerzo cortante de la rosca del tornillo.

El cálculo de esfuerzo cortante para los tornillos se lo realiza de igual manera que el procedimiento empleado con anterioridad, que corresponde al diseño de la rosca del tornillo de ajuste del dado.

$$d_p = 10 \text{ mm}$$

$$d_r = 8.16 \text{ mm}$$

$$d_{pt} = 9.02 \text{ mm}$$

$$d_{tr} = 1.5 \text{ mm}$$

La ecuación (3.65) se emplea para el cálculo del esfuerzo cortante para la rosca del tornillo

$$\tau_{ctr} = \frac{F_{pr}}{A_{ctr}} \quad (85)$$

Donde tenemos  $A_{ctr}$  que corresponde al área cortante por barrido de los hilos del tornillo, como se muestra en la ecuación (85). La ecuación (85) se multiplica por el número de hilos de sujeción del tornillo, que en este caso es veinte, ya que el tornillo tiene una longitud roscada de 30mm. Se realiza el cálculo para un hilo de tornillo, suponiendo el que toda la carga recaiga sobre éste.

$$A_{ctr} = 1 * \pi * d_r * W_{itr} * P_p \quad (86)$$

$$A_{ctr} = 20 * \pi * 8.16 * 0.8 * 1.5$$

$$A_{ctr} = 615.22 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{ctr} = \frac{(11869.849)(1000)^2}{615.22 \text{ mm}^2}$$

$$\tau_{ctr} = 19.23 \text{ Mpa}$$

Se calcula el factor seguridad al esfuerzo cortante de la rosca del tornillo ecuación (3.87).

$$n = \frac{S_{sy_{tr}}}{\tau_{ctr}} \quad (3.87)$$

Se toma en cuenta la resistencia a la fluencia cortante  $S_{sy}$  según [41], anunciada por la teoría de la energía de distorsión se obtiene.

$$S_{sy_{tr}} = 0.577 * S_{sy} \quad (3.88)$$

$$S_{sy_{tr}} = 0.577 * 970$$

$$S_{sy_{tr}} = 559.68 \text{ Mpa}$$

Se realiza el cálculo del factor seguridad al esfuerzo cortante del tornillo:

$$n = \frac{559.68}{19.23}$$

$$n = 29$$

## 1.28 Factor de seguridad de la soldadura

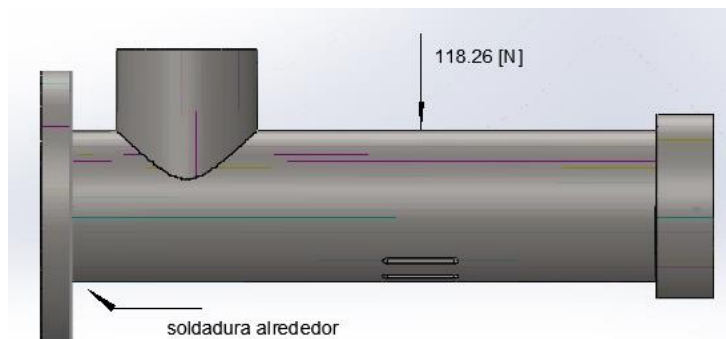


Figura 35. Diagrama estático del cordón de soldadura. Fuente: Autor

Como se observa en la figura 35 la unión soldada se encuentra sometida a una carga de 2118.26 [N] y también se encuentra en voladizo y para el cálculo de la resistencia en la unión soldada se emplea las siguientes ecuaciones según [39].

Cálculo del área de la soldadura anexo C17:

$$A = 1.414 \pi h r \quad (89)$$

Donde:

A = Área del cordón de soldadura

h = altura del cordón de soldadura

r = radio

$$A = 1.414 \pi (4 \text{ mm}) 28 \text{ mm}$$

$$A = 0.4975 \text{ m}^2$$

Segundo momento unitario anexo C17:

$$I_u = \pi r^3 \quad (90)$$

$$I_u = \pi (28\text{mm})^3$$

$$I_u = 6.8964 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Cálculo de la inercia:

$$I = 0.707 h I_u \quad (91)$$

$$I = 0.707 (4\text{mm}) 6.8964 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

$$I = 1.9503 \times 10^{-4} \text{ m}^4$$

Cálculo del esfuerzo cortante primario:

$$\tau' = \frac{F}{A} \quad (92)$$

$$\tau' = \frac{118.26 \text{ [N]}}{0.4975 \text{ m}^2}$$

$$\tau' = 2.377 \times 10^{-4} \text{ MPa}$$

Cálculo del esfuerzo cortante secundario:

$$\tau'' = \frac{Mr}{I} \quad (93)$$

$$\tau'' = \frac{118.26 \text{ [N]} (0.1165 \text{ m})(0.028\text{m})}{1.9503 \times 10^{-7} \text{ m}^4}$$

$$\tau'' = 1.977 \text{ MPa}$$

Cálculo del esfuerzo cortante  $\tau$ :

$$\tau = \{(\tau')^2 + (\tau'')^2\} \quad (94)$$

$$\tau = \{(2.377 \times 10^{-4} \text{ MPa})^2 + (1.977 \text{ MPa})^2\}^{1/2}$$

$$\tau = 1.977 \text{ MPa}$$

Con base en una resistencia mínima y el criterio de energía de distorsión ecuación (95), el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_{xy}}{2 \tau} \quad (95)$$

$$n = \frac{0.577 (320 \text{ MPa})}{(1.977 \text{ MPa})}$$

$$n = 93.39$$

## 1.29 Resumen de resultados

Una vez realizado los cálculos, se presenta los resultados obtenidos de cada elemento que conforma la máquina extractora de aceite de aguacate.

En la tabla 7 se presentan los parámetros geométricos del tornillo extrusor.

Tabla 7. Parámetros geométricos del tornillo extrusor.

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Dt</b>	Diámetro del tornillo	43	mm
<b>Hd</b>	Holgura de la camisa tornillo	0,5	mm
<b>Ht</b>	Atura del hilo del tornillo	7	mm
<b>Bt</b>	Ancho del hilo del tornillo	4.3	mm
<b>Pt</b>	Paso del tornillo	22	mm
<b>Lt</b>	Longitud del tornillo	338	mm
<b>Lt/Dt</b>	Relación (L/D)	5.34	mm
<b>Wt</b>	Ancho del canal del tornillo	19.22	mm
<b>Rm</b>	Radio medio del tornillo	20.25	mm
<b><math>\theta</math></b>	Angulo de hélice del tornillo	10	grados

Fuente: Autor

También, la tabla 8 se muestran los resultados derivados en la capacidad de la máquina y del motorreductor.

Tabla 8. Propiedades de la máquina extractora de aceite de aguacate

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>R</b>	Flujo másico requerido	7	Kg/h
<b>Dtp</b>	Diámetro del tornillo a la entrada del motorreductor	28	mm
<b>Htp</b>	Altura del hilo	7	mm
<b>Gjp</b>	Gravedad específica	500	Kg/m <sup>3</sup>
<b>N</b>	Velocidad de rotación del tornillo	28	rpm

Fuente: Autor

Para el análisis del comportamiento del fluido dentro del tornillo extrusor, se detallan los siguientes resultados en la tabla 9.

Tabla 9. Comportamiento de la materia prima dentro del tornillo extrusor

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Q</b>	Caudal volumétrico calculado	5.7672	Kg/h
<b>Yapp</b>	Razón de corte	53.41	1/s
<b>m</b>	Índice de flujo	223	
<b>n</b>	Índice de flujo	0.78	
<b>Uap</b>	Viscosidad aparente	134.27	Pa .s
<b><math>\alpha</math></b>	Coefficiente para gradiente de presión	25.25 x 10 <sup>3</sup>	mm <sup>2</sup> /s
<b><math>\beta</math></b>	Coefficiente para gradiente de presión	11.25	mm
<b><math>\Delta P</math></b>	Gradiente de presión en la extrusión	7.12	MPa
<b>Pmax</b>	Presión máxima de extrusión	7.64	MPa

Fuente: Autor

Para el diseño y elaboración de las piezas se empleará Acero inoxidable 304 como material debido a que el aceite va a ser utilizado en la industria farmacéutica. La tabla 10 muestra todos los datos obtenidos acerca del diseño del tornillo extrusor.

Tabla 10. Parámetros del tornillo extrusor

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Wt</b>	Fuerza axial sobre el hilo	4.43	KN
<b>N</b>	Número de hilos del tornillo sometidos a carga	1	
<b>Sb</b>	Esfuerzo de flexión en la base del hilo	22	MPa
<b>Ss</b>	Esfuerzo cortante transversal medio en el hilo	7.62	MPa
<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo equivalente en el hilo	25.65	MPa
<b>n</b>	Factor de seguridad en el hilo		1

Fuente: Autor

La tabla 11 muestra los resultados del análisis estático realizado al tornillo extrusor.

Tabla 11. Variable del análisis estático realizado al tornillo extrusor

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Mmax</b>	Momento flector máximo	5.3776	Nm
<b>T</b>	Torque el tornillo extrusor	118.68	Nm
<b><math>\alpha</math></b>	Angulo de torsión	0.07692	rad
<b><math>\tau</math></b>	Esfuerzo cortante máximo	343.98	MPa
<b><math>\sigma_{eq}</math></b>	Esfuerzo equivalente	78.49	MPa
<b>n</b>	Factor de seguridad estático	3.51	

Fuente: Autor

Los resultados del diseño de la camisa se los tabuló en la tabla 12. Para la cual se utilizó acero inoxidable 304.

Tabla 12. Resultados del diseño de la camisa

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>e</b>	Espesor de la camisa	6	mm
<b>ri</b>	Radio interno de la camisa	22	mm
<b>ri / e</b>	Relación r/e	3.6	
<b>Pi</b>	Presión interna en la camisa	7.64	MPa
<b><math>\sigma_t</math></b>	Esfuerzo tangencial	32.29	MPa
<b><math>\sigma_r</math></b>	Esfuerzo radial	7.64	MPa
<b><math>\sigma_a</math></b>	Esfuerzo longitudinal	12.32	MPa
<b><math>\sigma</math></b>	Esfuerzo equivalente	34.58	MPa
<b>n</b>	Factor de seguridad	7.98	

Fuente: Autor

Los resultados del diseño del dado se muestran en la tabla 13

Tabla 13. Resultados del análisis del dado.

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>e</b>	Espesor del dado	6	mm
<b>ri</b>	Radio interno del dado	56	mm
<b>Pe</b>	Presión interna en el dado	180,74	Pa

Fuente: Autor

Y por último los resultados en la tabla 14 de la unión soldada que está sometida a carga flexionante.

Tabla 14. Resultados de análisis de la unión soldada

<b>Símbolo</b>	<b>Variable</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
	Amperaje	250-300	amperios
<b>AWT20</b>	Electrodo		
<b>Tig Weld</b>	Material de aporte	308L	
<b><math>\tau_{max}</math></b>	Esfuerzo cortante máximo	1.977	MPa
<b>Sy</b>	Resistencia a la fluencia	320	MPa
<b>n</b>	Factor de seguridad	93.39	

Fuente: Autor.

### 1.30 Simulaciones

Mediante la herramienta Solidworks Simulation se efectúa la comprobación de resistencia mecánica del elemento: tornillo extrusor, camisa, dado y soportes. Después del diseño de los elementos en CAD se realizó un análisis estático en donde el tornillo extrusor va a soportar la presión máxima calculada con anterioridad en toda la zona que entrar en contacto con la materia prima estas zonas son: el alma y las hélices; a continuación, en la tabla 15 se muestran las propiedades físicas de la pieza y el criterio de la teoría de fallas.

Tabla 15. Propiedades físicas y criterio de teoría de fallas

Densidad	8000 Kg/m <sup>3</sup>
Masa	2.49 Kg
Volumen	311703.67 mm <sup>3</sup>
Área superficial	53348.03 mm <sup>2</sup>
Criterio de teoría de fallas	Tensión máxima de Von Mises
Presión máxima	8Mpa

Fuente: Autor

El análisis de elementos finitos considera el modelo en si como una red de elementos interconectados. Esto proporciona una norma factible para interpretar los diseños de ingeniería; el análisis empieza con la creación del modelo geométrico en la hoja de Cad, a continuación, el programa subdivide el molde mediante una malla en pequeñas

proporciones que forman elementos simples conectados entre si por medio de puntos llamados nodos

### 1.30.1 Análisis del elemento tornillo extrusor

La malla requerida es de tipo sólida con un número total de nodos de 6409 como se observa en la figura 36 examinados durante la ejecución del análisis estático.

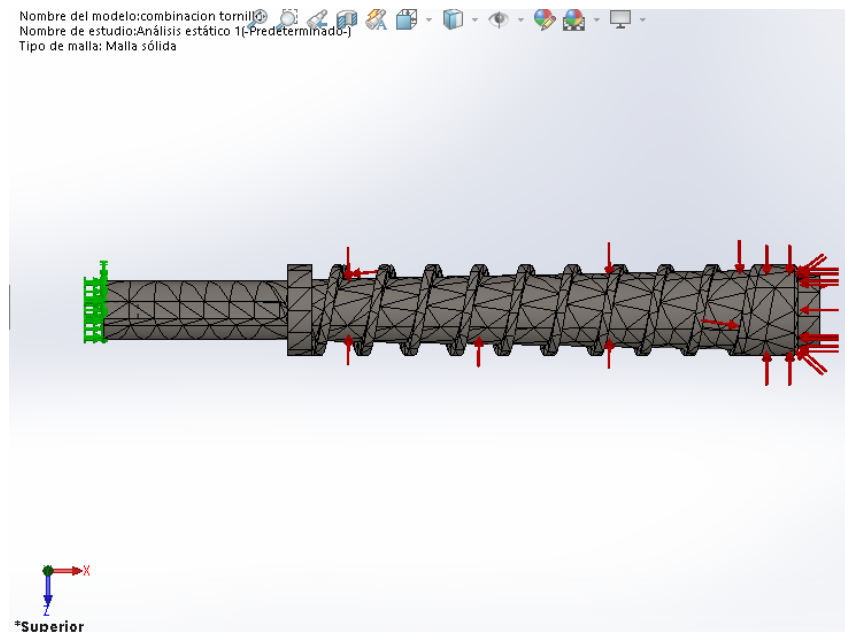


Figura 36. Análisis estático – Mallado del tornillo extrusor. Fuente: Autor

La resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos por el criterio de Von Mises, el análisis comprobó que el elemento analizado no supera su límite de fluencia para el material analizado, el resultado máximo de tensión de Vom Mises figura 37 muestra un valor de 70.83 MPa, por debajo de su límite 207 MPa. El análisis mostro un valor de tensión mínimo en la parte del chaflan del tornillo de 0.2945 MPa



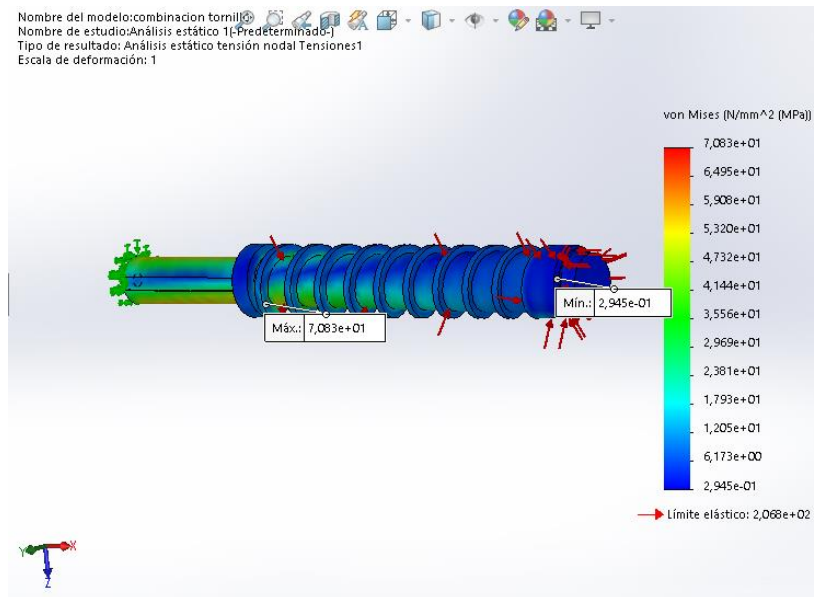


Figura 37. Análisis estático tensión tornillo extrusor (Von Mises). Fuente: Autor

La deformación estática se precisa como el cambio de forma de un cuerpo, el cual se debe al esfuerzo, a un cambio en la temperatura, al cambio de humedad o de otras causas, la deformación se presume como un cambio lineal y se mide en unidades de longitud.

En cuanto al desplazamiento estático que sufre el elemento es una elongación máxima de 0,812 mm después de aplicar las cargas en el elemento de estudio como muestra la figura 38

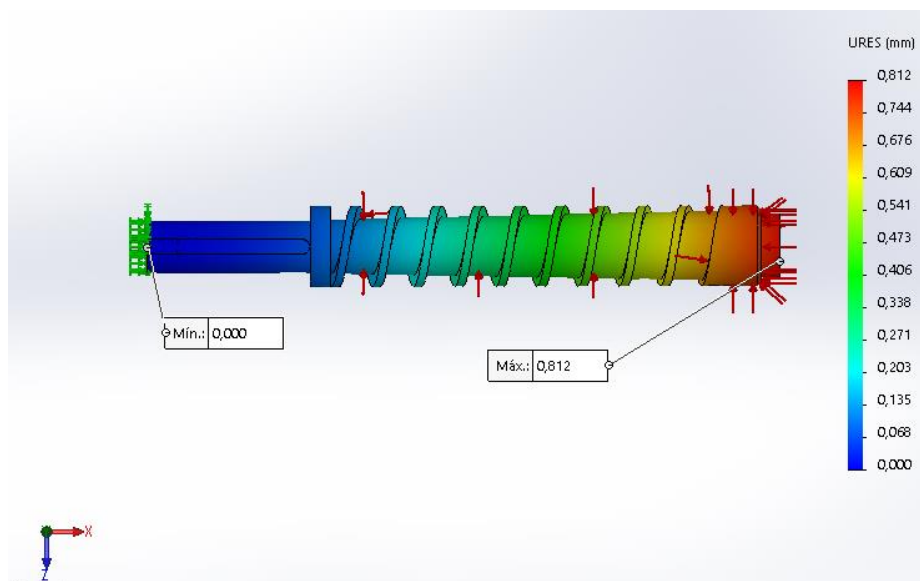


Figura 38. Desplazamiento estático - tornillo extrusor. Fuente: Autor

En cuanto a la deformación unitaria se define como la proporción de cambio de longitud  $\delta L$  a la longitud original  $L$ . La deformación unitaria es adimensional como se observa en la figura 39.

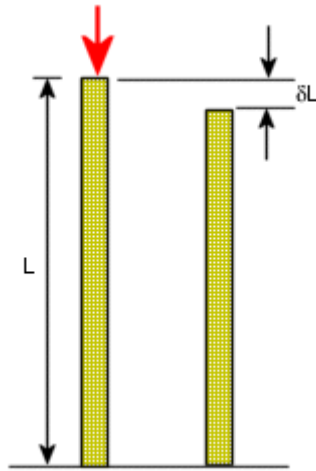


Figura 39. Deformación unitaria  $\delta L/L$

En lo que el análisis dio como resultado un valor máximo de 0.0002272 que ocurre al inicio de las hélices del tornillo extrusor y un valor mínimo de 0.000002264 que se encuentra ubicado en la parte del chaflán de la misma figura 40.

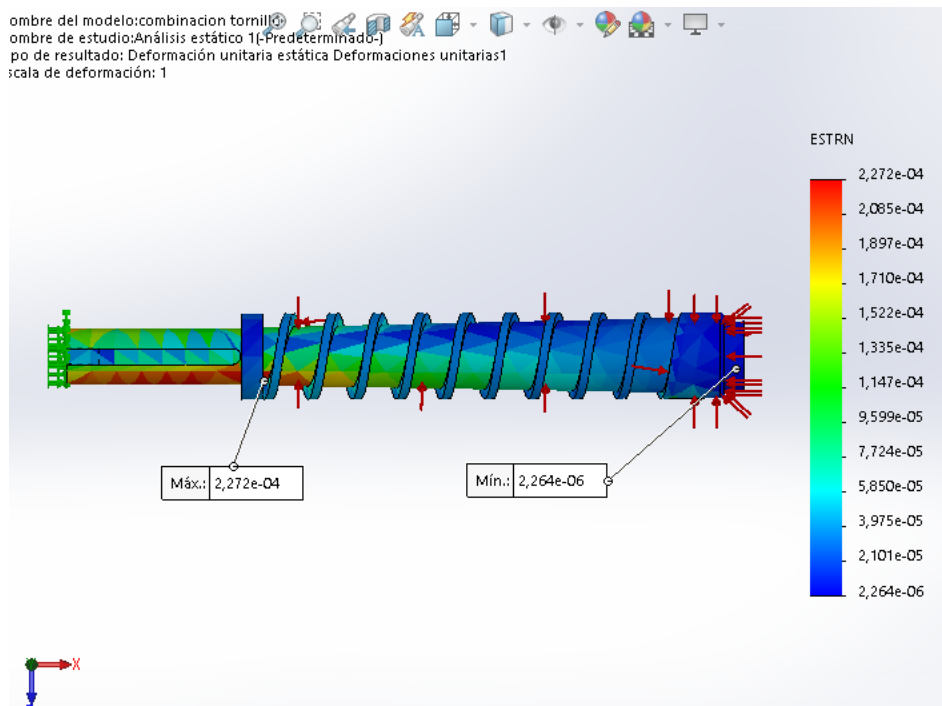


Figura 40. Deformaciones unitarias del tornillo extrusor. Fuente: Autor

Por último, se realizó el análisis de factor de seguridad a tensión ultima figura 41, lo que nos arrojó los siguientes resultados, factor de seguridad mínimo de 11,521, siendo este un valor satisfactorio para la pieza mecánica.

