

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de una trituradora y clasificadora de corteza de pino para
producción de sustrato para cultivo

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Mecatrónica

Presentado por:

Marcelo José Mendoza Hidalgo

Carlos Axxel Naranjo Riofrio

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a Dios por brindarme fortaleza y sabiduría siempre que lo he necesitado.

A mis padres Roberto Mendoza y Miriam Hidalgo, y a mis hermanos Roberto Mendoza y Juan Mendoza por brindarme su amor y apoyo en todo momento y por siempre creer en mí. Gracias a ellos he aprendido valores muy importantes que me han llevado a ser quien soy ahora.

A mis abuelas Gioconda Tello y Eugenia Santos, por haber realizado tantos sacrificios por mí y por todo su apoyo incondicional en mi vida.

A la memoria de mi querido abuelo Roberto quien me cuida desde el cielo.

Marcelo Mendoza

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me ha brindado a lo largo de mi vida y por darme la fortaleza y sabiduría necesaria para afrontar las adversidades que se presentan.

A mis padres y hermanos les agradezco por todo el sacrificio realizado para que yo siga adelante en cumplir mis sueños y por brindarme su amor y apoyo incondicional.

A mi amigo y compañero de tesis Carlos Naranjo por trabajar conmigo con paciencia durante este largo proyecto.

Al PhD Marcelo Fajardo y al M.Sc Bryan Puruncajas por su guía y enseñanzas en el desarrollo de este proyecto.

Marcelo Mendoza

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis padres, a todas las enseñanzas que me han dado, su esfuerzo y sacrificio puesto en mí; a mis hermanos, que siempre han estado a mi lado, a mi abuelita, y mi abuelito que seguro mira orgulloso desde el cielo, a Kari y a mis tíos, apoyándome siempre; y a mis amigos, sin los cuales esta etapa de mi vida no habría tenido mucho sentido, en especial a Klever, Alex, Siza, Noe, Majo, Juan y los Sebastianes, y al grupo de mecatrónica, el “Equipo alfa Buena maravilla escuadrón Lobo” con quienes mano a mano logramos avanzar dentro de la universidad; y a mis amigos de mucho pelo, Lilith, Eve, Manfred, Culantro, Jonsy, Miguel, Tato, Manchas y Luna, quienes sin decir mucho demuestran su apoyo y cariño siempre.

Carlos Axxel Naranjo Riofrio

AGRADECIMIENTOS

Agradezco inmensamente a Lucho, Anita y Ariel por permitirme involucrarme en su pequeña empresa y por su disposición para ayudar en el desarrollo de este trabajo, que espero les sea de mucha ayuda. Agradezco también a mi compañero y amigo, Marcelo, por aguantar junto a mi durante el desarrollo de este proyecto, y a cada uno de mis profesores que aportaron con sus conocimientos y experiencias en mi formación académica, en especial al PhD. Marcelo Fajardo, mi tutor y consejero, quien ha estado a mi lado apoyándome cuando lo he necesitado, y al M.Sc Bryan Puruncajas por su guía y apoyo durante esta etapa crucial en mi formación

Carlos Axxel Naranjo Riofrio

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Carlos Axxel Naranjo Riofrio y Marcelo José Mendoza Hidalgo y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Carlos Axxel Naranjo Riofrio



Marcelo José Mendoza Hidalgo

EVALUADORES

.....
Bryan Puruncajas MSc

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Marcelo Fajardo Pruna PhD

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

La industria de cultivo de plantas tropicales ornamentales es de gran interés económico en el país, pues genera grandes ingresos en exportaciones; por ello las exigencias de los organismos reguladores, como de los comerciantes de todo el mundo son rigurosas. La necesidad de uso de materias primas de calidad es alta, siendo de gran importancia entre estas, el sustrato utilizado en las plantas, siendo comúnmente utilizado, el triturado de corteza de pino, por las múltiples ventajas que presenta para las plantas comercializadas. Sin embargo, en el país no existe una producción industrializada de este sustrato, y suele ser realizado de forma manual casi en su totalidad por un pequeño grupo de productores, lo que eleva el costo final de producción de las plantas. Con este antecedente y en conjunto con un comerciante, se propuso el diseño de un sistema semiautomático modular de producción de sustrato para cultivo. Este sistema cubre las dos principales necesidades en la elaboración de este sustrato; con el módulo de triturado se corta en piezas pequeñas la corteza de pino ingresada, y en el módulo de clasificado se separa por tamaños las piezas trituradas para adaptarse a las necesidades de cada planta. Los resultados muestran durabilidad y eficiencia en las maquinas, y el sistema permite duplicar el volumen (49800 litros diarios) y reducir los tiempos de producción actual del cliente, obteniendo rentabilidad (Taza Interna de Retorno 148%) en la inversión necesaria para la puesta en marcha del proyecto.

Palabras Clave: Sustrato, Trituradora, Clasificadora, Pino, Modular.

ABSTRACT

The tropical ornamental plant cultivation industry is of great economic interest in the country, since it generates large revenues in exports; therefore, the requirements from regulatory agencies and traders from all over the world are rigorous. The need to use quality raw materials is high, being of great importance among these, the substrate used in plants, commonly used, the crushed pine bark, for the multiple advantages it presents for marketed plants. However, in the country there is no industrialized production of this substrate, and it is usually made by hand by a small group of producers, which raises the final cost of production of the plants. With this background and in conjunction with a trader, the design of a modular semi-automatic system for the production of substrate for cultivation was proposed. This system covers the two main needs in the production of this substrate; with the grinding module, the incoming pine bark is cut into small pieces, and in the classifying module, the shredded pieces are separated by size to adapt to the needs of each plant. The results show durability and efficiency in the machines, and the system allows to double the volume (49800 liters per day) and reduce the current production times of the client, obtaining profitability (Internal Rate of Return 148%) in the investment necessary for the start-up of the project.

