



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales

No Renovables

Carrera de Electromecánica

Diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero Electromecánico.

AUTOR:

Lidia Maritza Avemañay Chango

DIRECTOR:

Dr. Miguel Ángel Caraballo Núñez, PhD.

Loja-Ecuador

2025



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN Y APROBACIÓN DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo, **Carballo Nuñez Miguel Angel**, director del Trabajo de Integración Curricular denominado **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE DESPULPADORA DE CAFÉ**, perteneciente al estudiante **LIDIA MARITZA AVEMAÑAY CHANGO**, con cédula de identidad N° **1150920245**.

Certifico:

Que luego de haber dirigido el **Trabajo de Integración Curricular**, habiendo realizado una revisión exhaustiva para prevenir y eliminar cualquier forma de plagio, garantizando la debida honestidad académica, se encuentra concluido, aprobado y está en condiciones para ser presentado ante las instancias correspondientes.

Es lo que puedo certificar en honor a la verdad, a fin de que, de así considerarlo pertinente, el/la señor/a docente de la asignatura de **Integración Curricular**, proceda al registro del mismo en el Sistema de Gestión Académico como parte de los requisitos de acreditación de la Unidad de Integración Curricular del mencionado estudiante.

Loja, 4 de Marzo de 2024



firmado y verificado por:
MIGUEL ANGEL
CARABALLO NUÑEZ

F) -----

DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR



Certificado TIC/TT.: UNL-2024-000760



Universidad
Nacional
de Loja

Autoría

Yo, **Lidia Maritza Avemañay Chango**, declaro ser autor/a del presente trabajo de integración curricular o de titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mí del trabajo de integración curricular o de titulación en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Lidia Maritza Avemañay Chango

Cédula de Identidad: 1150920245

Fecha: Loja 13 de marzo del 2025.

Correo electrónico: lidia.avemanay@unl.edu.ec

Teléfono o Celular: 0981209439



Universidad
Nacional
de Loja

Autorización

Carta de autorización del trabajo de integración curricular por parte del autor para la consulta de producción parcial o total, y publicación electrónica de texto completo.

Yo **Lidia Maritza Avemañay Chango** declaro ser autor(a) del trabajo de integración curricular o de titulación titulado **Diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café** como requisito para optar el título de **Ingeniero Electromecánico** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del trabajo de integración curricular o de titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 13 días del mes de marzo del dos mil veinticinco.

Firma:

Autor: Lidia Maritza Avemañay Chango

Cedula: 1150920245

Dirección: Barrio “Bolacachi”

Correo electrónico: lidia.avemanay@unl.edu.ec

Celular: 0981209439

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del trabajo de integración curricular o de titulación:

Ing. Miguel Ángel Caraballo Núñez

Dedicatoria

El presente trabajo le dedico a mis padres Manuela Chango y Ángel Avemañay por su inmenso apoyo, esfuerzo, consejos, el amor incondicional y por todo lo que han contribuido para que este logro sea posible siendo también de ellos.

A mis hermanas Thalía, Mirian y Norma por apoyarme siempre y a ver sido parte de este logro con sus consejos y compañía. A mi cuñado Darío por siempre apoyarme y estar incondicionalmente para mí y ayudarme a conseguir este logro y a mi familia en general por el apoyo que me han brindado.

También, le dedico este trabajo a Danilo por su apoyo incondicional, amor y motivación constante en este camino para lograr esta meta.

Finalmente dedicarle este logro a mi amigo Mau que siempre estuvo constantemente apoyándome y motivándome y Josué que se encuentra en el cielo pero que siempre me apoyo para conseguir este sueño.

Agradecimientos

Agradezco primero a Dios por permitirme lograr esta meta, luego a la Universidad Nacional de Loja, a la carrera de Ingeniería Electromecánica, a los docentes que de manera desinteresada aportaron para que durante estos cinco años de estudio y aprendizaje se fortalezca nuestra formación académica.

Al Ing. Miguel Ángel Caraballo y Ing. Marco Rojas, por su acertada dirección e invaluable colaboración para la realización del presente trabajo.

De igual manera, a mis compañeros y amigos que compartimos toda la experiencia de vivir la vida universitaria.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTOS	V
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
SIMBOLOGÍA	XV
1. TÍTULO	1
2. RESUMEN	2
3. INTRODUCCIÓN	4
4. MARCO TEÓRICO	6
4.1 CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL CAFÉ	6
4.2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	6
4.2.1 ORIGEN DEL CAFÉ	6
4.2.2 VARIEDADES DE CAFÉ	6
4.2.2.1 Coffea arábica	6
4.2.2.2 Coffea robusta	7
4.2.3 PROCESAMIENTO DEL CAFÉ	8
4.2.3.1 Lavado	8
4.2.3.2 Selección y limpieza	8
4.2.3.3 Despulpado	8
4.2.3.4 Fermentación	8
4.2.3.5 Lavado	8
4.2.3.6 Secado	8
4.2.3.7 Almacenamiento	8
4.2.4 DESPULPADO	8
4.2.5 TIPOS DE DESPULPADOS	9

4.2.5.1	Despulpado seco	10
4.2.5.2	Despulpado húmedo	10
4.3	CAPÍTULO II: FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS A DESPULPAR	10
4.3.1	FUNCIONAMIENTO DE EQUIPOS PARA DESPULPAR CAFÉ	11
4.3.1.1	Despulpadora de tambor horizontal	11
4.3.1.2	Despulpadora de tambor vertical	12
4.3.1.3	Despulpadora de disco	12
4.4	CAPÍTULO III: PARTES DE LOS EQUIPOS DE DESPULPAR	13
4.4.1	PARTES DE UNA DESPULPADORA	13
4.4.1.1	Eje principal	13
4.4.1.2	Tolva	14
4.4.1.3	Tambor o disco	14
4.4.1.4	Camisa despulpadora	14
4.4.1.5	Engranajes	14
4.4.1.6	Pechero	15
4.5	CAPÍTULO IV: ALTERNATIVAS Y CRITERIOS PARA REALIZAR UNA SELECCIÓN DE EQUIPOS	15
4.6	CAPÍTULO V: EXPERIENCIAS EN EL DESARROLLO DE PROTOTIPOS DESPULPADORAS DE CAFÉ	16
4.6.1	EXPERIENCIA 1	16
4.6.2	EXPERIENCIA 2	17
4.6.3	EXPERIENCIA 3	17
5.	METODOLOGÍA	18
5.1	ÁREA DE TRABAJO	18
5.2	EQUIPOS Y MATERIALES	18
5.2.1	SOFTWARE Y HERRAMIENTAS DE COMPUTADOR	18
5.2.2	MÁQUINAS DE CONSTRUCCIÓN	18
5.2.3	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN MECÁNICA	19
5.3	PROCEDIMIENTO	19
5.3.1	PRIMERO OBJETIVO	19
5.3.1.1	Alternativas de despulpadoras	19
5.3.1.2	Criterios de valoración	20
5.3.1.3	Selección de despulpadora para prototipo	21
	PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN	21
•	FÁCIL	22

TABLA DE RESULTADOS	23
5.3.2 SEGUNDO OBJETIVO	24
Cálculo y diseño de los elementos	24
5.3.2.1 Requerimientos iniciales	24
5.3.2.2 Diseño de la tolva	24
5.3.2.2.1 Volumen de la tolva	24
5.3.2.2.2 Cálculo de peso del grano del café	25
5.3.2.2.3 Volumen de un grano de café	26
5.3.2.2.4 Cantidad de granos de café que caben en la tolva	26
5.3.2.2.5 Peso de granos de café	26
5.3.2.2.6 Carga que ingresa en la tolva.	26
5.3.2.3 Cálculo del tambor o cilindro	27
5.3.2.3.1 Longitud del tambor	27
5.3.2.3.2 Diámetro del tambor	28
5.3.2.3.3 Cálculo de velocidad angular	28
5.3.2.3.4 Cálculo de velocidad tangencial	29
5.3.2.3.5 Capacidad de despulpado del tambor	29
5.3.2.4 Selección de pechero	30
5.3.2.4.1 Longitud del pechero	30
5.3.2.4.2 Ancho del pechero	30
5.3.2.4.3 Caudal de salida	30
5.3.2.5 Potencia de la máquina	31
5.3.2.5.1 Potencia:	31
5.3.2.5.2 Torque:	31
5.3.2.6 Cálculo de engranajes	31
5.3.2.6.1 Número de dientes del piñón:	31
5.3.2.6.2 Diámetro primitivo:	31
5.3.2.6.3 Velocidad lineal:	32
5.3.2.6.4 Factor de Lewis (Y):	32
5.3.2.6.5 Factor dinámico al ser fresado:	32
5.3.2.6.6 Engranaje crítico:	32
5.3.2.6.7 Potencia de diseño	33
5.3.2.6.8 Resistencia del material del engranaje	33
5.3.2.6.9 Longitud de diente:	34

5.3.2.6.10	Diámetro exterior:	34
5.3.2.6.11	Resistencia del diente:	34
5.3.2.7	Cálculos de engranaje para la construcción en fresadora.	34
5.3.2.8	Cálculo del eje cuadrado	34
5.3.2.8.1	Cálculo de la fuerza distribuida en el eje cuadrado	34
5.3.2.8.2	Cálculo de reacciones en el eje cuadrado	36
	Engranajes	36
	Fuerza en engranaje	36
	Momentos resultantes en x	36
	Momento Torsor y flector	39
	Diámetro mínimo del eje cuadrado por teoría de esfuerzo cortante máximo	39
5.3.2.9	Cálculo del eje principal	39
	Longitud del eje principal	39
	Cálculo de momentos en el eje principal	40
	Momentos en x	40
	Momento flector	42
	Diámetro mínimo del eje principal por teoría de esfuerzo cortante máximo	42
5.3.2.10	Volante de inercia	42
5.3.3	TERCER OBJETIVO	44
6.	RESULTADOS	51
6.1	DISEÑO DEL PROTOTIPO	51
6.2	CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO	51
6.3	MANUAL DE OPERATIVIDAD Y MANTENIMIENTO	52
6.4	VALORACIÓN ECONÓMICA	53
6.5	VALIDACIÓN DE FUNCIONAMIENTO	54
7.	DISCUSIÓN	56
8.	CONCLUSIONES	58
9.	RECOMENDACIONES	59
10.	BIBLIOGRAFÍA	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Alternativas de despulpadoras a construir	20
Tabla 2. Parámetros de calificación	21
Tabla 3. Elección de despulpadora	23
Tabla 4. Tabla de resultados	23
Tabla 5. Medidas y pesos de los granos.....	25
Tabla 6. Datos para la obtención del diámetro mínimo del eje cuadrado.....	39
Tabla 7. Datos para la obtención del diámetro mínimo del eje principal.	42
Tabla 8. Valoración económica	54
Tabla 9. Rendimiento de la máquina de despulpar	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Planta de café arábica.....	7
Figura 2. Planta de café robusto.....	7
Figura 3. Tipos de despulpado de café	9
Figura 4. Despulpadora de tambor horizontal	11
Figura 5. Despulpadora de tambor vertical.....	12
Figura 6. Despulpadora de disco.....	13
Figura 7. Partes de una despulpadora de café.....	13
Figura 8. Ubicación del emprendimiento de la familia Loaiza Romero.....	18
Figura 9. Flujograma para el desarrollo del trabajo de integración curricular.	19
Figura 10. Dimensiones de la tolva	25
Figura 11. Gráfico de grano de café medidas	26
Figura 12. Diseño de la tolva.....	27
Figura 13. Longitud del tambor	27
Figura 14. Diámetro del tambor.....	28
Figura 15. Ángulo de entrada de cereza	28
Figura 16. Diseño del cilindro	29
Figura 17. Selección de pechero	30
Figura 18. Factor de Lewis.	32
Figura 19. Factor de seguridad.	33
Figura 20. Ubicación del eje cuadrado	35
Figura 21. Fuerza distribuida en el eje cuadrado	35
Figura 22. Eje cuadrado	36
Figura 23. Construcción de la tolva.....	44
Figura 24. Eje cuadrado	45
Figura 25. Eje principal	45
Figura 26. Tambor	46
Figura 27. Tambor con revestimiento.....	46
Figura 28. Pechero	47
Figura 29. Construcción de estructura.	47
Figura 30. Torneado de grilon.	48
Figura 31. Fresado de engranajes.	48
Figura 32. Resultado final de los engranajes.....	49

Figura 33. Volante de inercia.....	49
Figura 34. Base de prototipo.....	50
Figura 35. Ensamblaje del prototipo en Inventor	51
Figura 36. Prototipo de despulpadora	52
Figura 37. Validación de funcionamiento del prototipo.	55

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Planos del prototipo de despulpadora de café.....	62
Anexo 2. Certificado de inglés.	63

Simbología

ρ = Densidad [kg/m³].

c = Cantidad de café [kg].

v = Volumen [m³].

W = Carga que ingresa en la tolva [N].

Fd = Fuerza distribuida [N/cm].

Ft = Fuerza total para despulpar café [kgf].

L = Longitud [cm o mm].

D = Diámetro [cm o mm].

Q = caudal [m³/h].

n = Revoluciones por minuto [rpm].

vt = Velocidad tangencial [m/min].

w = Velocidad angular [rad/s].

Nc = Número de cerezas [cerezas].

$Vrot$ = Velocidad de rotación [cerezas/min].

P = Potencia [hp o watts].

T = Torque [Nm].

Z = Número de dientes.

Vl = Velocidad lineal [m/s].

Y = Factor de Lewis.

Kv = Factor dinámico.

Ld = Longitud de diente [cm].

Fs = Factor de servicio.

Dp = Diámetro primitivo [cm].

De = Diámetro exterior [cm].

Gd = Resistencia del diente [MPa].

1. Título

Diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café.

2. Resumen

Las máquinas de despulpar café son importantes en el proceso de despulpado debido a que permiten un secado más uniforme y rápido mejorando la calidad del producto. El presente trabajo consistió en el diseño y la construcción de un prototipo de despulpadora de café con el objetivo de mejorar la eficiencia del proceso de despulpado. A partir de ello, se inició con una búsqueda bibliográfica acerca del café, los tipos de despulpado y las máquinas disponibles en el mercado, la cual dio como resultado despulpadoras de tambor vertical, horizontal y de disco. En función de la facilidad de construcción, mantenimiento y otros parámetros relevantes, se propuso diseñar una despulpadora de tambor horizontal. En base a esa elección, se realizó el proceso de diseño del prototipo, que incluyó la selección de piezas como manija, pechero y chumaceras, así como el diseño de componentes como la tolva, el tambor, la estructura, la base, los engranajes, entre otros. Durante las pruebas de operación, el prototipo fue alimentado manualmente con café cereza a través de la tolva, desde donde los frutos descendieron hacia un tambor giratorio con superficies rugosas. Al accionar la manija, el tambor generó fricción entre los granos y una superficie fija, lo que permitió separar la pulpa del grano sin dañarlo. El rendimiento del equipo se situó entre el 95 % y el 97 %, lo que demostró su funcionalidad. El trabajo incluye una guía de operación y mantenimiento de la despulpadora para garantizar su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. Este trabajo contribuye al sector cafetalero de pequeños productores al ofrecer una solución para el proceso de despulpado en pequeñas cantidades que no sobre pase los 12 kg/h, lo que puede tener un impacto positivo en la calidad, precio.

Palabras clave: despulpadora de café, diseño, construcción, rendimiento, calidad del producto.

Abstract

Coffee pulping machines are important in the pulping process because they allow for more uniform and faster drying, thereby improving the quality of the final product. This work focused on the design and construction of a prototype coffee pulping machine with the objective of improving the efficiency of the pulping process. Based on this, a literature review was conducted on coffee, types of pulping, and the machines available on the market, which identified three main types: vertical drum, horizontal drum, and disc pulpers. Considering ease of construction, maintenance, and other relevant parameters, a horizontal drum pulper was proposed for the design. Based on this choice, the design process of the prototype was carried out, which included the selection of components such as the handle, pressure plate, and bearings, as well as the design of parts such as the hopper, drum, structure, base, gears, among others. During operational testing, the prototype was manually fed with coffee cherries through the hopper, from where the fruits descended into a rotating drum with rough surfaces. By turning the handle, the drum generated friction between the cherries and a fixed surface, which allowed the pulp to be separated from the bean without causing damage. The equipment's performance ranged between 95% and 97%, demonstrating its functionality. The project also includes an operation and maintenance guide to ensure the proper functioning of the pulping machine over time. This work contributes to the coffee-growing sector of small producers by offering a solution for pulping small quantities no greater than 12 kg/h which can have a positive impact on both the quality and price of the final product.

Keywords: coffee pulper, design, construction, performance, product quality.

3. Introducción

Actualmente, las despulpadoras de café están diseñadas principalmente para grandes productores, lo cual representa una limitación para los pequeños caficultores, quienes no cuentan con una producción extensa ni con los recursos económicos para adquirir este tipo de maquinaria. Por lo cual se busca diseñar y construir un prototipo funcional de mini despulpadora de café que tenga la capacidad de despulpar 12 kg/h.

El diseño y construcción del prototipo de despulpadora de café se realizó tomando en cuenta trabajos previos de autores como Báez, Pupiales (2015), Hernández (2016) y Olarte, Almeida (2016). Tras analizar diversas opciones disponibles en el mercado, se seleccionó un modelo de despulpadora horizontal debido a su mayor facilidad de construcción, mantenimiento y adaptabilidad a las necesidades de pequeños productores.

Para el desarrollo del trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica que permitió obtener una base sólida para la selección del diseño. Posteriormente, se procedió a diseñar partes del prototipo como: tolva, engranajes, tambor, ejes aplicando la norma EN 1005-3, que define los límites de fuerza para el diseño de máquinas manuales. De esta forma, se establecieron los parámetros de las revoluciones por minuto y la potencia necesaria para el funcionamiento de la despulpadora.

En la fase de construcción, se tomó en cuenta la fabricación de las piezas del prototipo utilizando maquinaria especializada como la fresadora para la creación de los engranajes y el torno para dar forma a los componentes cilíndricos. Además, se seleccionó un pechero adecuado, el cual fue modificado para adaptarlo de un diseño de doble chorro a uno de un solo chorro, con el fin de ajustarse a las necesidades de los pequeños productores.

Los objetivos del trabajo de titulación son:

Objetivo general

Diseñar y construir un prototipo funcional de mini despulpador de café.

Objetivo específico

- Analizar máquinas despulpadoras de café para definir el proceso.
- Diseñar un modelo mini despulpador de café.
- Construir el prototipo propuesto.

En cuanto al contenido del presente trabajo, en el Capítulo 1 se expone la búsqueda bibliográfica relacionado con el café, los tipos de despulpado, las máquinas de despulpar, entre otros. En el Capítulo 2, se evidencia paso a paso el cumplimiento de los objetivos del trabajo, incluyendo el análisis para la selección de la despulpadora de tambor horizontal. Además, se

indica los cálculos para el diseño de componentes como la tolva, el cilindro o tambor, los engranajes, ejes y el volante de inercia.

En el Capítulo 3, se expone los resultados, que incluyen la construcción del prototipo, el ensamblaje, la valoración económica y la validación del funcionamiento y finalmente se concluye y se discute los resultados.

4. Marco teórico

4.1 Capítulo I: Fundamentos teóricos sobre el café

El objetivo principal del primer capítulo radica en proporcionar una visión integral sobre el origen del café, las diversas variedades existentes, así como los procesos vinculados al cultivo. Este enfoque integral busca sentar las bases necesarias para la comprensión más profunda y contextualizada de los temas abordados en los capítulos subsiguientes.

4.2 Fundamentos teóricos

El café, desempeña un papel fundamental en numerosos países en desarrollo. Durante muchos años, se ha mantenido como uno de los principales generadores de divisas, compitiendo en valor únicamente con el petróleo. Este valioso cultivo no solo abarca el proceso de siembra y recolección, sino que también involucra el procesamiento, el comercio, el transporte y la comercialización, proporcionando empleo a una vasta cantidad de personas en todo el mundo. La trascendencia del café se extiende más allá de su impacto económico, ya que también desempeña un papel destacado en la política de muchas naciones en desarrollo. En efecto, para numerosos países menos avanzados, las exportaciones de café representan una parte significativa de sus ingresos en divisas, en algunos casos superando el 80% (*International Coffee Organization*, 2021).

4.2.1 *Origen del Café*

El consumo de café se originó en Etiopía, África, aproximadamente en el siglo IX. Sin embargo, no se puede determinar el momento exacto de su inicio debido a la falta de registros escritos que documenten el comienzo de su consumo. Las primeras documentaciones conocidas sobre el café datan del siglo XV, cuando se estableció un significativo comercio entre Sudán y Arabia, marcando el comienzo de los primeros establecimientos que servían café.

La ancestral narración narra cómo un individuo perteneciente a la tribu Kaldi, habitante de las regiones montañosas de Etiopía, presenció que las cabras adquirían una vigorosa vitalidad tras alimentarse de unos frutos semejantes a las cerezas. Al experimentar personalmente con estos frutos, se desvelaron sus propiedades vigorizantes y estimulantes, las cuales decidió compartir con su comunidad tribal (*Nestlé*, 2022).

4.2.2 *Variedades de café*

4.2.2.1 *Coffea arábica*

El *Coffea Canephora*, conocido científicamente, generalmente presenta hojas de un brillo característico, con dimensiones que oscilan entre 12 y 15 cm de largo y 6 cm de ancho, tal como se aprecia en la **Figura 1**. Las hojas tienen forma elíptica y conservan su color verde

durante todo el año. La planta requiere una temperatura de entre 18 y 24 °C para prosperar. Además, las cerezas que produce tienen una forma oblonga elipsoidal y un tamaño promedio de 8,5 a 12,7 mm (Villacis, Brusol, 2015).



Figura 1. Planta de café arábica

Fuente: (Botánica-online, 2015)

En Ecuador, las variedades de café más ampliamente comercializadas incluyen la típica, caturra, bourbon, pacas, catuai, camitor y sarchimor.

4.2.2.2 Coffea robusta

La semilla del café robusta es de forma ovalada, su arbusto puede alcanzar alturas de hasta 10 metros como se muestra en la **Figura 2** y prospera en temperaturas que oscilan entre 24 y 30°C. En términos de sabor, suele tener un perfil más amargo en comparación con la variedad arábica, y su producción se extiende a lo largo de todo el año, permitiendo cosechas mensuales.



Figura 2. Planta de café robusto

Fuente: (Olarte, 2016)

4.2.3 *Procesamiento del café*

En la distribución del café, se siguen los siguientes pasos de procesamiento:

4.2.3.1 Lavado

El proceso se inicia con la recolección de las cerezas, y luego continúa con el paso de remojar los granos para lograr su hinchamiento. Posteriormente, se lleva a cabo la eliminación de las impurezas para asegurar la calidad y pureza del café.