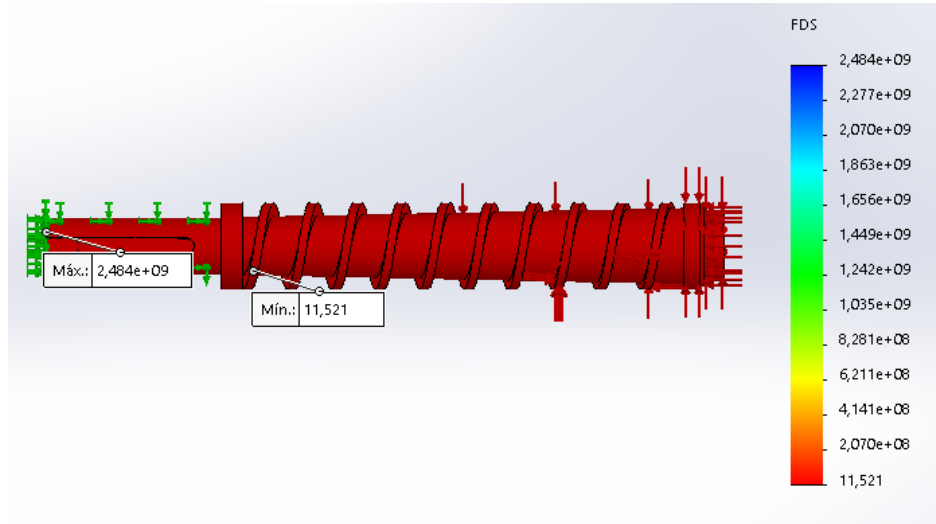


Figura 41. Factor de seguridad del tornillo extrusor. Fuente: Autor

### 1.30.2 Análisis estático del ensamble camisa – dado

El desarrollo del ensamble camisa – dado se realiza con la intención de comprobar la resistencia del mismo a la presión máxima ejercida dentro de estos elementos por el contacto del material extruido mediante el recorrido del tornillo extrusor. Las propiedades físicas y la presión ejercida dentro de los elementos se reflejan en la tabla 16

Tabla 16. Propiedades físicas del ensamble camisa-dado

Densidad	8000 Kg/m <sup>3</sup>
Masa	2.76 Kg
Volumen	344947.81 mm <sup>3</sup>
Área superficial	115612.87 mm <sup>2</sup>
Criterio de teoría de fallas	Tensión máxima de Von Mises
Presión máxima	8 Mpa

Fuente: Autor

EL mallado realizado al siguiente ensamble es de tipo malla sólida con un número total de nodos 114048 los cuales fueron analizados mediante la ejecución del análisis estático para este conjunto de elementos mostrados en la figura 42.

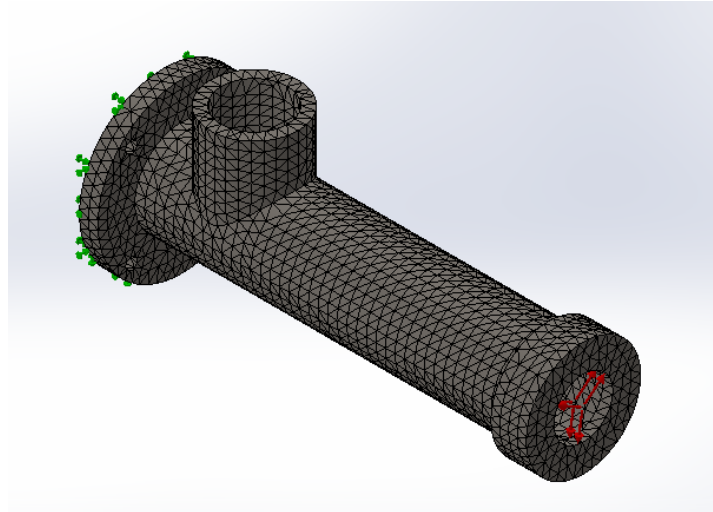


Figura 42 Análisis estático – Mallado del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor

Respecto a la resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos por Von Mises, el análisis comprobó que el ensamble camisa – dado no supera su límite de fluencia para el material analizado, el resultado máximo de tensión de Vom Mises figura 42 muestra un valor de 30.54 MPa, por debajo de su límite 207 MPa también el análisis mostro un valor de tensión mínimo en la parte inicial de la camisa de 0.1692 MPa

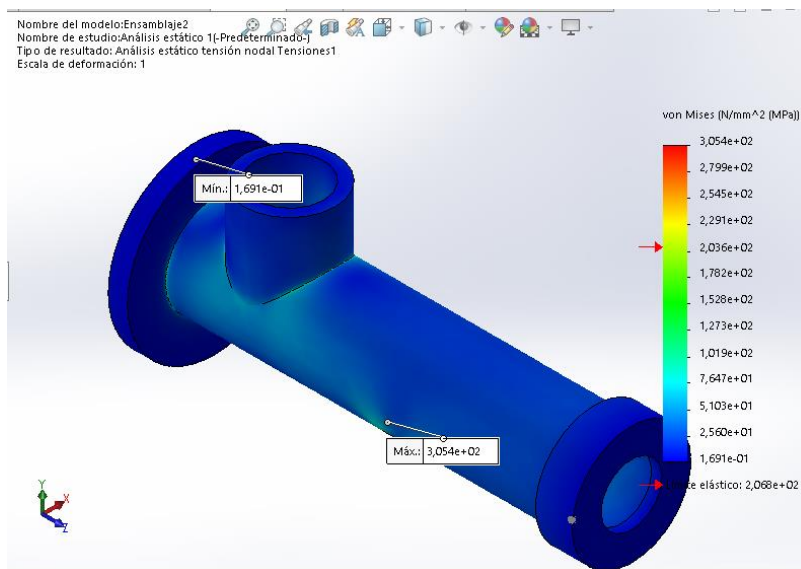


Figura 43. Análisis a tensión del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor

Por otro lado, al desplazamiento estático del ensamble camisa – dado presenta una elongación máxima de 0,818 mm después de aplicar las cargas en el elemento de estudio como muestra la figura 44

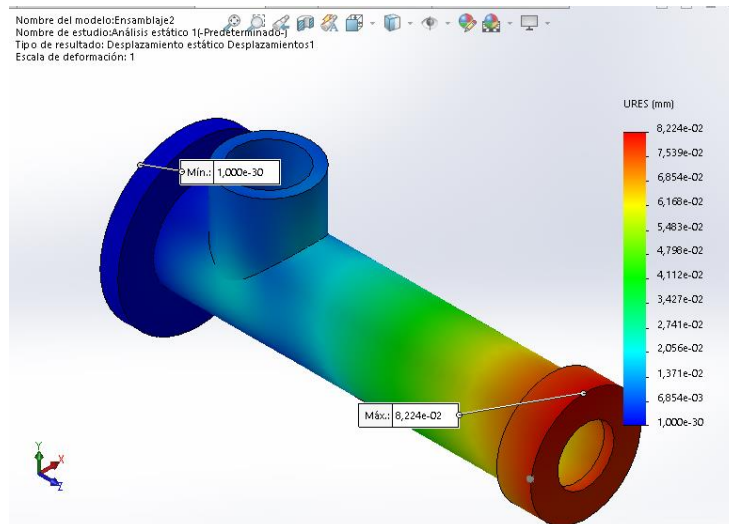


Figura 44. Desplazamiento estático ensamble camisa - dado. Fuente: Autor

El análisis de deformaciones unitarias mostró como resultado un valor máximo de 0.6475 que se presenta en la ubicación de las aberturas por donde fluye el aceite ubicado en la camisa y un valor mínimo de 0.000001064 presente al inicio de la camisa figura 45.

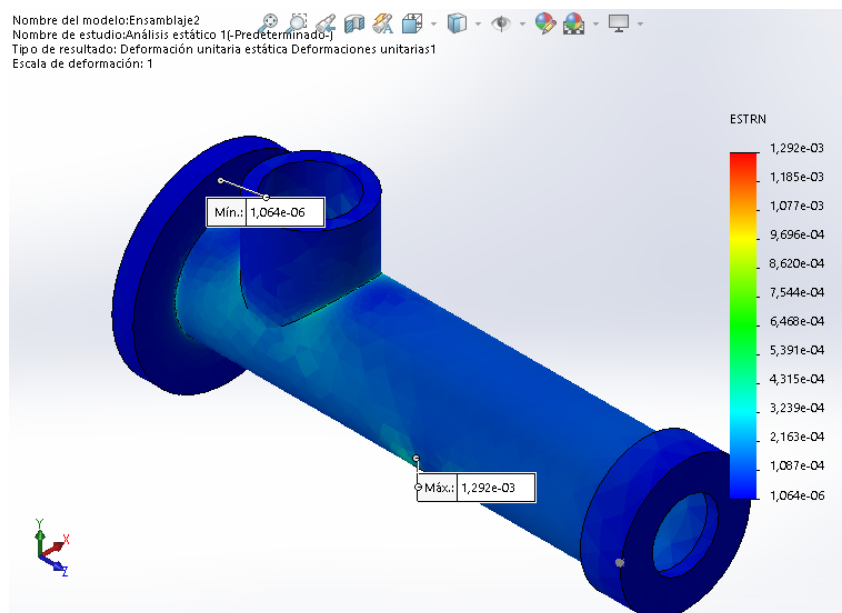


Figura 45. Deformaciones unitarias del ensamble camisa - dado. Fuente: Autor

Se realizó el análisis de factor de seguridad a tensión última figura 46, lo que nos arrojó los siguientes resultados, factor de seguridad mínimo de 3.277, siendo este un valor satisfactorio para la pieza mecánica.

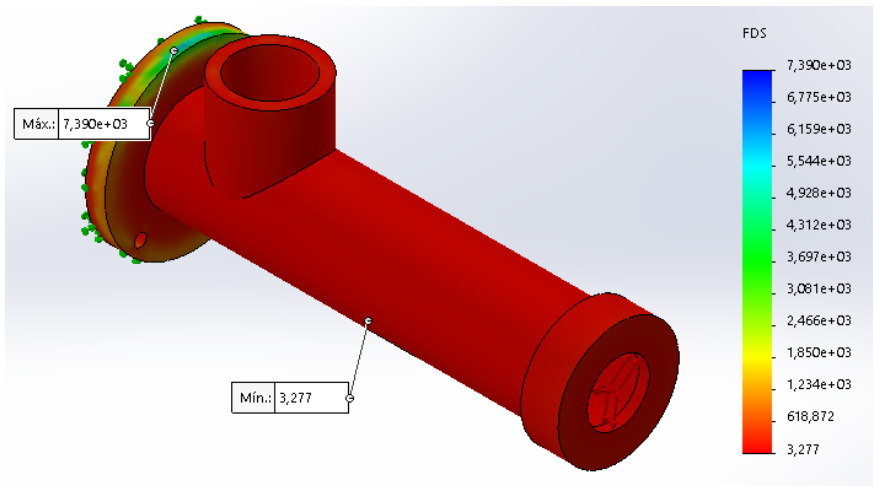


Figura 46. Factor de seguridad ensamble camisa - dado. Fuente: Autor

### 1.30.3 Análisis estático del soporte 1

El análisis se realiza con la intención de comprobar la resistencia del mismo a la carga que están sometidos los soportes debido a que son los encargados de soportar el peso de todas las piezas que conforman la máquina. Las propiedades físicas y el peso al que se encuentran sometidos se reflejan en la tabla 17.

Tabla 17. Propiedades físicas del soporte 1

Densidad	7860 kg/m <sup>3</sup>
Masa	2.09 Kg
Volumen	266319.65mm <sup>3</sup>
Área superficial	165829.76 mm <sup>2</sup>
Criterio de teoría de fallas	Tensión máxima de Von Mises
Carga aplicada	147 N

Fuente: Autor

EL mallado realizado a la pieza es de tipo malla solida con un número total de nodos 26091 los cuales fueron analizados mediante la ejecución del análisis estático para este conjunto de elementos mostrados en la figura 47

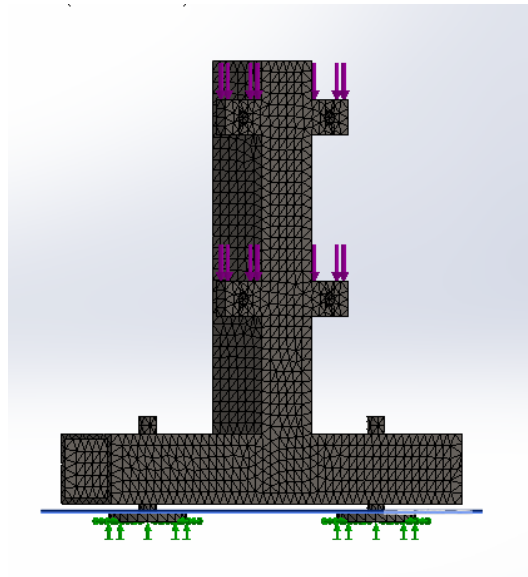


Figura 47. Mallado del soporte 1. Fuente: Autor

Respecto a la resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos por Von Mises, el análisis comprobó que el soporte 1 no supera su límite de fluencia para el material analizado, el resultado máximo de tensión de Vom Mises figura 48 muestra un valor máximo de 1.49 MPa, por debajo de su límite de fluencia que es 250 MPa.

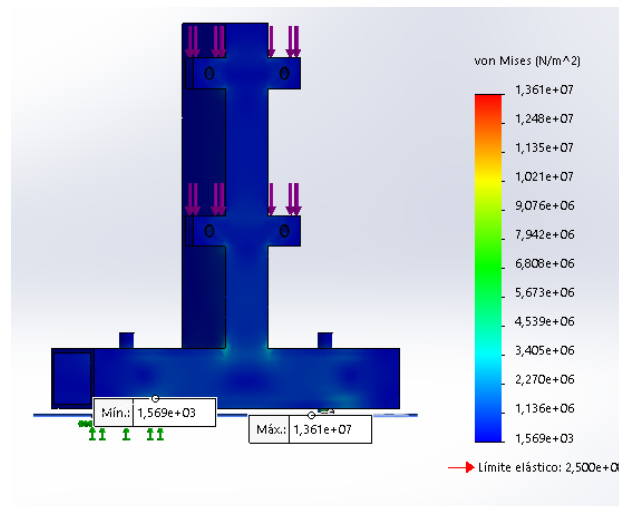


Figura 48. Análisis estático a tensión soporte 1. Fuente Autor

Por otro lado, el desplazamiento estático del soporte 1 presenta una elongación máxima de 0.00455 mm después de aplicar las cargas en el elemento de estudio como muestra la figura 49

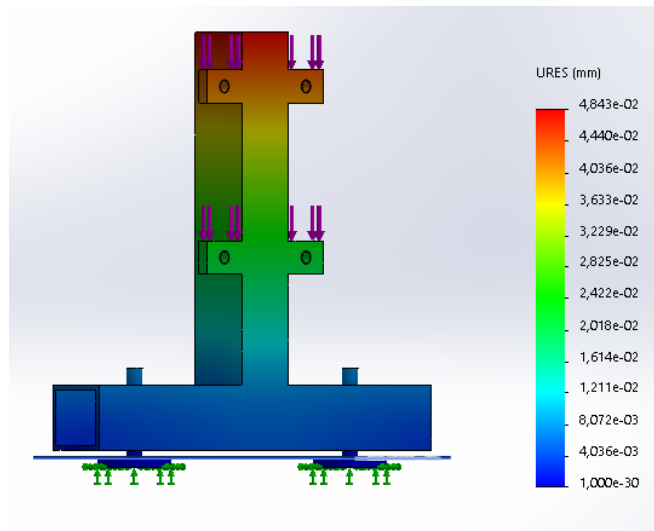


Figura 49. Desplazamiento estático soporte 1. Fuente: Autor

El análisis de deformaciones unitarias mostró como resultado un valor máximo de 0.032 que se presenta en la ubicación de las aberturas por donde fluye el aceite ubicado en la camisa y un valor mínimo de  $9.593 \times 10^{-4}$  presente al inicio de la camisa figura 50.

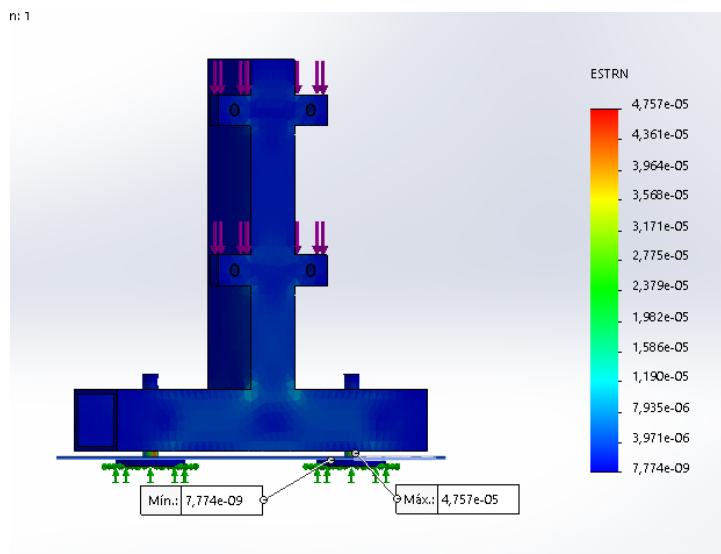


Figura 50. Deformaciones unitarias soporte 1. Fuente: Autor

Por último, se realizó el análisis de factor de seguridad a tensión última figura 51, lo que nos arrojó los siguientes resultados, factor de seguridad mínimo de 17.5, siendo este un valor satisfactorio para la pieza mecánica.



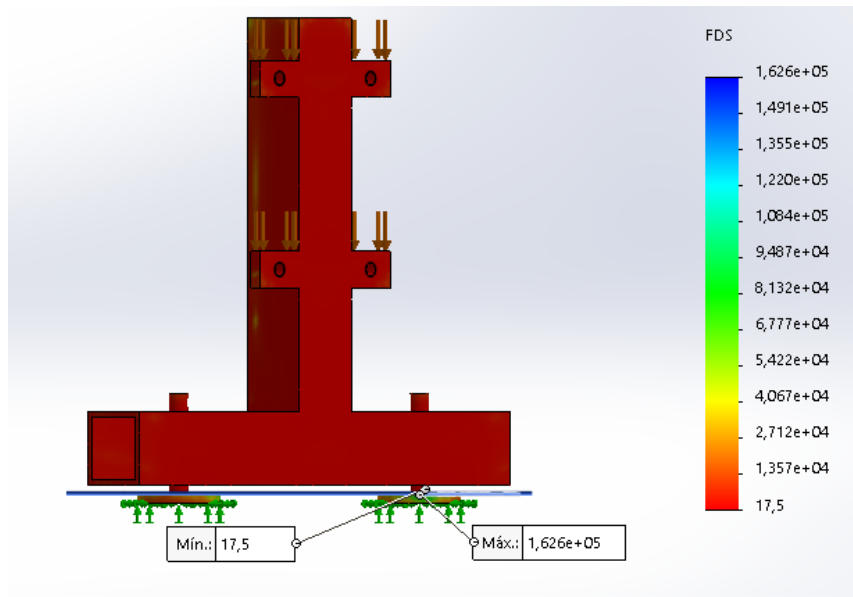


Figura 51. Factor de seguridad soporte 1. Fuente: Autor

### 1.30.4 Análisis estático soporte 2

El análisis se realiza con la intención de comprobar la resistencia del soporte a la carga que están sometidos los soportes debido a que son los encargados de soportar el peso de todas las piezas que conforman la máquina. Las propiedades físicas y el peso al que se encuentran sometidos se reflejan en la tabla 17

Tabla 18. Propiedades físicas del soporte 2.