Keywords: Substratum, Grinder, Classifier, Pine, Modular.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	X
CAPÍTULO 1	
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	3
1.2 Justificación del Problema.....	3
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 Marco teórico.....	6
1.4.1 El Sustrato	6
Materiales Inorgánicos (Minerales).....	6
Materiales Orgánicos.....	6
Sustrato de Corteza de madera de pino	7
1.4.2 Procesos de producción flexibles	9
1.5 Estado del Arte.....	9
CAPÍTULO 2	
2 METODOLOGÍA	12

2.1	Proceso de diseño	12
2.2	Requerimientos de diseño.....	13
2.3	Selección de alternativas de solución.....	14
2.4	Cálculo de parámetros de diseño	18
2.4.1	Cálculo de fuerza de corte.....	18
2.4.2	Diseño de rodillos de Clasificadora	21
2.4.3	Peso sobre banda	23
2.5	Selección de motores de la trituradora	24
2.6	Selección de cuchillas	25
2.7	Diseño del eje de trituradora.....	27
2.8	Selección de rodamientos.	28
2.9	Parámetros de monitoreo y control.....	29
2.10	Selección de controlador	31
2.11	Selección de elementos para sistema de monitoreo y control.....	33
2.12	Arquitectura de control	34
2.13	Selección de componentes eléctricos	35
2.14	Cálculo de Flujo de Trabajo.....	36
CAPÍTULO 3		
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
3.1	Diseño Mecánico	38
3.2	Análisis de falla en las cuchillas	40
3.3	Análisis de eje de transmisión	42
3.4	Esquemas de control y fuerza	44
3.4.1	Módulo de triturado.....	44
3.4.2	Módulo de clasificado	45
3.5	Flujo de trabajo.....	47
3.6	Análisis Financiero.....	48

CAPÍTULO 4

4	Conclusiones Y recomendaciones	52
4.1	Conclusiones	52
4.2	Recomendaciones	53

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

PIB	Producto Interno Bruto
ph	Potencial de hidrogeno
FOB	Free on Board
USD	Dólar estadounidense
CAD	Diseño asistido por computadora
SKF	Fábrica de rodamiento de bola sueca
PLC	Controlador Lógico Programable
VDC	Voltage Direct Current / Voltaje de Corriente Directa
PROFINET	Process Field Network
PROFIBUS	Bus de campo
TIR	Tasa interna de retorno
EXPOFLORES	Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador

SIMBOLOGÍA

g	Gramos
cm	Centímetro
ml	Mililitro
l	litro
m	Metro
CO ₂	Dióxido de carbono
mm	Milímetro
MPa	Mega Pascal
N	Newton
kN	Kilo Newton
rpm	Revolución por minuto
rad	Radián
Hp	Horse power / Caballosde Fuerza
kW	Kilo watts
kg	Kilogramo
s	segundo
Hz	Hertz
kB	Kilo Byte
V	Voltio
A	Amperio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Pinus Radiata	8
Figura 1.2 Pinus Patula	8
Figura 2.1 Proceso de diseño.....	13
Figura 2.2 Trituradora Molino de Martillos	16
Figura 2.3 Separadora de rodillos vertical	18
Figura 2.4. Área de corte	18
Figura 2.5. Carga en los rodillos.....	21
Figura 2.6. Carga sobre la banda transportadora.....	23
Figura 2.7. Carga y restricciones en la cuchilla de corte	26
Figura 2.8 Primera tensión principal en cuchilla de corte	27
Figura 2.9 Diseño del eje.....	28
Figura 2.10. Especificaciones técnicas del rodamiento seleccionado	29
Figura 2.11 Diagrama de Flujo de la Solución Propuesta	30
Figura 2.12. Diagrama de estados de la trituradora	30
Figura 2.13. Diagrama de estados de la clasificadora.....	31
Figura 2.14. Arquitectura de control del sistema	35
Figura 2.15 Modelo del sistema para simulación.....	37
Figura 3.1 Modelo en 3D de la máquina de triturado.....	39
Figura 3.2 Modelo en 3D de la máquina de clasificado	39
Figura 3.3 Tablero de control del sistema	40
Figura 3.4 Tensión de Von Mises en la cuchilla de corte	41
Figura 3.5 Gráfica de Esfuerzo máximo vs número de ciclos.....	42
Figura 3.6 Cargas a lo largo del eje.....	43
Figura 3.7 Motores apagados en el circuito de control y fuerza del triturado	44
Figura 3.8 Motores encendidos en el circuito de control y fuerza del triturado.....	45
Figura 3.9 Motores apagados en el circuito de control y fuerza del clasificado	46
Figura 3.10 Motores encendidos en el circuito de control y fuerza.....	46
Figura 3.11 Volumen de producción de las máquinas [L].....	47
Figura 3.12 Porcentajes de Estados de las Maquinas.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Limitaciones Presentes en el suelo	1
Tabla 1.2. Propiedades físicas y químicas de la madera de pino	2
Tabla 2.1. Requerimientos de diseño	13
Tabla 2.2 Alternativas de Solución del Módulo de Triturado	14
Tabla 2.3 Criterios de valoración del módulo de triturado	15
Tabla 2.4 Conclusiones del Módulo de Triturado	15
Tabla 2.5 Alternativas de solución del Módulo de clasificado.....	16
Tabla 2.6 Criterios de valoración del Módulo de Clasificado	16
Tabla 2.7 Conclusiones del módulo de clasificado	17
Tabla 2.8 Resultados de las bandas transportadoras	24
Tabla 2.9. Características de motores	25
Tabla 2.10. Características del controlador	32
Tabla 2.11. Selección de componentes de control y monitoreo	33
Tabla 2.12. Selección de componentes eléctricos.....	36
Tabla 3.1 Diámetros del eje.....	43
Tabla 3.2. Tabla de costos	48
Tabla 3.3 Ingresos, egresos y flujo por año de las máquinas.....	50

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1 Plano Mecánico Trituradora

PLANO 2 Plano Mecánico Clasificadora

PLANO 3 Plano Mecánico Tablero de Control

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

La industria dedicada al cultivo de plantas tropicales con fines ornamentales tiene un gran impacto económico en el Ecuador, solo el sector florícola ha aportado anualmente con más de 800 millones de dólares en los últimos años lo que representa aproximadamente un 1.2% del PIB nacional. Según datos del ministerio de agricultura y el banco central del Ecuador, el país exporta más de 150 mil toneladas por año en plantas ornamentales a un precio superior a 5.5 mil dólares por tonelada. Los principales países de destino son Estados Unidos, Rusia, Países Bajos, entre otros [1]. Por consiguiente, los requerimientos necesarios para exportar son muy estrictos y exigen una alta calidad de los insumos utilizados para dicha industria; incluso si el comercio se realiza dentro del país, la naturaleza de los productos finales debe cumplir con los requisitos específicos para el registro de sustratos de origen orgánico de Agrocalidad [2]. Por lo tanto, el uso de materias primas y procesados de calidad es necesario en la industria.