4.2.3.2 Selección y limpieza

El café, una vez cosechado, experimenta un proceso de procesamiento y selección el mismo día en que se recolecta. Este procedimiento se lleva a cabo de manera inmediata para garantizar la frescura y la calidad del grano, lo que contribuye a preservar su sabor y aroma distintivos.

4.2.3.3 Despulpado

Es importante llevar a cabo este proceso dentro de las 6 horas posteriores a la recolección de la cereza, ya que cualquier demora podría comprometer la integridad de la semilla. Además, es importante destacar que la maquinaria utilizada en este proceso debe ser sometida a una limpieza y calibración meticulosas en cada uso, garantizando así la calidad y la consistencia en el resultado final.

4.2.3.4 Fermentación

Las semillas se sumergen en agua con el propósito de eliminar su textura rugosa, antes de avanzar hacia el proceso de secado.

4.2.3.5 Lavado

Las semillas fermentadas son sometidas a un proceso de lavado, lo cual contribuye a prolongar su vida útil y preservar su calidad.

4.2.3.6 Secado

En un lapso de aproximadamente 4 a 5 días, las semillas adquieren un característico color oliva, momento en el cual se procede a la producción de café soluble.

4.2.3.7 Almacenamiento

Las semillas se almacenan en sacos hasta alcanzar el peso necesario para su exportación.

4.2.4 *Despulpado*

El proceso de transformación del grano de café, convirtiéndolo en café limpio, que es el producto destinado a la comercialización, implica una serie de etapas. Después de la recolección, los granos de café pasan por una máquina despulpadora que separa la cereza y luego son sometidos a un proceso de lavado para eliminar el mucílago que recubre las semillas.

A continuación, los granos pueden secarse al sol o mediante calor artificial antes de ser almacenados (Oliveros et al., 2013).

En una planta de beneficio del café o despulpadora, se dispone de máquinas que realizan la operación de despulpe y una lavadora especial que se encarga de eliminar el mucílago del grano despulpado, dejándolo listo para su posterior proceso en la plazoleta de secado. Además, en la actualidad, las despulpadoras suelen contar con una zaranda circular de varillas que cumple la función de clasificar el café inicialmente según su tamaño y de eliminar los granos defectuosos.

“El proceso de despulpado es la operación que se encarga de remover el exocarpio o cascara del fruto también conocido como café cereza, este proceso se produce mediante estrujamiento del café cereza entre dos superficies en movimiento relativo, este proceso se debe realizar el mismo día” (Villacis, Brusol, 2015, pág.25).

4.2.5 Tipos de despulpados

Se pueden identificar una variedad de métodos de despulpado que se emplean en la industria del café como se indica en la **Figura 3**. Cada uno de estos métodos presenta características específicas y aporta singularidades al proceso de preparación del café. A continuación, exploraremos algunos de estos métodos y destacaremos sus atributos particulares, lo que permitirá una mejor comprensión de las opciones disponibles para el despulpado del café.

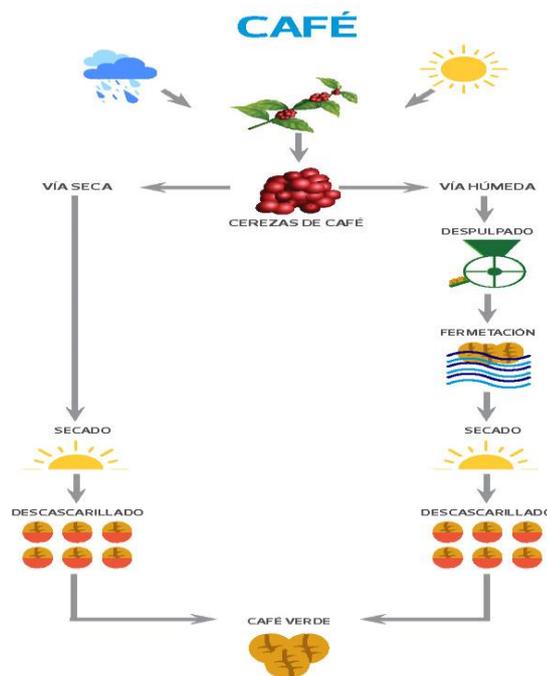


Figura 3. Tipos de despulpado de café

Fuente: (Ocu, 2023)

4.2.5.1 Despulpado seco

El proceso en cuestión carece de la presencia de corrientes de agua al inicio del proceso se utiliza normalmente en países donde el agua es escasa dado ese dato uno de los principales lugares donde se hace uso es África.

El despulpado en seco es una alternativa que ahorra agua y se ha vuelto popular en regiones donde la disponibilidad de este recurso es limitada. Además, este método puede ofrecer beneficios en términos de eficiencia y reducción de costos en comparación con el despulpado húmedo, aunque sus aplicaciones pueden variar según las condiciones y preferencias locales.

Este lleva un proceso bastante largo y amplio:

1. Se parten las semillas maduras, haciendo que pierdan parte de la humedad que los componen.
2. Lo siguiente, es extender sobre terrenos amplios las cerezas de café.
3. Se deja secar durante 3 a 4 semanas dependiendo del clima.
4. Al finalizar el secado se usa máquina de centrifuga que es el que ayuda a eliminar las cáscaras.

4.2.5.2 Despulpado húmedo

Este método de procesamiento, conocido como el método lavado, es ampliamente adoptado en América Latina, donde la abundancia de agua facilita su implementación.

El café obtenido mediante este proceso es conocido por su perfil limpio y notas ácidas más pronunciadas en comparación con otros métodos.

Los granos resultantes, llamados "lavados", destacan por su calidad y son apreciados en la industria cafetera por su sabor distintivo y características sensoriales únicas. Este método se distingue por sumergir los granos en agua para eliminar la pulpa antes de secarlos, lo que contribuye a la destacada acidez y claridad en la taza de café final.

Para este tipo de proceso se sigue los siguientes pasos:

1. Se selecciona las semillas y se realiza una limpieza de las cerezas de café.
2. Entra el uso de una máquina despulpadora para quitar la cáscara de la cereza de café, el mismo que debe ser lo antes posible después de la cosecha.
3. Luego se pone a secar para seguir con sus procesos posteriores antes del consumo.

4.3 Capítulo II: Funcionamiento de equipos a despulpar

El segundo capítulo se centra en detallar los diversos tipos de máquinas existentes y su funcionamiento específico. Este análisis permitirá posteriormente realizar una selección precisa

de la máquina que se diseñará para el prototipo de la mini despulpadora de café. Al explorar a fondo las características y operatividad de cada tipo de máquina, se establecerán fundamentos sólidos que guiarán el diseño del prototipo, asegurando su eficiencia y adecuación a las necesidades específicas del proceso de despulpado de café.

4.3.1 *Funcionamiento de equipos para despulpar café*

Esta máquina comprende dos soportes (castillo) que soportan una tolva donde se agregan los granos de café, la transmisión y montaje del eje de un cilindro que es movido manual o mecánicamente por medio de un volante, una tolva, polea, cilindro o tambor, pechero y eje del cilindro. La máquina presenta un volante lateral en cuyo eje va dispuesto un piñón que transmite su giro a otro piñón superior montado en un eje paralelo, transmitiéndose el movimiento mediante cadena, correa o similar, en el eje es donde va conectado el cilindro (Oliveros et al., 2001).

La eliminación de la pulpa del café se lleva a cabo mediante el uso de diversas variedades de despulpadoras.

4.3.1.1 Despulpadora de tambor horizontal

En este método particular, la extracción de la pulpa se efectúa utilizando un cilindro dispuesto en posición horizontal. Este cilindro comprime la cereza contra una placa despulpadora, que se ajusta en función del tamaño del café, como se ilustra en la **Figura 4**.

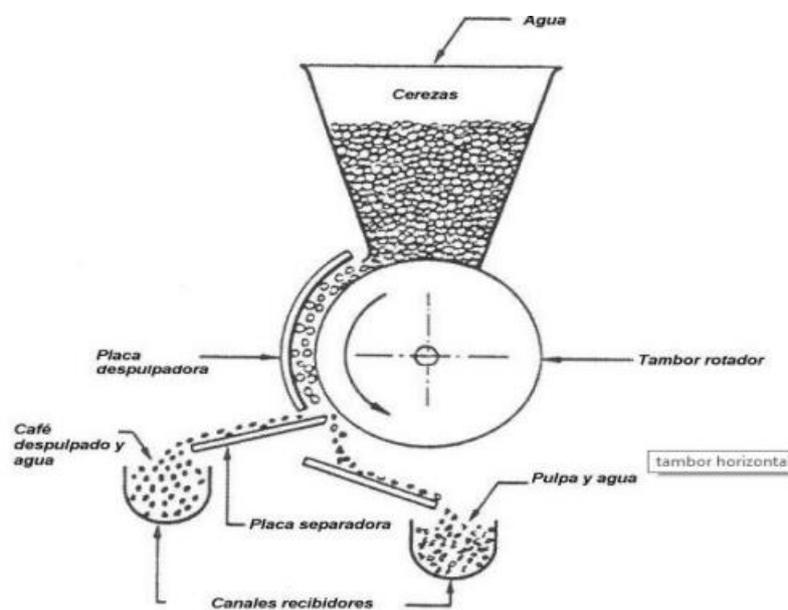


Figura 4. Despulpadora de tambor horizontal

Fuente: (Diaz, 2016)

4.3.1.2 Despulpadora de tambor vertical

Este tipo de despulpadora, gracias a su diseño, tiene la capacidad de procesar granos de diversos tamaños. No obstante, si no se calibra de manera adecuada, puede ocasionar daños adicionales a los granos. Su funcionamiento es análogo al de un tambor horizontal, como se aprecia en la **Figura 5**.

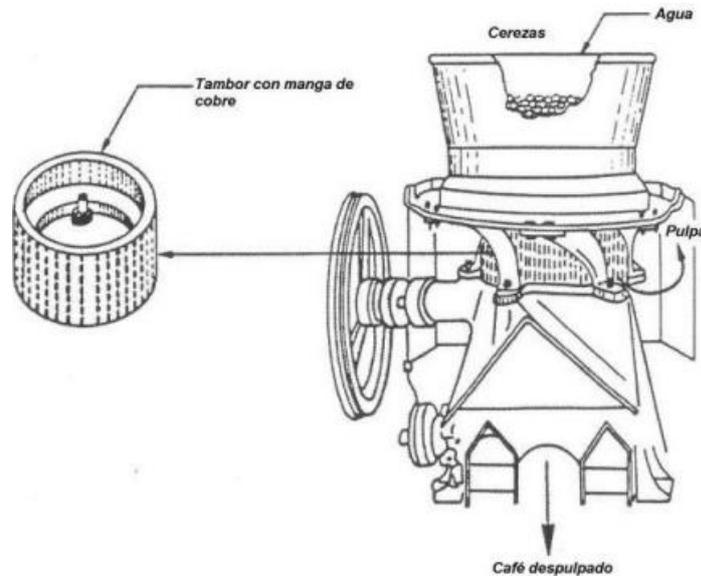


Figura 5. Despulpadora de tambor vertical

Fuente: (Díaz, 2016)

4.3.1.3 Despulpadora de disco

“Las despulpadoras de discos retiran la pulpa por medio de un disco que gira y exprime la cereza de café contra la barra despulpadora como se muestra en la **Figura 6**, esta barra puede ser calibrada de acuerdo al tamaño del fruto, de esta manera se previene el daño del grano. La pulpa y el grano son separados por medio de una placa (pechero) que dirige el curso de cada uno de ellos. Las despulpadoras de disco pueden contar hasta con cuatro discos con una capacidad de una tonelada de café despulpado por hora cada uno, su rendimiento puede disminuir con el tiempo con respecto a las despulpadoras de cilindro” (Díaz, 2016, pag.27).

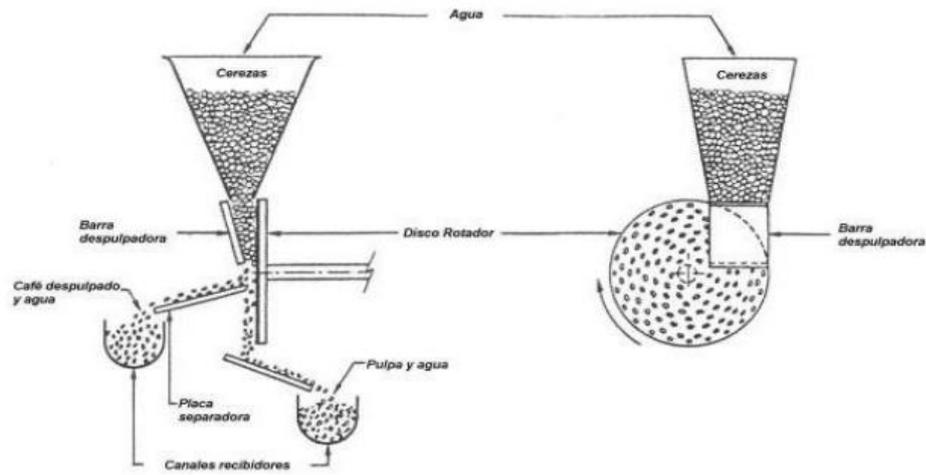


Figura 6. Despulpadora de disco

Fuente: (Diaz, 2016)

4.4 Capítulo III: Partes de los equipos de despulpar

En este capítulo, nos enfocaremos en abordar las distintas componentes que integran la máquina despulpadora de café, además de presentar las ecuaciones generales que serán utilizadas para llevar a cabo el diseño.

4.4.1 Partes de una despulpadora

Las máquinas despulpadoras de café, tanto las de tipo tambor como las de disco, generalmente están compuestas por los siguientes componentes fundamentales:

A continuación, en la **Figura 7**, se describen las partes de una máquina despulpadora de café.

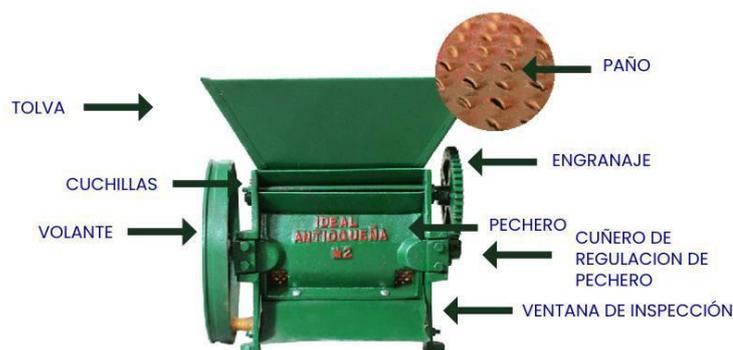


Figura 7. Partes de una despulpadora de café.

Fuente: (Zummar, 2021)

4.4.1.1 Eje principal

El eje principal destaca como uno de los componentes fundamentales, ya que cumple una función vital al proporcionar soporte estructural, permitir el giro del tambor y facilitar

la conexión entre los distintos elementos móviles. Su papel es esencial para lograr la coordinación adecuada de movimientos durante el proceso de despulpado.

4.4.1.2 Tolva

La tolva es un depósito con forma cónica, cumple la función de almacenar los granos de café, facilitando así su procesamiento posterior.

El diseño de esta tolva, se emplearán ecuaciones específicas que determinarán el volumen que podrá albergar, asegurando así una capacidad adecuada dada por la **ecuación 1** de volumen de tolva para la gestión eficiente de los granos en el proceso.

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (1)$$

Donde:

V : Volumen de la tolva (m^3)

m : masa del café en cereza (kg)

ρ : densidad del café en cereza ($\frac{kg}{m^3}$)

4.4.1.3 Tambor o disco

Es un componente que permite el giro que se da para el despulpado de granos del café para determinar el radio del tambor de determina el torque por la **ecuación 2** dado que se encuentra en función de la fuerza y radio.

$$T = F * r \quad (2)$$

Donde:

T : Torque en (Nm)

F : Fuerza necesaria para despulpar el grano de café en (N)

r : Radio del tambor en (m)

4.4.1.4 Camisa despulpadora

El pechero o camisa despulpadora desempeña un papel vital en el proceso de despulpado, ya que el material con el que se construye entra en contacto directo con las cerezas. Esta interacción directa tiene un impacto significativo en la calidad del grano, siendo la camisa un elemento que influye en la obtención de granos de café de alta calidad.

4.4.1.5 Engranajes

Los engranajes son componentes que ayudan en el funcionamiento de la despulpadora de café, ya que constituyen el sistema de transmisión que posibilita el giro del tambor. Para su correcto diseño y ajuste, se realizan cálculos específicos, como el cálculo del paso circular por

medio de la **ecuación 3** el cual es la medida del arco sobre la circunferencia de paso entre puntos homólogos entre dos dientes consecutivos, que aseguran un rendimiento óptimo en el proceso de despulpado.

$$p = \frac{\pi * d}{N} = \pi * m \quad (3)$$

Y el paso diametral se lo define por la **ecuación 4** que es el número de dientes al diámetro de paso expresado en pulgadas.

$$P = \frac{N}{d} \quad (4)$$

Además, del diámetro de paso que se lo puede definir por la **ecuación 5**:

$$d_p = \frac{N_p}{P} \quad (5)$$

4.4.1.6 Pechero

El pechero se destaca como un componente importante en una despulpadora, ya que entra en contacto directo con las cerezas de café. Funciona como una cubierta que rodea el tambor, facilitando así la separación eficiente de la pulpa de los granos. Su importancia radica en su contribución significativa al diseño general y la calidad del café producido. Un pechero bien diseñado y de alta calidad es fundamental para asegurar un rendimiento óptimo en el proceso de despulpado, lo que repercute directamente en la excelencia del producto final.

Para determinar el pechero se calcula el caudal de fluido que circula por la máquina tomando en cuenta la velocidad de despulpado y área necesaria para despulpar el café.

$$Q = v * A$$

4.5 Capítulo IV: Alternativas y criterios para realizar una selección de equipos

En el capítulo 4, se llevará a cabo la forma correcta de realizar la elección de la despulpadora de café el cual se realizará mediante la aplicación de criterios específicos de valoración, con el propósito de identificar la opción más adecuada y eficiente para integrar en el diseño del prototipo de la mini despulpadora de café.

La evaluación de este proyecto se lleva a cabo mediante la aplicación de un diseño conceptual.

La metodología de este enfoque se fundamenta en la generación y evaluación de diversas alternativas y conceptos con el fin de llegar a una solución óptima o realizar una elección específica.

Este método proporciona la capacidad de explorar una amplia gama de posibilidades, llevando a cabo un análisis de viabilidad que sienta las bases para el desarrollo posterior del proyecto. La flexibilidad inherente al diseño conceptual permite abordar la complejidad del problema y facilita la toma de decisiones informadas en las fases iniciales del proyecto.

Se lo realiza mediante los siguientes pasos:

- Definición del problema
- Investigación preliminar
- Recolección de requisitos
- Generación de ideas
- Evaluación Preliminar
- Selección de conceptos
- Diseño detallado de conceptos seleccionados
- Análisis y Evaluación detallada
- Selección final

4.6 Capítulo V: Experiencias en el desarrollo de prototipos despulpadoras de café

En el capítulo 4, se llevará a cabo una recopilación de información que abordará los resultados obtenidos por otras personas y las conclusiones a las que llegaron a través de la construcción de despulpadoras. Este análisis detallado permitirá establecer un marco de referencia sólido para nuestro propio proceso de diseño y construcción de la despulpadora.

4.6.1 *Experiencia 1*

Para el primer caso, se hace referencia a una tesis realizada en el año 2015 por los autores Juan Báez y Lenin Pupiales. Este trabajo se centra en la construcción de un prototipo de despulpadora con el objetivo principal de diseñar una máquina que cumpla con los requisitos específicos de una finca estándar. Los parámetros para la construcción de la máquina se establecieron en 400 kg/h.

Después de llevar a cabo el proceso de diseño y construcción de la despulpadora horizontal, los autores llegaron a conclusiones importantes que aportan a la comprensión y mejora de los procesos de despulpado en el contexto específico de la industria cafetalera.

“El rendimiento de la máquina se determina en base a los daños que produce la misma al desarrollar su función principal, para el presente trabajo se estima un rendimiento del 95%,

ya que en una muestra de 5 kg de café en cereza se determinó un daño de aproximadamente 0,25 kg” (Báez, Pupiales, 2015, p.162).

4.6.2 Experiencia 2

Para la segunda experiencia, desarrollada en el año 2016 a través de una tesis presentada por Dewin Antonio Díaz, se propone la creación de una despulpadora de café con el objetivo de atender las necesidades de tres fincas.

En este caso, la propuesta implica la implementación de un motor como parte fundamental del diseño. La iniciativa busca abordar de manera específica las demandas de procesamiento de estas fincas, y la elección de utilizar un motor sugiere una aproximación tecnológica para mejorar la eficiencia y la capacidad de despulpado en el contexto de la producción cafetalera.

Al desarrollar la construcción de la despulpadora horizontal para grandes productores llego a la conclusión:

“Al realizar el estudio específico de las condiciones de trabajo, se concluyó que el diseño desarrollado al ser más robusta garantiza estabilidad y se sitúa de manera exacta a la altura del operario mejorando la condición ergonómica de este” (Diaz, Pupiales, 2016, p.143).

4.6.3 Experiencia 3

La siguiente experiencia, desarrollada por la autora Andrea Olarte en el año 2016 en Quito, destaca por la creación de una despulpadora que, mediante un proceso de toma de decisiones, opta por un diseño horizontal. Este enfoque se orienta a brindar apoyo a grandes productores del recinto El Plátano.

La elección estratégica de un diseño horizontal revela una cuidadosa consideración de las necesidades específicas de estos productores, indicando una perspectiva centrada en la eficiencia y la adaptabilidad para optimizar el proceso de despulpado en el contexto agrícola.

El siguiente autor llega a la conclusión de:

Estableció que la capacidad de la máquina es de 400 kg/h, lo que la posiciona como una opción adecuada para pequeñas y medianas empresas dedicadas a la cosecha de café. En términos de rendimiento, se consideran los tiempos de parada por ajustes, y a partir de esta consideración, se estima un rendimiento del 95% (Olarte, 2016, p.95).

5. Metodología

5.1 Área de trabajo

El proyecto de investigación de diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café se centra en el emprendimiento de la familia Loaiza Romero. Dicha familia opera en la ciudad de Paccha, dentro del cantón Atahualpa, ubicado en la provincia de El Oro. La posición exacta de su establecimiento se detalla mediante las coordenadas geográficas -3.624908, -79.663638, visualizables en la **Figura 8** para mayor referencia.