Densidad	7860 kg/m <sup>3</sup>
Masa	2.43 Kg
Volumen	309682.14mm <sup>3</sup>
Área superficial	186724.29 mm <sup>2</sup>
Criterio de teoría de fallas	Tensión máxima de Von Mises
Carga aplicada	147 N

Fuente: Autor

EL mallado realizado a la pieza es de tipo malla solida con un número total de nodos 21072 los cuales fueron analizados mediante la ejecución del análisis estático para este conjunto de elementos mostrados en la figura 52

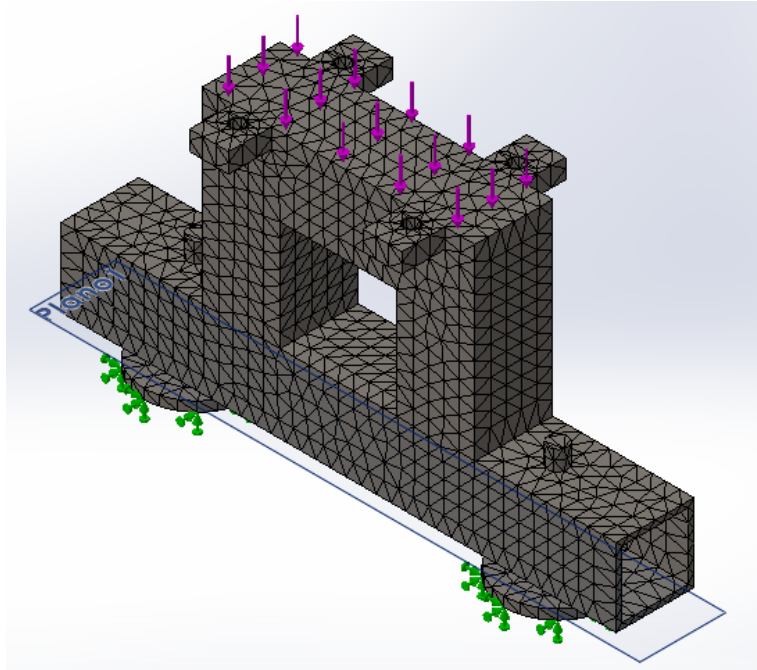


Figura 52. Mallado de soporte 2. Fuente: Autor

Respecto a la resistencia mecánica o cálculo de esfuerzos por Von Mises, el análisis comprobó que el ensamble camisa – dado no supera su límite de fluencia para el material analizado, el resultado a tensión máxima de Vom Mises figura 53 muestra un valor 1.428 MPa, por debajo de su límite 250 MPa

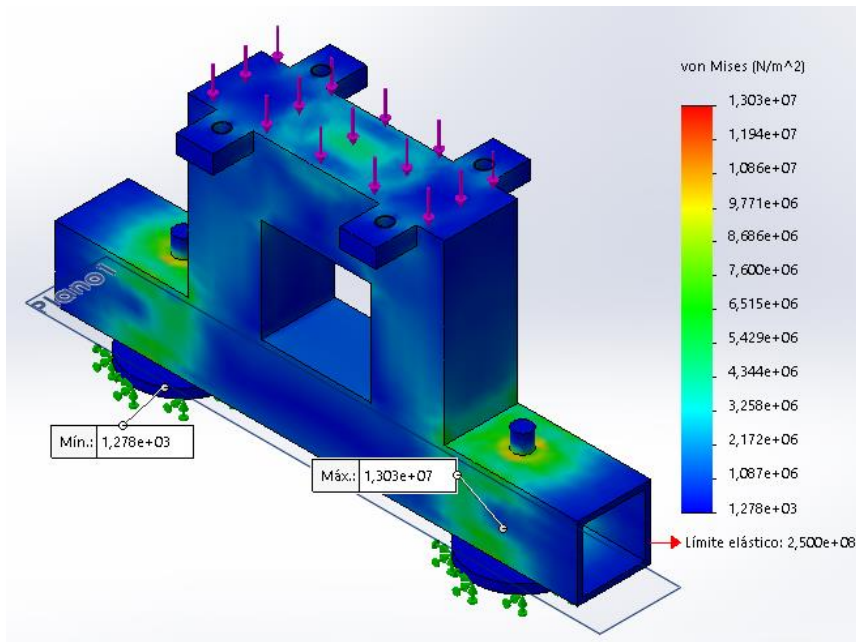


Figura 53. Análisis a tensión soporte 2. Fuente: Autor

Por otro lado, al desplazamiento estático del ensamble camisa – dado presenta una elongación máxima de 0,008 mm después de aplicar las cargas en el elemento de estudio como muestra la figura 54

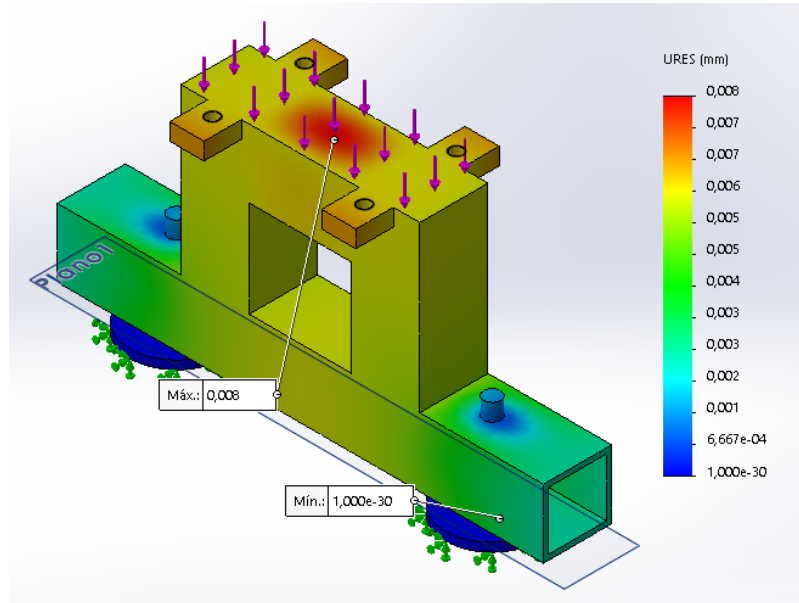


Figura 54. Análisis desplazamiento estático. Fuente: Autor

Por consiguiente, el análisis de deformaciones unitarias mostró como resultado un valor máximo de 0.0.275 que se presenta en la ubicación de las aberturas por donde fluye el aceite ubicado en la camisa y un valor mínimo de 0.00000825 presente en la figura 55.

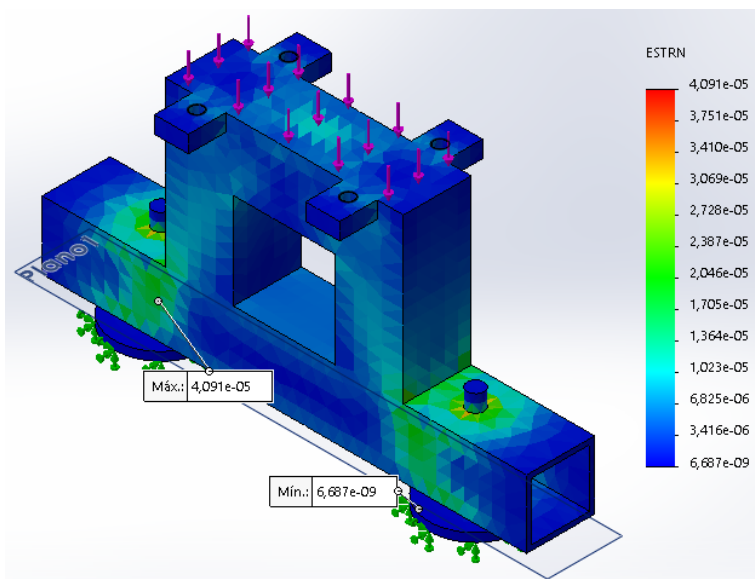


Figura 55. Análisis deformaciones unitarias soporte 2. Fuente: Autor

Por último, se realizó el análisis de factor de seguridad a tensión ultima figura 56, lo que nos arrojó los siguientes resultados, factor de seguridad mínimo de 19.189, siendo este un valor satisfactorio para la pieza mecánica.

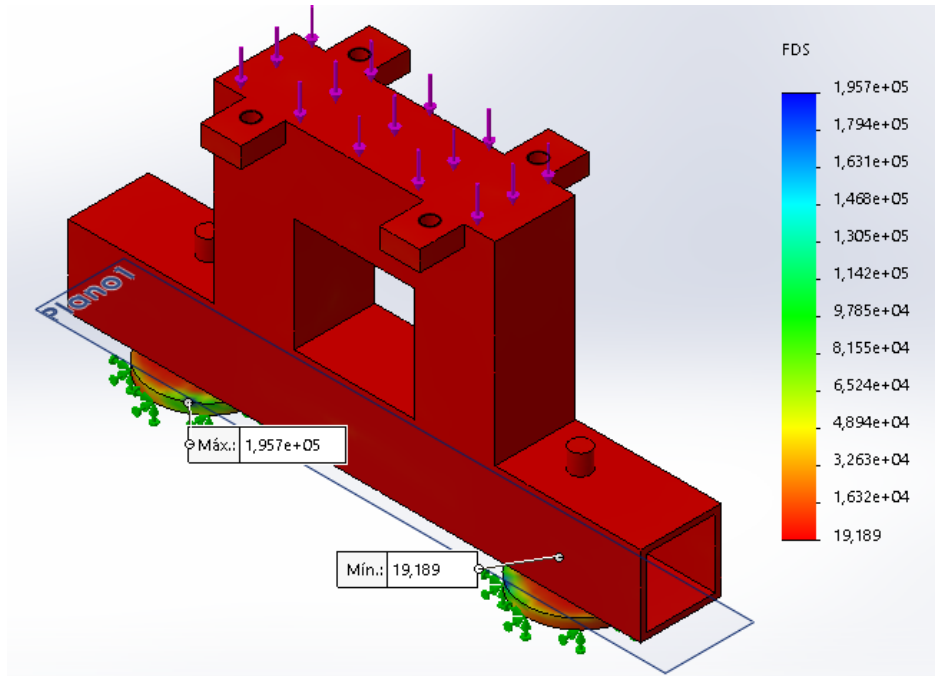


Figura 56. Factor de seguridad soporte 2. Fuente: Autor

### 1.31 Diseño

Para realizar el diseño de las partes de la máquina extractora de aceite de aguacate se utilizará el software CAD SolidWorks (Versión estudiantil 2019) como se muestra en la figura 57.

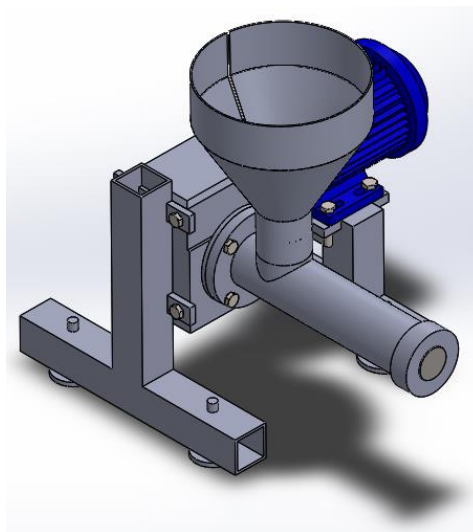


Figura 57. Esquema de la Máquina. Fuente autor

Se adquieren los materiales para realizar el mecanizado de las piezas necesarias para completar el diseño como los muestra la figura 58



Figura 58. Materiales empleados en el mecanizado de las piezas. Fuente: Autor

Después de realizar los cálculos pertinentes y confirmar el grado de seguridad de los componentes del tornillo extrusor cónico se procede a realizar el mecanizado de la misma como muestra la siguiente figura 59.



Figura 59. Mecanizado del tornillo extrusor cónico. Fuente: Autor

A continuación, se procede a realizar el fresado de la abertura para la chaveta para la sujeción del tornillo extrusor hacia el motorreductor la cual estará localizada en la parte inicial del tornillo (figura 60).

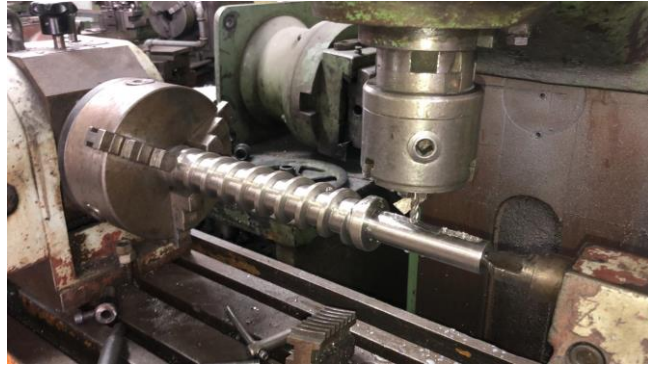


Figura 60. Fresado para la colocación de la chaveta. Fuente: Autor

Una vez concluido estas operaciones se procede al mecanizado de la camisa la cual está diseñada bajo los parámetros estipulados con anterioridad el cual expresa su grado de seguridad y el espesor que requiere tener dicha pieza. De la misma manera se procede a realizar el mecanizado de la camisa en el torno hasta obtener las dimensiones indicadas figura 61 y también proceder a la realización de una rosca de paso fino debido a que en esa operación ira colocado el dado.

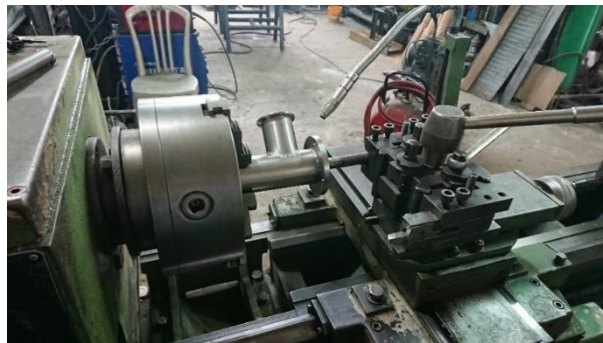


Figura 61. Mecanizado de la camisa. Fuente: Autor

Después de concluir el proceso realizado en el torno se procede a realizar el orificio que será utilizado para la alimentación de la materia prima el mismo que tendrá la dimensión antes realizada en el apartado de los cálculos. figura 62.



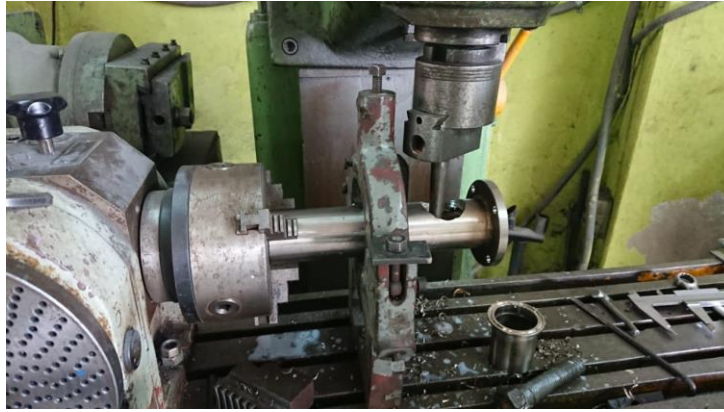


Figura 62. Mecanizado del orificio de alimentación. Fuente: Autor

Para realizar los agujeros se empleará una broca de 1.5 mm de diámetro para realizar las perforaciones necesarias, que permitan la salida del aceite de aguacate, En la figura 63 se observa el proceso de perforación.



Figura 63. Proceso de perforación en la camisa. Fuente: Autor

Como siguiente se realizará el proceso de mecanizado del dado como se muestra en la figura 64 es cual está ubicado en la parte final de la camisa es cual realizara la salida de la materia ya cuando esta culmine el proceso de extrusión de la misma y llevara una rosca de paso fino.

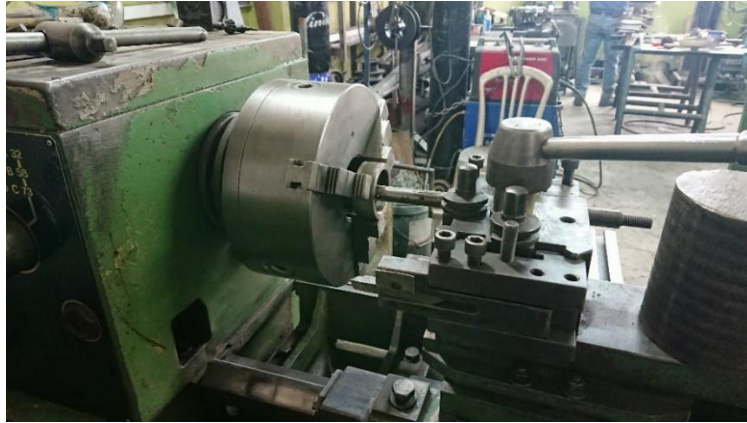


Figura 64. Mecanizado del dado. Fuente: Autor

Se realiza el rolado de las piezas que van a conformar la tolva de alimentación como se muestra en la figura 65.



Figura 65. Construcción de la tolva de alimentación. Fuente: Autor

Finalmente, se construye los soportes que servirán de apoyo para el motor y motorreductor como se muestra en la figura 66.

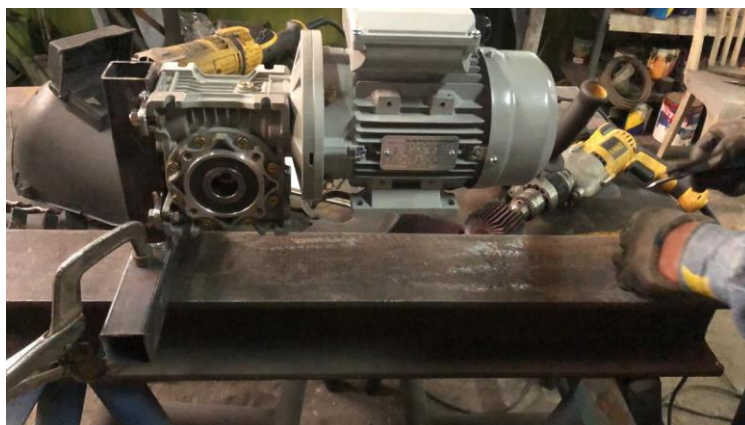


Figura 66. Soportes para el motorreductor y motor. Fuente: Autor



### 1.32 Montaje

Una vez terminando el maquinado de todas las piezas, se procede a realizar el montaje de la máquina; verificando las tolerancias de cada elemento.

Como primer paso se realiza el ensamble de la tolva de alimentación a la camisa con una abrazadera de presión.

En la Figura 67 se muestra cómo se realizó el acople de la camisa a la tolva de alimentación y queda alineado.



Figura 67. Ensamble de la camisa y tolva de alimentación. Fuente: autor

Como siguiente paso se coloca el tornillo extrusor con sus respectivas chavetas al motorreductor figura 68 y se verifica el ajuste del tornillo mediante un perno y arancela en la parte posterior de la caja reductora.



Figura 68. Acople del tornillo extrusor al motorreductor. Fuente: Autor

Por último, se coloca la camisa en el motorreductor mediante 4 pernos y después se coloca en la zona roscada de la camisa el dado figura 69.



Figura 69. Colocación de la camisa al motorreductor. Fuente: Autor

### **1.33 Pruebas de funcionamiento**

Se realiza pruebas de funcionamiento de la máquina extractora de aceite de aguacate con el fin de dictaminar los parámetros necesarios para extraer la mayor cantidad de aceite de aguacate.

Prueba n°1: Funcionamiento del botón de paro y encendido de la máquina

En esta prueba se realiza el proceso de instalación eléctrica de la máquina y ver el correcto giro del tornillo extrusor como se observa en la siguiente figura 70 también se puede apreciar la colocación de la caja en el soporte



Figura 70. Botonera de arranque y paro de motor. Fuente: Autor

## Prueba n°2: Pruebas de extracción del aceite de aguacate

Para comenzar esta prueba se coloca la pulpa de aguacate deshidratada en la tolva de alimentación figura 71



Figura 71. Llenado de materia prima en la tolva. Fuente: Autor

Al ingresar la materia prima al compartimiento del tornillo extrusor y camisa se observa que después de un periodo de tiempo este material no circula a lo largo del tornillo como se muestra en la figura 72



Figura 72. Materia prima atascada en el tornillo. Fuente: Autor

La pulpa de aguacate deshidratada no logra salir de manera continua por el dado por lo que se analizó el mecanizado del tornillo extrusor en la parte final para logra una salida uniforme figura 72.



Figura 73. Salida de materia prima comprimida. Fuente: Autor

Por medio de los orificios efectuados en la camisa se puede observar la salida de aceite de aguacate figura 74.

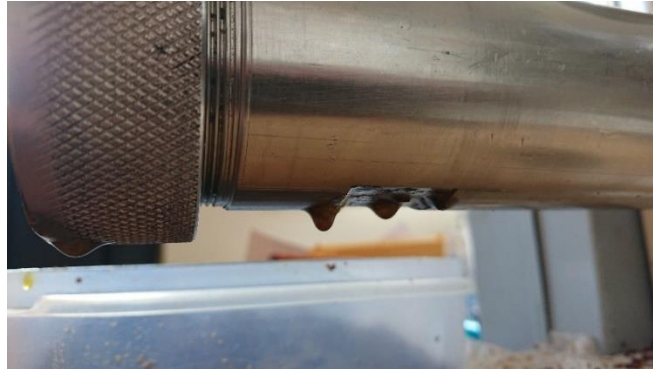


Figura 74. Goteo de aceite por los orificios de la camisa. Fuente: Autor

En las pruebas realizadas se obtuvo aceite de aguacate en muy pocas proporciones como se muestra en la figura 75.



Figura 75. Aceite de aguacate. Fuente: Autor

En la figura anterior se puede observar que el aceite extraído se encuentra con partículas de materia prima, las mismas que se podrán eliminar mediante un proceso de refinamiento debido a que la máquina extrae aceite, teniendo como resultado dos productos, el aceite antes mencionado y el material comprimido que se muestra en la figura 76.



Figura 76. Impurezas en el aceite. Fuente: Autor

### **1.34 Modificaciones**

En las pruebas realizadas, se ha determinado los siguientes problemas:

- La pulpa de aguacate se comprime en el tornillo, pero no se realiza el proceso de expulsión de la misma
- El aceite de aguacate tiene problemas para salir por los orificios debido a que por este también se registra materia prima no comprimida
- El dado de la máquina extrusora no permite la salida de la materia prima debido a que el diámetro es muy pequeño
- La pulpa de aguacate al momento de ingresar en la tolva esta no alimenta de manera continua al mecanismo tornillo camisa

Para resolver estos problemas se realizaron algunas modificaciones, las cuales se detallan a continuación.

#### **1.34.1 Modificación del tornillo extrusor**

Se ha realizado el proceso de mecanizado del tornillo en la parte final con el objetivo de agrandar el paso de materia prima comprimida como se muestra en la figura 77. Esta corrección nos deja un resultado favorable debido a que se realiza una correcta extrusión lo cual se ve reflejado en los agujeros que son dedicados para la salida del aceite de aguacate ya que por este solo aceite sin partículas de materia comprimida y por la parte



final de la camisa materia prima compacta y sin rastros de aceite lo cual indica el correcto funcionamiento de la máquina.



Figura 77. Tornillo extrusor corregido. Fuente: Autor

#### 1.34.2 Modificar el diámetro del dado

Una vez ingresado la pulpa de aguacate deshidratada al tornillo extrusor y corregida la salida del mismo se observó que el dado no permite la liberación del residuo por lo que se optó en modificar el diámetro de salida aumentando su holgura en 2mm como se muestra en la figura 78 y se perforo un costado del dado para que ayude a la salida del residuo.



Figura 78. Dado modificado. Fuente: Autor

### 1.34.3 Modificar la tolva de alimentación

Para controlar el paso de materia prima en la zona de alimentación del sistema tornillo camisa se optó por poner una placa en la tolva la cual se encarga de dosificar la cantidad de materia que va a ingresar al tornillo compresor y de esta manera garantizar la salida de materia prima continua por la parte del dado figura 79.



Figura 79. Tolva con dosificador. Fuente: Auto

También se optó por reducir la garganta de la parte inferior de la tolva que tenía una dimensión de 50mm a 15 mm para de esta manera la materia prima baje hacia la camisa y por el de al tornillo extrusor.