En la actualidad, en sectores agrícolas con ambientes protegidos, se ha optado por sustituir de manera progresiva el suelo por sustratos debido a limitaciones químicas, físicas y biológicas como las indicadas en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1. Limitaciones Presentes en el suelo

Limitaciones	Descripción
Químicas	Alcalinidad
	Acidez
	Salinidad
	Inmovilización Fijación Nutricional
Físicas	Textura
	Profundidad
	Compactación

	Pedregosidad
Biológicas	Contaminación con patógenos Nematodos

Una amplia diversidad de materiales puede ser apropiada como sustrato de cultivo, considerando sus necesidades [3]. Uno de estos materiales es la corteza de madera de pino que ofrece algunas ventajas como sustrato; ya sea por su densidad, porosidad, absorción y retención de humedad en la tierra, nivel de pH adecuado para un gran número de cultivos, ser un material inerte o libre de maleza y principalmente su bajo costo al ser producida en el país [4]. La Tabla 1.2 presenta propiedades físicas y químicas del sustrato de pino y los valores óptimos para estos, los cuales pueden cambiar en función de los requerimientos de la especie vegetal, el medio ambiente, las prácticas de funcionamiento, etc. Los intervalos que se muestran conforman una excelente referencia.

Tabla 1.2. Propiedades físicas y químicas de la madera de pino [4]

Propiedades	Sustrato de pino	Óptimo
Densidad aparente [g cm ⁻³]	0.061	<0.40
Densidad real [g cm ⁻³]	1.46	1.45-2.65
Índice de Grosor [%]	97.5	
Espacio poroso total [% vol]	95.8	>85
Capacidad de Retención de agua [mL L ⁻¹]	187	600-1000
Contracción [% vol]	10	<30
Materia Orgánica total [%]	99	>80
pH en pasta saturada	5.76	5.2-6.3
CE en extracto de saturación [dS m ⁻¹]	0.63	0.75-1.99

El sustrato de corteza de pino procesado en la industria ecuatoriana es realizado con mecanismos rústicos en su mayoría, presentando volúmenes de producción bajos y no cuentan con las condiciones necesarias para su comercialización, además de su alto

costo. Se desea mejorar estos aspectos para poder explotar el mercado de dicho producto.

Por lo tanto, el presente proyecto procura diseñar un sistema mecatrónico para automatizar en gran parte la producción de sustrato de cultivo a partir de corteza de pino sin afectar los puestos de trabajo generados en el proceso, desarrollando el diseño mecánico, electrónico y de software de una línea de producción flexible para el triturado y clasificado de corteza de pino, capaz de adaptarse a cambios de configuración incrementando los volúmenes producidos.

1.1 Descripción del problema

Desde sus inicios, la industria de fabricación de sustrato para cultivos ha realizado el proceso de manera manual casi en su totalidad, dando como resultado un producto de baja calidad y costo elevado, haciéndolo poco apto para la industria agrícola ornamental [2]. Además, este producto debe ser lavado y clasificado por tamaño para su debida utilización. Por ello, es necesario optimizar el proceso de obtención de sustrato a base de corteza de pino, con un sistema capaz de efectuar el proceso de corte y de clasificado de la madera de pino como materia prima, que cuente con los parámetros necesarios de medidas y calidad del sustrato, que garantice los volúmenes de producción sin disminuir la calidad del mismo.

La línea de producción de sustrato requiere un sistema capaz de adaptarse a condiciones cambiantes de operación, para obtener distintas variaciones del producto con el mismo sistema; estas pueden ser cortes de diversos tamaños para los sustratos, cortes en bruto y sin clasificado, entre otras configuraciones del sistema a implementar. Sin embargo, se debe mantener la eficiencia de un sistema de manufactura de producción en masa tradicional, por ello se requiere un sistema modular que pueda procesar la corteza de pino, con los módulos mencionados y un sistema de conexión entre ellos

1.2 Justificación del Problema.

En Ecuador, el sector agrícola ornamental representa una fuente de ingresos importante para el país, al mismo tiempo, en el mercado interno dinamiza la economía de familias y empresas. Por lo que los requerimientos para exportaciones por parte del organismo regulador son muy exigentes y requieren materias primas que aseguren la calidad final

de los productos [2]. Esto implica el uso de un sustrato adecuado en las plantas que se comercializan para evitar una disminución en las ventas internas y externas.

La calidad del sustrato comercial no siempre es la adecuada para el cultivo, y el precio es elevado. Por lo tanto, ciertas empresas locales fabrican, en gran medida, su propio sustrato. La cáscara de pino es una alternativa para elaborar esta materia prima, la misma que requiere ser triturada y luego mezclada con otros elementos para asegurar que cumpla con los requerimientos nutricionales y fitosanitarios de la industria.

Este sustrato, utilizado en una gran variedad de plantas tropicales, suele tener limitaciones como: tamaño, esterilización, forma, etc. Por esta razón, aumentar la calidad del producto, obtener un sustrato limpio para los cultivos, así como, la clasificación por tamaño y forma son necesidades dentro de la industria. Esto permite atender los requerimientos de la gran variedad de plantas tropicales, como orquídeas, anturios, entre otras. que suelen llevar este sustrato.

Finalmente, este producto puede ser comercializado individualmente como sustrato si existiera un excedente en el cultivo de las plantas, pudiendo obtener una ganancia adicional para la industria y posteriormente enfocar las ventas a un nuevo producto que es muy requerido en la industria de cultivo de plantas ornamentales.

1.3 Objetivos

En la presente sección se enlistan los objetivos del proyecto, tanto general como los objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una línea semiautomática de triturado, clasificado y lavado de corteza de pino para producir sustrato de cultivo.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Diseñar un sistema modular capaz de adaptar cambios en la configuración de operación, y regular el procesado del sustrato según convenga el operador.
2. Realizar el diseño mecánico, electrónico y de software de un módulo de triturado de corteza de pino.
3. Diseñar un módulo de clasificación de corteza de pino triturado para 6 tamaños distintos.
4. Incrementar el volumen de producción del sustrato de cultivo.