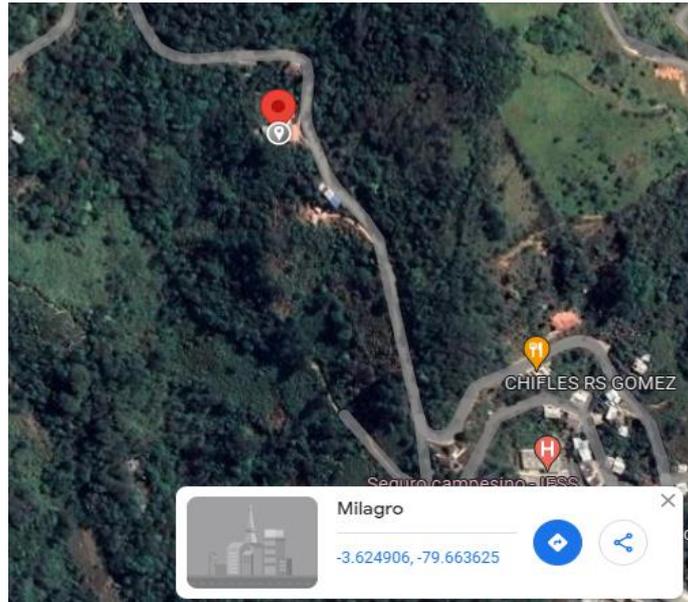


Figura 8. Ubicación del emprendimiento de la familia Loaiza Romero

Fuente: (Google Maps, s. f.).

5.2 Equipos y materiales

5.2.1 *Software y herramientas de computador*

- Software de modelado 3D (Inventor).
- Paquete de Microsoft Office.

5.2.2 *Máquinas de construcción*

- Soldadora.
- Pulidora.
- Cortadora.
- Taladro.

5.2.3 Materiales de construcción mecánica

- Plancha de acero.
- Malla de acero.
- Poleas.
- Chumaceras.
- Pernos.
- Angulo.
- Ejes de acero.
- Tubo cuadrado de acero.
- Grilon.

5.3 Procedimiento

Para realizar el adecuado diseño del prototipo de despulpadora se cumplió con la siguiente metodología que se indica en el flujograma de la **Figura 9**.

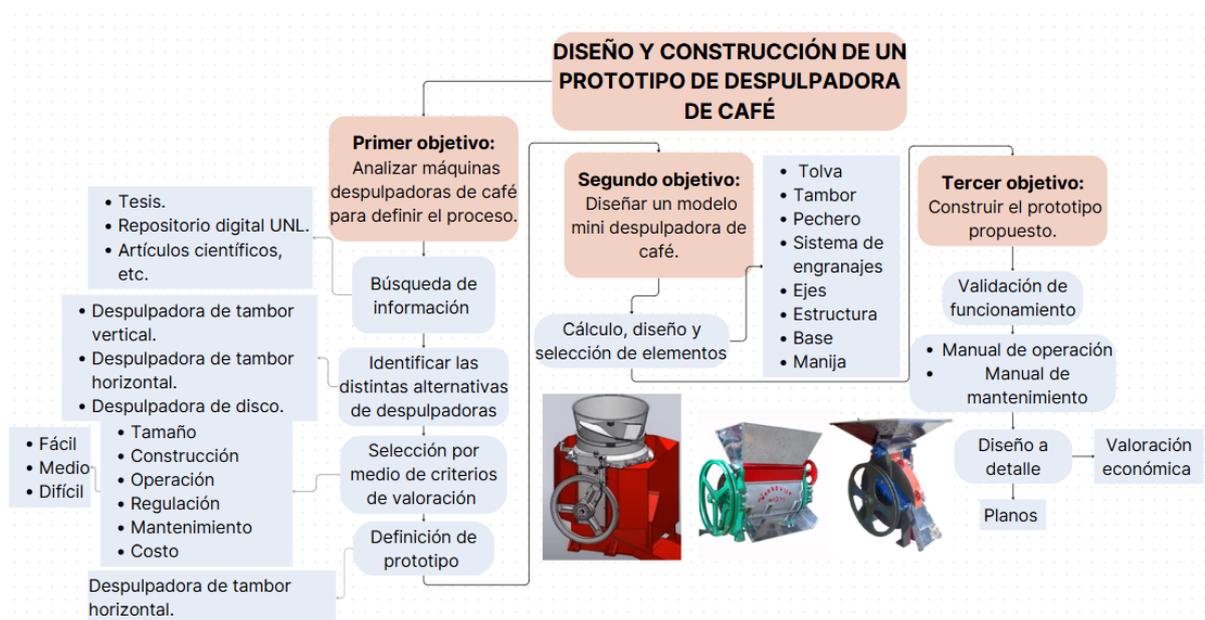


Figura 9. Flujograma para el desarrollo del trabajo de integración curricular.

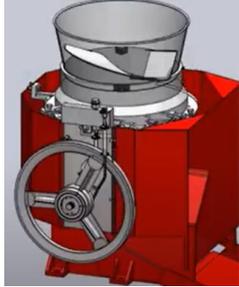
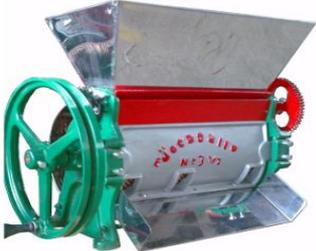
5.3.1 Primero objetivo

5.3.1.1 Alternativas de despulpadoras

Para el cumplimiento del primer objetivo después de desarrollar la investigación sobre las opciones de despulpadoras de café aplicables al proceso correspondiente, se procede a

indicar en la **Tabla 1** las alternativas consideradas para el diseño del miniprototipo de la máquina.

Tabla 1. *Alternativas de despulpadoras a construir*

ALTERNATIVA 1	Despulpadora de tambor vertical	
ALTERNATIVA 2	Despulpadora de tambor horizontal	
ALTERNATIVA 3	Despulpadora de disco	

5.3.1.2 Criterios de valoración

En el proceso de elección entre estas tres alternativas, se tomarán en consideración los siguientes criterios de valoración.

- **Tamaño**

Hace referencia a las dimensiones de las despulpadoras, siendo un factor importante en la evaluación del diseño del prototipo. Este criterio garantiza la adaptabilidad del equipo en espacios reducidos, asegurando así una implementación efectiva en entornos con limitaciones de espacio.

- **Construcción**

La construcción se refiere al proceso de edificación o fabricación de la despulpadora, siendo un aspecto vital en la evaluación del diseño del prototipo. Este criterio será fundamental

para asegurar la robustez y durabilidad del equipo, garantizando su eficaz funcionamiento a lo largo del tiempo.

- **Operación**

Se refiere al funcionamiento y desempeño de la despulpadora. Este criterio es fundamental para asegurar una operación eficiente y sin contratiempos, contribuyendo así a la efectividad global del equipo en el proceso de despulpado y la facilidad de utilizar la máquina.

- **Regulación**

La regulación es la facilidad de ajuste y control de la despulpadora en la evaluación del diseño del prototipo. Este criterio garantiza la versatilidad y adaptabilidad del equipo a diferentes condiciones y necesidades específicas del proceso de despulpado.

- **Mantenimiento**

Son las acciones y procedimientos necesarios para preservar y asegurar el buen estado de la despulpadora, siendo un aspecto fundamental en la evaluación del diseño del prototipo. Este criterio prolonga la vida útil del equipo, minimiza tiempos de inactividad y facilita eventuales reparaciones o ajustes.

- **Costo**

Está asociado a la adquisición e implementación de la despulpadora, siendo un componente clave en la evaluación del diseño del prototipo. Este criterio determina la viabilidad económica del proyecto y garantiza una inversión acorde con los recursos disponibles.

5.3.1.3 Selección de despulpadora para prototipo

Para llevar a cabo este proceso de selección, se hará uso de los hallazgos e investigaciones recopilados en el capítulo 4, se aplicarán clasificaciones según niveles de dificultad: fácil, medio y difícil, como se detalla en la **Tabla 2**, junto con sus respectivos números para calificar cada criterio de valoración. Este enfoque facilitará la evaluación y comparación de las alternativas, proporcionando una base estructurada para tomar decisiones informadas en el diseño del prototipo.

Tabla 2. *Parámetros de calificación*

Parámetros de calificación	
Fácil	1,0
Medio	0,5
Difícil	0,1

- **Fácil**

En el contexto de la construcción de despulpadoras de café, un criterio considerado "fácil" se asocia a una fabricación sencilla, con componentes y materiales comunes que facilitan el proceso de ensamblaje. La producción se centra en métodos convencionales, y el mantenimiento y reparación no requieren conocimientos técnicos especializados. Su eficiencia es básica, y el costo y tamaño son moderados, lo que resulta en una opción asequible y accesible para pequeñas operaciones.

- **Medio**

Cuando se evalúa un criterio como "medio", se introduce un nivel de complejidad adicional en la operación de la despulpadora. Puede requerir ciertos conocimientos técnicos o habilidades específicas por parte del operario. Esto implica que, aunque la máquina puede no ser completamente accesible para principiantes, la capacitación adecuada permitiría una operación eficiente y eficaz. Esta categoría puede aplicarse a máquinas con funciones más avanzadas o características técnicas específicas.

- **Difícil**

La categorización de "difícil" indica que la construcción de la despulpadora es altamente especializada, con el uso de materiales avanzados y procesos técnicos avanzados. La producción implica métodos más complejos, y el mantenimiento y reparación exigen conocimientos técnicos especializados. La eficiencia es alta, justificando un costo y tamaño mayores. Este tipo de despulpadora se destina a operaciones a gran escala que buscan la máxima eficiencia y rendimiento, aunque requiere una inversión y conocimientos técnicos significativos.

En la **Tabla 3**, se llevará a cabo la valoración de los tres tipos de alternativas de despulpadoras, y a partir de esta evaluación, se seleccionará la alternativa que será diseñada para el prototipo. Este proceso permitirá una elección fundamentada basada en los criterios previamente establecidos, contribuyendo así a la eficiencia y efectividad del diseño final.

Tabla 3. Elección de despulpadora

Tipos de despulpadoras	Parámetros de valoración						
	Tamaño	Construcción	Operación	Regulación	Mantenimiento	Costo	Decisión
Despulpadora vertical	0,1	0,5	0,5	0,5	0,1	0,5	2,2
Despulpadora horizontal	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	5,5
Despulpadora de disco	1,0	0,1	0,5	0,1	1,0	0,5	3,2

Basándonos en la evaluación realizada en la tabla anterior, se ha determinado que la mejor elección para el prototipo es la despulpadora horizontal. Este resultado se fundamenta en los criterios de valoración establecidos, los cuales indican que esta alternativa cumple de manera óptima con los requisitos y expectativas definidos para el diseño del prototipo de la mini despulpadora de café.

Tomando en cuenta la evaluación realizada en la **Tabla 3**, se determinó que la mejor elección para el prototipo es la despulpadora horizontal como se muestra en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Tabla de resultados

Tabla de resultados	
Tipos de despulpadoras	Resultado de parámetros
Despulpadora vertical	2,2
Despulpadora horizontal	5,5
Despulpadora de disco	3,2

Este resultado se fundamenta en los criterios de valoración establecidos, los mismos que indica la alternativa que cumple de manera óptima con los requisitos y expectativas definidos para el diseño del prototipo de la mini despulpadora de café es una despulpadora horizontal al tener una valoración de 5,5 sobre la despulpadora vertical y de disco.

5.3.2 Segundo objetivo

Cálculo y diseño de los elementos

Para el desarrollo del prototipo, se opta por utilizar el software de diseño Inventor, con el objetivo de obtener una comprensión de las especificaciones que se incorporarán en la despulpadora de café. Esta elección se basa en la capacidad del software para proporcionar una representación tridimensional, permitiendo visualizar y analizar cada componente y ajustar el diseño.

5.3.2.1 Requerimientos iniciales

Para este diseño, se realizan cálculos para cada una de las piezas que integran la máquina, con el objetivo de garantizar que la capacidad del dispositivo sea de 3 kg y que la producción horaria alcance los 12 kg/h para una salida de un solo chorro. Este enfoque de cálculo asegura que cada componente se dimensione adecuadamente, optimizando la eficiencia y el rendimiento del prototipo de despulpadora.

5.3.2.2 Diseño de la tolva

A partir de estos cálculos, se establece el volumen para la tolva, teniendo en cuenta la densidad del café y la cantidad requerida para su almacenamiento. Este proceso de determinar el volumen de la tolva se basa en consideraciones sobre la capacidad de almacenamiento necesaria para garantizar un flujo continuo y eficiente del café en el prototipo de despulpadora.

Densidad del café

$$\rho = 965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Cantidad de café que se requiere en la tolva

$$c = 3 \text{ kg}$$

5.3.2.2.1 Volumen de la tolva

Al obtener estos datos, se pudo determinar el volumen necesario mínimo para la tolva

$$v = \frac{\text{Cantidad de café en la tolva}}{\text{Densidad del café}} = \frac{c}{\rho}$$

$$v = \frac{3 \text{ kg}}{965 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,003 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de las dimensiones de la tolva se tomó en cuenta que el volumen sea de 0,004 m³ para evitar derrames.

Se ubica las siguientes dimensiones en base a la **Figura 10** por medio del uso de la fórmula para tolva rectangular del autor (Diaz,2016):

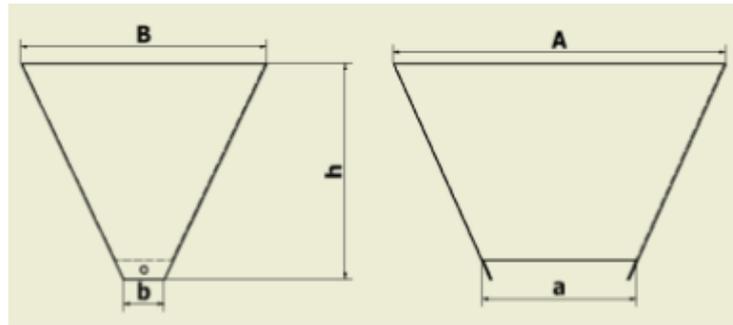


Figura 10. Dimensiones de la tolva

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

H = 0,15 m A = 0,198 m a = 0,16 m B = 0,182 m b = 0,152 m

$$V_{tolva} = \frac{H}{6} ((2(A) + (a))(B) + (2(a) + (A))(b)) = 0,004 \text{ m}^3$$

5.3.2.2.2 Cálculo de peso del grano del café

En el cálculo de los pesos de los granos, se consideran las medidas obtenidas de 10 granos de café, considerando los diámetros y el peso que tiene cada grano dependiendo de su diámetro realizado por Andrea Olarte. Esta metodología asegura una evaluación de la masa que la despulpadora procesará, permitiendo una estimación fundamentada de la capacidad y rendimiento de la máquina.

Tabla 5. Medidas y pesos de los granos

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

N	Diámetro mayor (cm)	Diámetro menor (cm)	Peso (gramos)
1	1,7	1,5	1,54
2	1,4	1,3	1,48
3	1,5	1,5	1,50
4	1,6	1,3	1,51
5	1,7	1,5	1,54
6	1,6	1,4	1,52
7	1,7	1,5	1,50
8	1,5	1,4	1,49
9	1,6	1,3	1,51
10	1,6	1,4	1,53
Promedio	1,59	1,41	1,51

5.3.2.2.3 *Volumen de un grano de café*

El volumen del grano de café se determina utilizando los diámetros promedio:

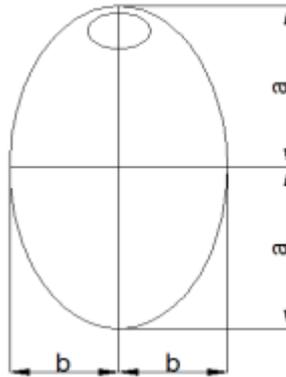


Figura 11. Gráfico de grano de café medidas

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

El volumen del grano se obtiene por medio de la fórmula de un elipsoide de revolución.

$$v_{\text{grano}} = \frac{4\pi}{3} * a * b^2 = \frac{4\pi}{3} * \frac{1,59 \text{ cm}}{2} * \frac{1,41 \text{ cm}^2}{2} = 1,65 * 10^{-6} \text{ m}^3$$

5.3.2.2.4 *Cantidad de granos de café que caben en la tolva*

Siguiendo este proceso, se calcula la cantidad de granos que ingresará en la tolva.

$$\#_{\text{granos}} = \frac{V_{\text{tolva}}}{v_{\text{grano}}} = \frac{0,004 \text{ m}^3}{1,65 * 10^{-6} \text{ m}^3} = 2630,873 \text{ unidades}$$

5.3.2.2.5 *Peso de granos de café*

Para obtener el peso que tendrá esta cantidad de granos en la tolva se toma en cuenta el peso del grano de café que tuvo más peso en la **Tabla 5** (Pesocafé = 1,54 gramos).

$$W_{\text{granos}} = \#_{\text{granos}} * \text{Pesocafé} = 2630,873 * 1,54 \text{ gramos} = 4198,32 \text{ gramos}$$

5.3.2.2.6 *Carga que ingresa en la tolva.*

$$W = 3430 \text{ gramos} = 34,30 \text{ kgf} = 336,37 \text{ N}$$

Luego de realizar los cálculos necesarios, se procedió al diseño en Inventor, como se ilustra en la **Figura 12**, para obtener una representación visual detallada. Este proceso no solo brindó una visión más generalizada de la forma de la tolva, sino que también contribuyó a determinar que el material más adecuado para la fabricación de la tolva es una plancha de acero, debido a su dureza y resistencia.

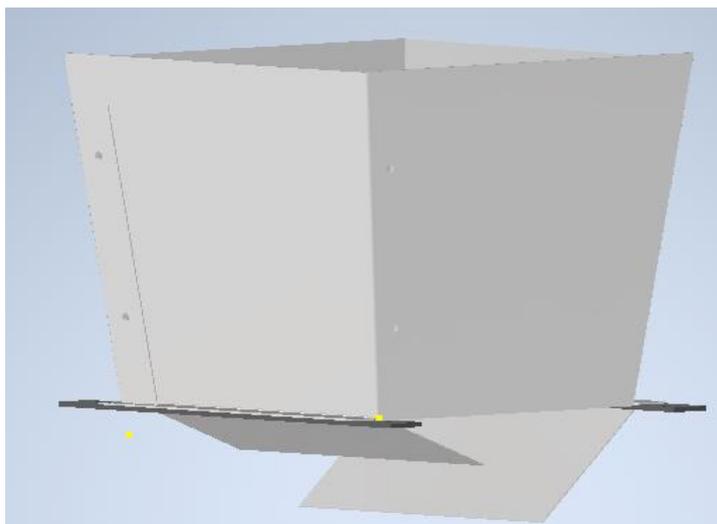


Figura 12. Diseño de la tolva

5.3.2.3 Cálculo del tambor o cilindro

Una vez elaborado el eje cuadrado, se procede al diseño del tambor. Se estableció que la longitud del tambor como se observa en la **Figura 13** debe ser igual o menor a la longitud de la tolva para el correcto ensamblaje de las piezas.

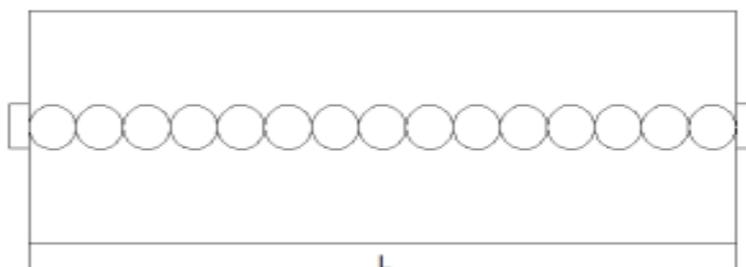


Figura 13. Longitud del tambor

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

5.3.2.3.1 Longitud del tambor

Por ende, se determinó que la longitud del tambor sea igual al de la longitud del eje cuadrado, resultando en una integración armoniosa entre estos componentes fundamentales para el funcionamiento de la despulpadora.

$$L = 14,3 \text{ cm}$$

Para determinar el diámetro del tambor, representado por la cota D que se puede observar a continuación en la **Figura 16**.

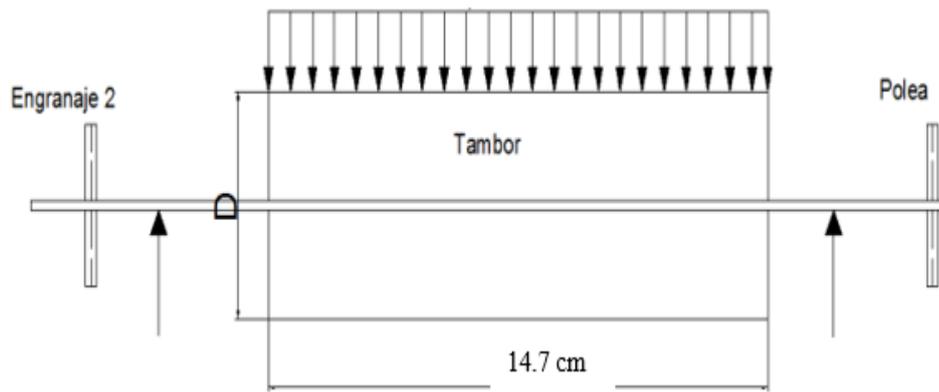


Figura 14. Diámetro del tambor

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

5.3.2.3.2 Diámetro del tambor

Retomando el diseño del tambor se estableció que el diámetro externo del tambor de la despulpadora debe ser igual al diámetro interno que cuenta el pechero para su correcto acople como se muestra en la **Figura 15** de:

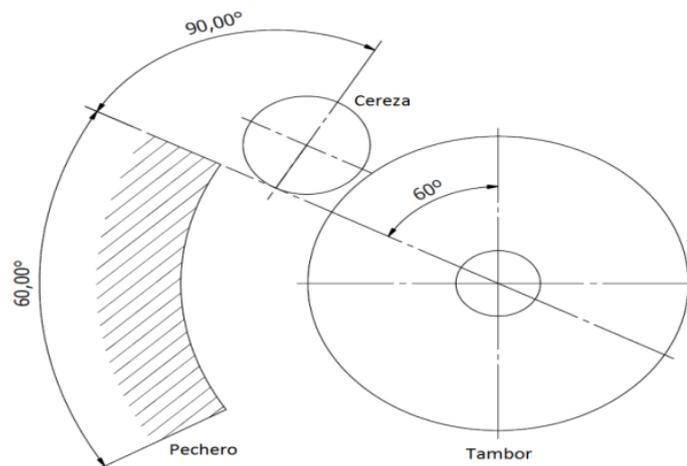


Figura 15. Ángulo de entrada de cereza

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

Por lo cual considerando el diámetro interno del pechero se determinó el diámetro del tambor el cual es:

$$D_{tambor} = 15,3 \text{ cm}$$

5.3.2.3.3 Cálculo de velocidad angular

Para realizar los siguientes cálculos, es importante determinar las revoluciones por minuto (RPM) que se aplican a la entrada de la máquina. Para ello, se llevaron a cabo ensayos mediante la manipulación de la manivela por distintas personas, lo que permitió establecer que el máximo de rpm alcanzado para este prototipo en particular es:

$$n_{maq} = 50 \text{ rpm}$$

5.3.2.3.4 *Cálculo de velocidad tangencial*

Obtenido estos datos se puede realizar el cálculo de la velocidad tangencial (Norton, 2011):

$$vt = \frac{\text{Diámetro del tambor} * \text{Velocidad tangencial}}{1000}$$
$$vt = \frac{\pi * 153 \text{ mm} * 50 \text{ rpm}}{1000} = 24,033 \text{ m/min}$$

El número de cerezas que van alcanzar en la longitud del cilindro teniendo en cuenta que el diámetro mayor de cerezas según toma de datos es de:

$$L = 143 \text{ mm}$$
$$Nc = \frac{L}{Dc} = \frac{143 \text{ mm}}{15,9 \text{ mm}} = 9 \text{ cerezas}$$

5.3.2.3.5 *Capacidad de despulpado del tambor*

Lo que la máquina despulpa tomando en cuenta que la velocidad con que despulpara es 50 rpm.

$$C_{\text{despulpado}} = 50 \text{ rpm} * 9 \text{ cerezas} = 450 \text{ cerezas/min}$$

El desarrollo del tambor implica el uso de acero para su estructura incorporando poleas, mientras que la camisa que lo cubrirá será de acero inoxidable, garantizando así que la máquina sea apta para aplicaciones alimenticias. El diseño en 3D de esta configuración se presenta en la **Figura 16**, proporcionando una representación visual completa de cómo se integrarán estos elementos en la despulpadora.