Figura 80. Reducción de la altura de la garganta de la tolva. Fuente: Autor



## CAPITULO IV

### Costos

#### 1.35 Costos directos

##### 1.35.1 Costos de materiales

<b>Elementos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Valor (\$)</b>
<b>Tornillo extrusor</b>	Eje ø 44 mm	1	ASTM 304	30
<b>Camisa</b>	Eje ø 57 mm	1	ASTM 304	40
<b>Dado</b>	Eje ø 64 mm	1	ASTM 304	15
<b>Tolva de alimentación</b>	Plancha e=2mm	1	ASTM 304	75
<b>Soporte 1</b>	Perfil cuadrado	1	ASTM A36	20
<b>Soporte 2</b>	Perfil cuadrado	1	ASTM A36	20
<b>Motor</b>		1		100
<b>Reductor de velocidad</b>		1		160
<b>Tornillos, tuercas y arandelas</b>	Acero	8	M8 x 20	15
<b>Arrancadores directos de motor</b>		1		40
<b>Cable</b>		1		5

##### 1.35.2 Mecanizado y mano de obra

<b>Descripción</b>	<b>Costo hora hombre - máquina</b>	<b>Cantidad de horas</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Mecanizado del tornillo extrusor en torno cnc</b>	8	40	320
<b>Perforaciones para las chavetas</b>	10	1	10
<b>Mecanizado de la camisa en torno cnc</b>	8	10	80
<b>Perforaciones para la salida de aceite (6 agujeros)</b>	10	3	30
<b>Soldadura para brida en la camisa</b>	20	2	40
<b>Soldadura para la boca de alimentación en la camisa</b>	20	2	40

<b>Mecanizado del dado</b>	8	5	40
<b>Construcción de la tolva (rolado)</b>	60	1	60
<b>Soldadura para el ensamble de la tolva</b>	22	3	66
<b>Dimensionamiento y soldadura del soporte 1</b>	20	1	20
<b>Construcción de las placas del soporte al motorreductor</b>	10	1	10
<b>Dimensionamiento y soldadura del soporte 2</b>	20	1	20
<b>Construcción de las placas del soporte al motor</b>	10	1	10
<b>Pintura para el recubriendo de los soportes</b>			10
<b>Modificaciones y pruebas de funcionamiento de la máquina</b>			300

### 1.36 Costos indirectos

<b>Descripción</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Movilización</b>	60
<b>Materia prima para pruebas</b>	40
<b>Gastos varios</b>	50
<b>Útiles de oficina</b>	15

### 1.37 Resumen de costos

<b>Descripción</b>	<b>Valor total (\$)</b>
<b>Costos directos</b>	1576
<b>Costos indirectos</b>	165
<b>Imprevistos</b>	40
<b>Total, global</b>	1781

## CONCLUSIONES

Lo expuesto a lo largo de este trabajo permite arribar a las siguientes conclusiones:

En cuanto a los parámetros operacionales de la máquina se realizó un análisis del tipo y sistema de extracción de aceite de aguacate que nos brinde una mayor eficiencia

Por lo tanto, el diseño seleccionado fue un molino eléctrico con un tornillo extrusor cónico con hélices cuadradas el mismo que se encarga de transportar y comprimir la materia prima contra las paredes de la camisa.

Mediante la utilización del software de diseño mecánico Solidworks versión estudiantil y por medio del análisis computacional de elementos finitos se comprobó la resistencia mecánica del tornillo extrusor con un factor de seguridad de 3.88 y de la misma manera se comprobó la resistencia mecánica del ensamble camisa – dado obteniendo como resultado un factor de seguridad 6.77.

Se diseñó, construyó y probó la máquina extractora de aceite de aguacate la misma que permite procesar la materia prima de forma continua y así verificar sus parámetros de diseño, consiguiendo resultados favorables tanto en el proceso de compresión y extracción de aceite.

También para el proceso de construcción de la máquina extractora de aceite de aguacate se utilizó el material de grado alimenticio y farmacéutico (acero inoxidable 304) para todas las piezas que están involucradas en el proceso de extrusión de la materia prima y que estén inmersas en el producto final, es decir el aceite extraído.

A pesar de que no es habitual encontrar en la industria nacional una máquina extractora de aceite de aguacate, este tipo de máquina es una opción factible para el sector farmacéutico, debido a su alto grado de rendimiento en la extracción de aceite, su capacidad de realizar este proceso en frío y su tamaño compacto.

## **RECOMENDACIONES**

Nivelar correctamente la máquina en la mesa de trabajo para absorber las vibraciones que genera el motor ya que este se encuentra sujeto al motorreductor y proporciona la potencia requerida al tornillo extrusor.

Antes de poner en marcha la máquina extractora de aceite se debe verificar que todos los pernos de sujeción se encuentren ajustados para evitar averías en la máquina.

Para optimizar los resultados de extracción de aceite de aguacate es recomendable que la materia prima tenga un tamaño uniforme de la partícula.

Debido a las características de la máquina la misma que se empleara para pruebas del uso de aceite de aguacate en cosméticos y la utilización de dicho aceite es limitado para dichas pruebas, se recomienda que el periodo de funcionamiento continuo de la máquina no exceda en una hora y 30 minutos, después de este periodo de tiempo dejar enfriar la máquina por 30 min, esto evitará un sobrecalentamiento del motor y posibles fallos en un futuro.

Después de una jornada de trabajo la máquina debe quedar sin materia prima al interior de la camisa y el tornillo por lo que se recomienda una limpieza profunda de todas sus partes para prolongar su vida útil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] O. d. l. N. U. p. l. A. y. l. Agricultura, «FAO,» FAO, 2020. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/fruits-vegetables/es/>. [Último acceso: 1 09 2020].
- [2] Agrotendencia, « Agrotendencia,» 2020. [En línea]. Available: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-aguacate-o-palta/>. [Último acceso: 5 09 2020].
- [3] Agrotendencia.tv, «agrotendencia,» Agrotendencia.tv, 2020. [En línea]. Available: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-del-aguacate-o-palta/>. [Último acceso: 11 09 2020].
- [4] R. Contreras, «biología,» 2013. [En línea]. Available: <https://biologia.laguia2000.com/botanica/el-aguacate#:~:text=Las%20hojas%20son%20ovaladas%20y,en%20las%20ramas%20del%20aguacate.&text=Distribuci%C3%B3n%20y%20h%C3%A1bitat%3A%20el%20aguacate,actualidad%20su%20distribuci%C3%B3n%20es%20mundial..> [Último acceso: 10 09 2020].
- [5] M. Cuaspud, «Obtención De Aceite De Aguacate Microencapsulado Mediante Secado Por Atomización,» 2015. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10511>. [Último acceso: 1 09 2020].
- [6] E. F. Box, «Exotic Fruit Box,» 2020. [En línea]. Available: <https://exoticfruitbox.com/frutas-exoticas/aguacate/>. [Último acceso: 12 09 2020].
- [7] E. Consumer, «inforural,» 18 06 2012. [En línea]. Available: <https://www.inforural.com.mx/aguacate-caracteristicas-generales/#:~:text=El%20fruto%20que%20es%20una,mantequilla%20dura%20y%20su%20sabor.> [Último acceso: 11 09 2020].
- [8] Trops, «Trops,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.trops.es/aguacate-hass/>. [Último acceso: 9 09 2020].

- [9] A. Corporativo, «Variedades,» Variedades, [En línea]. Available: <http://www.avocado.org/variedades#bacon..> [Último acceso: 11 09 2020].
- [10] S. P. A. C. S.A.S., «PROAGROCAFÉ,» sioncreativos, 2017. [En línea]. Available: <http://proagrocafe.com/catalogo-de-arboles-frutales-vivero-valle-del-cauca/aguacates/aguacate-booth-8/>. [Último acceso: 14 09 2020].
- [11] CORPOICA , Tecnología para el cultivo del aguacate, Antioquia: produmedios, 2008.
- [12] N. M. A. S.L, «navarromontes,» 2002. [En línea]. Available: [https://www.navarromontes.com/plantas/320-aguacates-variedad-fuerte.html#:~:text=Fruto%20de%20forma%20periforme%20con,170%2D500%20gr.\).](https://www.navarromontes.com/plantas/320-aguacates-variedad-fuerte.html#:~:text=Fruto%20de%20forma%20periforme%20con,170%2D500%20gr.).) [Último acceso: 11 09 2020].
- [13] A. Albert, «casalbert,» Aceites Albert, 2019. [En línea]. Available: <https://www.aceitesalbert.com/noticias/172-aceite-de-aguacate-propiedades-nutricionales-y-uso/>. [Último acceso: 15 09 2020].
- [14] J. Ortega, «Glamour,» Condé Nast, 13 04 2020. [En línea]. Available: <https://www.glamour.mx/belleza/cuerpo/articulos/aceite-de-aguacate-y-sus-beneficios-en-la-belleza/16009>. [Último acceso: 12 09 2020].
- [15] salud180, «salud180,» i IMAGEN, 2020. [En línea]. Available: <https://www.salud180.com/nutricion-y-ejercicio/aceite-de-aguacate-para-que-sirve>. [Último acceso: 14 09 2020].
- [16] M. Condori Cahui, Artist, *Análisis de extracción de aceite de palta (Persea americana) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua*. [Art]. Universidad Peruana Unión, 2016.
- [17] M. Benavente, «El blog de omnitemático,» 2017. [En línea]. Available: <http://omnitematico.over-blog.com/article-para-que-sirven-maquinas-extrusoras-plastico-85844948.html>. [Último acceso: 12 2020].
- [18] M. P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna: materiales, procesos y sistemas, Mexico: The McGraw-Hill, 1997.

- [19] C. M. Maverick, «allextruded,» Maverick, 05 2016. [En línea]. Available: <https://allextruded.com/entrada/proceso-de-extrusion-y-sus-principios-20306/>. [Último acceso: 12 12 2020].
- [20] M. Beltrán, Artist, *Tema 4. Extrusión*. [Art]. Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería Química, 2011.
- [21] N. G. E. d. e. E. limitada, «Nanjing Gorray Equipos de extrusión Empresa limitada,» [En línea]. Available: <http://www.njgorray.com/xi/Index.asp?Products/Product104/168.html>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [22] P. Rega, «279motoreselectricos,» 2011. [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/279motoreselectricos/partes-fundamentales-de-un-motor-electrico>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [23] transelec, «transelec,» Dwvisula, [En línea]. Available: <https://www.transelec.com.ar/soporte/18450/que-es-un-motor-electrico-y-como-funciona/>. [Último acceso: 20 12 2020].
- [24] T. SL, «Tercesa SL,» 2018. [En línea]. Available: <https://tercesa.com/noticias/funcionamiento-y-aplicaciones-de-un-motorreductor/>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [25] Roydisa, «Roydisa,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/5419>. [Último acceso: 15 12 2020].
- [26] roydisa, «roydisa,» roydisa, 2018. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/3356>. [Último acceso: 2021].
- [27] M. Mundial, « Grados Material Mundial,» Grados Material Mundial, 2021. [En línea]. Available: <https://www.materialmundial.com/acero-inoxidable-ss-astm-sae-aisi-304-ficha-tecnica/>. [Último acceso: 01 2021].
- [28] A. M. M. Herrera, «Soldadura y Estructuras,» Soldadura y Estructuras, [En línea]. Available: <http://soldadurayestructuras.com/proceso-gtaw.html>. [Último acceso: 5 02 2021].

- [29] J. C. Moreno, «Soldadura y robótica,» Soldadura y robótica, 2012. [En línea]. Available: <https://www.josecarlosmoreno.com/single-post/2016/10/02/electrodos-de-tungsteno-para-soldadura-tig-gtaw>. [Último acceso: 12 11 2020].
- [30] Infrasal, «Infrasal,» Infrasal, [En línea]. Available: <https://www.infrasal.com/gases/13-infrasal/soldadura/92-gases-para-soldadura-tig>. [Último acceso: 2020].
- [31] S. C. & inspección, «SCI Control & inspección,» SCI, 2021. [En línea]. Available: <https://scisa.es/materiales-aporte-soldadura/>. [Último acceso: 20 05 2021].
- [32] Soldadoras, «Soldadoras,» Efimy.com, 2021. [En línea]. Available: <https://soldadoras.com.ar/insumos-para-soldar/tipos-usos-las-varillas-aportes/>. [Último acceso: 20 05 2021].
- [33] M. Katz, Lípidos en la industria química, Buenos Aires: Asociación Química Argentina, 2017.
- [34] piteba, «piteba,» 2017. [En línea]. Available: <https://piteba.com/es/content/14-Funcionamiento-prensa-de-aceite>. [Último acceso: 15 09 2020].
- [35] V. FAIRES, de *Diseño de elementos de máquinas, Cuarta edición*, Barcelona, Editorial Montaner y Simón S.A., p. 559.
- [36] C. A. T. G. J. H. J. A. Ruben Dario Cardenas Espinosa, Extrusión y Coextrusión de lamina, Norderstedt: GRIN Verlag, 2011.
- [37] D. R. & L. D. B. Heldman, Handbook of food engineering, Broken Sound Parkway NW: Advisory Board, 2006.
- [38] M. V. Byron Cumbajin, Artist, *Diseño y construccion de una maquina pelletizadora de polietileno de baja densidad LDPE de 25 Kg*. [Art]. UPS, 2013.
- [39] J. K. N. Richard G. Budynas, DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY, México, D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V, 2008.



- [40] R. Norto, DISEÑO DE MÁQUINAS Un enfoque integrado, Mexico D.F: Prentice Hall Copyright, 2011.
- [41] R. L. MOTT, Resistencia de materiales, Mexico: PRENTICE HALL, INC, 2008.
- [42] A. H. H. A.S. Hall, Diseño de maquinas, Mexico DF: McGRAW-HILL, 1970.
- [43] D. P. Yepes Betancur, «Extracción termomecánica y caracterización fisicoquímica del aceite de aguacate (Persea americana Mill. cv. Hass),» *Informador Técnico*, vol. 81, p. 75, 2017.
- [44] p. y. ecuaciones, «problemas y ecuaciones,» problemas y ecuaciones, 2016. [En línea]. Available: <https://www.problemasyeecuaciones.com/geometria3D/volumen/tronco/cono/calculadora-area-volumen-formula-demostracion.html>. [Último acceso: 20 12 2020].
- [45] Acento, «Acento,» Acento, 2021 . [En línea]. Available: <https://acentocoop.es/blog/fluido-no-newtoniano/>. [Último acceso: 2021].
- [46] E. C. T. I. d. reservados, « Enciclopedia Concepto,» Enciclopedia Concepto, 2013. [En línea]. Available: <https://concepto.de/viscosidad/>. [Último acceso: 2021].

## **ANEXO A**

### **Manual de operación de la máquina extractora de aceite de aguacate**

Anexo A1

Manual de operación de la máquina extractora de aceite de aguacate.

Pasos a seguir para operar correctamente la máquina extractora de aceite de aguacate:

- 1.- Colocar la máquina sobre una superficie plana
- 2.- Conectar a la toma de corriente de 220V
- 3.- Colocar en la tolva el aguacate deshidratado hasta cubrir la altura total de la tolva.
- 4.- Presionar el botón de arranque de la máquina
- 5.- Verificar la salida del material extruido
- 6.- De ser necesario volver a verter el material extruido en la máquina

## ANEXO B

### Manual de mantenimiento y limpieza de la máquina extractora de aceite

#### Anexo B1

#### Manual de mantenimiento de la máquina extractora de aceite de aguacate

#### Procedimiento para el mantenimiento de la máquina extractora de aceite de aguacate

Mediante el dimensionamiento de la máquina extractora de aceite de aguacate esta podría funcionar continuamente por el periodo de tiempo de una hora y 30 minutos, por lo cual la máquina debe cumplir con un mantenimiento cada determinado tiempo y según recomendaciones del fabricante.

El material a ser extruido en la máquina es pulpa de aguacate deshidratado, sin embargo, esta puede soportar cualquier material con una consistencia blanda

Con estas aclaraciones se enlistan las actividades de mantenimiento que se deben realizar a la máquina extractora.

- 1.- Verificar obstrucción o atascamiento de material entre los hilos del tornillo extrusor
- 2.- Verificar el correcto alineamiento entre el tornillo extrusor y el motorreductor
- 3.- Verificar la correcta sujeción de la camisa mediante los pernos M10
- 4.- No permitir el ingreso de objetos extraños o de material que no sea el antes mencionado
- 5.- El mantenimiento del motor y motorreductor se lo realizará de acuerdo a las recomendaciones del fabricante

Procedimiento para desacople de las partes de la máquina para una correcta limpieza:

- 1.- Desenroscar el dado de la camisa para que la máquina libere todo el material contenido en su interior
- 2.- Desajustar la brida de sujeción para retirar la tolva
- 3.- Retirar los pernos M10 que sujetan la camisa al motorreductor
- 4.- Una vez retirado los pernos realizar el proceso de separación de la camisa
- 5.- Para desmontar el tornillo extrusor del motorreductor desajustar el perno M10 localizado en la parte posterior del tornillo
- 6.- Halar el tornillo con fuerza para su respectiva separación del motorreductor
- 7.- Limpiar todos los componentes con un paño

## **ANEXO C**

**Tablas y gráficas de elementos mecánicos normalizados empleados en el cálculo**

## Anexo C1

### Propiedades mecánicas del acero inoxidable 304

**Tabla A-22**

Resultados de ensayos a la tensión de algunos metales\* Fuente: J. Datsko, "Solid Materials", capítulo 32, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown, Jr. (editores en jefe). *Standard Handbook of Machine Design*, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004, pp. 32.49-32.52.

Número	Material	Condición	Resistencia (a la tensión)					Resistencia a la deformación, exponente $m$	Resistencia a la fractura $\epsilon_f$
			Fluencia $S_{yr}$ MPa (kpsi)	Última $S_{ur}$ MPa (kpsi)	A la fractura, $\sigma_{fr}$ MPa (kpsi)	Coefficiente $\sigma_{0r}$ MPa (kpsi)			
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1) <sup>†</sup>	620 (90.0)	0.25	1.05	
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130) <sup>†</sup>	992 (144)	0.14	0.49	
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106) <sup>†</sup>	758 (110)	0.24	0.85	
1045	Acero	TyR 600°F	1 520 (220)	1 580 (230)	2 380 (345)	1 880 (273) <sup>†</sup>	0.041	0.81	
4142	Acero	TyR 600°F	1 720 (250)	1 930 (210)	2 340 (340)	1 760 (255) <sup>†</sup>	0.048	0.43	
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1 520 (221) <sup>†</sup>	1 410 (205)	0.51	1.16	
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1 600 (233) <sup>†</sup>	1 270 (185)	0.45	1.67	
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (47.0)	325 (47.2) <sup>†</sup>	620 (90)	0.28	0.10	
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3) <sup>†</sup>	689 (100)	0.15	0.18	
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102) <sup>†</sup>	882 (128)	0.13	0.18	

\*Los valores se tomaron de uno o dos coladas y se considera que pueden obtenerse usando especificaciones de compra. La deformación por fractura puede variar hasta en 100%.

<sup>†</sup>Valor derivado.

Anexo C2

Factor para el cálculo de la viscosidad aparente  $m_f$  y  $n_f$

**TABLE 12.1**  
**Reported Power Law Models (Equation 12.2) for Food Extrudates**

Material	$m_0$	$n$	Temperature range (°C)	Moisture range (%)	A (K)	B (1/% $M_{DB}$ )	Reference
Cooked cereal dough (80% corn grits, 20% oat flour)	78.5	0.51	67–100	25–30	2500	-7.9 <sup>a</sup>	Harper et al., 1971
Pregelatinized corn flour	36.0	0.36	90–150	22–35	4390	-14	Cervone and Harper, 1978
Soy grits	0.79	0.34	35–60	32	3670	—	Remson and Clark, 1978
Hard wheat dough	1,885	0.41	35–52	27.5–32.5	1800	-6.8	Levine, 1982
Corn grits	28,000	~0.5	177	13	—	—	Van Zuilichem et al., 1974
	17,000	~0.5	193	13	—	—	
	7,600	~0.5	207	13	—	—	
Full-fat soybeans	3,440	0.3	120	15–30	—	—	Fricke et al., 1977
Moist food products	223	0.78	95	35	—	—	Tsao et al., 1978
Pregelatinized corn flour	17,200	0.34	88	32	—	—	Hermann and Harper, 1974
Sausage emulsion	430	0.21	15	63	—	—	Toledo et al., 1977
Semolina flour	20,000	0.5	45	30	—	—	Nazarov et al., 1971
Defatted soy	110,600	0.05	100	25	—	—	Jao et al., 1978
	15,900	0.40	130	25	—	—	
	671	0.75	160	25	—	—	
	78,400	0.13	100	28	—	—	
	23,100	0.34	130	28	—	—	
	299	0.65	160	28	—	—	
	28,800	0.19	100	35	—	—	
	28,600	0.18	130	35	—	—	
	17,800	0.16	160	35	—	—	
Wheat flour	4,450	0.35	33	43	—	—	Launay and Bure, 1973
Defatted soy flour	1,210	0.49	54	25	—	—	Luxenburg et al., 1985
	868	0.45	54	50	—	—	
	700	0.43	54	75	—	—	
	1,580	0.37	54	85	—	—	
	2,360	0.31	54	100	—	—	
	2,270	0.31	54	110	—	—	

<sup>a</sup> Wet basis moisture used.

## Anexo C3

### Momento polar de inercia de un eje macizo

### Cálculo de área

#### Parte 1 Propiedades de las secciones

$A$  = área

$G$  = ubicación del centroide

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

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

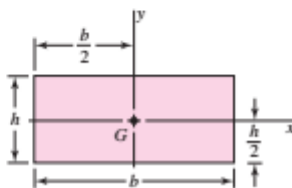
$I_{xy} = \int xy dA$  = momento mixto de área con respecto a los ejes  $x$  y  $y$

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

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

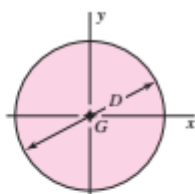
$k_x^2 = I_x/A$  = radio de giro al cuadrado con respecto al eje  $x$

Rectángulo



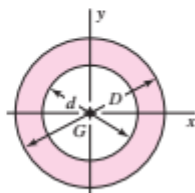
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Círculo



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

Círculo hueco



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



## Anexo C4

### Grado de seguridad

**TABLA 1.1 COEFICIENTES DE SEGURIDAD  
(COEFICIENTES DE CÁLCULO)**

Los coeficientes de seguridad señalados con \* están destinados principalmente al uso de principiantes, aunque son valores tradicionales. No se deberán utilizar cuando se haga un análisis detallado de las cargas variables, concentraciones de esfuerzos, etc., Capítulo 4. Son aceptables para utilizarlos con resistencias típicas.

CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES QUEBRADIZOS	MADERA DE CONS- TRUCCIÓN
	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	<i>Basado en la resistencia de fluencia</i>	<i>Basado en la resistencia máxima</i>	
Carga permanente, $N =$	3-4	1,5-2	5-6	7
Repetida, una dirección, gradual (choque suave) *, $N =$	6	3	7-8	10
Repetida, invertida, gradual (choque suave) *, $N =$	8	4	10-12	15
Choque *, $N =$	10-15	5-7	15-20	20

## Anexo C5

### Factor $K_a$

280 | PARTE DOS | Prevención de fallas

**Tabla 6-2**

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin, ecuación (6-19)

Acabado superficial	Factor $a$		Exponente $b$
	$S_{utr}$ kpsi	$S_{utr}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C. J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O. J. Horgor (ed.), *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright © 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

## Anexo C6

### Factor Kd

**Tabla 6-4**

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.\*  
( $S_T$  = resistencia a la tensión a la temperatura de operación;  $S_{RT}$  = resistencia a la tensión a temperatura ambiente;  $0.099 \leq \sigma \leq 0.110$ )

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

\*Fuente de datos: figura 2-9.

## Anexo C7

### Factor Ke

**Tabla 6-5**

Factores de confiabilidad  $k_e$  correspondientes a 8 desviaciones estándar porcentuales del límite de resistencia a la fatiga

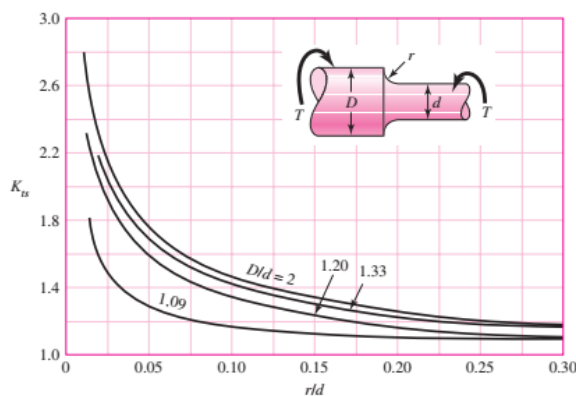
Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_e$	Factor de confiabilidad $k_e$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

## Anexo C8

### Factor Kt

**Figura A-15-8**

Eje redondo con filete en el hombro en torsión.  $\tau_0 = Tc/J$ , donde  $c = d/2$  y  $J = \pi d^4/32$ .

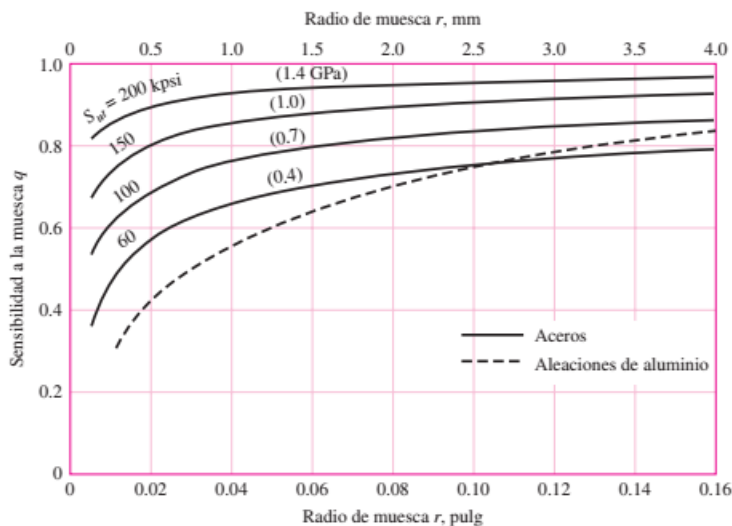


Anexo C9

Factor de sensibilidad q

**Figura 6-20**

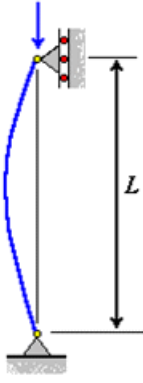
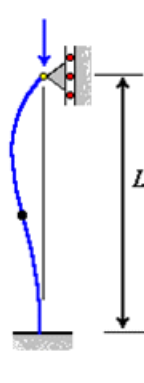
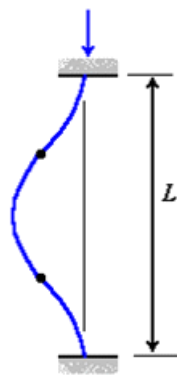
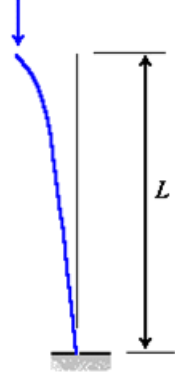
Sensibilidad a la muesca en el caso de aceros y aleaciones de aluminio forjado UNS A92024-T, sometidos a flexión inversa de cargas axiales inversas. Para radios de muesca más grandes, use los valores de q correspondientes a la ordenada  $r = .16$  pulg [4 mm]. [De George Sines y J. L. Waisman (eds.), Metal Fatigue, McGraw-Hill. Nueva York, Copyright © 1969 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.]



Anexo C10

Factores de longitud efectiva

**TABLA DE COEFICIENTES DE LONGITUD EFECTIVA**

Columna articulada-articulada	Columna empotrada-articulada	Columna empotrada-empotrada	Columna empotrada-libre
			
$L_e = L$	$L_e = 0.699L$	$L_e = 0.5L$	$L_e = 2L$
$K = 1$	$K = 0.699$	$K = 0.5$	$K = 2$

En el caso de usar los coeficientes para miembros individuales, se debe modelar el miembro reproduciendo sus restricciones en la estructura.

**Características.**

SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro; laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido).


**Aplicaciones.**

Es utilizado para todo tipo de elementos que requieran mediana resistencia mecánica y tenacidad como piñones, cuñas, manivelas, cadenas, engranajes de baja velocidad, partes de maquinaria, herramientas agrícolas, bases portamoldes y bases portatroqueles.

**Especificaciones  
Más Cercanas.**

ANALISIS TIPICO				
C	Mn	Si	P	S
0,43	0,6	0,2	0,04Max	0,05Max
0,5	0,9	0,4		

AISI..... 1045  
SAE..... C1045  
DIN..... CK45

 **Propiedades Mecánicas**  
en condiciones de suministro

ACERO AISI / SEA 1045	
Dureza	163 HBRINELL
Esfuerzo de Fluencia	310 Mpa
Esfuerzo Máximo	565 Mpa
Elongación	16% en 50 mm
Reducción de Área	40%
Densidad	7,85 g/ cm <sup>3</sup>

Anexo C12

Dimensiones recomendadas para diámetro de eje para cuñeros y chavetas

**Tabla 7-6**

Dimensiones en pulgadas de algunas aplicaciones de cuñas cuadradas y rectangulares estándar

[Fuente: Joseph E. Shigley, "Unthreaded Fasteners", capítulo 24, en Joseph E. Shigley, Charles R. Mischke y Thomas H. Brown Jr. (eds.), Standard Handbook of Machine Design, 3a. ed., McGraw-Hill, Nueva York, 2004.]

Diámetro del eje		Tamaño de la cuña		Profundidad del cuñero
Más de	Hasta (inclusive)	w	h	
$\frac{5}{16}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
$\frac{7}{16}$	$\frac{9}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{3}{32}$	$\frac{3}{64}$
		$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
$\frac{9}{16}$	$\frac{7}{8}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$
		$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
$\frac{7}{8}$	$1\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{16}$	$\frac{3}{32}$
		$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
$1\frac{1}{4}$	$1\frac{3}{8}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{16}$	$\frac{5}{32}$
$1\frac{3}{8}$	$1\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$
		$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
$1\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{16}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
$2\frac{1}{4}$	$2\frac{3}{4}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{7}{16}$	$\frac{7}{32}$
		$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{16}$
$2\frac{3}{4}$	$3\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
		$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{8}$

## Anexo C13

### Características mecánicas de los tornillos

**Tabla 8-1**

Diámetros y áreas de roscas métricas de paso grueso y fino\*

Diámetro mayor nominal $d$ , mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>	Paso $p$ , mm	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , mm <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , mm <sup>2</sup>
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080








\*Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.226869p$ , y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649519p$ . La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

## Anexo C14

### Características mecánicas de los tornillos

**Tabla 8-11**

Clases métricas de propiedad mecánica de pernos, tornillos y birlos de acero\*

Clase de propiedad	Intervalo de tamaños, inclusive	Resistencia de prueba mínima, <sup>†</sup> MPa	Resistencia mínima a la tensión, <sup>†</sup> MPa	Resistencia mínima a la fluencia, <sup>†</sup> MPa	Material	Marca en la cabeza
4.6	M5-M36	225	400	240	Acero de bajo o medio carbono	
4.8	M1.6-M16	310	420	340	Acero de bajo o medio carbono	
5.8	M5-M24	380	520	420	Acero de bajo o medio carbono	
8.8	M1.6-M36	600	830	660	Acero de medio carbono, T y R	
9.8	M1.6-M16	650	900	720	Acero de medio carbono, T y R	
10.9	M5-M36	830	1 040	940	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
12.9	M1.6-M36	970	1 220	1 100	Acero aleado, T y R	

\*La longitud de la rosca de pernos y tornillos de cabeza es

$$L_T = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$

donde  $L$  es la longitud del perno. La longitud de la rosca de pernos estructurales es ligeramente menor que la indicada.

<sup>†</sup>Las resistencias mínimas son las resistencias que excede 99% de los sujetadores.

# 14 Acero inoxidable

## TIGFIL 199

(Antes EXSATIG 199)

Varilla sólida para el proceso TIG (GTAW) cuyo depósito es un acero inoxidable austenítico de bajo contenido de carbono, del tipo Cr-Ni, sus depósitos tienen una resistencia a temperaturas hasta de 350°C expuestos al aire y a gases oxidantes producto de combustión hasta 800°C.

Clasificación	
AWS A5.9 / ASME SFA-5.9	ER308L

**Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos\*) [%]**

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,025	1,00 2,50	0,30 0,65	máx 0,025	máx 0,025	-	9,00 11,00	19,50 22,00	-	-

**Propiedades Mecánicas del Metal Depositado**

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-60°C) [J]
Sin tratamiento	> 550 (79 750)	> 320 (46 400)	> 35	110

**Conservación del Producto**

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- No requiere almacenamiento bajo horno.



**Parámetros de Soldeo Recomendados**

Diámetro [mm (pulg.)]	2,50 (3/32")	3,25 (1/8")
<b>Polaridad</b>	Corriente continua electrodo al negativo (DCEN)	
<b>Gas protector</b>	100% Ar	
<b>Amperaje (A)</b>	20 - 150	30 - 250
<b>Voltaje (V)</b>	9 - 15	10 - 20
<b>Stick out (mm)</b>	-	
<b>Flujo de Gas (l/min)</b>	5 - 15	5 - 15

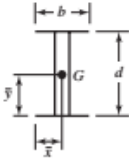

**Aplicaciones**

- Se usa para los aceros inoxidable de la familia Cr/Ni: AISI 301, 302, 304, 308.
- Se usa para los aceros inoxidable estabilizados de la familia Cr/Ni: 321, 347 pero dependiendo del medio que lo rodea.
- También puede unir lo aceros: DIN: X5 CrNi 18 8, X5 CrNi 18 10, X5 CrNi 18 12, X2 CrNi 19 11.



C17

Propiedad flexionante de la soldadura

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 1.414h(b + d)$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^2}{6}(3b + d)$
	$A = 1.414\pi hr$		$I_u = \pi r^3$

\* $I_u$ , segundo momento de área, se toma respecto de un eje horizontal que pasa por G, el centroide del grupo de soldaduras, siendo h el tamaño de la soldadura; el plano del par flexionante es normal al plano de la página y paralelo al eje y; todas las soldaduras son del mismo tamaño.

## **Anexos**



La imagen muestra el proceso de perforado de la camisa en donde irá soldada la boquilla de alimentación de dicha pieza.



La imagen muestra el proceso de armado de la tolva de alimentación.

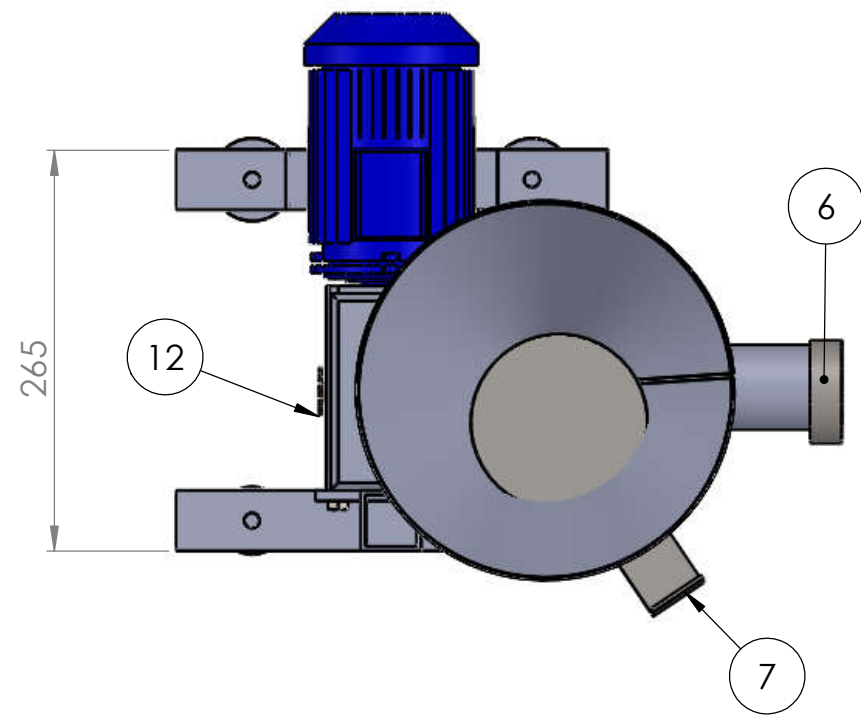
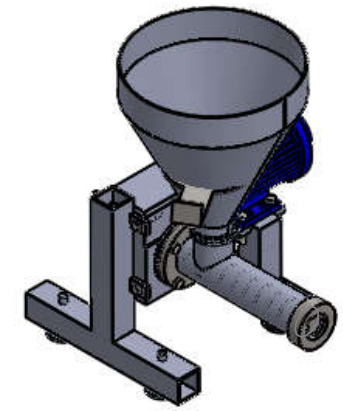
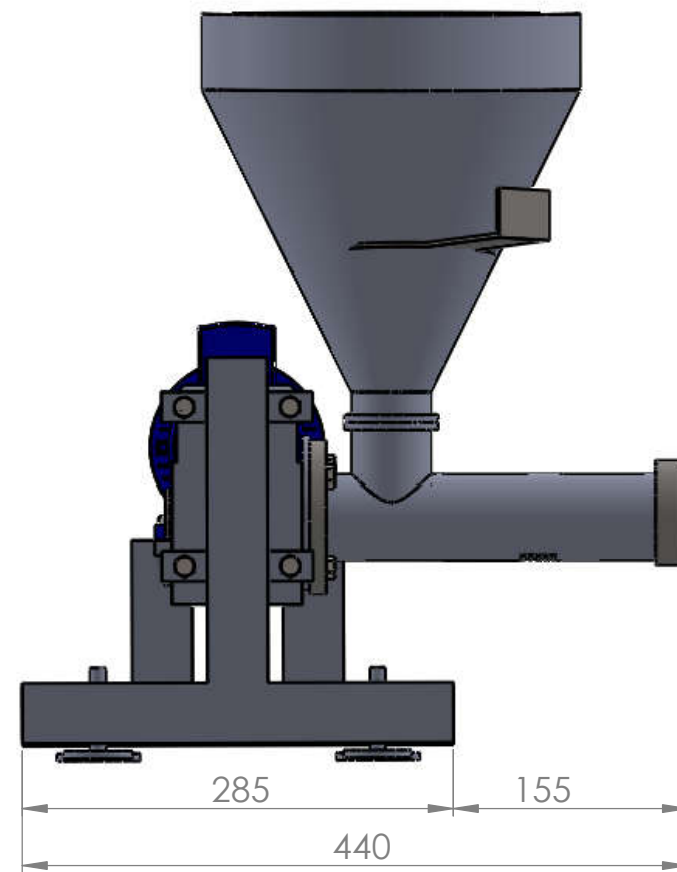
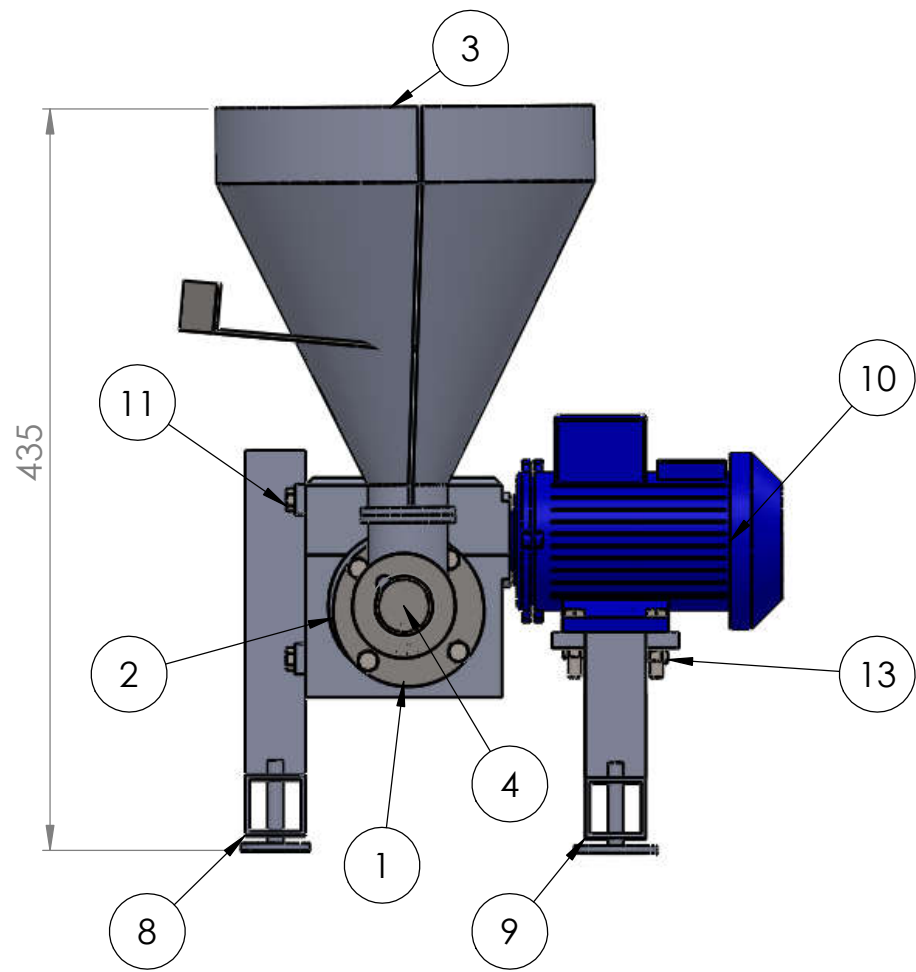


La imagen muestra el proceso de mecanizado del tornillo extrusor



Máquina extractora de aceite de aguacate terminada

## **PLANOS**



13	B18.2.4.1M - Hex nut, Style 1, M8 x 1.25 --D-N	4				Normalizado
12	B18.22M - Plain washer, 8 mm, wide	1				Normalizado
11	B18.2.3.5M - Hex bolt M8 x 1.25 x 40 --22N	13				Normalizado
10	Motor	1		Aluminio		Normalizado
9	soporte 2	1	171.666.00.07	Acero A36	40x40x500	
8	soporte 1	1	171.666.00.06	Acero A36	40x40x600	
7	Dosificador	1	171.666.00.05	Inox 304	173xx120x2	
6	Dado Corregido	1	171.666.00.04	Inox 304	Ø70x25	
5	chaveta	1		Acero fundido	8 x5x 25	Normalizado
4	Tornillo extrusor	1	171.666.00.03	Inox 304	Ø46 x 340	
3	Tolva corregida	1	171.666.00.02	Inox 304	1200x550x2	
2	Camisa corregida	1	171.666.00.01	Inox 304	Ø102 x 350	
1	Motoreductor	1		Aluminio		Normalizado
Ref:	Denominación:	Cant:	/Norma:	/Materiales:	/Dim. Brutas:	/Observación:

CARRERA DE INGENIERIA  
MECANICA

UPS

Diseño:	Hendry Quiroga	19-02-2021
Dibujo:	Hendry Quiroga	19-02-2021
Revisa:	Ing. Milton Jami	19-02-2021