1.4 Marco teórico

En esta sección se presenta la teoría respectiva al sustrato, su clasificación, la importancia de la madera de pino y los procesos relacionados a la producción de este.

1.4.1 El Sustrato

Según Abad, Noruega y Carrión, un sustrato es cualquier material sólido natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico distinto del suelo, que, ubicado en un contenedor, sea en estado puro o mezclado, posibilita el anclaje del sistema radical de las plantas, sirviendo como soporte y ayudando en el suministro de nutrientes, agua y oxígeno [5]. El propósito de un sustrato para cultivo es generar una planta o cosecha fructuosa de calidad, en el menor tiempo posible y con el menor coste en su producción, Sin generar mayor afección en el ambiente [6].

Hay diversos criterios para clasificar los sustratos, ya sea por el origen de los materiales, propiedades, naturaleza, capacidad de degradación, entre otros. Teres realiza la siguiente clasificación, recopilando las diferencias más importantes desde la perspectiva hortícola de los sustratos [7].

Materiales Inorgánicos (Minerales).

- De origen natural: Son obtenidos de rocas o minerales de diverso origen, los cuales no son biodegradables (p. ej. grava, arena, tierra volcánica).
- Transformados o tratados industrialmente: Se obtienen de rocas o minerales con tratamientos físicos o químicos que modifican de manera notable sus características iniciales (p. ej. lana de roca, perlita, arcilla expandida).
- Residuos y subproductos industriales: Materiales provenientes de actividades industriales (p. ej. ladrillo molido, estériles de carbón, escorias de horno).

Materiales Orgánicos.

- De origen natural: Proviene de descomposición biológica, siendo el más empleado la turba.

- De síntesis: Consisten en polímeros orgánicos no biodegradables, obtenidos por medio de síntesis química (p. ej. espuma de urea-formaldehído, espuma de poliuretano, poliestireno expandido).
- Subproductos y residuos de actividades agrícolas, ganaderas, industriales, urbanas, entre otras (p. ej. cascarilla de arroz, cortezas de árbol, estiércol, virutas de madera, serrín, residuos sólidos urbanos).

Entre los distintos materiales utilizados como sustrato para el cultivo de plantas ornamentales, las turbas han sido las más usadas durante las últimas décadas. Sin embargo, se cuestiona su disponibilidad a futuro debido a que sus reservas no son renovables y actúan como sumideros de CO₂ en la atmósfera. Por ello, en la actualidad se ha buscado materiales orgánicos alternativos para sustituir la turba, siendo una de ellas las cortezas de árboles [7].

Sustrato de Corteza de madera de pino

El uso de la corteza de pino como sustrato es una alternativa que brinda la opción de reciclar desechos forestales que eventualmente se convertirían en factores de contaminación debido a su lenta descomposición y a su vez mejora la calidad del suelo en el que se cultivan las plantas.

Inicialmente se utilizaba la corteza mezclada con estiércol vacuno y desechos vegetales, dando como resultado un sustrato de características adecuadas, pero con una lenta formación. Actualmente se consigue una aplicación inmediata, mezclando la corteza de pino con fertilizantes minerales como sulfato amónico, superfosfato de cal, sulfato potásico, entre otros [8].

Los pinos utilizados localmente para la obtención de sustrato son: El pino Insigne y el pino Patula.

El pino Insigne: Es una especie de pino de origen californiano, también conocido como pino Radiata o pino de Monterrey, pertenece a la familia Pinaceae. Alcanza hasta 60 m de altura y 100 cm de diámetro a la altura del pecho y se encuentra difundido en la sierra ecuatoriana [9]. Se caracteriza por la calidad de su madera y su crecimiento rápido además de que posee un elevado porcentaje de poros en su corteza [10].



Figura 1.1 Pinus Radiata [10]

El pino Patula: Es una especie de pino de origen mexicano, también conocido como pino chino o pino colorado. Pertenece a la familia Pinaceae. Pueden alcanzar de 20 a 40 m de altura y 40 a 150 cm de diámetro. Se destaca por su buena forma, crecimiento acelerado y gran tamaño. Se adapta en la formación de bosque húmedo y muy húmedo. Su corteza es usada como aislante de altas temperaturas [11].



Figura 1.2 Pinus Patula [11]

1.4.2 Procesos de producción flexibles

Un sistema flexible de manufactura es un sistema capaz de adaptarse a condiciones cambiantes. Su primordial virtud es la alta flexibilidad en la administración de instalaciones y recursos de producción como el tiempo, máquinas y su uso. La primera de las categorías de estos sistemas es la llamada flexibilidad de máquina, la cual posibilita crear diversos productos a partir de la maquinaria dada. La segunda de las categorías es la llamada flexibilidad de enrutamiento, la cual permite realizar una misma operación en varias máquinas. La más grande aplicación de dichos sistemas se encuentra en el sector de la producción de lotes pequeños, donde su eficiencia se acerca a la eficiencia de la producción en masa. Su principal desventaja es su alto costo [12].

Un sistema modular es un sistema de producción flexible que permite la realización de productos personalizados a través de distintos módulos, sin alcanzar costes de producción tan elevados como en la fabricación convencional, basándose en la filosofía de “justo a tiempo”. Las ventajas principales que presenta son: la reducción de tiempo de reposición de un lote, mejoramiento de calidad, reducción del inventario en proceso, optimización de uso de espacios y mejora de servicio. La modularización busca una producción esbelta dada por personal polivalente en el que un módulo de procesamiento forma parte de un flujo continuo y flexible [13].

En este proyecto se realizará un sistema flexible de manufactura para la obtención del sustrato a partir de la corteza de pino que consiste principalmente en dos módulos: Módulo de triturado y Módulo de clasificado.

- Módulo de triturado: Consiste en un sistema de triturado para obtener pedazos de la corteza de madera de pino en distintos tamaños diferentes configurados por el usuario según se requiera.
- Módulo de clasificado: En esta etapa se clasifica por tamaño los pedazos de madera de pino obtenidos en la etapa de triturado en un total de seis intervalos.

1.5 Estado del Arte.

Hoy en día es común ver plantas ornamentales sirviendo de adorno; estas plantas tienen una gran importancia económica a nivel mundial, y para llegar hasta este punto de la historia han sido participes de muchas investigaciones, como alteraciones genéticas para producir nuevas variedades o lograr ciertas características deseadas en ciertas especies.