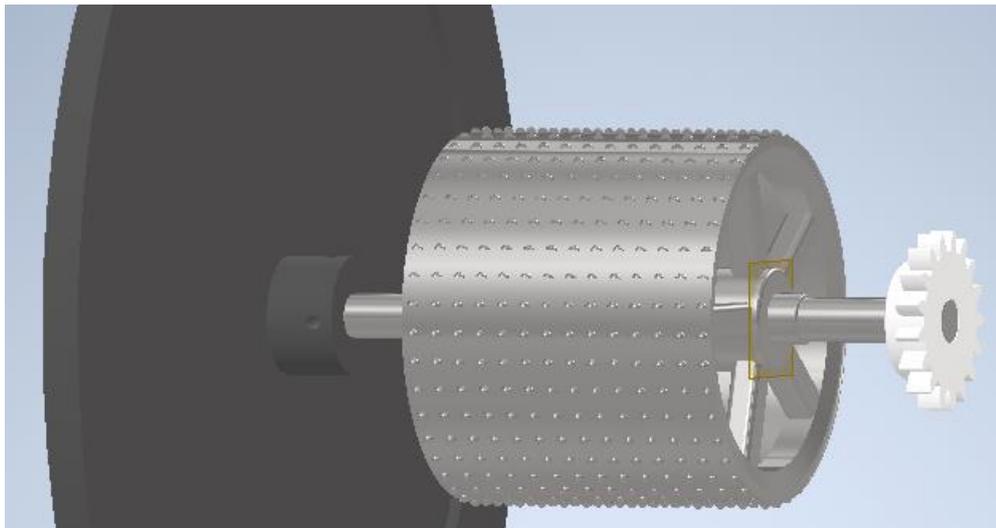


Figura 16. Diseño del cilindro

En la siguiente etapa se procederá a la selección de la transmisión, que se llevará a cabo mediante engranajes, estableciendo la conexión entre el cilindro y el eje cuadrado.

5.3.2.4 Selección de pechero

Para ello se debe seleccionar primero el pechero comercial que es una de las partes más complicadas en conseguir y que este se acople a las longitudes del eje cuadrado y tolva. Las medidas del tambor deben ajustarse a las del pechero, por lo que se seleccionó un pechero de dos chorros por la facilidad de obtención del mismo, para cumplir con las necesidades de construcción se debe modificar a de un solo chorro y a partir de ahí se obtendrá el diámetro del tambor.



Figura 17. Selección de pechero

5.3.2.4.1 Longitud del pechero

El pechero seleccionado cuenta con una longitud inicial de 30 cm de longitud, pero al realizar las modificaciones de corte la longitud del pechero es de:

$$L_{pechero} = 21,3 \text{ cm}$$

5.3.2.4.2 Ancho del pechero

El ancho del pechero no fue necesario modificarlo por lo que quedo en el ancho comercial el cual es:

$$\text{Ancho de pechero} = 17 \text{ cm}$$

5.3.2.4.3 Caudal de salida

Además de ello se determina el caudal de salida para un chorro dependiendo del café y la cantidad de café que se va a procesar para el despulpado de café tomando en cuenta la densidad del café

$$\rho = 826 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$Q_{sal} = \frac{3 \text{ kg}}{\rho} = \frac{3 \text{ kg}}{826 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,004 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

5.3.2.5 Potencia de la máquina

En esta selección, es fundamental determinar la potencia con la que operará la máquina. En este caso, se debe considerar la potencia que una persona puede proporcionar.

Para ello, es importante considerar datos importantes como la fuerza máxima isométrica, que se obtiene mediante la norma EN 1005-3 de tablas ergonómicas, siendo para este caso de 81N según la normativa. Otro aspecto relevante es la longitud de la palanca de la máquina, que es de 30 cm, y, por último, las revoluciones por minuto obtenidas anteriormente.

5.3.2.5.1 Potencia:

$$P = 81 \text{ N} * 0,2 \text{ m} * 50 \text{ rpm} = 0,114 \text{ hp} = 85,01 \text{ W}$$

5.3.2.5.2 Torque:

$$T = \frac{85,01 \text{ W}}{5,236 \text{ rad/s}} = 16,236 \text{ N} * \text{m}$$

5.3.2.6 Cálculo de engranajes

Para garantizar una sincronización adecuada entre los engranajes, es necesario considerar la distancia de centros entre ejes de la máquina, que en este caso es de $D_c = 10,4 = 104 \text{ mm}$. Además, se debe determinar la relación de transmisión que tendrá la máquina para su correcto funcionamiento. Tras consultar a varios autores previamente citados, se determinó que la relación de transmisión ideal es $i = 2$.

5.3.2.6.1 Número de dientes del piñón:

A partir de estos datos, se determina el número de dientes para el primer engranaje. También se debe considerar el módulo que tendrán los engranajes, para lo cual se seleccionó un módulo $m = 4 \text{ mm}$, que proporciona un número de dientes más preciso en los engranajes.

$$Z1 = \frac{2 * D_c}{m * (i + 1)} = 17$$

Una vez obtenido el número de dientes para el primer engranaje se obtiene el número de dientes para el segundo engranaje.

$$Z2 = Z1 * i = 35$$

Obtenemos las revoluciones por minuto que se obtendrá en el eje cuadrado.

$$n_{eje} = \frac{50 \text{ rpm} * 17}{35} = 24,286 \text{ rpm}$$

5.3.2.6.2 Diámetro primitivo:

$$Dp1 = m * Z1 = 6,8 \text{ cm}$$

$$Dp2 = m * Z2 = 14 \text{ cm}$$

5.3.2.6.3 Velocidad lineal:

$$Vl = \frac{\omega * Dp1}{2} = \frac{5,236 \text{ rad/s} * 0,068 \text{ m}}{2} = 0,178 \text{ m/s}$$

Se debe comprobar si los engranajes van resistir sin sufrir ningún daño y si se encuentra bien dimensionado.

5.3.2.6.4 Factor de Lewis (Y):

El factor de Lewis se lo obtiene mediante la siguiente **Figura 18** teniendo en cuenta el número de dientes de cada engranaje.

Número de dientes	Y	Número de dientes	Y
12	0.245	28	0.353
13	0.261	30	0.359
14	0.277	34	0.371
15	0.290	38	0.384
16	0.296	43	0.397
17	0.303	50	0.409
18	0.309	60	0.422
19	0.314	75	0.435
20	0.322	100	0.447
21	0.328	150	0.460
22	0.331	300	0.472
24	0.337	400	0.480
26	0.346	Cremallera	0.485

Figura 18. Factor de Lewis.

Fuente: (Shigley, 2002)

Número de dientes	Y
17	0,303
35	0,374

5.3.2.6.5 Factor dinámico al ser fresado:

$$Kv = \frac{6,1 + 0,178}{6,1} = 1,029$$

5.3.2.6.6 Engranaje crítico:

Identificación de engranaje más crítico para ello se debe tomar en cuenta la resistencia a la fluencia del material que para este caso es $\sigma_1 = 45 \text{ Mpa}$:

$$C1 = \frac{\sigma_1 * Y_1}{Kv} = \frac{45 \text{ MPa} * 0,303}{1,029} = 1,325 * 10^7 \text{ Pa}$$

$$C2 = \frac{\sigma_1 * Y_2}{Kv} = \frac{45 \text{ MPa} * 0,374}{1,029} = 1,635 * 10^7 \text{ Pa}$$

Se puede observar que el engranaje más crítico es el segundo engranaje.

5.3.2.6.7 Potencia de diseño

En la **Figura 19** se visualiza la elección del factor de servicio que se utiliza para obtener la potencia de diseño.

Tipo de máquina conductora Tipo de máquina conducida	ardilla, sincrónicos; fase partida. Motores de corriente continua, bobinado en shunt. Máquinas de combustión interna, cilindros múltiples.			
	Servicio intermedio hasta 7 horas diarias	Servicio normal 8 a 15 horas diarias	Servicio continuo más de 16 horas diarias	Servicio in...
Agitador para líquidos y semilíquidos, ventiladores y aspiradores, compresores y bombas centrífugas. Sopladores hasta 10 HP. Transportadores livianos.	1.0	1.1	1.2	1.0
Cintas transportadoras para arena, granos, etc. Mezcladores de panadería. Sopladores de más de 10 HP, generadores. Línea a ejes (ejes principales), máquinas de lavaderos, máquinas herramienta, punzadoras, prensa, guillotinas, bombas rotativas positivas. Máquinas de imprenta, zarandas vibradoras y giratorias.	1.1	1.2	1.3	1.0
Máquina de ladrillos y cerámicas, elevadores a cangilones. Generadores y excitatrices. Compresores a pistón, transportadores, molinos a martillos, molinos batidores para papel, bombas a pistón, sopladores positivos. Pulverizadores, desmenuzadoras, sierras y máquinas para elaboración de madera, máquinas textiles.	1.2	1.3	1.4	1.0

Figura 19. Factor de seguridad.

Fuente: (Dunlop).

$$Pot_{diseño} = potencia * fs = 0,114 * 1,2 = 0,13 \text{ hp}$$

5.3.2.6.8 Resistencia del material del engranaje

$$\sigma_1 = 45 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 45 \text{ MPa}$$

5.3.2.6.9 Longitud de diente:

Para calcular la longitud del diente, se considera la potencia de diseño.

$$Ld = \left(\frac{Pot_{diseño}}{\sigma_1 * Vl * m} \right) * \left(\frac{Kv}{Y1} \right)$$
$$Ld = \left(\frac{0,1311}{45 \text{ MPa} * 0,178 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 4 \text{ mm}} \right) * \left(\frac{1,029}{0,303} \right) = 1,036 \text{ cm} = 10,36 \text{ mm}$$

5.3.2.6.10 Diámetro exterior:

$$De1 = Dp1 + 2 * m = 7,6 \text{ cm}$$

$$De2 = Dp2 + 2 * m = 14,8 \text{ cm}$$

5.3.2.6.11 Resistencia del diente:

$$Gd = \left(\frac{Pot_{diseño}}{Ld * Vl * m} \right) * \left(\frac{Kv}{Y} \right)$$
$$Gd1 = \left(\frac{0,1311}{1,036 \text{ cm} * 0,178 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 4 \text{ mm}} \right) * \left(\frac{1,029}{0,303} \right) = 45 \text{ MPa}$$
$$Gd2 = \left(\frac{0,1311}{1,036 \text{ cm} * 0,178 \frac{\text{m}}{\text{s}} * 4 \text{ mm}} \right) * \left(\frac{1,029}{0,374} \right) = 36,457 \text{ MPa}$$

5.3.2.7 Cálculos de engranaje para la construcción en fresadora.

Para obtener el número de vueltas y agujeros para fresar se divide el:

Engranaje de 17 dientes

$$\frac{\# \text{ Divisor}}{\# \text{ Numero de dientes del engranaje}} = \frac{40}{17} = 2 \text{ vueltas y } 6 \text{ agujeros}$$

Engranaje de 35 dientes

$$\frac{\# \text{ Divisor}}{\# \text{ Numero de dientes del engranaje}} = \frac{40}{35} = 1 \text{ vueltas y } 5 \text{ agujeros}$$

5.3.2.8 Cálculo del eje cuadrado

5.3.2.8.1 Cálculo de la fuerza distribuida en el eje cuadrado

El valor de carga representa la fuerza que incidirá directamente sobre el eje cuadrado el cual se encuentra debajo de la tolva dando paso los granos de café al tambor como se muestra en la **Figura 20** en el mismo que el eje cuadrado se encuentra de color amarillo, por lo que se procederá al cálculo de la fuerza distribuida correspondiente.

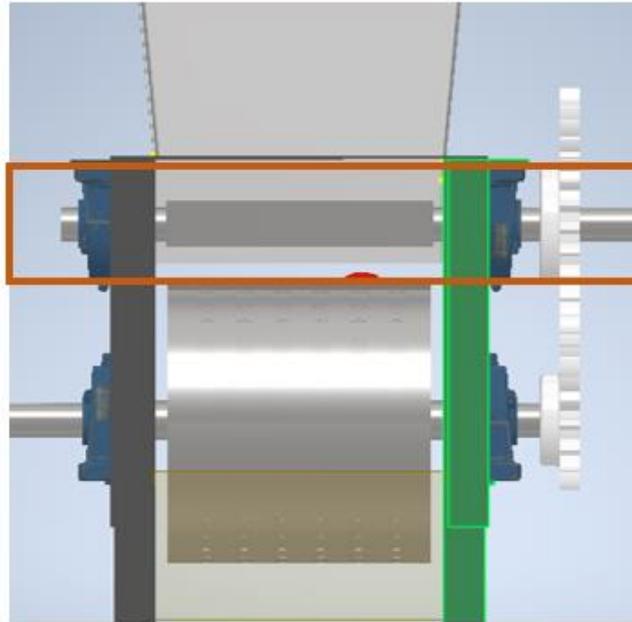


Figura 20. Ubicación del eje cuadrado

En la **Figura 21**, se visualiza la ubicación específica donde se debe realizar el cálculo de la fuerza distribuida en el eje formula obtenida de (Olarte, 2016). Este análisis determina la fuerza que se distribuirá a lo largo del eje, proporcionando información para el diseño.

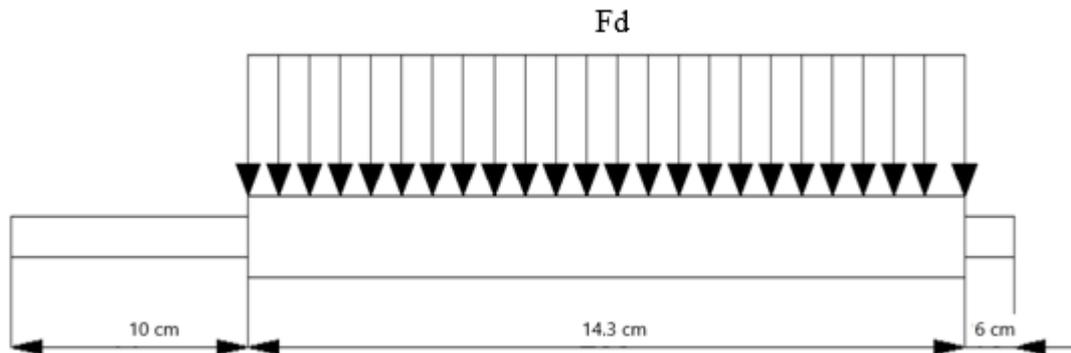


Figura 21. Fuerza distribuida en el eje cuadrado

Fuente: (Andrea Olarte, 2016).

Este cálculo permite comprender la carga que soportará el eje cuadrado, permitiendo dimensionar adecuadamente el componente para garantizar su resistencia y funcionalidad.

$$Fd = \frac{\text{Carga que ingresa en la tolva}}{\text{Longitud de } Fd} = \frac{336,368 \text{ N}}{14,3 \text{ cm}} = \frac{23,522 \text{ N}}{\text{cm}}$$

Una vez determinado la fuerza distribuida se desarrolla el proceso de diseño en 3D el mismo que proporciona una representación en 3D como se observa en la **Figura 22** para su posterior construcción.

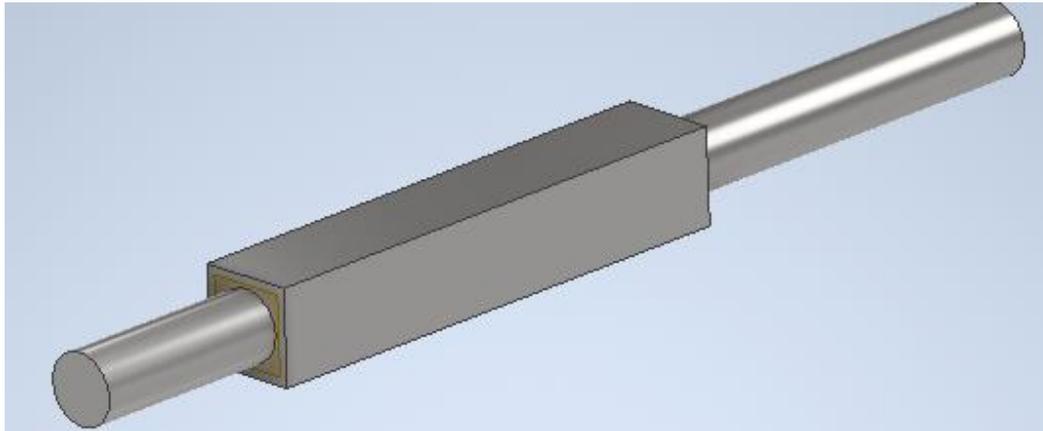


Figura 22. Eje cuadrado

5.3.2.8.2 Cálculo de reacciones en el eje cuadrado

Engranajes

$$F_T = \frac{Pot_{diseño}}{Vl} = \frac{0,1311hp}{0,1780 m/s} = 578,05 N$$

$$F_N = F_T * \tan(20^\circ) = 578,05 N * \tan(20^\circ) = 210,39 N$$

$$F_{Tang} = 270^\circ + 25^\circ = 295^\circ$$

$$F_{Nang} = 180^\circ + 25^\circ = 205^\circ$$

Fuerza en engranaje

$$F_{xe} = F_T * \cos(F_{Tang}) + F_N * \cos(F_{Nang}) = 53,61 N$$

$$F_{ye} = F_T * \sin(F_{Tang}) + F_N * \sin(F_{Nang}) = -612,807 N$$

Momentos resultantes en x

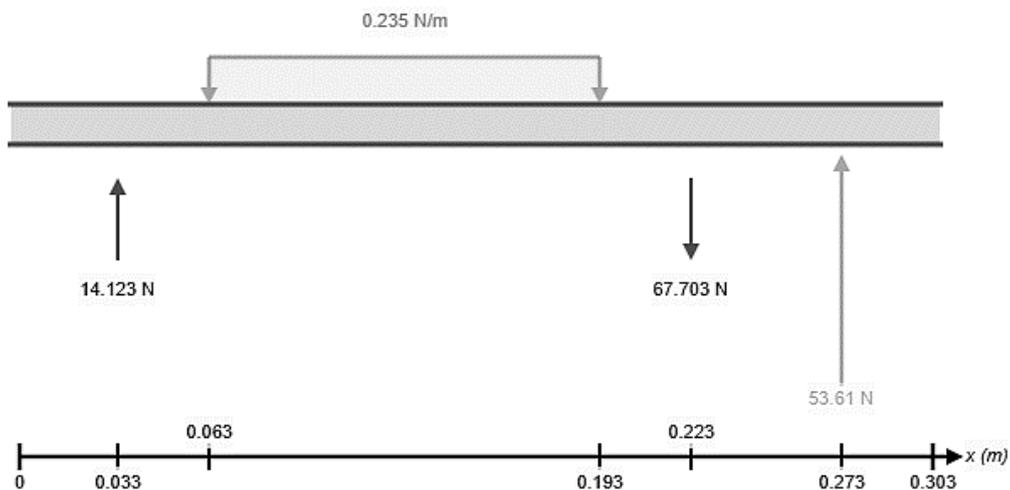


Diagrama de fuerza cortante x

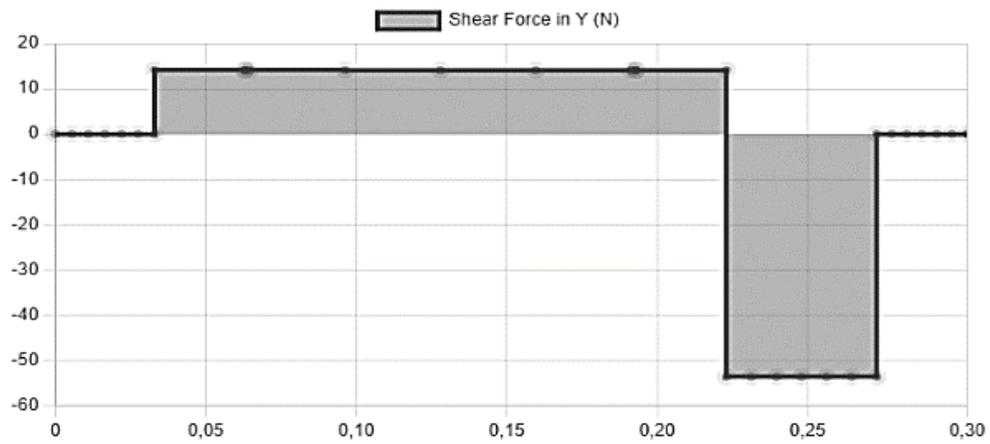
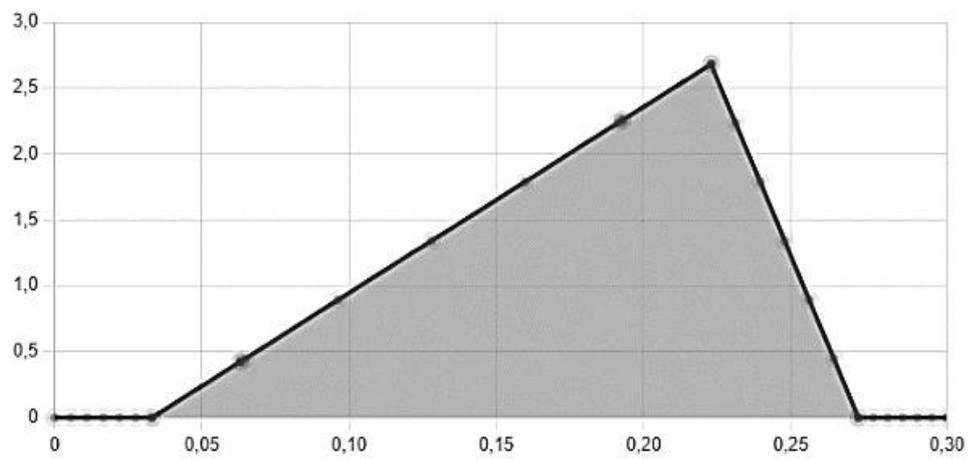