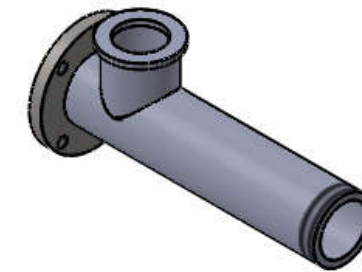
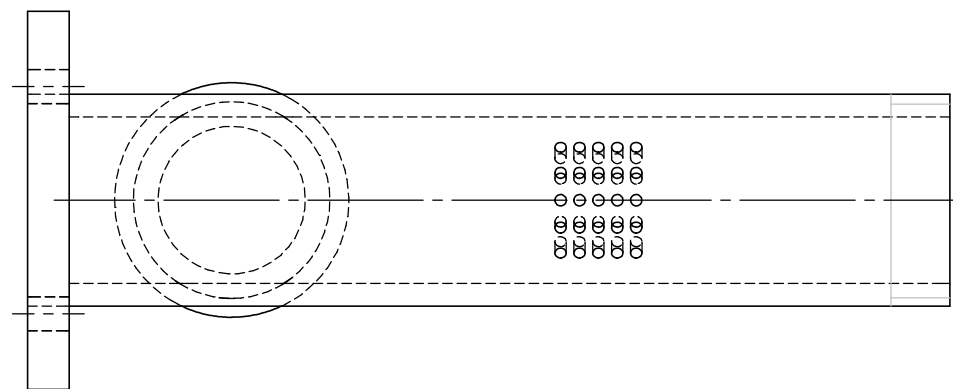
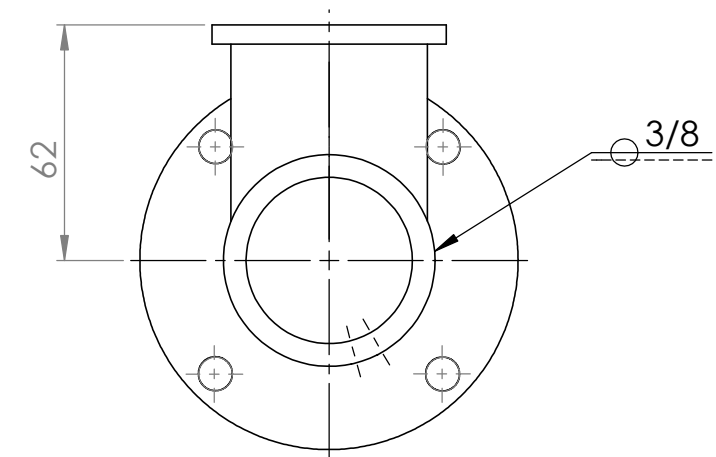
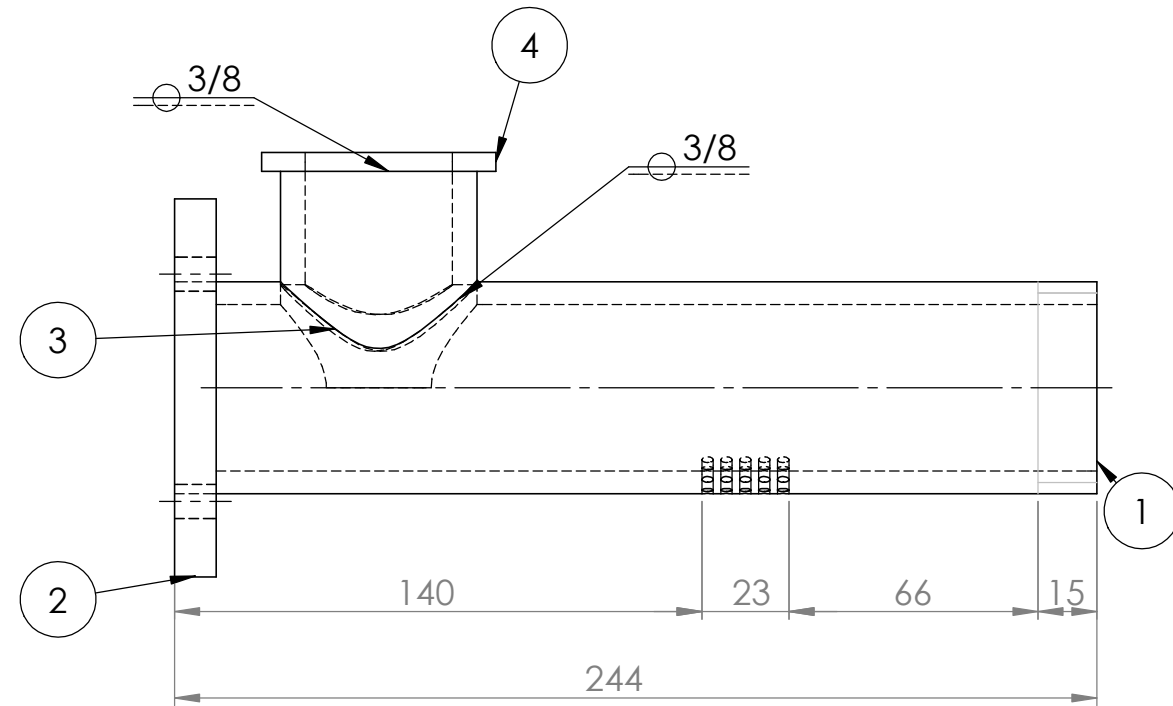
MÁQUINA EXTRACTORA DE  
ACEITE CORREGIDA

Escala:  
1:5

Código:  
171.666.00

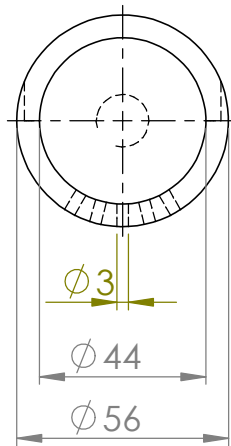
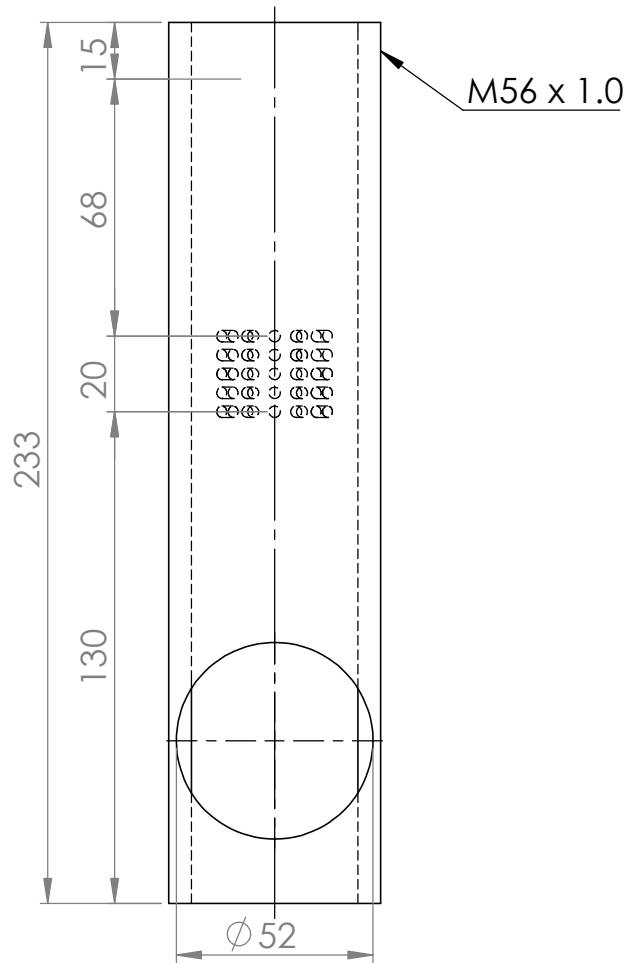
Tol. Gen  
±0.1





4	Anillo de sujeción	1	171.666.00.01.04	Inox 304	Ø64x7	
3	Cilindro de alimentación	1	171.666.00.01.03	Inox 304	Ø54x50	
2	Acople	1	171.666.00.01.02	Inox 304	Ø102x13	
1	Cilindro principal	1	171.666.00.01.01	Inox 304	Ø58x235	
Ref:	Denominación	Cant:	/Norma:	/Material:	/Dim. Brutas	/Obsevaciones:
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Diseño: Hendry Quiroga Dibujo: Hendry Quiroga Revisa: Ing. Milton Jami		19-02-2021 19-02-2021 19-02-2021
CAMISA CORREGIDA			Escala: 1 ; 2	Código:	171.666.00.01	Tol. Gen ± 0.1

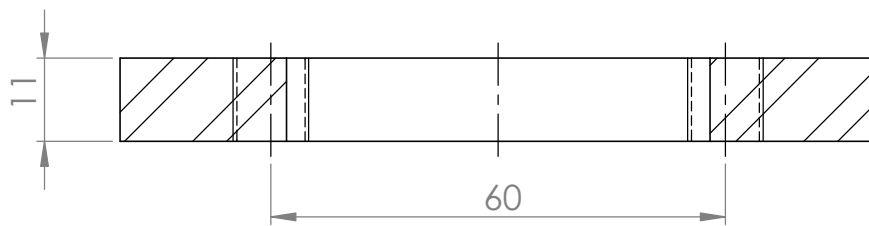
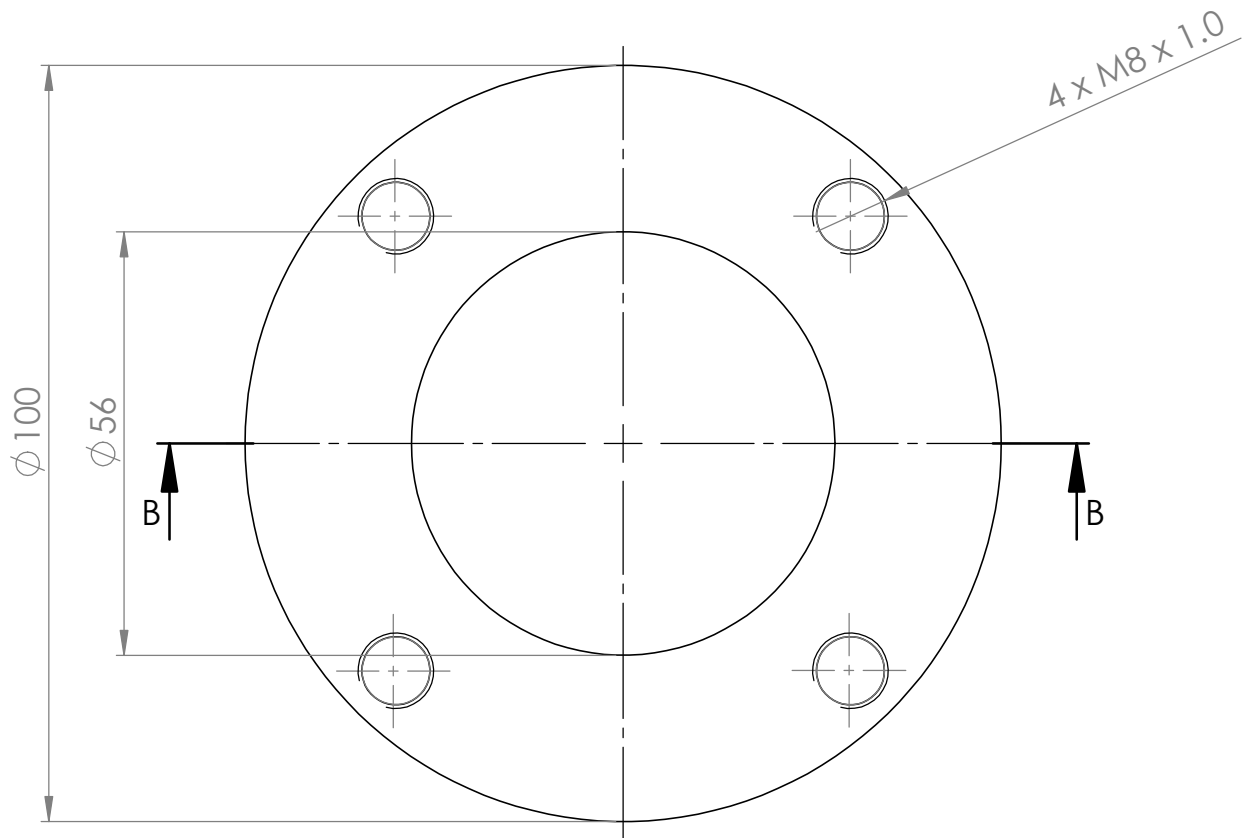
N7 Torneado



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	$\phi 58 \times 235$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
CILINDRO PRINCIPAL CORREGIDO	Escala: 1 : 2	Código:	171.666.00.01.01	Tol. Gral:	$\pm 0.1$



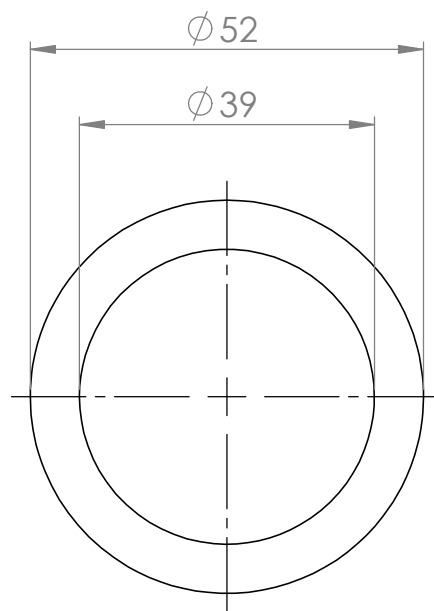
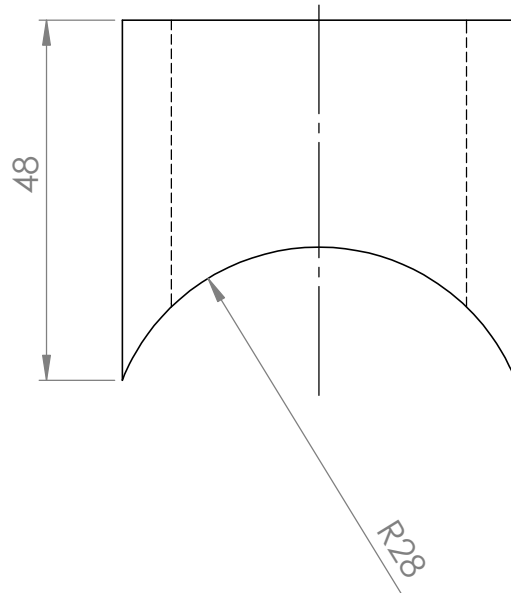
N7 Torneado



SECCIÓN B-B  
ESCALA 1 : 1

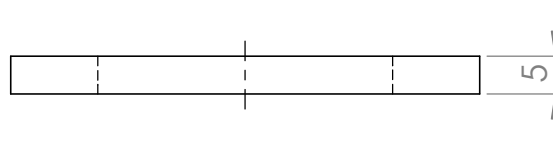
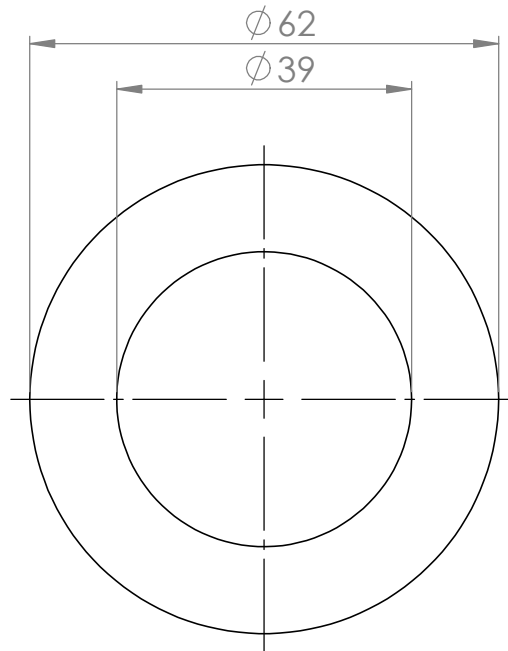
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	$\phi 102 \times 13$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
ACOPLE	Escala: 1:1	Código:	171.666.00.01.02	Tol. Gral:	$\pm 0.1$

N7 Torneado

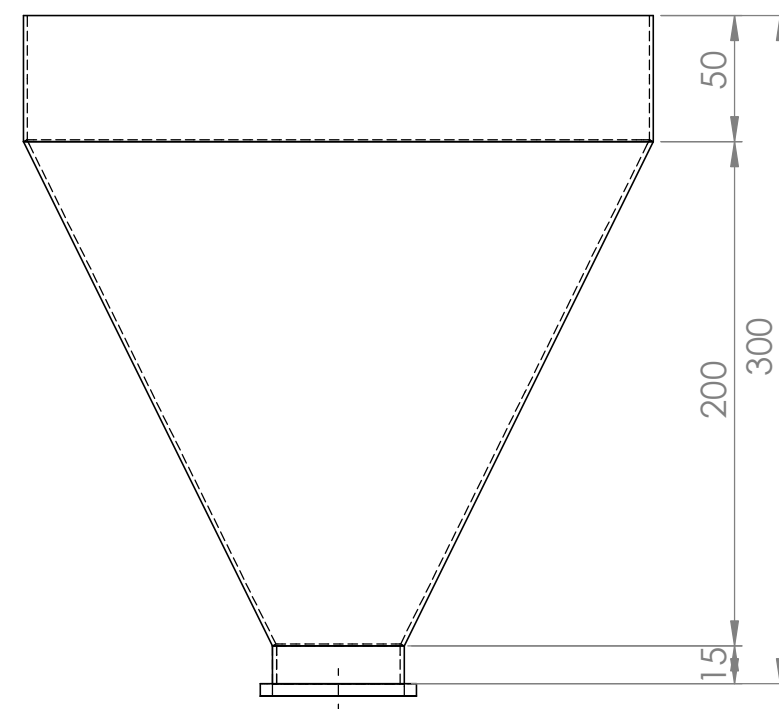
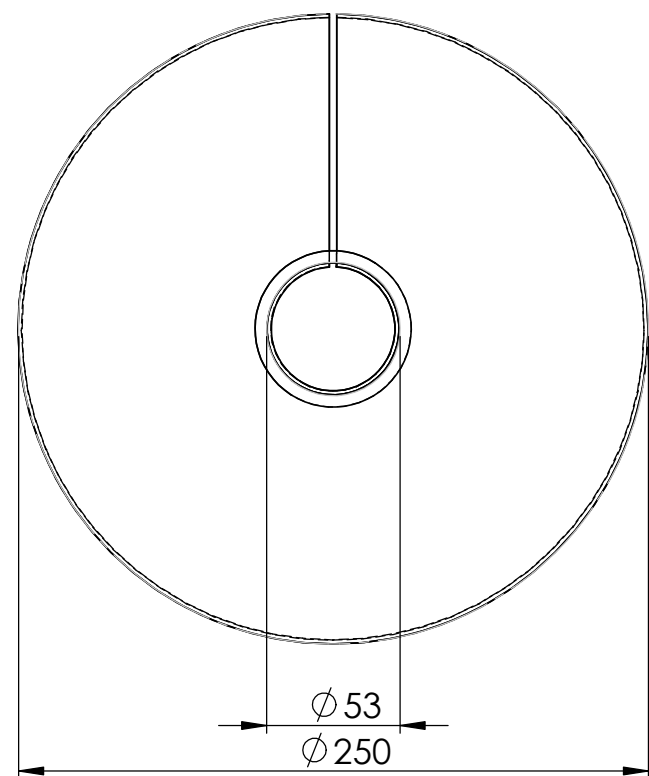
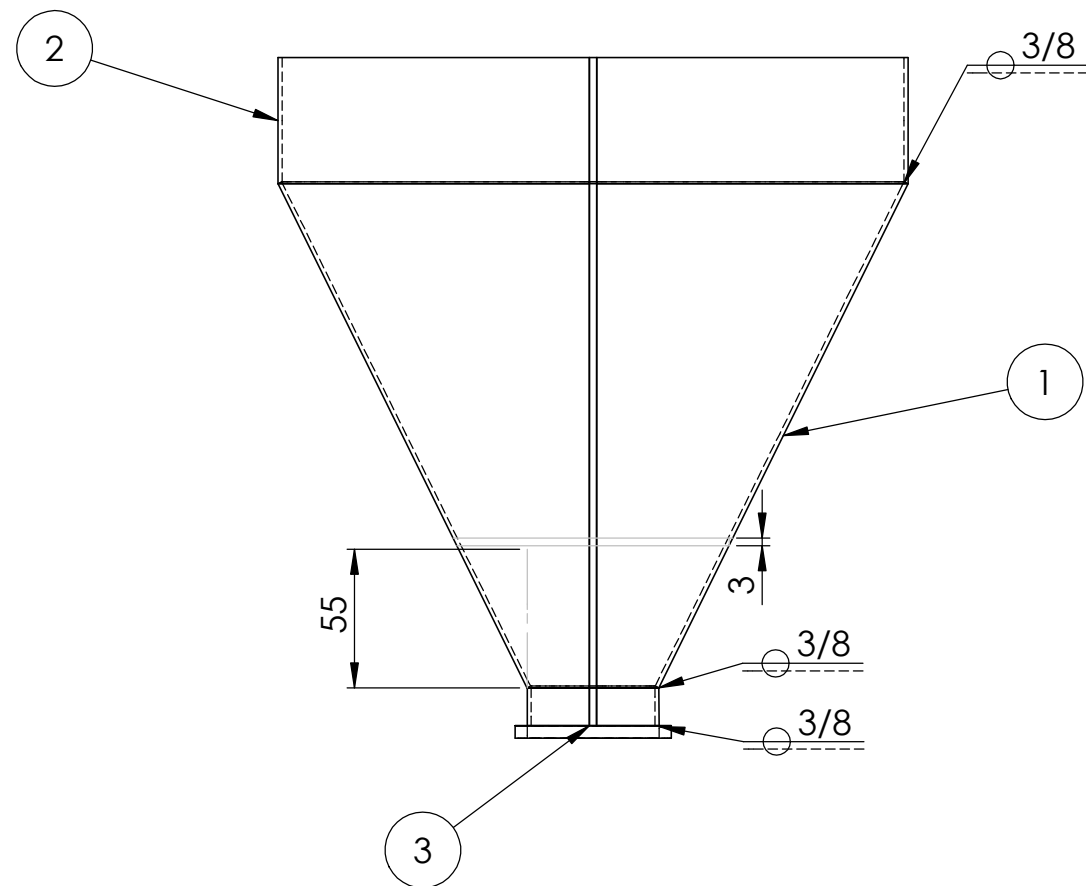


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	Ø54 x 50
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
CILINDRO DE ALIMENTACIÓN	Escala: 1:1	Código:	171.666.00.01.03	Tol. Gral:	± 0.1