[14]. Un caso particular es el de las orquídeas, plantas tropicales que han sido usadas como ornamentales por sus impresionantes características y su rareza. Estas plantas, aunque pueden ser muy resistentes en sus hábitats, requieren mucho cuidado dentro de ambientes como hogares o sitios públicos donde suelen ser expuestas. Necesitan de una buena adecuación de sustrato, agua y cantidad de luz, entre otros factores para poder mantener el cultivo de estas plantas y ser exhibidas o comercializadas [15].

El alto volumen de comercialización de muchas de estas plantas ha logrado llevar al borde de la extinción a muchas especies, por lo que investigadores como Dutra et al. [16] han propuesto protocolos de germinación y cultivo de ciertas plantas como la *Cyrtopodium punctatum*, especie de orquídea en peligro de extinción que se extiende por zonas tropicales de Estados Unidos. Para ello prueba y analiza diferentes medios de cultivo para su propagación y posterior reintroducción de esta y más especies en peligro de extinción; obteniendo como resultado una supervivencia máxima de un 90% en aclimatación en invernadero posterior a la germinación, usando sustrato a base de fibra de coco.

El medio de cultivo representa un factor importante en el crecimiento de las plantas ornamentales tropicales como las orquídeas, en un estudio similar, Juras et al analizó los efectos de distintos medios de cultivo, y concentraciones de estos medios, para la especie *Cattleya xanthina*, endémica de Brasil y en peligro de extinción. Distintos parámetros como nitratos, proteínas, amonio, entre otros; fueron medidos en los tres medios de cultivos estudiados y se determinó que la aclimatación más exitosa para el crecimiento de la especie en cuestión fue una mezcla de musgo *Sphagnum* y corteza de pino como sustrato para el cultivo [17].

La dificultad de encontrar medios de cultivo como la turba en ciertos lugares de Asia y África, ha llevado a la búsqueda de nuevos sustratos para cultivo de plantas ornamentales tropicales, tal es el caso de la corteza de pino, que Lemaire et al presentan como un medio de cultivo óptimo para ciertas plantas ornamentales, teniendo buenos resultados en porosidad, aparamiento, pH; pero baja captación de agua, problema que se puede solucionar con la mezcla con sphagnum, presentándolo como un buen medio de cultivo para ornamentales incluso en ambientes muy distintos al hábitat de las plantas [18].

En Suráfrica, el medio de cultivo básico para ornamentales como Anturios, plantas tropicales con requerimientos similares a las orquídeas, suele ser la corteza de pino, esta ha sido analizada para su uso compostada y no compostada, con 7 grados entre estos dos estados. Holcroft y Laing llevaron el experimento probando los diferentes grados de corteza de pino. Ambos estados, compostado y no, presentaron diferentes características, siendo los de mejor rendimiento, los dos sustratos con niveles de mayor compostado, y aquellos que presentaban mejores características físicas y menos enfermedades los de menor nivel de compostado [19]. Teniendo esto en consideración, la corteza de pino triturada sin compostar resulta en un buen medio de cultivo para las plantas tropicales pues constituye una base óptima para el sustrato de cultivo, se puede conseguir de forma sencilla y evita enfermedades por su larga durabilidad y poca absorción de agua [15].

En Ecuador, según lo indica la Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador (EXPOFLORES); en lo referente a los ingresos por exportaciones de las principales actividades económicas del Ecuador, vemos que en el 2019 se registra un saldo de 22329 millones USD en valor FOB (“puesta a bordo”); siendo un 6.4% de este valor pertenecientes a las exportaciones de flores, con un crecimiento del 2.5% en referencia al año anterior. De estas exportaciones, un 12% pertenece a las demás flores de verano [20]. Pese al gran volumen de ventas e interés económico, no existe evidencia publica que muestre que se han realizado investigaciones con respecto al cultivo y los medios para el cultivo de plantas tropicales como orquídeas o aráceas dentro del país.

CAPÍTULO 2

2 METODOLOGÍA

El presente capítulo describe la metodología de diseño utilizada en la realización de la línea de fabricación para la producción de sustrato. Partiendo de los requerimientos del sistema dados por el cliente y por limitaciones de diseño establecidas en conjunto con los autores, se procede a definir alternativas de solución para el sistema buscando una solución individual por cada módulo. Una vez seleccionadas las alternativas de solución, se procede a realizar los cálculos pertinentes para establecer los parámetros mecánicos y eléctricos necesarios para el diseño. Con los parámetros y requerimientos establecidos se realizó un modelo 3D de cada módulo y con los datos obtenidos de este, se seleccionaron los elementos mecánicos, eléctricos y de control. Continuando con el diseño, se realizó una validación del flujo de trabajo en software, para compararlo con el sistema actual de producción. Finalmente, se realizó un análisis financiero para establecer la viabilidad del proyecto.

2.1 Proceso de diseño

Con el fin de obtener un diseño final en cada módulo, se abordó la solución en diversas áreas a desarrollarse para poder cumplir con cada requerimiento. En la Figura 2.1, se presenta un diagrama que ilustra la metodología llevada a cabo.