Diagrama de momento flector en x



Resultado	Max	Min
Momento Flector	2.68 N-m	0 N-m
Corte	14.123 N	-53.61 N
Desplazamiento	0 mm	0 mm

Momentos resultantes en y

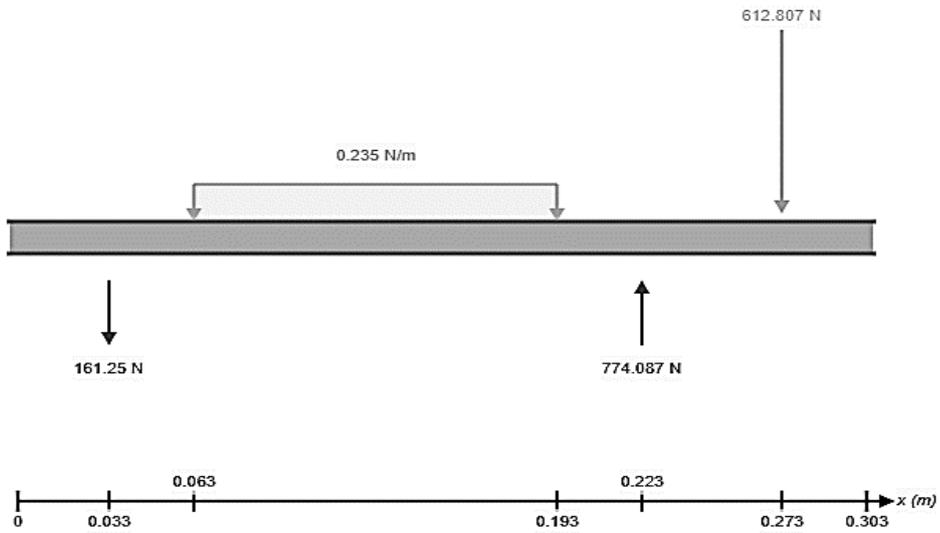


Diagrama de fuerza cortante y

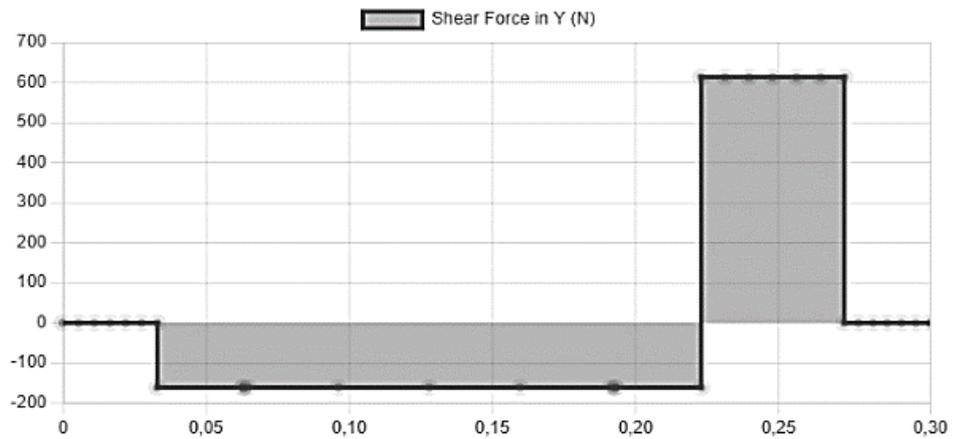
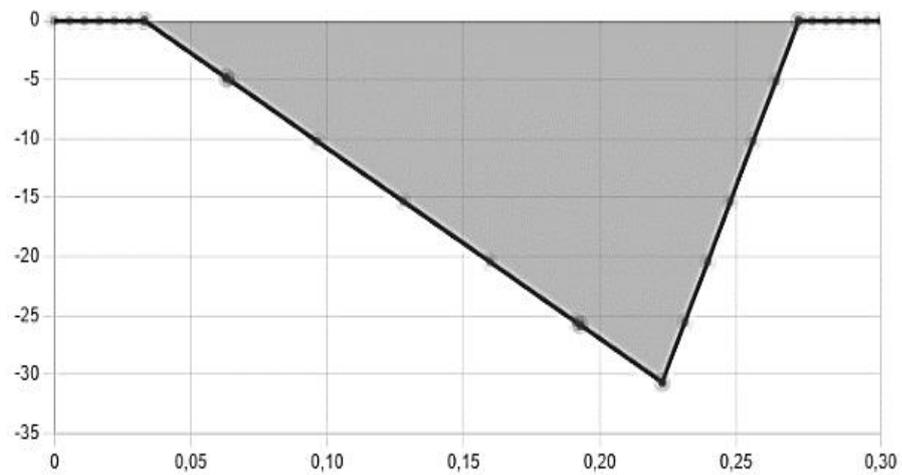


Diagrama de momento flector en y



Resultado	Max	Min
Momento Flector	0 N-m	-30.64 N-m
Corte	612.807 N	-161.28 N
Desplazamiento	0 mm	0 mm

Momento Torsor y flector

$$M_T = \sqrt{MRdx^2 + MRdy^2} = \sqrt{0^2 \text{ Nm} + 0^2 \text{ Nm}} = 0 \text{ Nm}$$

$$M_F = \sqrt{MRix^2 + MRiy^2} = \sqrt{2,68 \text{ Nm} + -30,64^2 \text{ Nm}} = 30,757 \text{ Nm}$$

Diámetro mínimo del eje cuadrado por teoría de esfuerzo cortante máximo

Tabla 6. Datos para la obtención del diámetro mínimo del eje cuadrado

Acero de transmisión	SAE 1018
Escuerzo del material	370 MPa
Factor de seguridad	2,5
Momento Flector	30,757
Momento Torsor	0

$$\Phi_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * \eta_{seg}}{\pi * \zeta_{mat}} * \sqrt{M_F^2 + M_T^2}}$$

$$\Phi_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * 2,5}{\pi * 3,70 * 10^8 \text{ Pa}} * \sqrt{30,757 \text{ Nm}^2 + 0 \text{ Nm}^2}} = 14,9 \text{ mm}$$

5.3.2.9 Cálculo del eje principal

Longitud del eje principal

Para la longitud del eje principal se tomará en cuenta la longitud del eje cuadrado dando como resultado:

$$Longitud_{ejeprincipal} = 30,3 \text{ cm}$$

Cálculo de momentos en el eje principal

Momentos en x

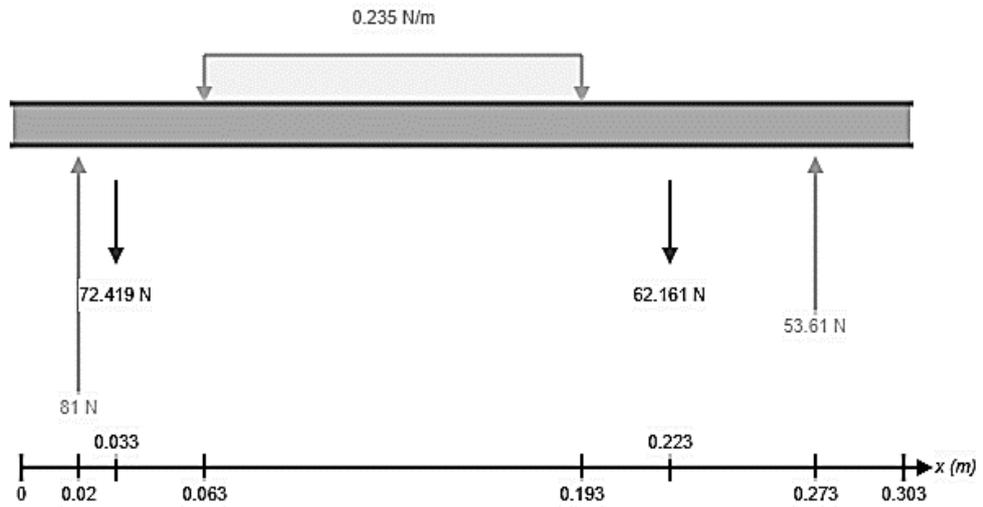


Diagrama de fuerza cortante x

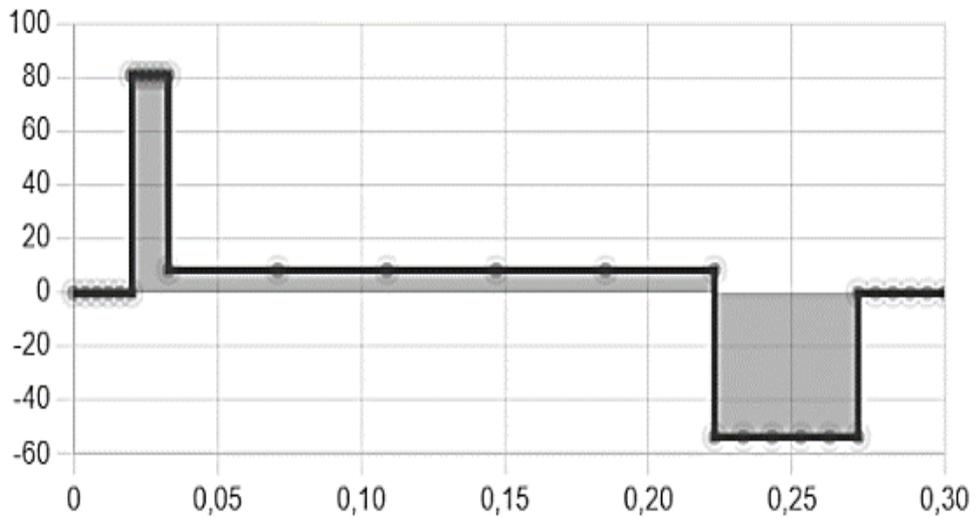
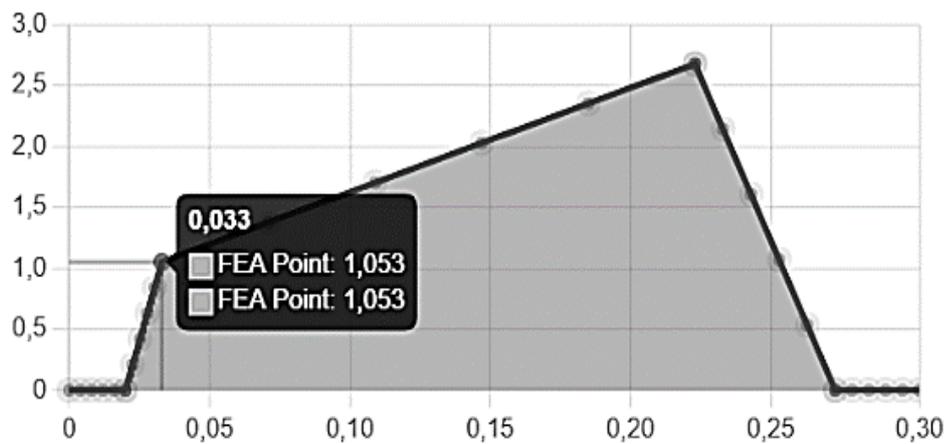


Diagrama de momento flector en x



Resultado	Max	Min
Momento Flector	2.68 N-m	0 N-m
Corte	81 N	-53.61 N
Desplazamiento	0 mm	0 mm

Momentos en y

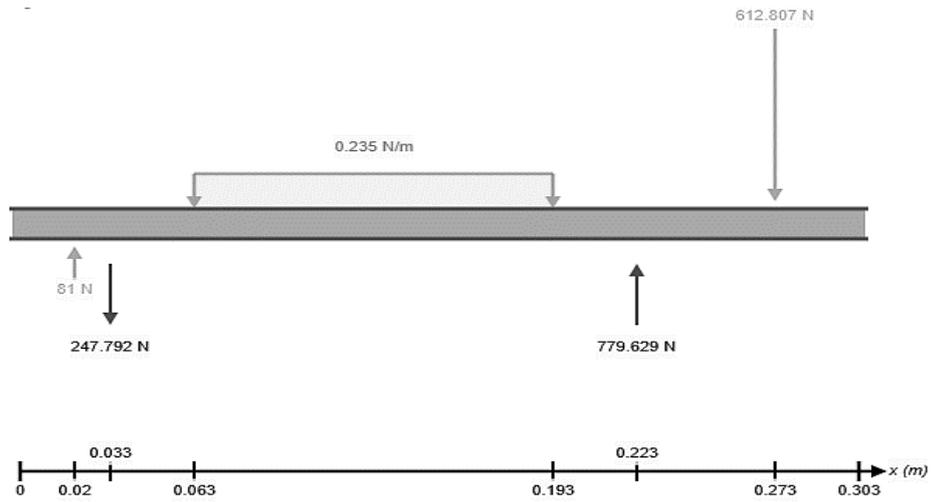


Diagrama de fuerza cortante y

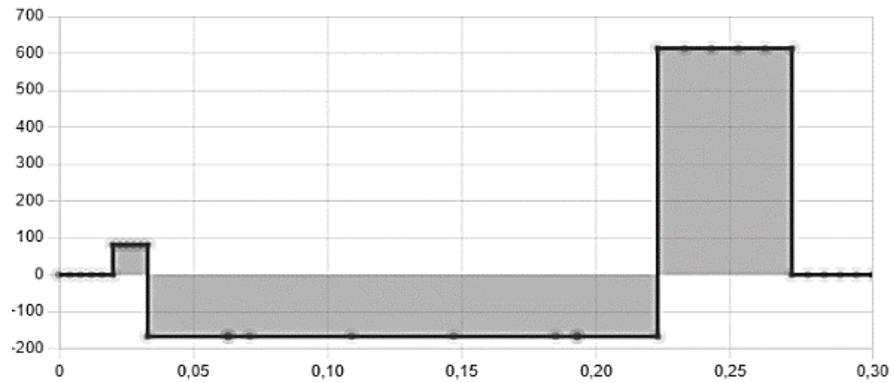
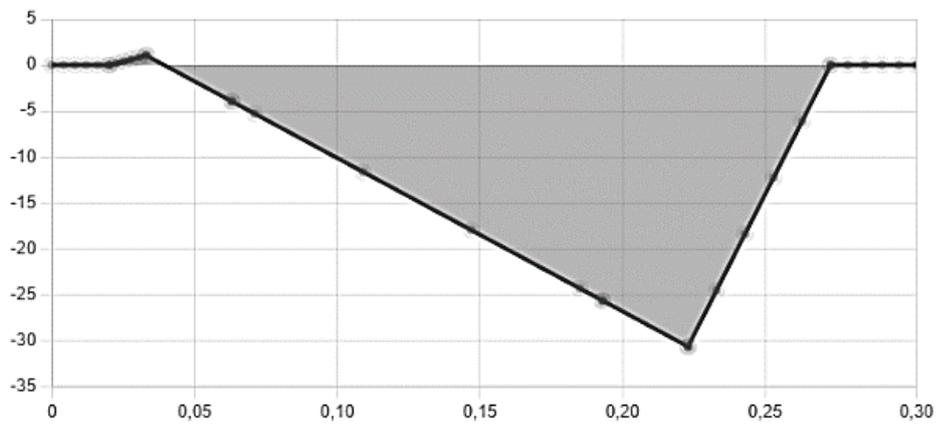


Diagrama de momento flector en y



Resultado	Max	Min
Momento Flector	1.053 N-m	-30.64 N-m
Corte	612.807 N	-166.822 N
Desplazamiento	0 mm	0 mm

Momento flector

$$M_T = \sqrt{MRdx^2 + MRdy^2} = \sqrt{1,053^2 \text{ Nm} + 1,053^2 \text{ Nm}} = 1,489 \text{ Nm}$$

$$M_F = \sqrt{MRix^2 + MRiy^2} = \sqrt{2,68^2 \text{ Nm} + -30,64^2 \text{ Nm}} = 30,757 \text{ Nm}$$

Diámetro mínimo del eje principal por teoría de esfuerzo cortante máximo

Tabla 7. Datos para la obtención del diámetro mínimo del eje principal.

Acero de transmisión	SAE 1018
Escuerzo del material	370 MPa
Factor de seguridad	2,5
Momento Flector	30,757
Momento Torsor	1,489

$$\phi_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * \eta_{seg}}{\pi * \zeta_{mat}} * \sqrt{M_F^2 + M_T^2}}$$

$$\phi_{min} = \sqrt[3]{\frac{32 * 2,5}{\pi * 2,35 * 10^8 \text{ Pa}} * \sqrt{30,757 \text{ Nm}^2 + 1,489 \text{ Nm}^2}} = 14,9 \text{ mm}$$

5.3.2.10 Volante de inercia

Para el desarrollo del volante de inercia se debe conocer:

Velocidad de rotación.	50 rpm
Coefficiente de fluctuación en máquinas manuales. (C_f)	0,025
Fuerza promedio de una persona	81 N

Para desarrollar el cálculo del volante de inercia se basó en el libro de Shigley. Diseño de ingeniería mecánica. 9na edición.

$$C_f = \frac{\omega_{max} - \omega_{min}}{\omega_{prom}}$$

$$\omega_{prom} = \frac{\omega_{max} + \omega_{min}}{2} = 5,24 \text{ rad/s}$$

De 1

$$1,047 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \omega_{max} - \omega_{min}$$

De 2

$$1,048 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \omega_{max} + \omega_{min}$$

De 1

$$\omega_{max} = 1,047 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + \omega_{min}$$

De 2

$$1,047 \frac{\text{rad}}{\text{s}} + \omega_{min} + \omega_{min} = 10,48 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$2 \omega_{min} = 9,433 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_{min} = 5,174 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$\omega_{max} = 5,305 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$E_{max} = \frac{Pot}{\omega_{min}} = \frac{85 \text{ w}}{5,174 \text{ rad/s}} = 16,42 \text{ rad/s}$$

$$E_{min} = \frac{Pot}{\omega_{max}} = \frac{85 \text{ w}}{5,305 \text{ rad/s}} = 16,02 \text{ rad/s}$$

Inercia 1 disco 1

$$I_1 = \frac{E_{max} - E_{min}}{C_f * \omega_{prom}^2} = \frac{16,42 - 16,02}{0,025 * 5,24^2} = 0,58 \text{ kg} * \text{m}^2$$

Se propone los diámetros. $\phi_{ext} = 0,5 \text{ m}$ $\phi_{int} = 0,4 \text{ m}$ para obtener el espesor.

$$e = \frac{16 * I}{0,5 * \zeta * \pi * (\phi_{ext}^4 - \phi_{int}^4)} = \frac{16 * 0,58}{0,5 * 7850 * \pi * (0,5^4 - 0,4^4)} = 0,020 \text{ m}$$

Se propone los diámetros. $e = 6 \text{ mm}$ $\phi_{ext} = 0,4 \text{ m}$ para obtener inercia 2

$$m = \frac{\phi_{ext}^2 * \pi * e * 7850}{4} = \frac{0,4^2 * \pi * 0,006 * 7850}{4} = 5,91 \text{ kg}$$

Inercia 1 disco 2

$$I_2 = \frac{m * \phi^2}{8} = \frac{5,91 * 0,4^2}{8} = 0,11 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$I_t = 0,58 - 0,11 = 0,47$$

Se vuelve a determinar el espesor del disco 1.

$$e = \frac{16 * I}{0,5 * \zeta * \pi * (\phi_{ext}^4 - \phi_{int}^4)} = \frac{16 * 0,47}{0,5 * 7850 * \pi * (0,5^4 - 0,4^4)} = 0,016 \text{ m}$$

5.3.3 Tercer objetivo

Una vez completado el diseño de cada elemento, se procede a la construcción, utilizando los materiales especificados en el diseño y siguiendo el proceso de fabricación planificado. Este paso es para materializar el prototipo de la despulpadora de café y poner a prueba su funcionamiento en condiciones reales. La precisión y calidad en la construcción son fundamentales para asegurar un rendimiento y cumplir con los objetivos del proyecto.

En el diseño de la tolva, se ha optado por utilizar acero para las paredes, garantizando así la resistencia y durabilidad necesarias. La sujeción mediante pernos asegura una fijación robusta, manteniendo la integridad estructural de la tolva durante su funcionamiento. La **Figura 23** proporciona una representación visual de la construcción de la tolva.



Figura 23. Construcción de la tolva

En el proceso de construcción, se procederá a fabricar tanto el eje cuadrado como el eje principal, elementos que albergarán los diversos componentes para el eficiente despulpado del

café tomando en cuenta que el eje cuadrado posee un eje de $\frac{3}{4}$ de pulgada y el eje principal de una pulgada. La **Figura 24 y 25** proporciona una representación visual de estos ejes, destacando su importancia en el montaje general de la máquina despulpadora.



Figura 24. Eje cuadrado



Figura 25. Eje principal

Después de culminar la construcción del eje principal, se avanzó en la fabricación del tambor, componente que se acoplaría al eje. Para este fin, se utilizaron dos poleas de 6 pulgadas con el diámetro preciso para el tambor calculado y se contó con una plancha de acero diseñada para dar forma al tambor como se muestra en la **Figura 26**. El mismo que aseguró la correcta integración de estos elementos fundamentales.



Figura 26. Tambor

Luego de la fabricación del tambor, resultó esencial revestirlo con una malla diseñada para el proceso de despulpado de café. Este revestimiento, evidenciado en la **Figura 27**, garantiza el funcionamiento del tambor, asegurando así la eficacia del proceso de despulpado.



Figura 27. Tambor con revestimiento

Se llevó a cabo la construcción del pechero, la cual experimentó modificaciones adaptadas a las necesidades específicas de la tesis. Inicialmente concebido como un pechero de dos canales, se rediseñó para contar con un solo canal, como se aprecia en la **Figura 28**. Esta adaptación se realizó para alinear el pechero con los requisitos del diseño, optimizando su funcionalidad en el proceso de despulpado del café.



Figura 28. Pechero

Lo siguiente a construir es la estructura que se muestra en la **Figura 29**, el mismo que nos permitirá contener los elementos anteriores.