N7 Torneado

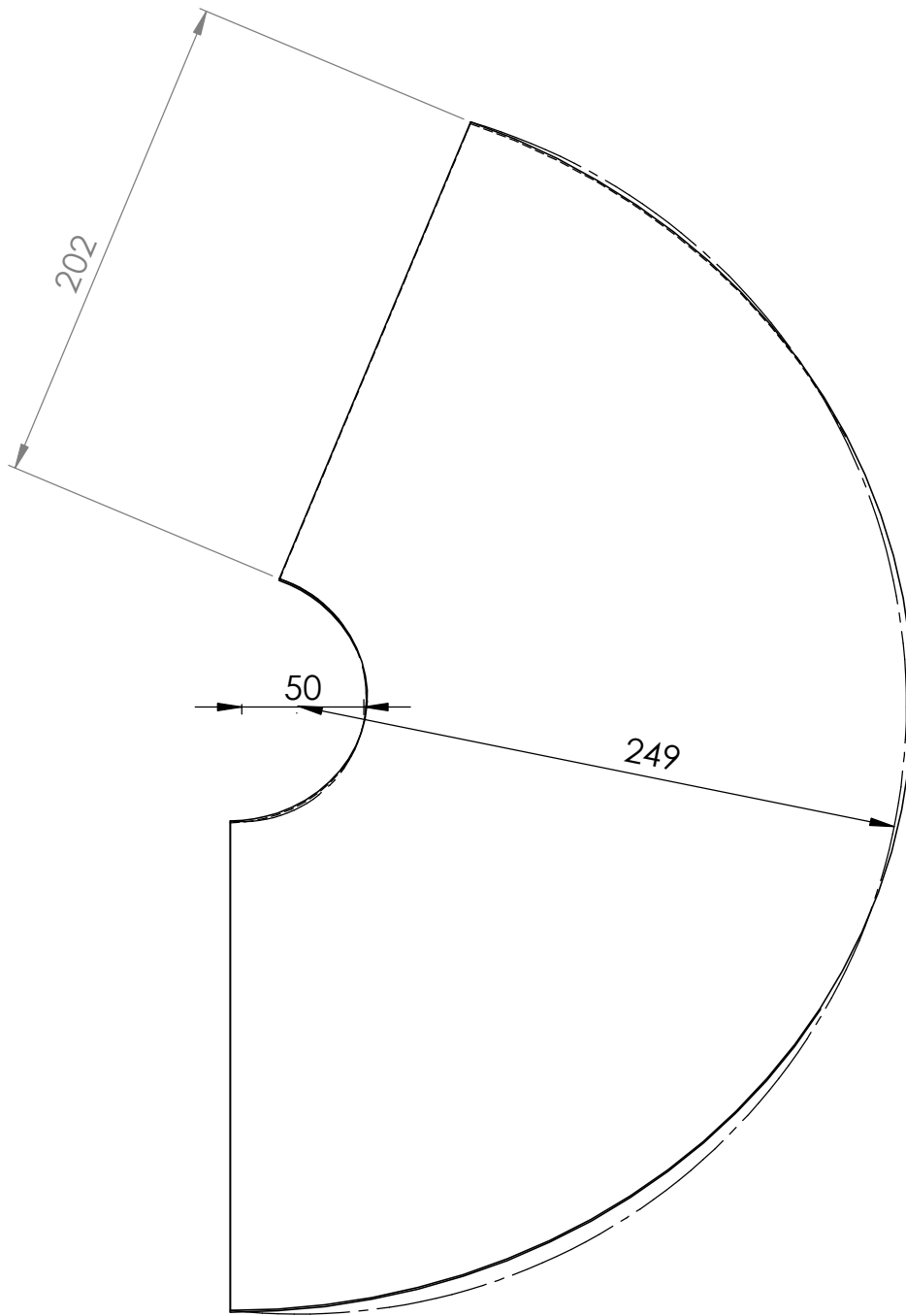


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	Ø64 x 7
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
ANILLO DE SUJECIÓN	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.01.04	Tol. Gral:	± 0.1

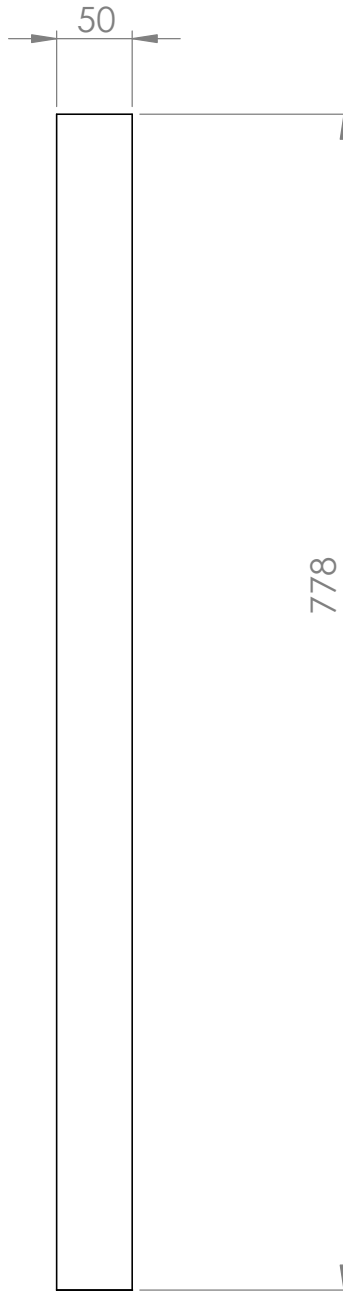


Ref:	Denominación	Cant	/Norma:	/Material:	/Dim. Brutas	/Observación:
4	Anillo de sujeción	1	171.666.00.02.04	INOX 304	Ø62 X 5	
3	Boquilla	1	171.666.00.02.03	Tol Inox	15 x 156 x 2	
2	Anillo	1	171.666.00.02.02	Tol Inox	50 x 778 x 2	
1	Cono	1	171.666.00.02.01	Tol Inox	486 x 272 x 2	

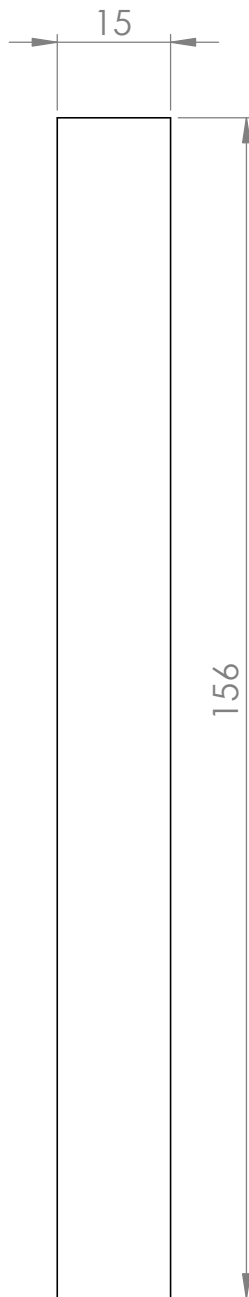
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	19-02-2021
		Dibujo:	Hendry Quiroga	19-02-2021
		Revisa:	Ing. Milton Jami	19-02-2021
TOLVA CORREGIDA	Escala: 1 : 3	Código:	171.666.00.02	Tol. Gen ± 0.01



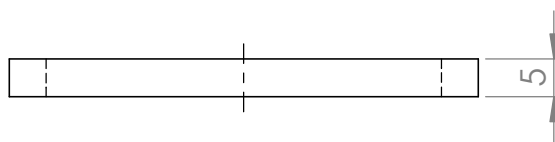
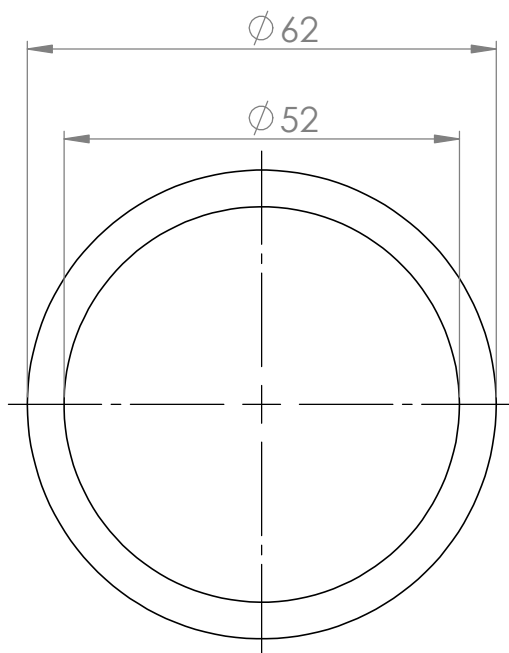
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	486 x 272 x 2
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
CONO	Escala: 1 : 3	Código:	171.666.00.02.01	Tol. Gral:	± 0.01



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	50 x 778 x 2
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
ANILLO	Escala: 1 : 5	Código:	171.666.00.02.02	Tol. Gral:	± 0.01

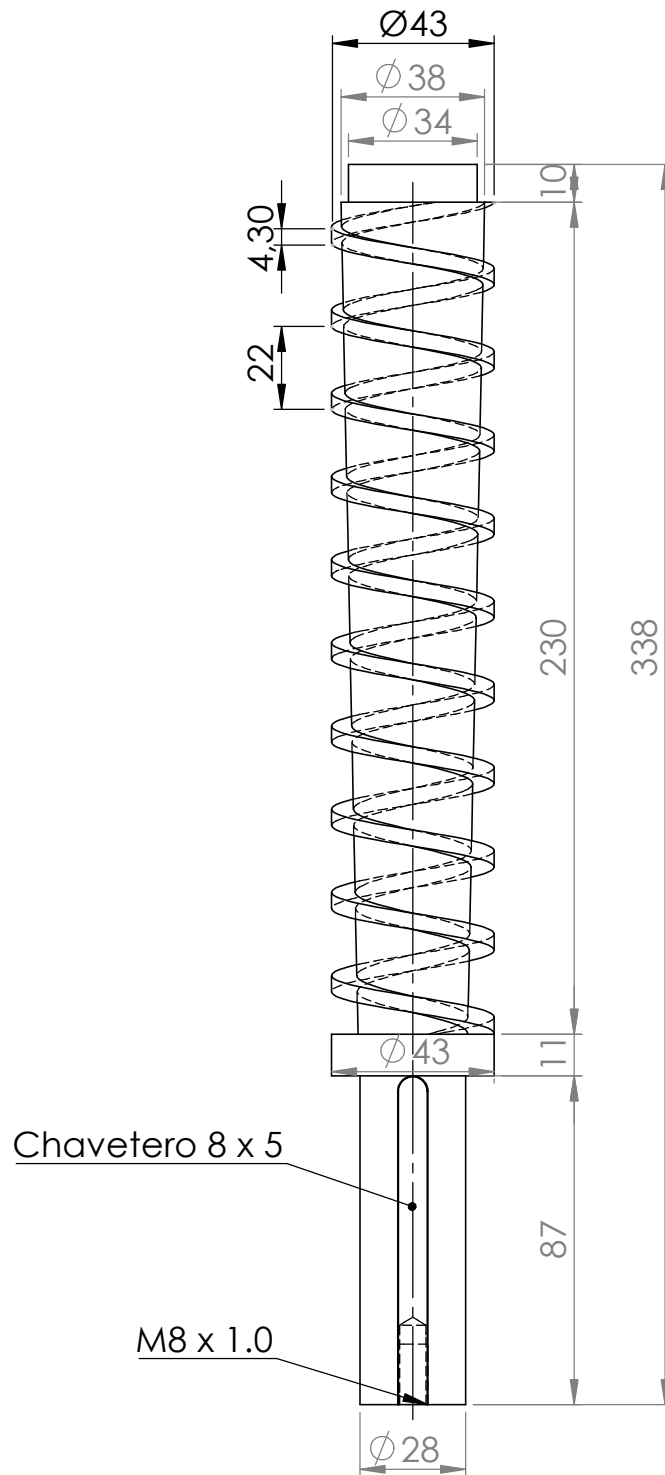


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	15 x 156 x 2
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
BOQUILLA CORREGIDA	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.02.03	Tol. Gral:	± 0.01



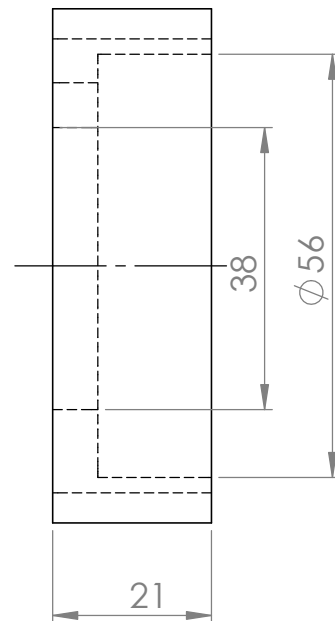
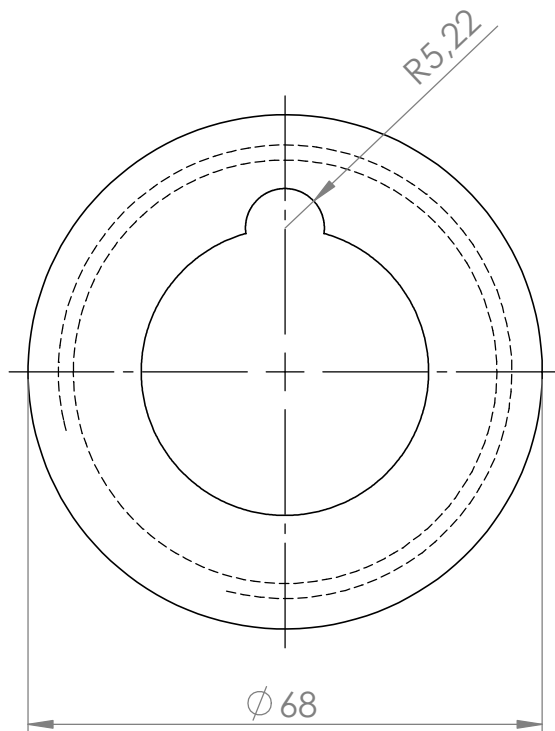
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	Ø62 x 5
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
ANILLO DE SUJECIÓN TOLVA	Escala: 1:1	Código:	171.666.00.02.04	Tol. Gral:	± 0.01



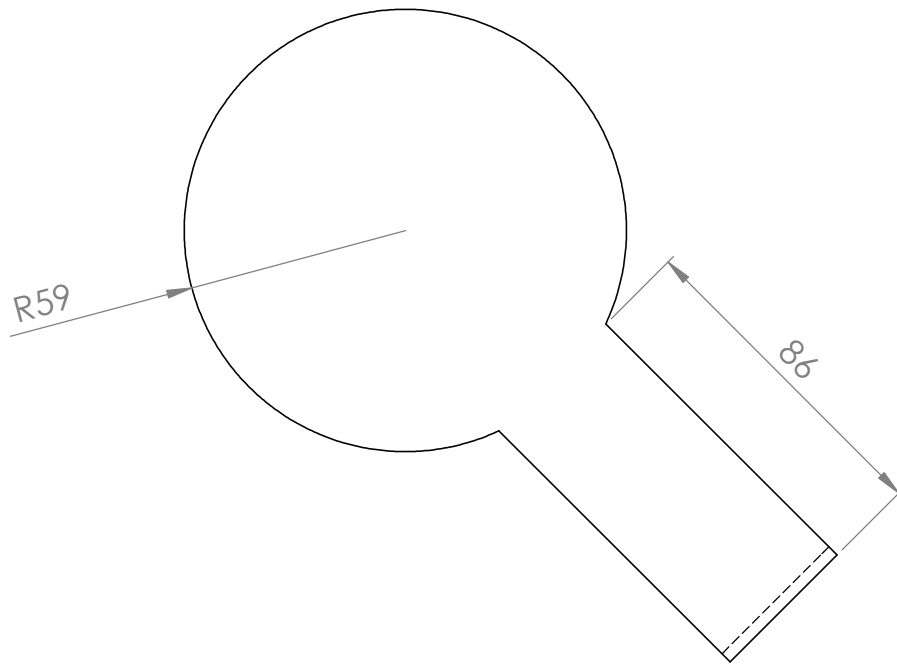


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	$\phi 46 \times 340$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-03-2021	
TORNILLO EXTRUSOR CORREGIDO	Escala: 1 : 2	Código:	171.666.00.03	Tol. Gral:	$\pm 0.01$

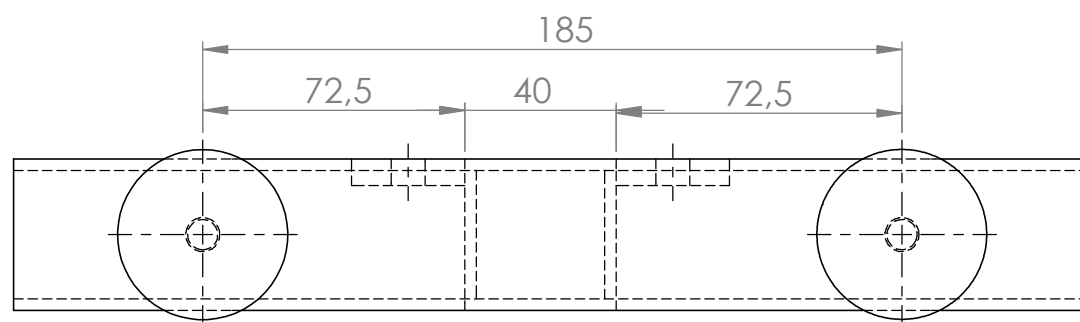
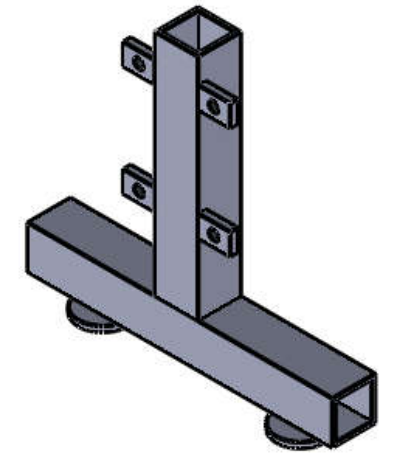
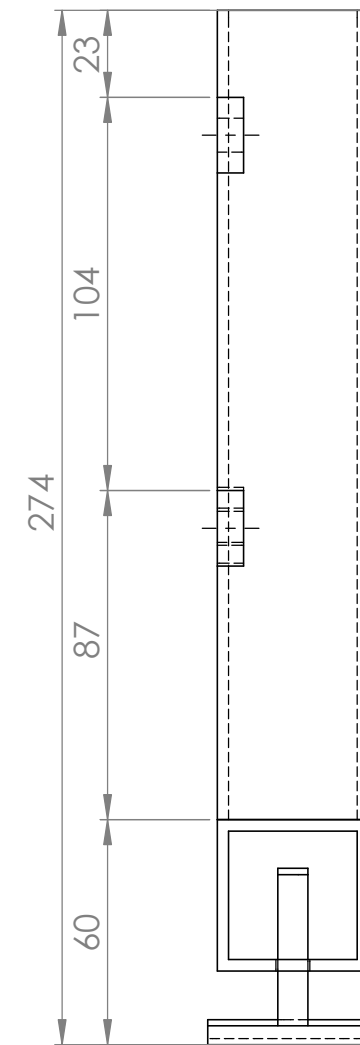
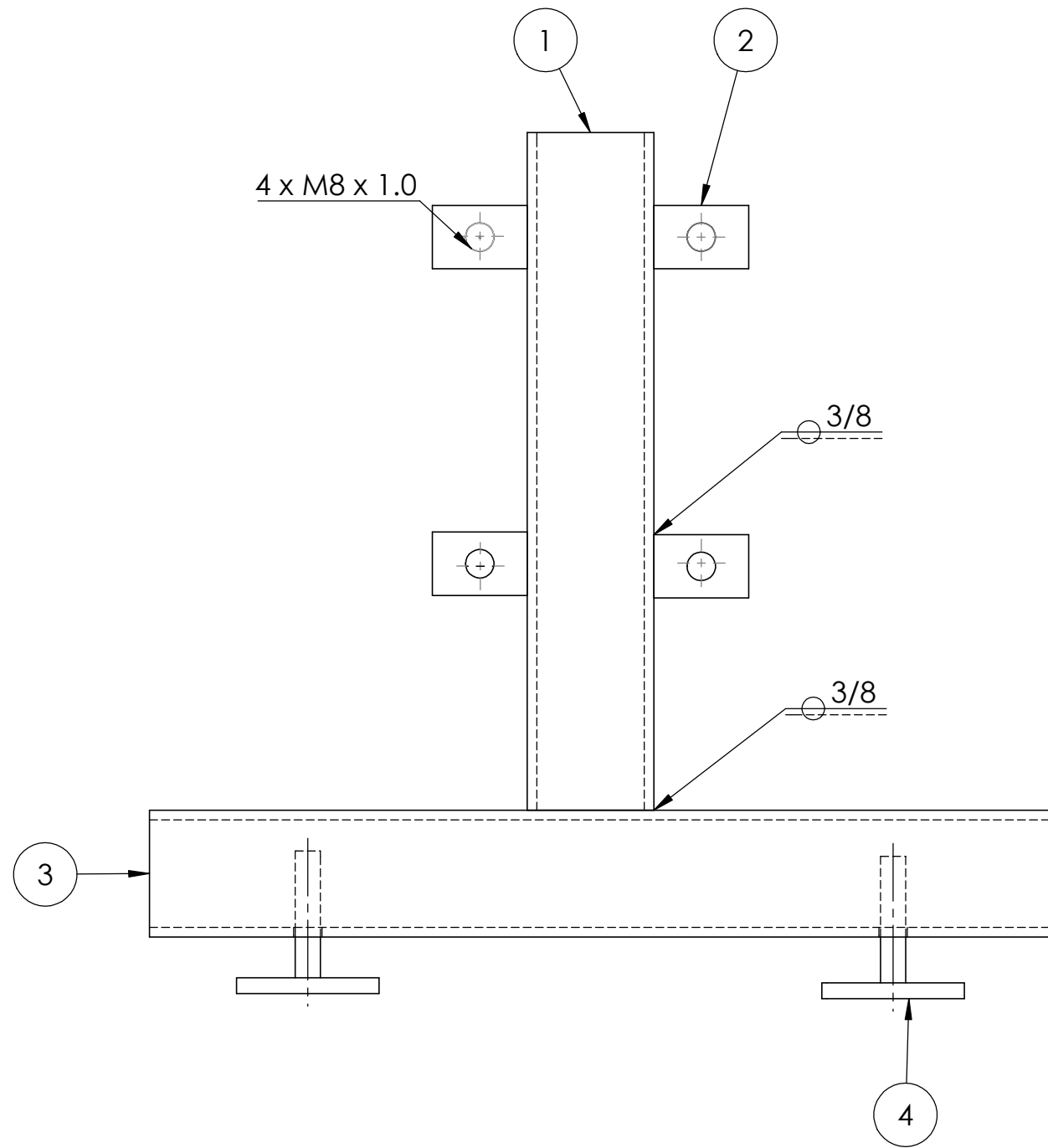
N7 Torneado



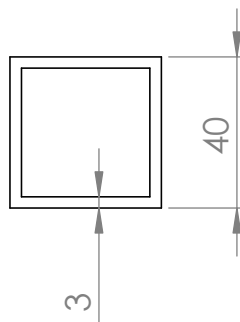
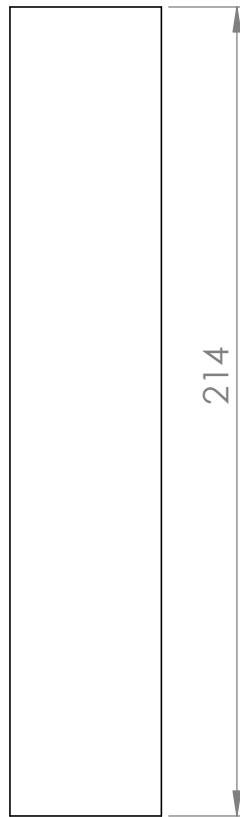
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	Ø70 x 25
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-03-2021	
DADO CORREGIDO	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.04	Tol. Gral:	± 0.1