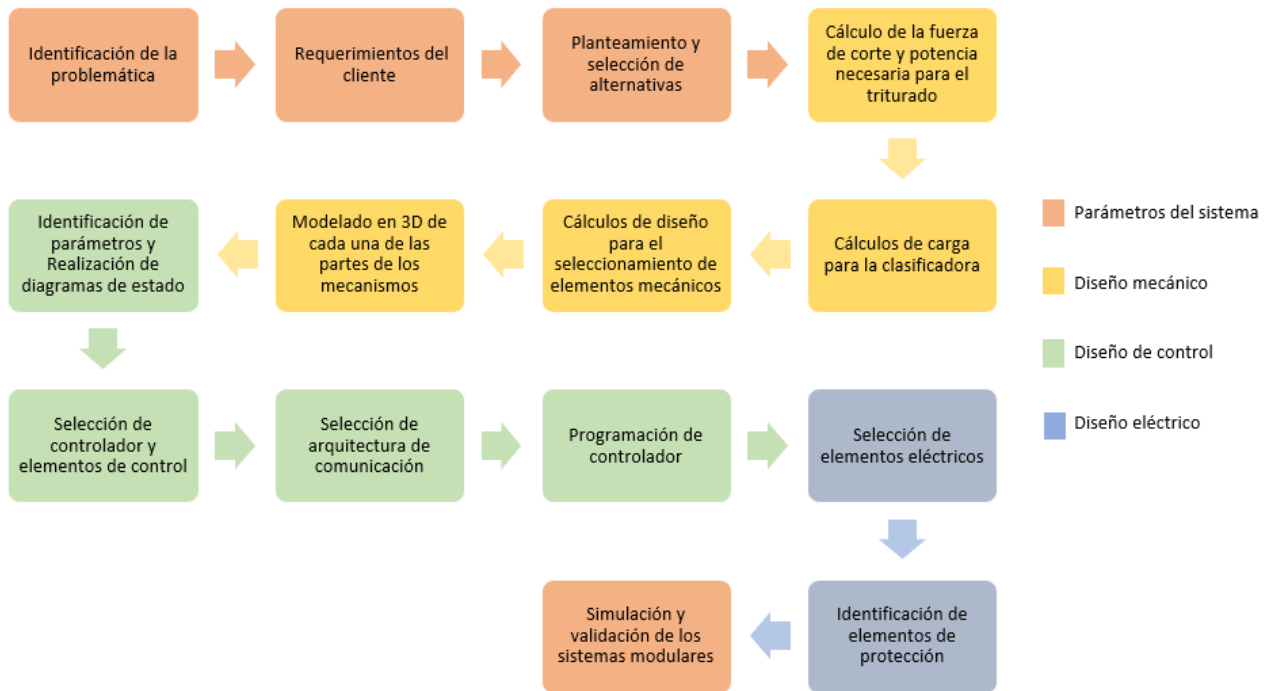


Figura 2.1 Proceso de diseño

2.2 Requerimientos de diseño.

Con el propósito de realizar el diseño modular de máquinas industriales de triturado y clasificado de corteza de pino para la obtención de sustrato, se propuso ciertos requerimientos para el funcionamiento del mismo, los cuales se detallan en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Requerimientos de diseño

Funcionalidad	Triturar y clasificar el sustrato de madera de pino de manera automática
Capacidad	Producir 10 000 litros de sustrato en un día (Operando en un total de 6 horas diarias)
Diseño modular	Sistema capaz de utilizar cada módulo de manera independiente
Clasificar tamaños de corte	La madera de pino triturada debe ser clasificada entre 6 rangos de tamaños distintos <ul style="list-style-type: none"> • 4 mm • 5 mm – 8 mm • 9mm – 12 mm • 13 mm – 16 mm

	<ul style="list-style-type: none"> • 17 mm – 20 mm • 21 mm – 30 mm
Tipo de Madera	Madera de Pino Radiata con un. espesor de 2 a 5 cm

2.3 Selección de alternativas de solución.

Se definió cuatro alternativas de solución para el módulo de triturado y clasificación (Tabla 2.2 y Tabla 2.5) y se seleccionó una alternativa ganadora mediante el método ordinal corregido de criterios ponderados en base a los criterios de valoración que se muestran en la Tabla 2.3 y la Tabla 2.6 (APENDICE A).

Tabla 2.2 Alternativas de Solución del Módulo de Triturado

Alternativas de solución	Descripción
Solución A: Molino de Martillo (Hammermill).	Eje con molino de martillo y criba alrededor del molino, entrada por gravedad y salida con banda.
Solución B: Astilladora o chipeadora	Tambor o disco con cuchillas en los extremos del tambor. Entrada y salida con banda de disposición horizontal.
Solución C: Trituradora de desechos.	Dos ejes paralelos con cuchillas con movimientos contrarios hacia la unión de ambos ejes. Entrada por gravedad
Solución D: Trituradora horizontal (grinder).	Eje con cuchillas de tipo molino de martillo. Entrada y salida horizontal con banda.

Tabla 2.3 Criterios de valoración del módulo de triturado

Criterios de valoración: Módulo de triturado	Descripción
Volumen de Producción	Volumen de madera cortada por hora
Regulación de tamaños de corte	Facilidad con la que se pueden obtener distintos tamaños de corte
Mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento preventivo
Relación Tamaño/Volumen de producción	Relación entre el tamaño de la máquina y el volumen producido por hora
Costo	Costo de implementación de la máquina

Con las alternativas planteadas en la Tabla 2.2 y los criterios de valoración de la Tabla 2.3, empleando el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtuvo los resultados mostrados en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Conclusiones del Módulo de Triturado

	Volumen	Regulación	Mantenimiento	Costo	Tamaño	Σ	Prioridad
Sol A	0.08	0.105	0.05	0.015	0.02	0.27	2
Sol B	0.12	0.06	0.02	0.02	0.015	0.235	3
Sol C	0.04	0.03	0.08	0.01	0.01	0.17	4
Sol D	0.16	0.105	0.05	0.005	0.005	0.325	1

La solución seleccionada como primera prioridad es la solución D, Trituradora Molino de Martillos, conforme el resultado que se muestra en la Tabla 2.4, la cual se puede apreciar en la Figura 2.2.

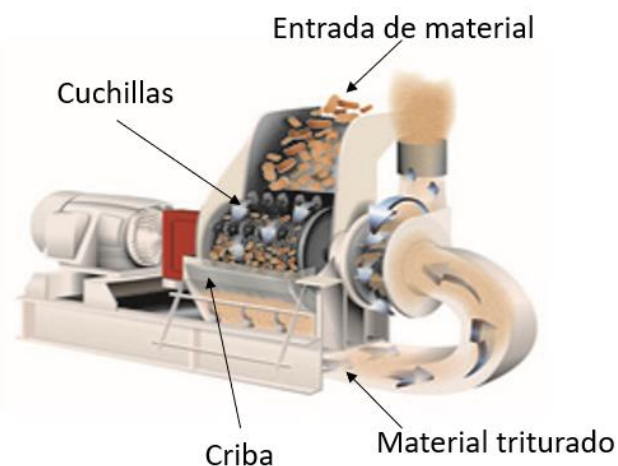


Figura 2.2 Trituradora Molino de Martillos

Tabla 2.5 Alternativas de solución del Módulo de clasificado

Alternativas de solución: Módulo de clasificado	Descripción
Solución A: Cribadora de Mesa Vibratoria	Mesas con mallas (cribas) de diferentes tamaños de agujero colocadas una sobre otra
Solución B: Cribadora de Tambor	Cribas en forma cilíndrica de diferentes tamaños colocadas una junto a otra.
Solución C: Separadora de rodillos Verticales	Mesa inclinada con rodillos giratorios verticales con separación distinta en ambos extremos.
Solución D: Separadora de rodillos Horizontales	Mesa horizontal con rodillos de separación creciente con el avance del material.