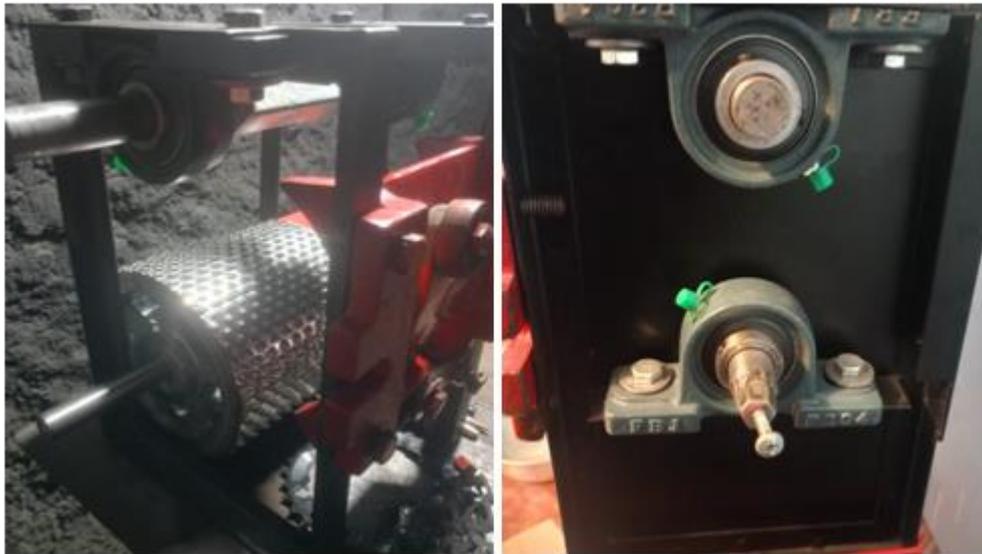


Figura 29. Construcción de estructura.

Construidas todas las piezas del prototipo se procede a construir el sistema de transmisión el mismo que será por medio de engranajes. En la **Figura 30**, se puede observar los engranajes torneados realizados en grilon.



Figura 30. Torneado de grilon.

Una vez torneados los engranajes se procede a fresar el engranaje y el piñón con la ayuda de la fresadora como se muestra en la **Figura 31**.



Figura 31. Fresado de engranajes.

En la **Figura 32**, se muestra el resultado final que se obtuvo en los engranajes después de hacer uso del torno y la fresadora.



Figura 32. Resultado final de los engranajes.

La construcción del volante de inercia se puede visualizar en la **Figura 33** el mismo que permite el manejo más fácil a la hora de despulpar el café.



Figura 33. Volante de inercia

Finalmente, se procedió al ensamblaje el mismo que se indicara en la parte de resultados. Para esta etapa, se incorporaron piezas normalizadas como chumaceras y pernos. Este proceso de ensamblaje permitió integrar de manera efectiva cada parte del sistema, asegurando la cohesión y funcionalidad del conjunto, además, se añadió una base el cual nos permitirá la funcionalidad correcta de la manija de prototipo.



Figura 34. Base de prototipo.

6. Resultados

6.1 Diseño del prototipo

Una vez que cada componente fue diseñado de manera individual, se avanzó hacia la fase de ensamblaje completo como se visualizó en la **Figura 34**.

Mediante el software Inventor, se logró visualizar integralmente el prototipo, asegurando la correcta alineación y operatividad de cada elemento en el diseño final. Este paso permitió verificar la viabilidad del prototipo en términos de su estructura y funcionalidad, garantizando una implementación de cada componente dentro del sistema completo de la máquina despulpadora de café.

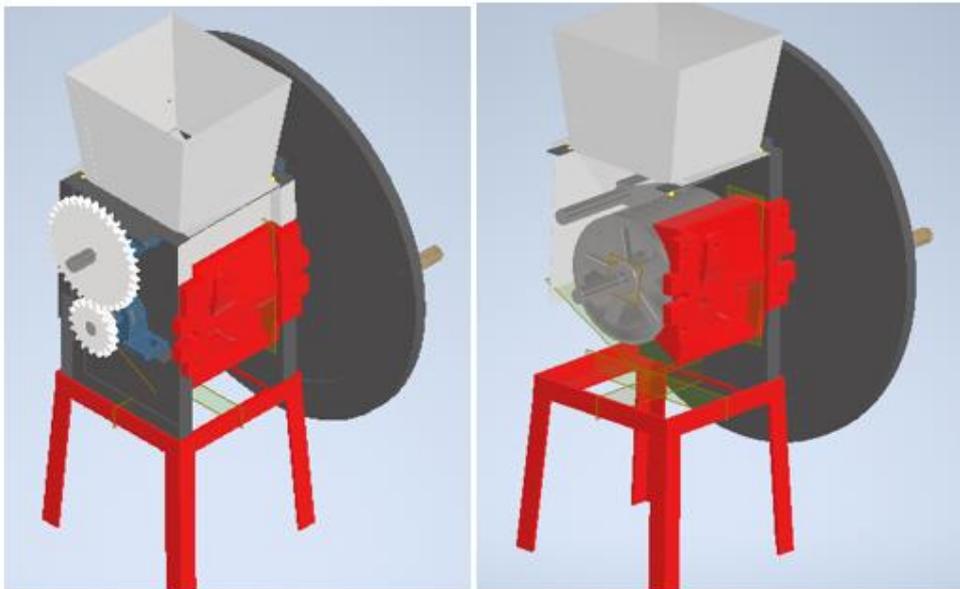


Figura 35. Ensamblaje del prototipo en Inventor

6.2 Construcción y funcionamiento del prototipo

Después de completar el diseño integral y el ensamblaje virtual, se dio paso a la fase física del ensamblaje del prototipo.

La construcción de cada elemento de manera individual permitió una integración más eficiente, asegurando la coherencia y la funcionalidad del conjunto. Finalmente, se llevó a cabo el ensamblaje físico del prototipo, como se ilustra en la **Figura 35**, para validar su rendimiento y verificar que cada componente funcionara de manera correcta.

Este paso es para evaluar la viabilidad práctica del prototipo y garantizar su correcto funcionamiento en condiciones reales de despulpado de café.



Figura 36. Prototipo de despulpadora

6.3 Manual de operatividad y mantenimiento

MANUAL DE OPERACION

Controles previos a la puesta en funcionamiento del prototipo

- Chequear que ese encuentre lubricado con grasa los engranajes de la transmisión.
- Chequear que dentro de la tolva no se detecte ningún objeto que pueda extruir el funcionamiento o dañar los componentes que conforman la despulpadora.
- Chequear que la máquina este trabajando de la manera adecuada por medio de darle una vuelta suave con la perilla para su verificación.
- Chequear la graduación del pechero sea el correcto para las cerezas.
- Chequear que los dientes de la camisa que cubre el tambor se encuentren en condiciones óptimas caso contrario realizar el cambio.

Control mediante el funcionamiento

- No llenar la tolva por completo para evitar derrames.
- Evitar tocar el tambor para impedir accidentes.

Después de despulpar

- Elimine los desechos que quedan en la máquina.
- Desmontar el pechero y realizar su limpieza.

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Limpieza

- Chequear que al finalizar el uso de la máquina no queden residuos en el interior de la tolva.
- Limpiar los desechos y partes de la máquina a la que tenga acceso después de cada uso.
- Chequear para cada uso la calibración correcta.
- Realizar una prueba de calibración antes del uso para trabajar en la calibración adecuada de la cereza.
- Apretar los tornillos cada cierto tiempo para su correcto funcionamiento.
- Ubicar en un lugar donde se pueda evitar la entrada de objetos a la tolva o caso contrario cubrir la máquina.

Lubricación

- Lubricar las chumaceras en tiempo de uso continuo cada 15 días con grasa multipropósito (preferentemente a base de litio).
- Lubricar los engranajes en tiempo de uso continuo cada 8 días con grasa sintética para plásticos.

6.4 Valoración económica

A continuación, en la **Tabla 8** se puede observar los gastos relacionados a la creación del prototipo de despulpadora de tambor horizontal de café.

Tabla 8. Valoración económica

VALORACIÓN ECONÓMICA				
Material	Características	Cantidad	Valor unitario (\\$)	Valor total (\\$)
Eje principal	Acero 1018 de 1"	30 cm	1,66	50
Eje cuadrado	Acero 1018 de 3/4"	30 cm	0,13	4
Pechero	Hierro fundido	1 pieza	50	50
Chumaceras	3/4"	4 unidades	8	32
Plancha de acero	Acero inoxidable de 1.5 mm	1 plancha	170	170
Pernos		20 unidades	0,1	2
Camisa de despulpadora	Acero inoxidable de 1 mm	1 plancha	35	35
Angulo	Perfil ángulo 1/2" x 1.5 mm	1 ángulo	10	10
Engranés	Acero	2 unidades	50	100
			Total =	453 \$

Valoración económica de operatividad	
Operación	
Torneado de los ejes	50
Soldadura	30
Esmerilado	20
Perforación	10
Total =	110 \$

6.5 Validación de funcionamiento

Se procede a poner a prueba la máquina de despulpar café utilizando la manija, como se muestra en la **Figura 36**, para lo cual se llevan a cabo pruebas con el fin de determinar el rendimiento de la máquina y validar su funcionamiento.



Figura 37. Validación de funcionamiento del prototipo.

Se registran las pruebas realizadas en la **Tabla 9** con el fin de determinar el rendimiento de la máquina y validar el funcionamiento de la misma.

Tabla 9. Rendimiento de la máquina de despulpar

TABLA DE RENDIMIENTO		
PESO INICIAL	DESPERDICIO (NO DESPULPADO)	RENDIMIENTO
3 kg	0,125 kg	95,8%
2 kg	0,095 kg	95,3%
1 kg	0,045 kg	95,5%
0,68 kg	0,023 kg	96,6%

La evaluación del desempeño de esta máquina se realiza a través del cálculo del rendimiento, el cual se sitúa entre el 94% y el 95%, como se detalla en la **Tabla 9**. Este indicador se obtiene restando el peso inicial – el desperdicio, el resultado se lo divide sobre el peso inicial de café ingresado en la tolva. Estos resultados muestran la eficiencia del proceso de despulpado, demostrando que la máquina opera de manera consistente dentro de los parámetros esperados.

7. Discusión

El diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café requiere una planificación y ejecución para alcanzar los objetivos propuestos. El objetivo general de este proyecto es diseñar y construir un prototipo funcional de mini despulpador de café. Para lograr este objetivo, se han establecido varios objetivos específicos que guiarán el desarrollo del prototipo.

En primer lugar, se realizó un análisis de las máquinas despulpadoras de café disponibles en el mercado con el fin de comprender su funcionamiento y los procesos involucrados en el despulpado del café. Este análisis proporcionó una base sólida para la selección del tipo de despulpadora para el proyecto. Cabe destacar que, tras investigaciones realizadas y la revisión de trabajos previos, se encontró que la despulpadora de tambor horizontal fue la opción más comúnmente seleccionada por autores como Báez, Pupiales (2015), Hernández, (2016), Olarte, Almeida (2016), coincidiendo con la elección determinada en esta tesis.

El siguiente paso consiste en el diseño del modelo de mini despulpador de café para el mismo que se sigue la norma EN 1005-3 para calcular la potencia necesaria para cada componente, dado que la máquina es de tipo manual. Asimismo, a las revoluciones por minuto requeridas para el funcionamiento de la máquina, considerando que esta operará mediante una manivela de 30mm, lo que determinará la potencia necesaria para llevar a cabo el diseño de cada componente el mismo que varía frente a otros autores como Báez, Pupiales (2015) y Tapuy (2023), debido a que el estudio de la mayoría de despulpadoras se desarrollan para productores más grandes de 100 kg/h en adelante para el mismo que es necesario la utilización de motores. Por otro lado, los autores Carreño, Villegas, Palacio (1989), realizaron un estudio para una maquina manual sin embargo al ser una tesis antigua toma otras consideraciones para el cálculo el mismo que no se basa en la norma aplicada.

La estructura para la integración de cada uno de los componentes se basó en trabajos de autores citados con anterioridad dado que esto garantiza la funcionalidad de la misma, el uso de materiales como acero debido a su resistencia también se hizo uso al igual que otros autores para evitar la corrosión además preservar que es de uso alimenticio. El uso de fundición de hierro es bastante importante para el pechero, pero a diferencia de los demás autores como Tapuy, (2023), Olarte (2016), se elaboró reemplazo el diseño normal de dos chorros por uno de un solo chorro dado que es para pequeños productores.

Una vez finalizado el diseño y construcción del prototipo se estableció los costos para su fabricación el mismo que dio un total de 563 dólares americanos a diferencia de los autores Báez, Pupiales, (2015) que tienen un costo total de 1719,08 dólares americanos y en comparación con la despulpadora comercial de la marca Penagos, modelo 2 ½, considerada una de las de menor capacidad en el mercado con un rendimiento de 300 a 400 kg/h y valorada en aproximadamente 1.680 dólares americanos, observando que la construcción de este prototipo es uno de los más bajos en costos de construcción.

El prototipo se validó su funcionamiento por medio del rendimiento de la máquina el mismo que se determinó entre el 95% y 97% que a comparación de la autora Olarte (2016) también estima un rendimiento del 95% y otros autores Báez, Pupiales (2015) también obtiene un 95% de rendimiento dando fiabilidad al prototipo.

8. Conclusiones

1. Tras el análisis e investigación para evaluar las diferentes máquinas en el mercado, se seleccionó una despulpadora de tipo horizontal, la cual cuenta con una tolva que se encarga de almacenar los granos, un pechero que cumple la función de ejercer presión sobre el grano contra el cilindro despulpador con superficie rugosa, permitiendo que la pulpa se separe, engranajes que transmiten el movimiento desde la manivela al sistema mecánico, ejes que sostienen los componentes móviles, un volante de inercia que ayuda a mantener la fuerza y estabilidad del movimiento durante el proceso y una estructura que soporta todos los elementos de la máquina. Esta elección se fundamenta en su mayor facilidad de construcción, mantenimiento, entre otros factores.
2. Se logró el diseño y construcción de un prototipo de mini despulpadora de café, cuya funcionalidad se validó mediante pruebas realizadas a la máquina que arrojaron como resultado un rendimiento que osciló entre el 94% y el 95%.
3. Para el diseño se consideró parámetros como las revoluciones por minuto y la potencia que una persona puede alcanzar. En este ámbito, la norma EN 1005 permitió establecer los límites de fuerza para el diseño correcto.
4. Para la construcción del prototipo de la máquina despulpadora de café se tomó en cuenta su capacidad de 12 kg/h. Dado este parámetro se estableció que la máquina está dirigida principalmente a pequeños productores o para entornos domésticos.

9. Recomendaciones

- Para asegurar un funcionamiento óptimo de la máquina despulpadora de café, es importante seguir las instrucciones proporcionadas en el manual de operación y mantenimiento.
- Para garantizar un proceso de despulpado eficiente, se debe separar los granos maduros (rojos) de los granos verdes. El que contribuye significativamente a obtener una mayor calidad del producto final.
- Se sugiere considerar la implementación de un sistema de alimentación mediante un motor en futuras mejoras del prototipo. Para ello, se requeriría reemplazar la manivela existente por una polea para adaptar el motor al mecanismo de la máquina despulpadora.

10. Bibliografía

Álvarez, J. D. (2023, enero 31). ¿Cómo Funciona Una Despulpadora De Café?

ComprarMiCafetera.com. <https://www.comprarmicafetera.com/como-funciona-una-despulpadora-de-cafe/>

BAEZ VILLACIS, J. C., & PUPIALES BRUSIL, L. R. (2015). Diseño y construcción de un prototipo de máquina despulpadora de café para el proyecto "café de quito" impulsado por la agencia metropolitana de promoción (con quito). (Ingeniero). Escuela politécnica nacional.

Cafeto, E. M. (2019, mayo 19). Despulpado del café. *Mundo Cafeto*.

<https://mundocafeto.com/beneficiado/despulpado-del-cafe-cereza/>

Cómo y cuándo hacer mantenimiento a la despulpadora de café—Ferretería Zummar. (s. f.).

Recuperado 3 de noviembre de 2023, de <https://zummar.com/como-y-cuando-hacer-mantenimiento-a-la-despulpadora-de-cafe/>

Descubre el origen del café | Bonka. (s. f.). Recuperado 3 de noviembre de 2023, de

<https://www.bonka.es/amor-por-el-cafe/origen-del-cafe>

DIAZ HERNANDEZ, D. A. (2016). Diseño de una despulpadora de café (Ingeniero mecánico). Fundación universidad de América.

Fuerzas—EN1005-3 Evaluación del riesgo ergonómico por fuerzas ejercidas. (s. f.).

Recuperado 20 de febrero de 2024, de

<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fuerzas/fuerza-maxima-ayuda.php>

Fuerzas—EN1005-3 Evaluación del riesgo ergonómico por fuerzas ejercidas. (s. f.).

Recuperado 20 de febrero de 2024, de

<https://www.ergonautas.upv.es/metodos/fuerzas/fuerza-maxima-ayuda.php>

International Coffee Organization—Historia del café. (s. f.). Recuperado 3 de noviembre de

2023, de https://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp

Manual Operacion y Mtto Despulpadora / PDF / Water / Transport. (s. f.). Scribd.

Recuperado 4 de noviembre de 2023, de

<https://www.scribd.com/document/346098110/Manual-Operacion-y-Mtto-Despulpadora>

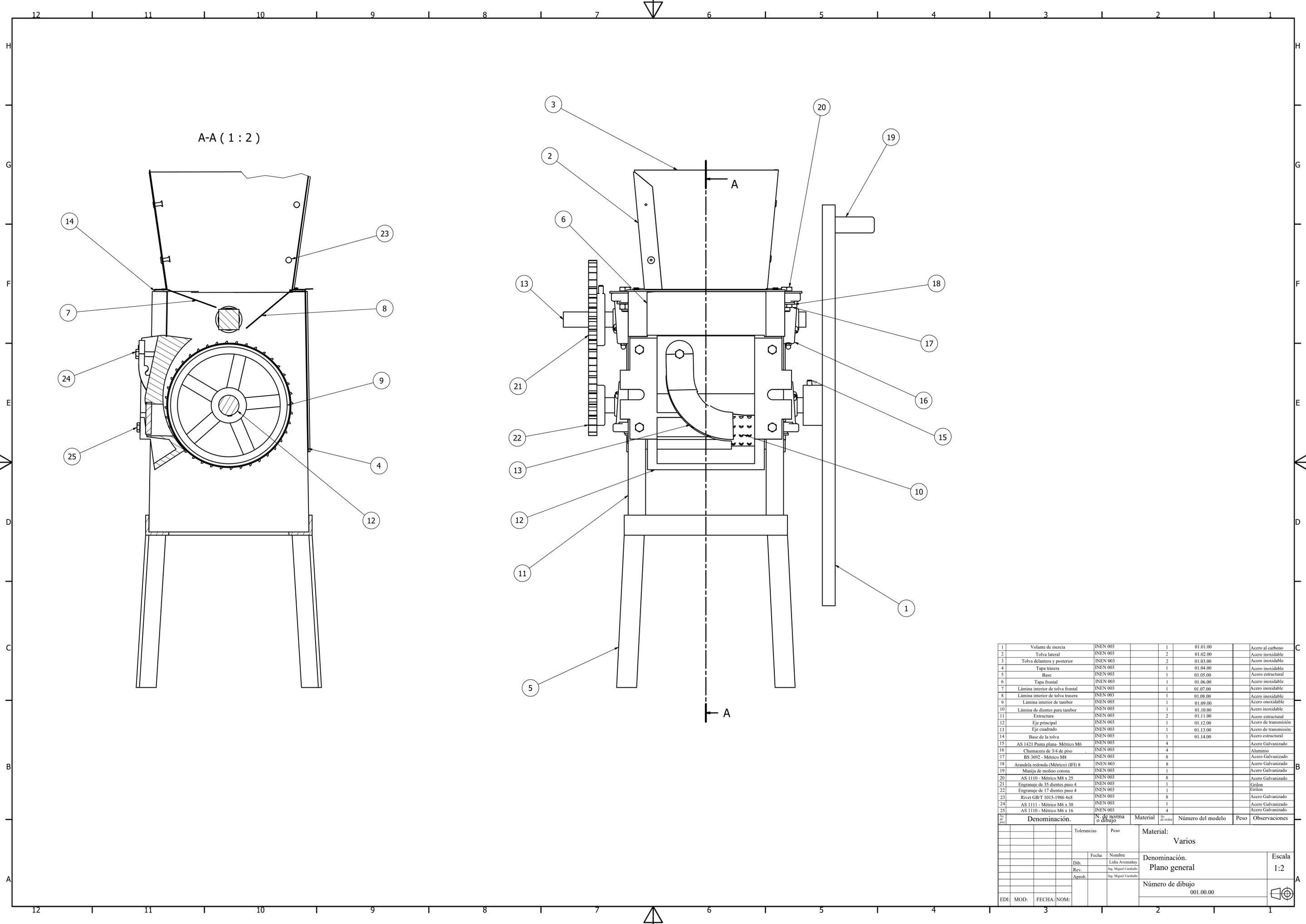
Olarte Zamora, A. S. (2016). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA DESPULPADORA DE CAFÉ PARA EL RECINTO ESTERO DEL PLÁTANO, PARROQUIA GALERA, CANTÓN MUISNE, PROVINCIA ESMERALDAS (Ingeniero mecánico). Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.