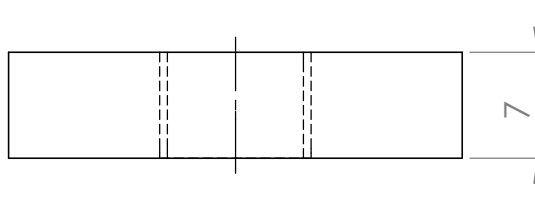
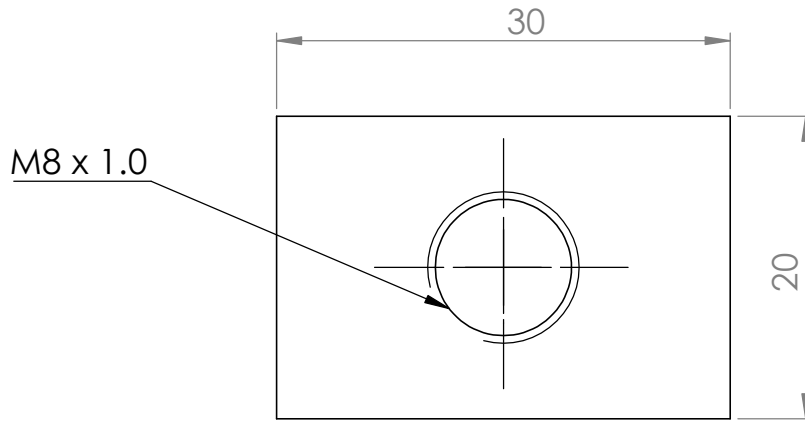
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero inoxidable 304	Dim. brutas	173 x 120 x 2
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-03-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-03-2021	
DOSIFICADOR	Escala: 1 : 2	Código:	171.666.00.05	Tol. Gral:	± 0.1



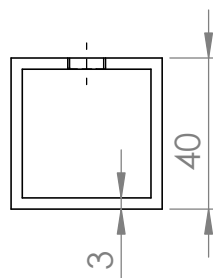
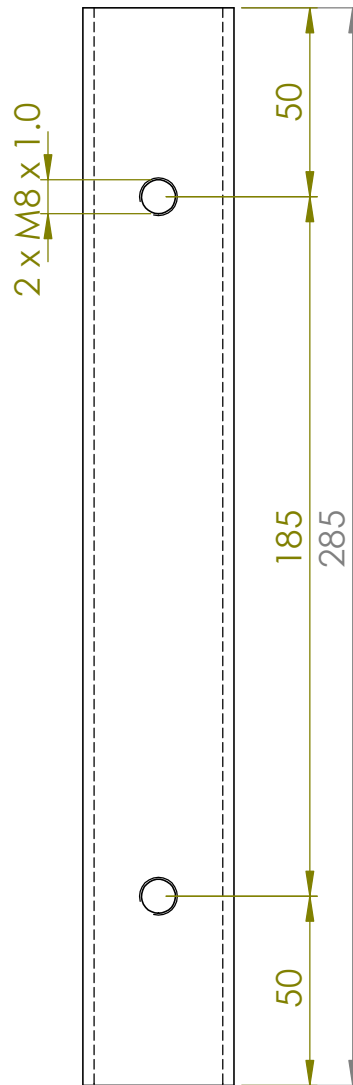
4	Apoyo	2	171.666.00.06.04	Acero ASTM A36	Ø45 x 45	
3	Perfil cuadrado 2	1	171.666.00.06.03	Acero ASTM A36	40x40x285	
2	Soporte	4	171.666.00.06.02	Acero ASTM A36	30 x 20 x 7	
1	Perfil cuadrado 1	1	171.666.00.06.01	Acero ASTM A36	40x40x215	
Ref:	Denominación:	Cant:	/Norma	/Material:	/Dim. Brutas	/Observación:
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA			UPS	Diseño: Hendry Quiroga		19-02-2021
				Dibujo: Hendry Quiroga		19-02-2021
				Revisa: Ing. Milton Jami		19-02-2021
SOPORTE 1			Escala: 1 : 2	Código: 171.666.00.06		Tol. Gen ±0.01



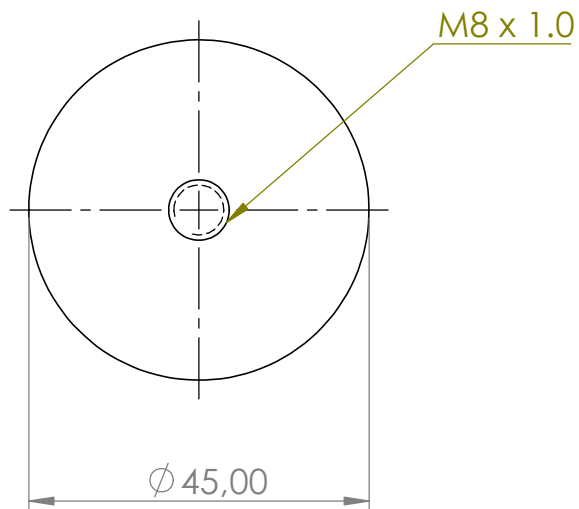
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas	40x40x215
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
PERFIL CUADRADO 1	Escala: 1:2	Código:	171.666.00.06.01	Tol. Gral:	± 0.01



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas	30 x 20 x 7
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
SOPORTE	Escala: 2 : 1	Código:	171.666.00.06.02	Tol. Gral:	± 0.1

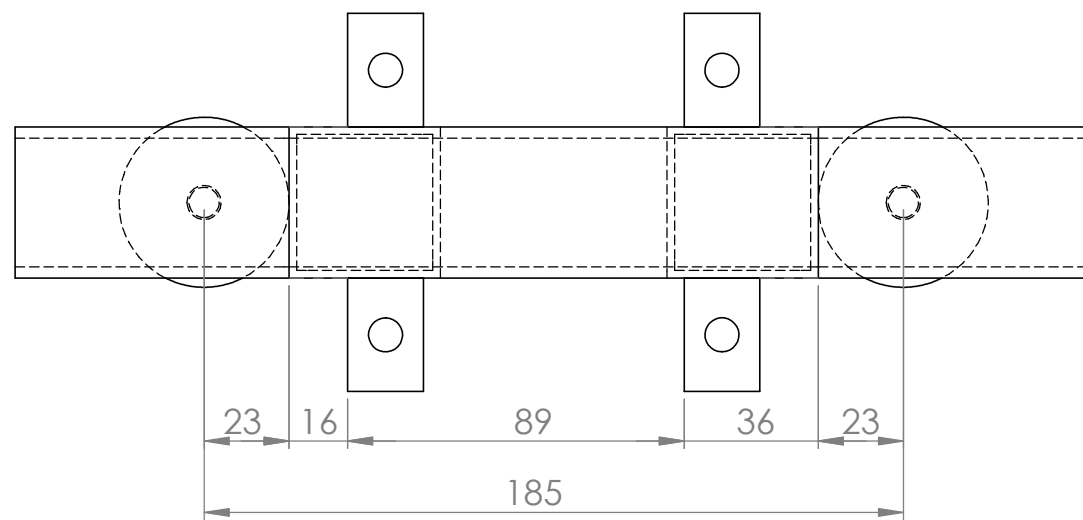
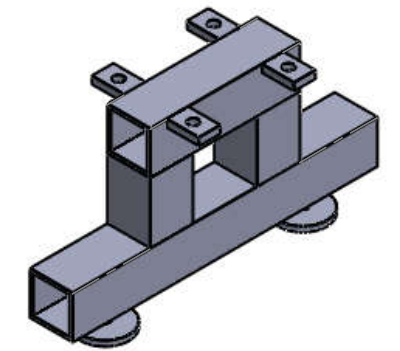
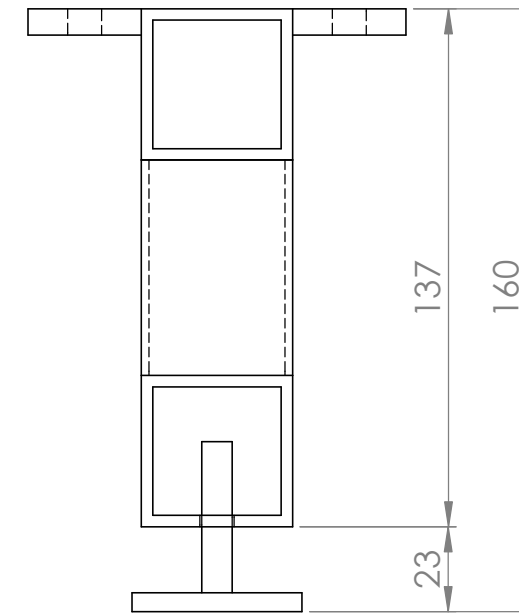
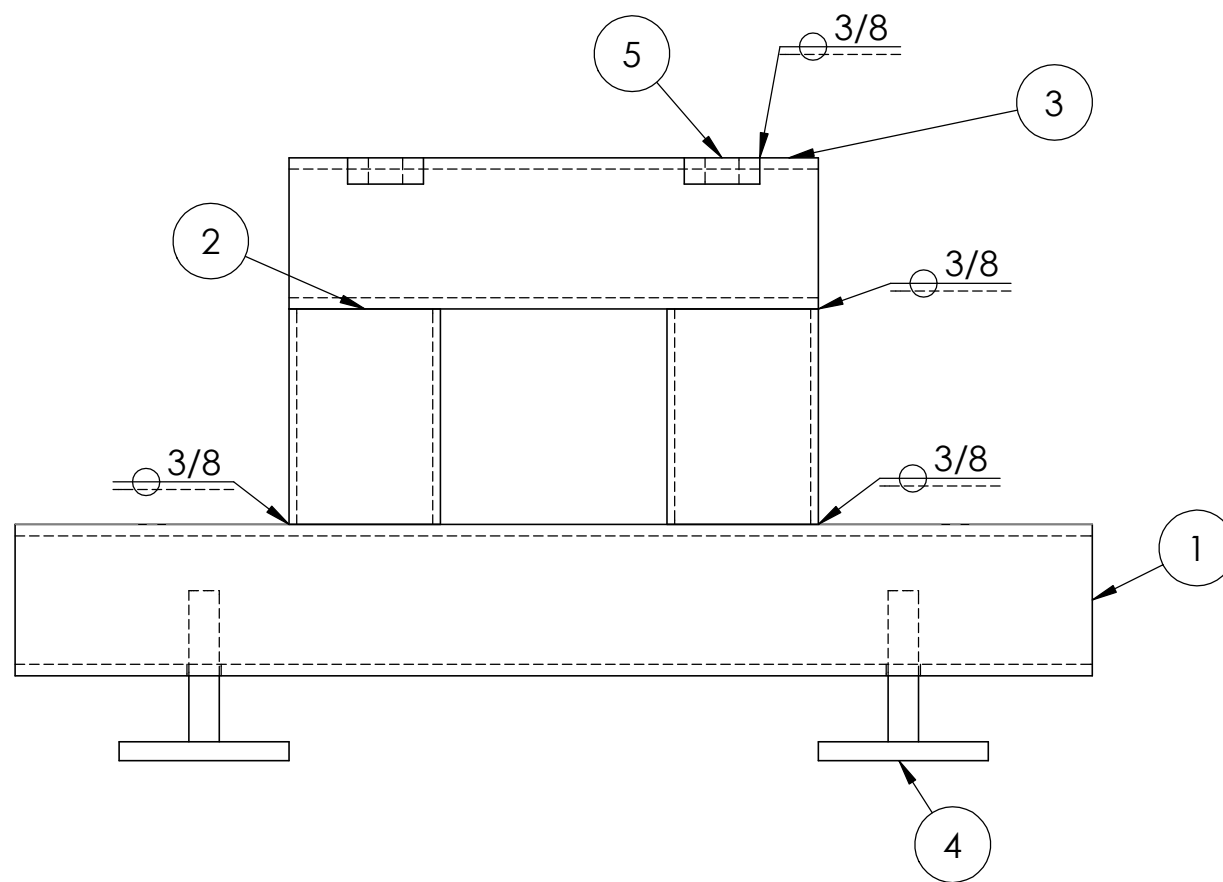


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas	40 x 40 x 285
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
PERFIL CUADRADO 2	Escala: 1 : 2	Código:	171.666.00.06.03	Tol. Gral:	± 0.1

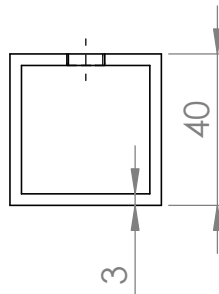
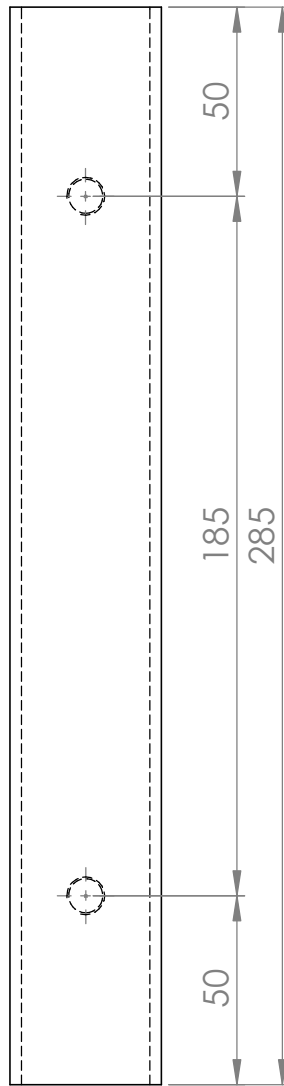


Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero	Dim. brutas	$\phi 47 \times 47$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
APOYO	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.06.04	Tol. Gral:	$\pm 0.1$

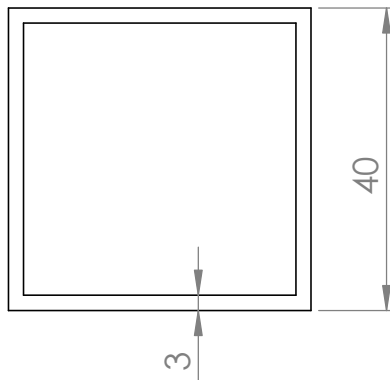
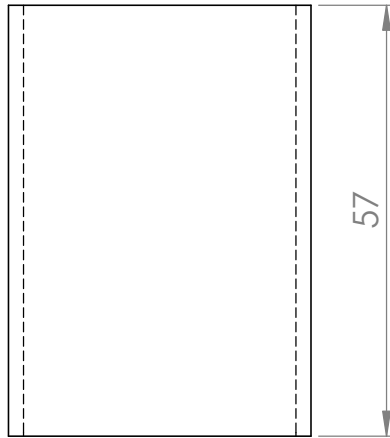




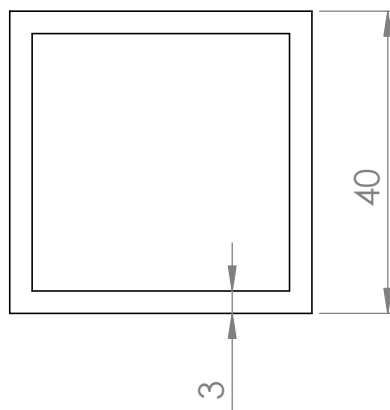
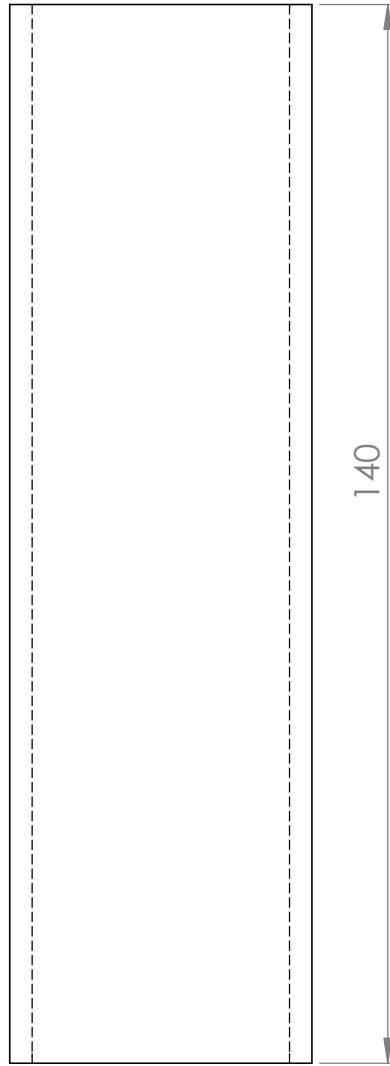
5	Soporte	4	171.666.00.07.05	Acero ASTM A36	30 x 20 x 7	
4	Apoyo	2	171.666.00.07.04	Acero ASTM A36	Ø45 x 45	
3	Perfil cuadrado 3	1	171.666.00.07.03	Acero ASTM A36	40x40x140	
2	Perfil cuadrado 2	2	171.666.00.07.02	Acero ASTM A36	40x40x57	
1	Perfil cuadrado 1	1	171.666.00.07.01	Acero ASTM A36	40x40x285	
Ref:	Denominación:	Cant:	/Norma:	/Material	/Dim. Brutas	/Observación
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA			UPS	Diseño: Hendry Quiroga		19-02-2021
				Dibujo: Hendry Quiroga		19-02-2021
				Revisa: Ing. Milton Jami		19-02-2021
SOPORTE 2			Escala: 1 : 2	Código: 171.666.00.07		Tol. Gen ± 0.01



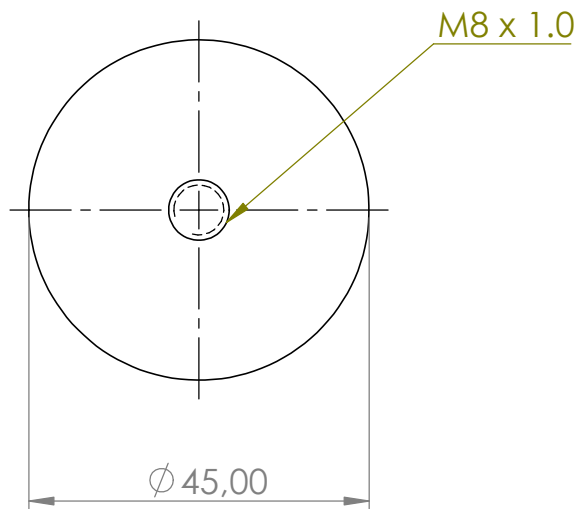
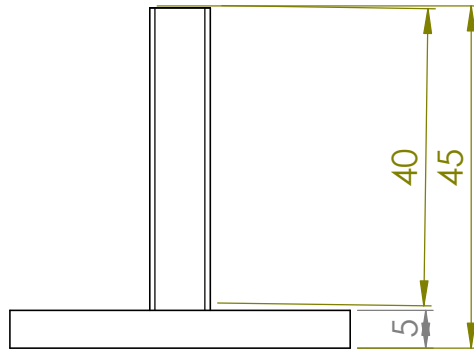
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas
Recubrimiento:	N/A	Acero ASTM A36	40 x 40 x 285
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga 15-02-2021
		Dibujó:	Hendry Quiroga 15-02-2021
		Revisó:	Ing. Milton Jami 15-02-2021
PERFIL CUADRADO 1	Escala: 1 : 2	Código:	Tol. Gral: ± 0.1
		171.666.00.07.01	



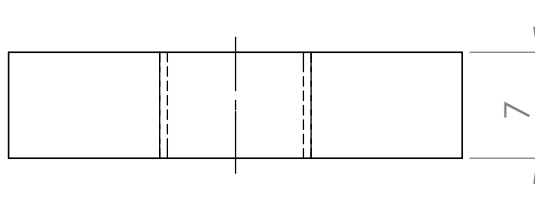
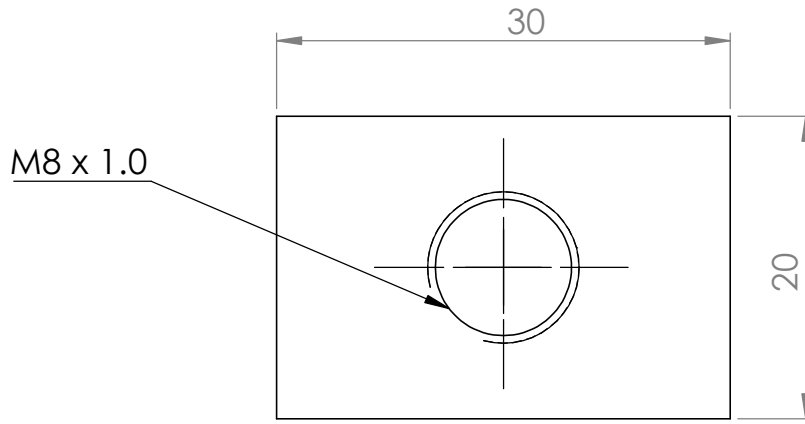
Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Dim. brutas
Recubrimiento:	N/A	Acero ASTM A36	40 x 40 x 57
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga 15-02-2021
		Dibujó:	Hendry Quiroga 15-02-2021
		Revisó:	Ing. Milton Jami 15-02-2021
PERFIL CUADRADO 2	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.07.02 Tol. Gral: ± 0.1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas	40 x 40 x 140
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
PERFIL CUADRADO 3	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.07.03	Tol. Gral:	± 0.1



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero	Dim. brutas	$\phi 47 \times 47$
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseño:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
APOYO	Escala: 1 : 1	Código:	171.666.00.07.04	Tol. Gral:	$\pm 0.1$



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	Acero ASTM A36	Dim. brutas	30 x 20 x 7
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERIA MECÁNICA	UPS	Diseñó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Dibujó:	Hendry Quiroga	15-02-2021	
		Revisó:	Ing. Milton Jami	15-02-2021	
SOPORTE	Escala: 2 : 1	Código:	171.666.00.07.05	Tol. Gral:	± 0.1