Tabla 2.6 Criterios de valoración del Módulo de Clasificado

Criterios de valoración: Módulo de clasificado	Descripción
Volumen de Producción	Volumen de madera clasificar por hora
Mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento preventivo

Criterios de valoración: Módulo de clasificado	Descripción
Capacidad de separación	Número de salidas permitidas (Intervalos de tamaños obtenidos)
Costo	Costo de implementación de la máquina

Con las alternativas planteadas en la tabla, Tabla 2.5 y los criterios de valoración de la tabla, Tabla 2.6, empleando el método ordinal corregido de criterios ponderados, se obtuvo los resultados mostrados en la Tabla 2.7

Tabla 2.7 Conclusiones del módulo de clasificado

Conclusión	Volumen	Separación	Mantenimiento	Costo	Σ	Prioridad
Sol A	0.12	0.06	0.02	0.04	0.24	4
Sol B	0.16	0.03	0.04	0.03	0.26	2
Sol C	0.06	0.12	0.07	0.015	0.265	1
Sol D	0.06	0.09	0.07	0.015	0.235	3

La solución escogida es la solución C, separadora de rodillos en disposición vertical, conforme el resultado que se muestra en la tabla, Tabla 2.7, la cual se puede apreciar en la Figura 2.3.

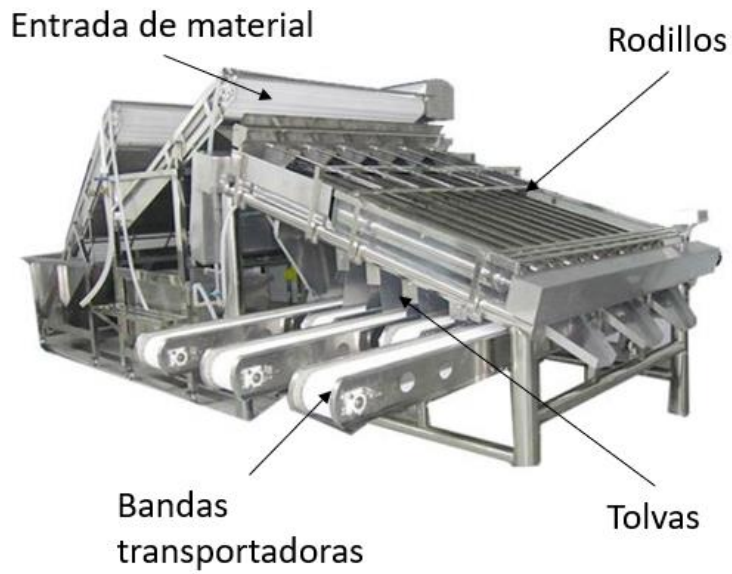


Figura 2.3 Separadora de rodillos vertical

2.4 Cálculo de parámetros de diseño

Para realizar el diseño de las maquinarias utilizadas, es necesario conocer todos los parámetros que se relacionan con la construcción de las mismas. Para ello se presentan los cálculos utilizados en los principales parámetros mecánicos de ambos módulos.

2.4.1 Cálculo de fuerza de corte

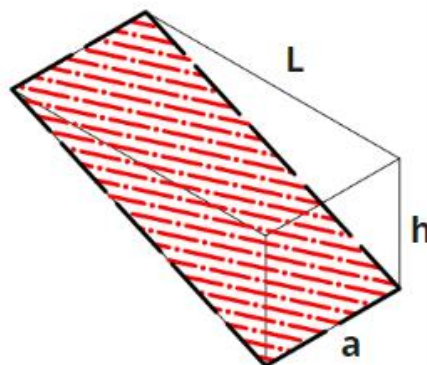


Figura 2.4. Área de corte

Para calcular la fuerza de corte de la corteza de pino se supone un modelo de corte ortogonal, donde es necesario conocer el área de corte; para ello se supuso el área de corte según se muestra en la Figura 2.4, calculada según la ecuación (2.1).

$$A = \sqrt{h^2 + l^2} * a \quad (2.1)$$

Donde,

h: profundidad de corte

l: longitud de corte (1/3 del largo de cuchilla)

a: ancho de la cuchilla

Para el presente análisis, *h* tendrá un valor de 50 mm, obtenido del valor máximo del rango dado por el cliente. El valor de *l* es 1/3 del largo de la cuchilla (100 mm) dando un valor aproximado de 30 mm. El ancho de la cuchilla está en un rango de 0.05 a 0.4 mm, se toma el mayor valor para el análisis.

$$A = \sqrt{50mm^2 + 30mm^2} * 0.4mm$$

$$A = 58.31mm * 0.4mm$$

$$A = 23.32 mm^2$$

Con el área calculada con la ecuación (2.1), se procede a calcular la fuerza de corte con la ecuación (2.2).

$$F = k * A \quad (2.2)$$

Donde,

A: Área de corte

k: Presión específica de corte de la madera

Según Lobos y Guzmán [21] se encontraron valores para pinus sp de 1.52 – 8.67 MPa con una media de 7.22 MPa, la variación con la especie utilizada en el presente estudio es despreciable, por lo que se utilizara el máximo valor para el análisis.

$$F = 8.67 \text{ MPa} * 23.32 \text{ mm}^2$$

$$F = 202.184 \text{ N}$$

$$F = 0.202 \text{ kN}$$

Una vez hallada la Fuerza de corte en la ecuación (2.2) se debe obtener el torque que genera el corte, para ellos se utiliza la ecuación (2.3) descrita a continuación:

$$\tau = F * L \tag{2.3}$$

Donde,

L: Distancia de aplicación de la fuerza o brazo de palanca

F: Fuerza de corte

El valor utilizado para el brazo de palanca es de 275 mm, donde 100 mm corresponden al largo de la cuchilla y el restante 175 mm es el radio del eje de las cuchillas. La fuerza aplicada sobre la madera será la de 4 cuchillas que cortan a la vez, por lo que el cálculo se realiza como se muestra en la ecuación

$$\tau = F * L * 4 \tag{2.4}$$

$$\tau = 4 * 202.184 \text{ N} * 0.275 \text{ m}$$

$$\tau = 222.4024 \text{ Nm}$$

Con la fuerza y el torque calculados, se calcula la potencia necesaria que tendría que ejercer el motor para realizar el corte con la ecuación (2.5).