Pipunic, A. (2016, septiembre 10). *Todo Lo Que Debes Saber Acerca De Los Cafés De Origen*. Perfect Daily Grind Español. <https://perfectdailygrind.com/es/2016/09/11/todo-lo-que-debes-saber-acerca-de-los-cafes-de-origen/>

Tapuy Cacinto, D. E. (2023). Diseño y construcción de una máquina separadora y despulpadora de café para el análisis de rentabilidad financiera de la venta de café despulpado en la provincia de Napo. (Ingeniero electromecánico). Universidad de las Fuerza Armadas,

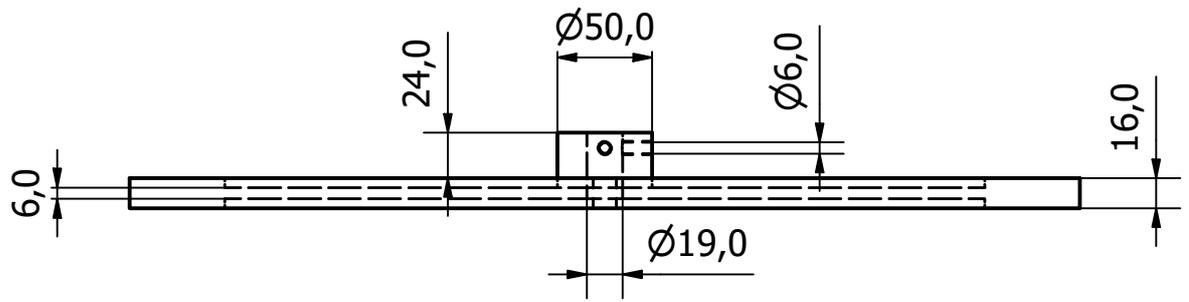
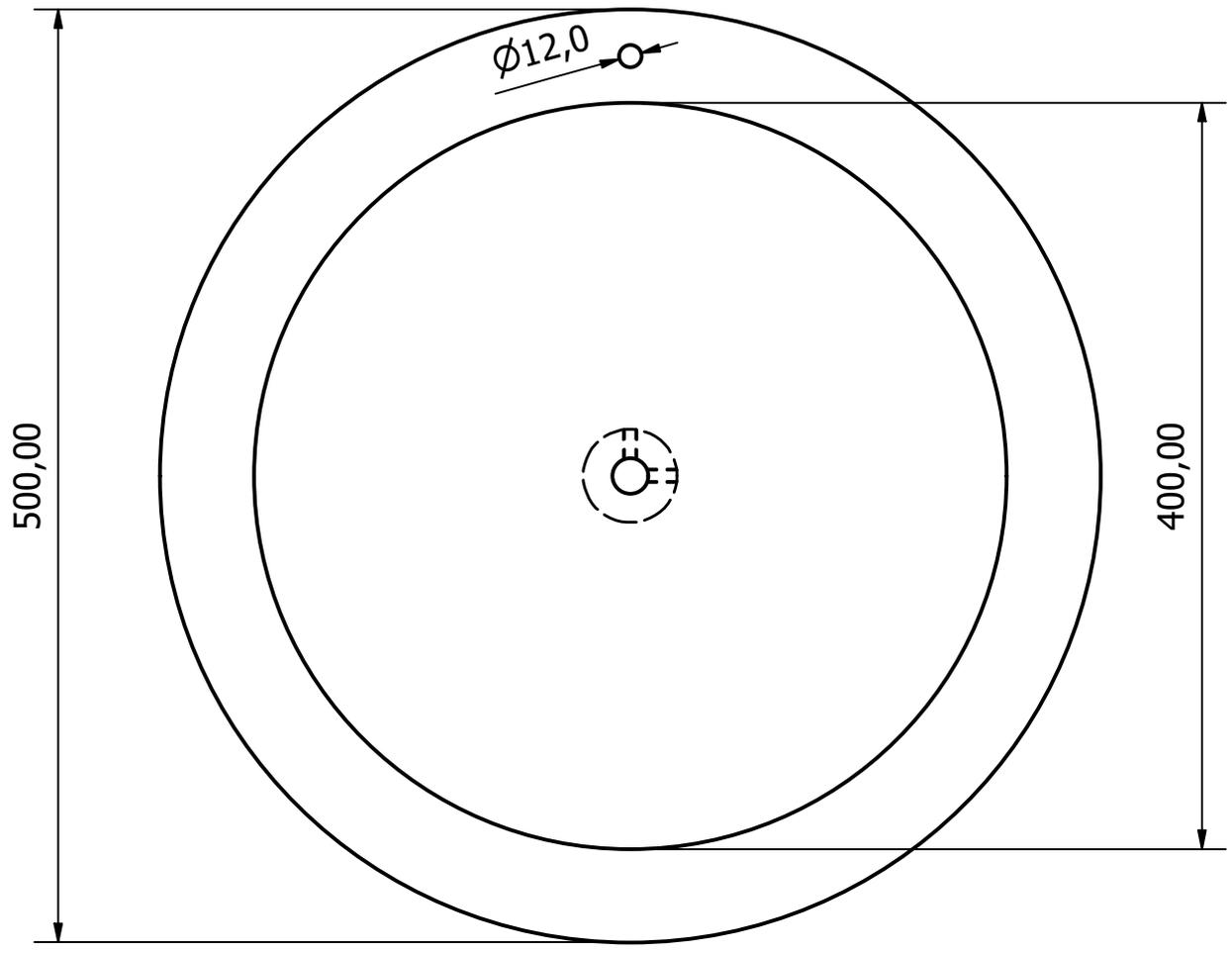
11. Anexos

Anexo 1. Planos del prototipo de despulpadora de café

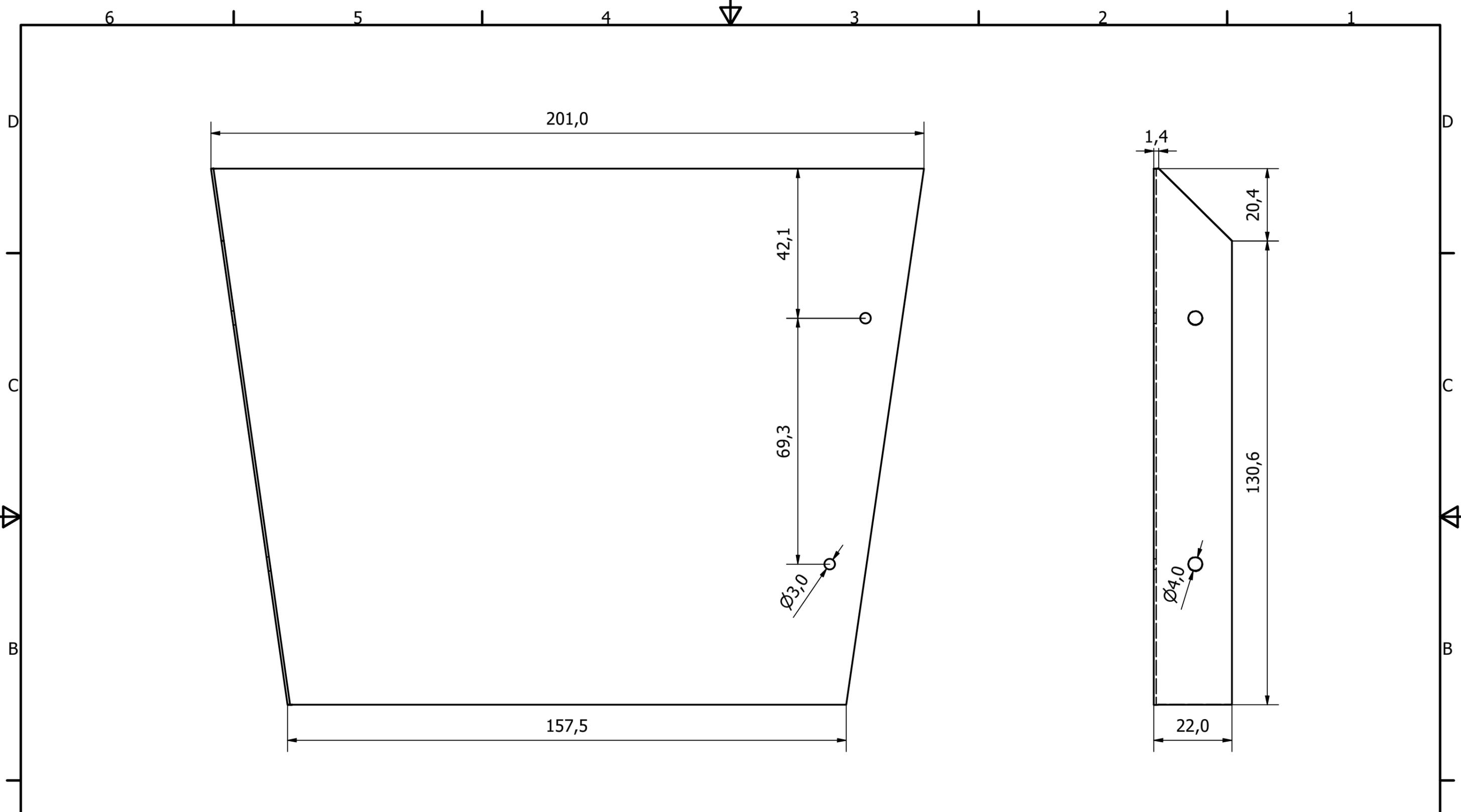


N.º de pieza	Denominación.	N.º de norma o dibujo	Material	Número del modelo	Peso	Observaciones
1	Volante de inercia	INEN 003		1	01.01.00	Acero al carbono
2	Tolva lateral	INEN 003		2	01.02.00	Acero inoxidable
3	Tolva delantera y posterior	INEN 003		2	01.03.00	Acero inoxidable
4	Tapa trasera	INEN 003		1	01.04.00	Acero inoxidable
5	Base	INEN 003		1	01.05.00	Acero estructural
6	Tapa frontal	INEN 003		1	01.06.00	Acero inoxidable
7	Lámina interior de tolva frontal	INEN 003		1	01.07.00	Acero inoxidable
8	Lámina interior de tolva trasera	INEN 003		1	01.08.00	Acero inoxidable
9	Lámina interior de tambor	INEN 003		1	01.09.00	Acero inoxidable
10	Lámina de dientes para tambor	INEN 003		1	01.10.00	Acero inoxidable
11	Extractura	INEN 003		2	01.11.00	Acero estructural
12	Eje principal	INEN 003		1	01.12.00	Acero de transmisión
13	Eje cuadrado	INEN 003		1	01.13.00	Acero de transmisión
14	Base de la tolva	INEN 003		1	01.14.00	Acero estructural
15	AS 1421 - Punta plana - Métrico M6	INEN 003		4		Acero Galvanizado
16	Chumacera de 3/4 de pulg	INEN 003		4		Aluminio
17	BS 3692 - Métrico M8	INEN 003		8		Acero Galvanizado
18	Arandela redonda (Métrico) (FF) 8	INEN 003		8		Acero Galvanizado
19	Manija de molino corona	INEN 003		1		Acero Galvanizado
20	AS 1110 - Métrico M8 x 25	INEN 003		8		Acero Galvanizado
21	Engranaje de 35 dientes paso 4	INEN 003		1		Grijon
22	Engranaje de 17 dientes paso 4	INEN 003		1		Grijon
23	Rivet GB/T 1015-1986 4x8	INEN 003		8		Acero Galvanizado
24	AS 1111 - Métrico M6 x 30	INEN 003		1		Acero Galvanizado
25	AS 1110 - Métrico M6 x 16	INEN 003		4		Acero Galvanizado

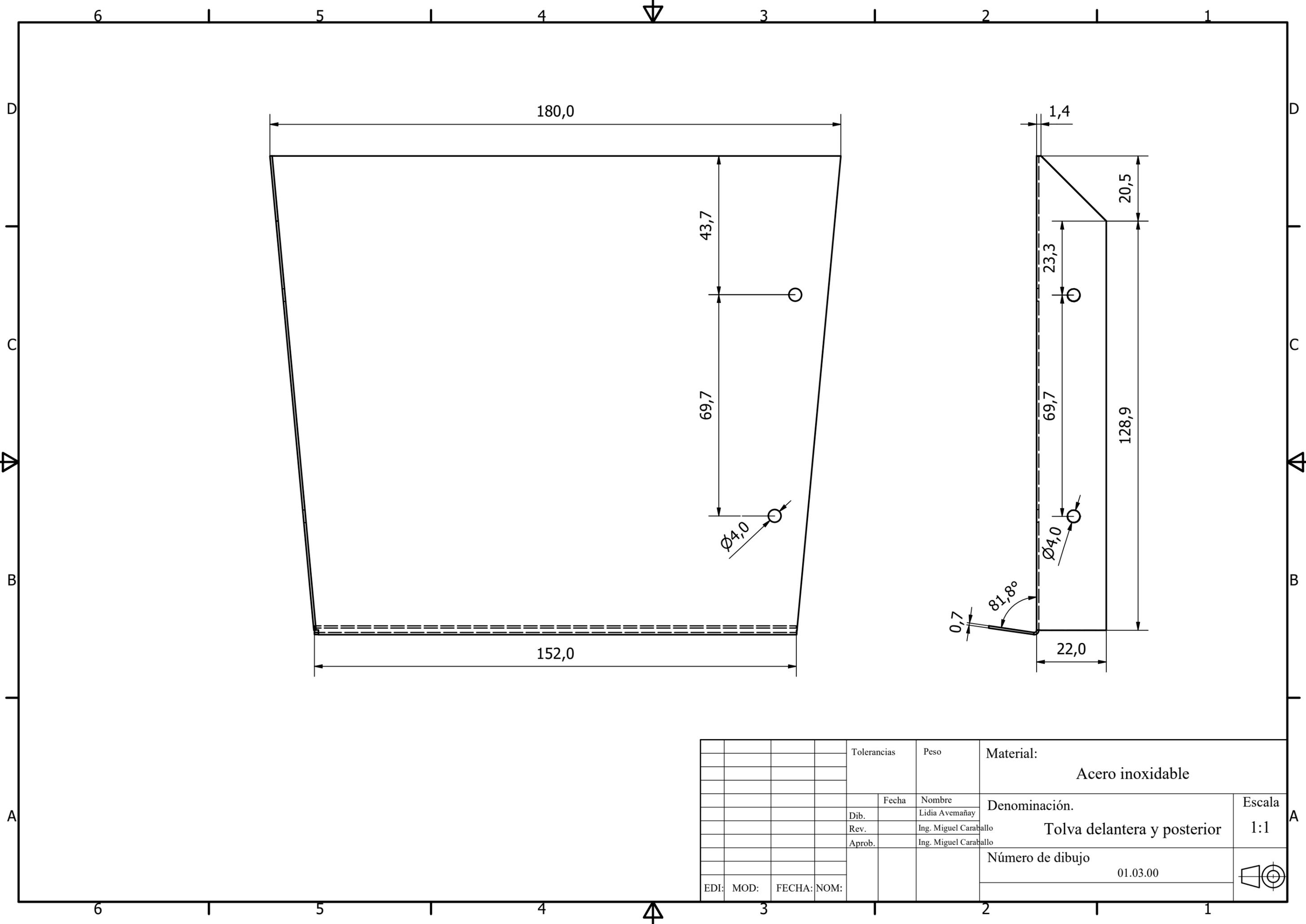
Denominación.	N.º de norma o dibujo	Material	Número del modelo	Peso	Observaciones
		Varios			
Tolerancias	Peso	Material:			
		Varios			
Fecha	Nombre	Denominación.	Escala		
Dib.	Lidia Avenafay	Plano general	1:2		
Rev.	Ing. Miguel Caraballo	Número de dibujo	001.00.00		
Approb.	Ing. Miguel Varaballo				
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:		



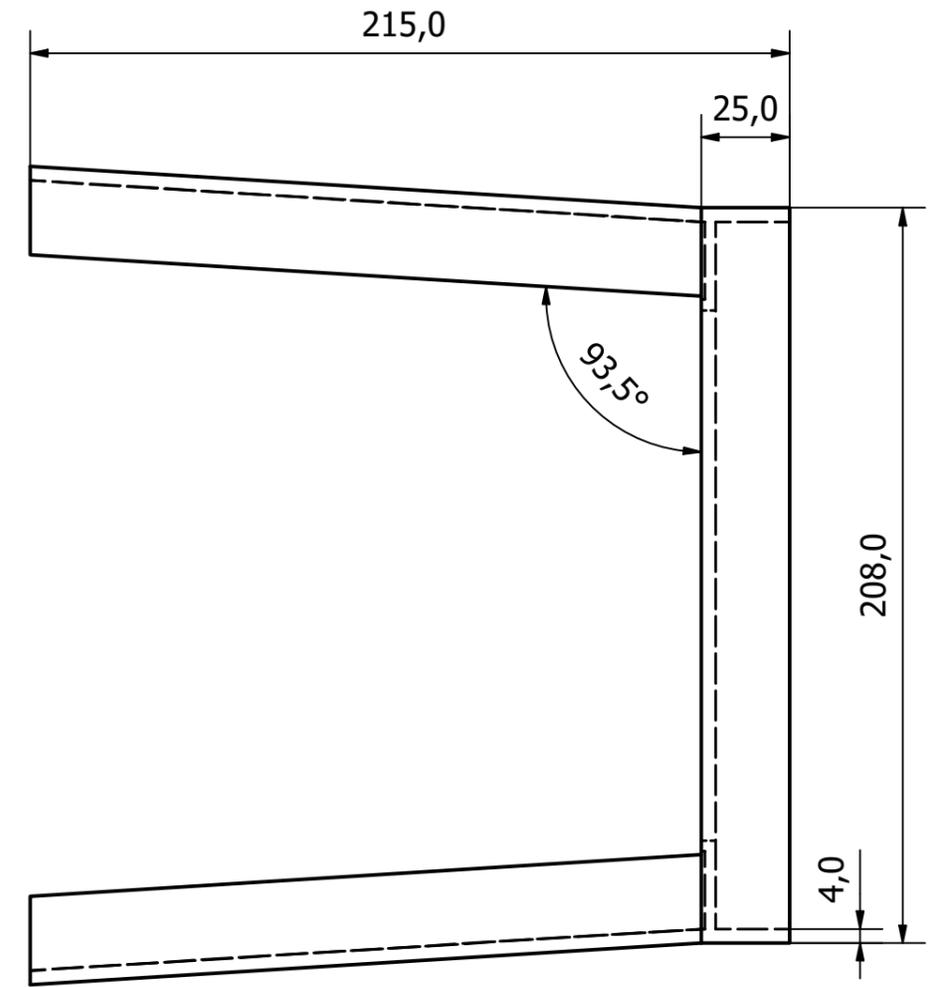
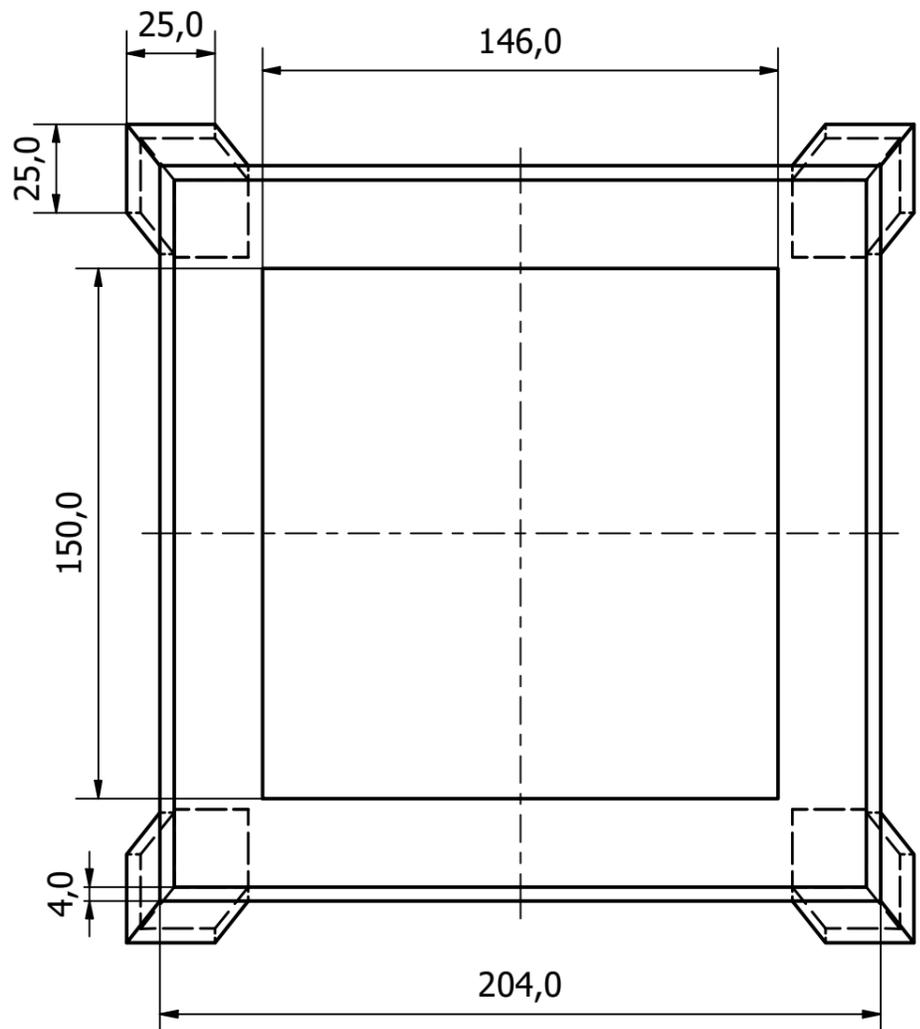
				Tolerancias	Peso	Material: Acero al carbono	
						Denominación. Volante de inercia	Escala 1:1
				Fecha	Nombre		
				Dib.	Lidia Avemañay		
				Rev.	Ing. Miguel Caraballo		
				Aprob.	Ing. Miguel Caraballo		
						Número de dibujo 01.01.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



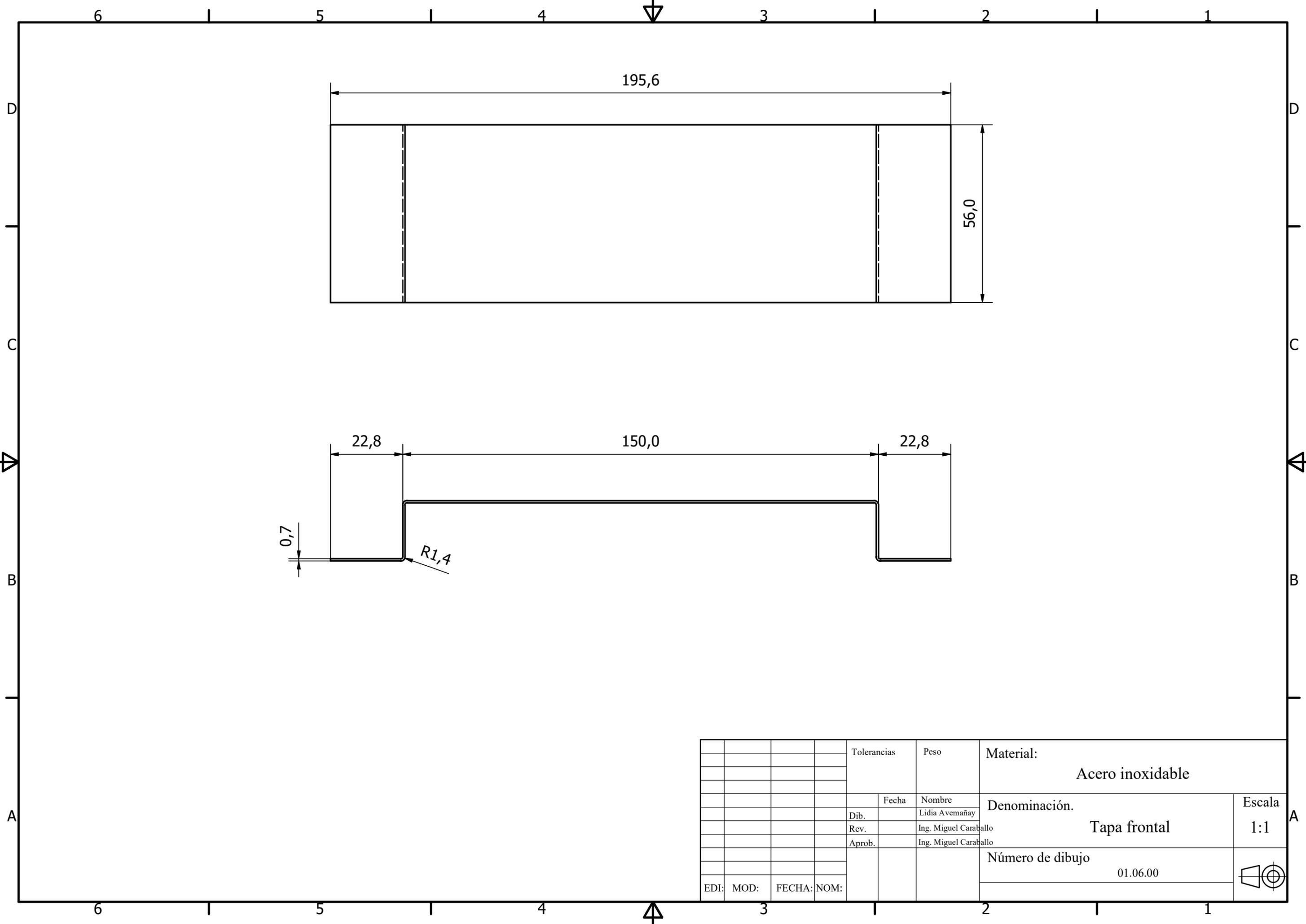
				Tolerancias	Peso	Material: Acero inoxidable	
						Denominación. Tolva lateral	Escala 1:1
						Número de dibujo 01.02.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



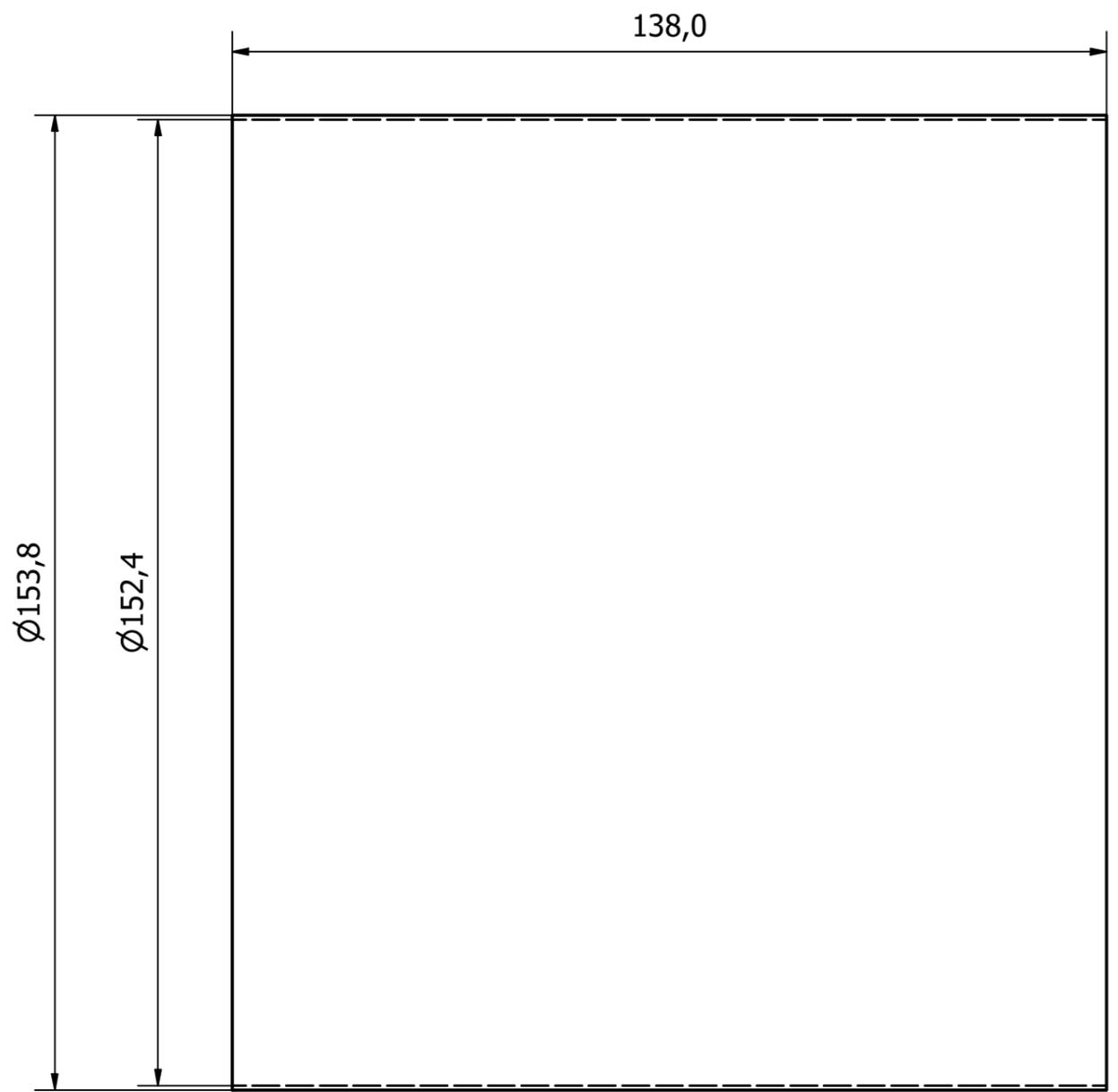
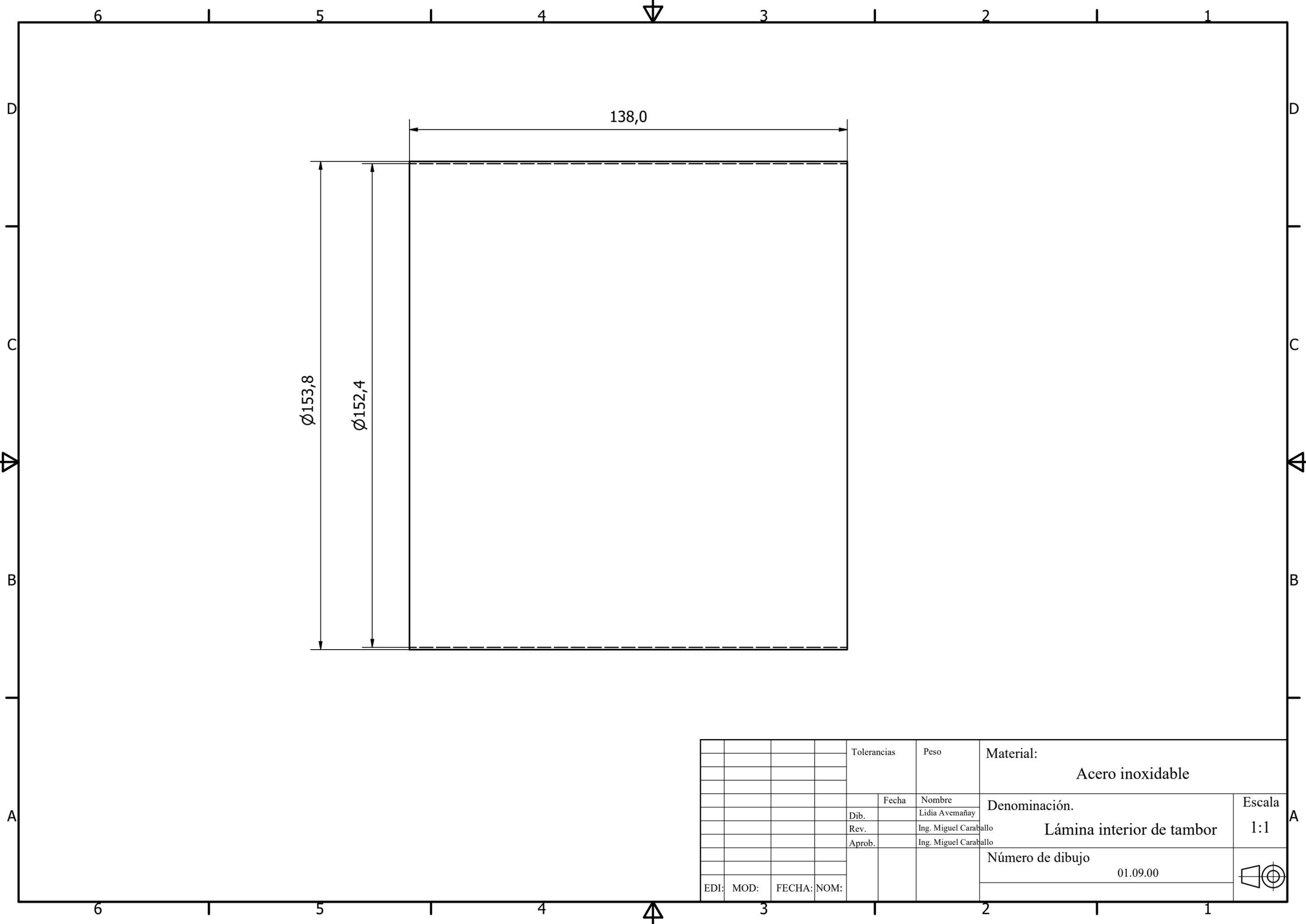
				Tolerancias	Peso	Material:	
						Acero inoxidable	
						Denominación.	Escala
				Dib.	Fecha	Lidia Avemañay	1:1
				Rev.		Ing. Miguel Caraballo	
				Aprob.		Ing. Miguel Caraballo	
						Número de dibujo	
						01.03.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



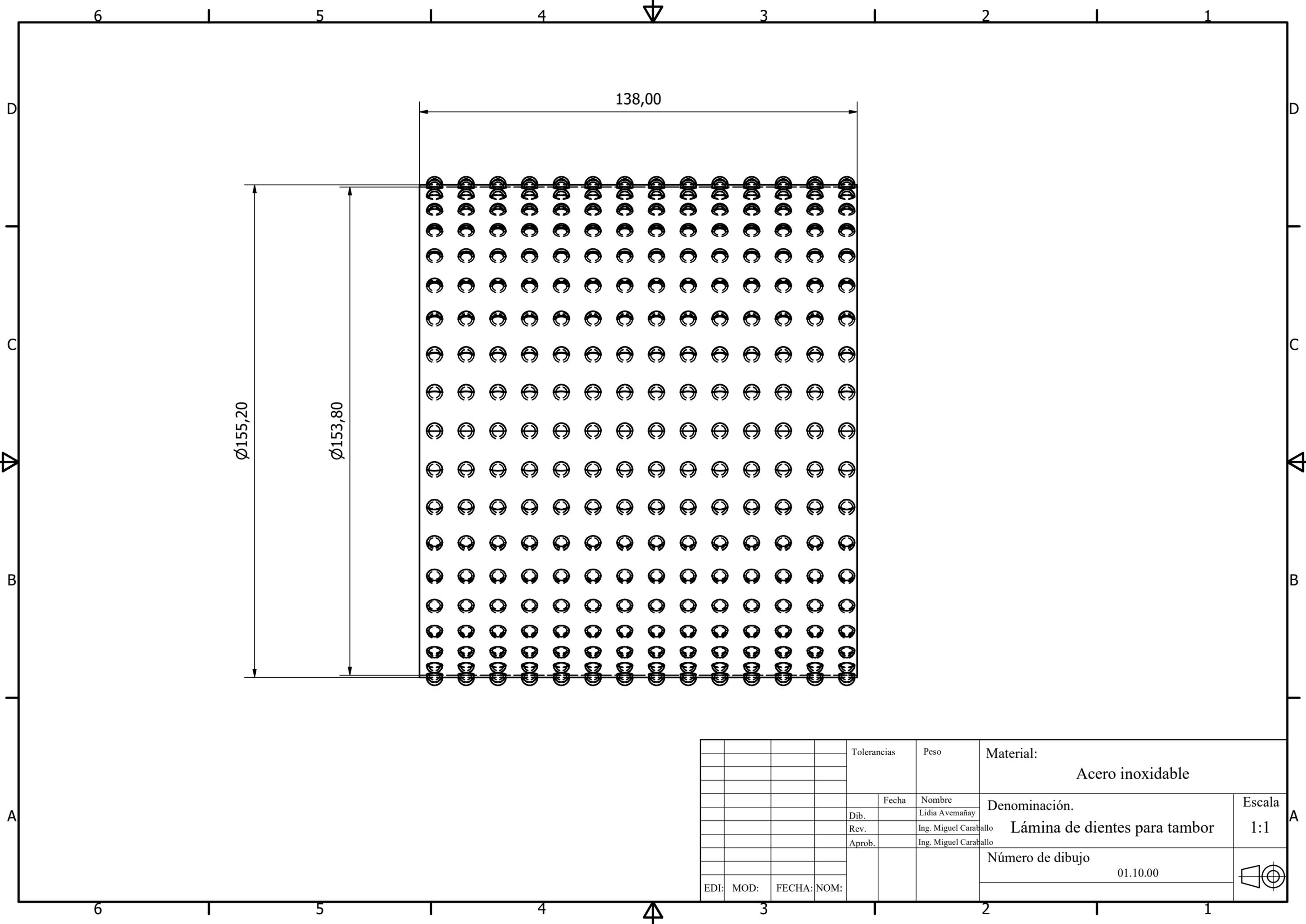
				Tolerancias	Peso	Material:	
						Acero estructural	
						Denominación.	Escala
				Fecha	Nombre	Base	1:1
				Dib.	Lidia Avemañay		
				Rev.	Ing. Miguel Caraballo		
				Aprob.	Ing. Miguel Caraballo	Número de dibujo	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:			01.05.00	



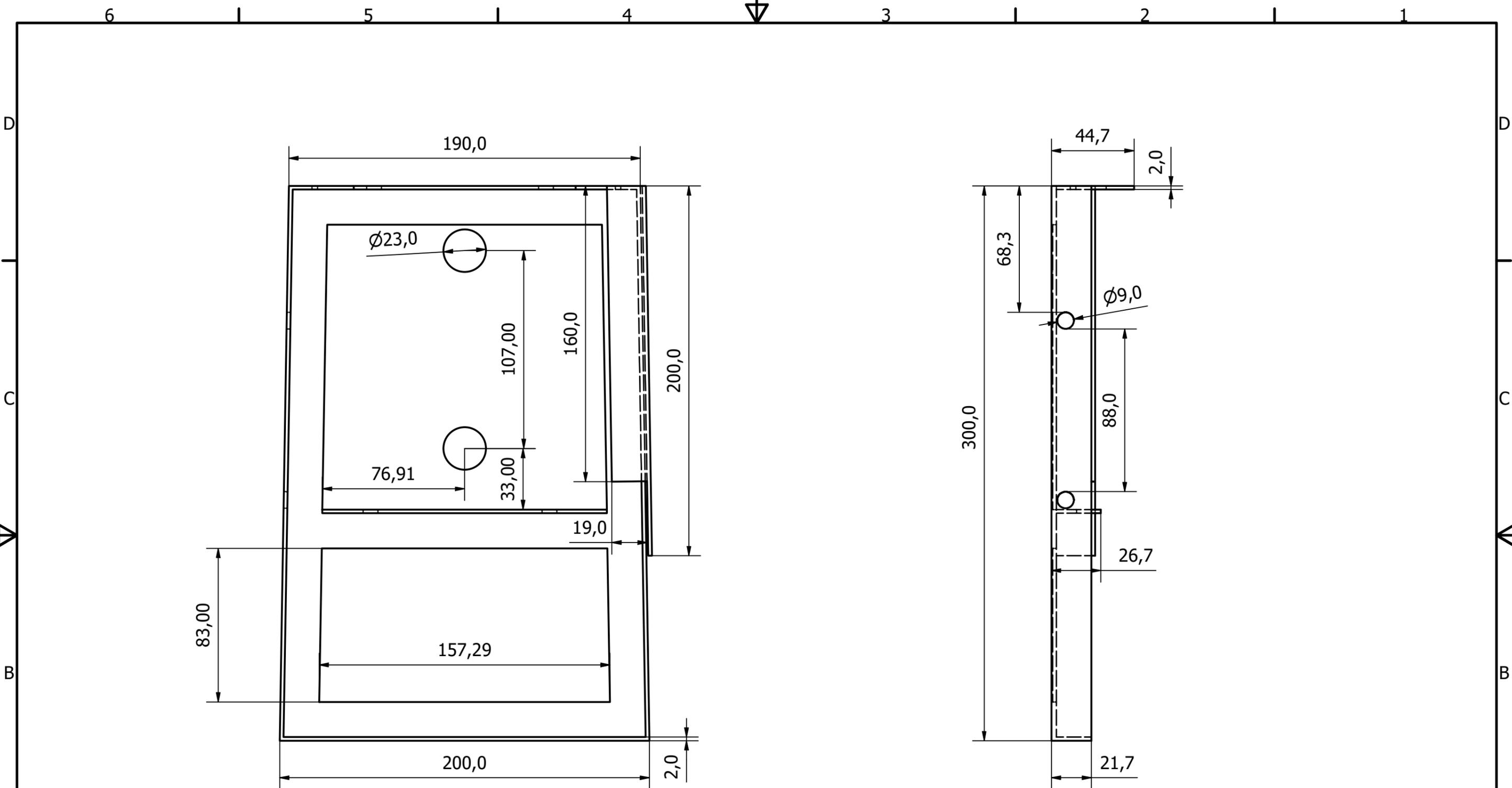
				Tolerancias	Peso	Material:	
						Acero inoxidable	
					Fecha	Nombre	Denominación.
				Dib.		Lidia Avemañay	Escala
				Rev.		Ing. Miguel Caraballo	1:1
				Aprob.		Ing. Miguel Caraballo	
						Número de dibujo	
						01.06.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



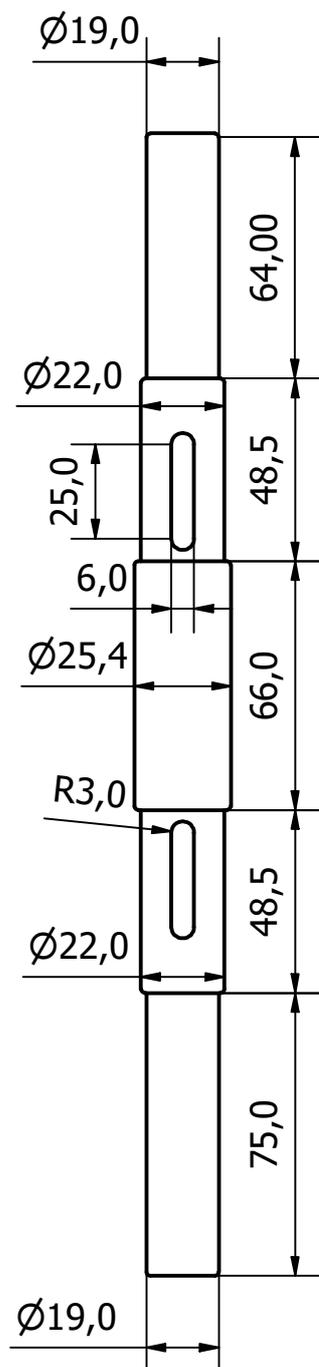
				Tolerancias	Peso	Material: Acero inoxidable	
						Denominación. Lámina interior de tambor	Escala 1:1
						Número de dibujo 01.09.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



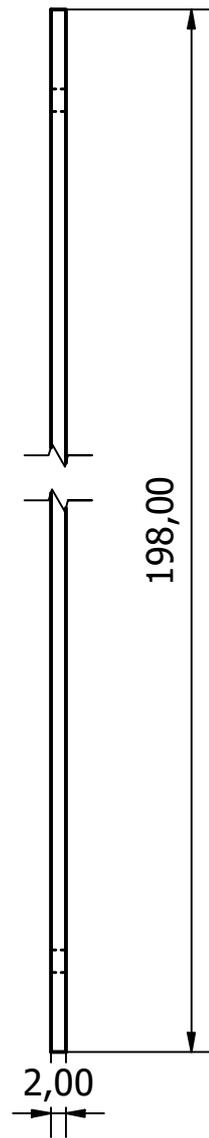
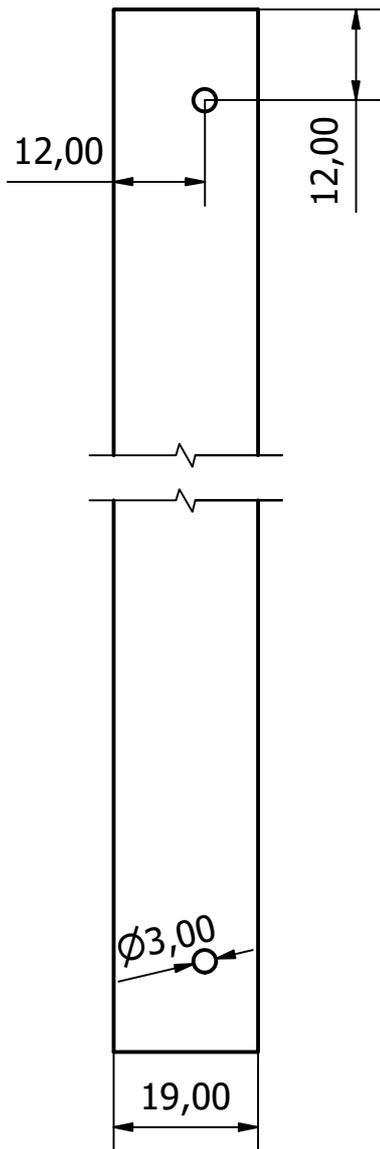
				Tolerancias	Peso	Material:	
						Acero inoxidable	
					Fecha	Nombre	Denominación.
				Dib.		Lidia Avemañay	Escala
				Rev.		Ing. Miguel Caraballo	1:1
				Aprob.		Ing. Miguel Caraballo	
						Número de dibujo	
						01.10.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



				Tolerancias	Peso	Material: Acero estructural	
						Denominación. Estructura	Escala 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib.	Lidia Avemañay		
				Rev.	Ing. Miguel Caraballo	Número de dibujo 01.11.00	
				Aprob.	Ing. Miguel Caraballo		
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



				Tolerancias	Peso	Material:	
						Acero de transmisión	
				Fecha	Nombre	Denominación.	Escala
				Dib.	Lidia Avemañay	Eje principal	1:2
				Rev.	Ing. Miguel Caraballo		
				Aprob.	Ing. Miguel Caraballo		
						Número de dibujo	
						01.12.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				



				Tolerancias	Peso	Material: Acero estructural	
						Denominación. Base de la tolva	Escala 1:2
				Fecha	Nombre		
				Dib.	Lidia Avemañay		
				Rev.	Ing. Miguel Caraballo		
				Aprob.	Ing. Miguel Caraballo		
						Número de dibujo	
						01.14.00	
EDI:	MOD:	FECHA:	NOM:				

Anexo 2. Certificado de inglés.

Lic. Andrea Sthefanía Carrión Mgs

0984079037

andrea.s.carrión@unl.edu.ec

Loja-Ecuador

Loja, 31 de enero del 2025

La suscrita, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs, **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR** (registro de la SENESCYT número: 1008-12-1124463), **ÁREA DE INGLÉS-UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal.

CERTIFICA:

Que la traducción del resumen del documento adjunto, solicitado por la señorita: **Lidia Maritza Avemañay Chango** con cédula de ciudadanía No. **1150920245**, cuyo tema de investigación se titula: **"Diseño y construcción de un prototipo de despulpadora de café"** ha sido realizado y aprobado por mi persona, Andrea Sthefanía Carrión Fernández, Mgs. en Pedagogía.

El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos pertinentes, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

**ANDREA STHEFANIA
CARRION
FERNANDEZ**

Firmado digitalmente por
ANDREA STHEFANIA
CARRION FERNANDEZ
Fecha: 2025.01.31
18:39:06 -06'00'

Andrea Sthefanía Carrión Fernández. Mgs.

English Professor