$$P = \tau * \omega \tag{2.5}$$

Donde,

ω : Velocidad angular

Según lo investigado sobre máquinas de triturado similares, el valor típico de velocidad utilizado es de 320 rpm o 33.53 rad/s. Con este valor se calcula la potencia y se la transforma a Hp para realizar la selección de los motores, según el resultado mostrados a continuación.

$$P = 222.4024 \text{ Nm} * 33.53 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$P = 7.457 \text{ KW} = 10 \text{ HP}$$

2.4.2 Diseño de rodillos de Clasificadora

Para calcular la carga que soporta cada rodillo, se asumirá que todo el volumen sobre ellos está lleno de la madera triturada lista para clasificarse (Figura 2.5). Con este valor y el valor de densidad de la madera, se podrá obtener la masa de la misma y finalmente establecer una carga. El volumen se calcula con la ecuación (2.7).

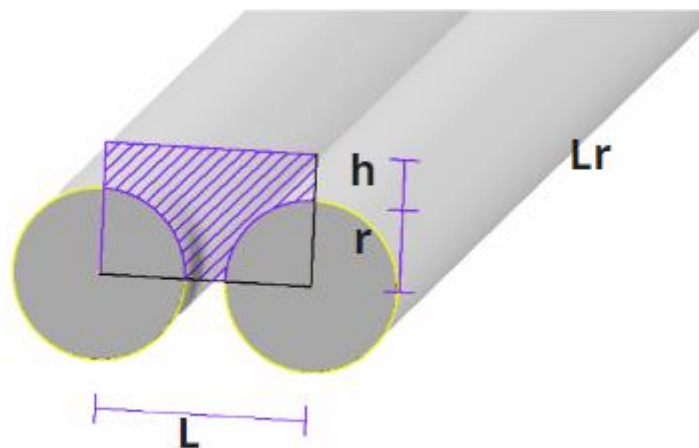


Figura 2.5. Carga en los rodillos

$$V = \left(A_{\text{rectangulo}} - \frac{A_{\text{circulo}}}{4} \right) * Lr$$

$$V = [(h + r) * L - \frac{1}{4}(\pi * r^2)] * Lr \quad (2.7)$$

(2.6)

Donde,

h : altura del rectángulo (50 mm)

r : radio del rodillo (25 mm)

L : espacio entre ejes de rodillos, corresponde a dos radios más el espacio máximo entre rodillos (80 mm)

Lr : largo de rodillos (2.3 m)

$$V = \left[(0.05 \text{ m} + 0.025 \text{ m}) * 0.08 \text{ m} - \frac{1}{4}(\pi * 0.025^2 \text{ m}^2) \right] * 2.3 \text{ m}$$

$$V = 0.01267 \text{ m}^3$$

Con los resultados obtenidos en la ecuación (2.7) se calcularon los valores de masa total sobre los rodillos con la ecuación (2.8)

$$m = \delta * V \quad (2.8)$$

Donde,

δ : Densidad (463 kg/m³)

V : Volumen

$$m = 463 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.01267 \text{ m}^3$$

$$m = 5.867 \text{ kg}$$

Posterior al cálculo de la masa, se debe calcular el peso del material sobre cada rodillo, para ello se utiliza la ecuación (2.9), para el resultado final presentado en a continuación, es necesario dividir el peso sobre dos ya que se ha realizado el cálculo de un par de rodillos.

$$W = m * g \quad (2.9)$$

Donde,

m : masa calculada

g : gravedad (9.81 m/s^2)

$$W = 28.775 \text{ N}$$

2.4.3 Peso sobre banda

Para calcular la fuerza que actúa sobre la banda transportadora se supone un peso distribuido sobre toda la banda; en forma de prisma rectangular como se ve en la Figura 2.6, para así obtener el peso máximo que podría ir sobre la banda, y posterior calcular la potencia del motor que moverá la banda

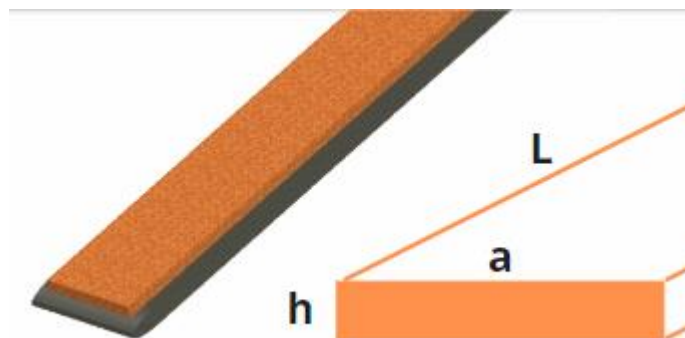


Figura 2.6. Carga sobre la banda transportadora

Se comenzó calculando el volumen del material sobre la banda con la ecuación (2.10).

$$V = h * a * L \quad (2.10)$$

Donde,

h : altura del material

a : ancho de banda

L : longitud de la banda

Para realizar el cálculo de la masa y el peso se utilizan las ecuaciones (2.8) y (2.9) respectivamente, con una densidad de 463 kg/m³, los resultados para las bandas de ambos módulos se muestran en la Tabla 2.8



Tabla 2.8 Resultados de las bandas transportadoras

	L (m)	h(m)	a(m)	V	m(kg)	W (N)
Trituradora						
Entrada	2	0.05	0.5	0.05	23.15	227.1015
Salida	2	0.05	0.5	0.05	23.15	227.1015
Clasificadora						
Entrada	2.4	0.05	0.5	0.06	27.78	272.5218
Salidas (6)	1.5	0.03	0.25	0.01125	5.20875	51.09784

2.5 Selección de motores de la trituradora

El sistema de triturado necesita una velocidad angular relativamente baja y un valor de torque moderado por lo que para la solución se puede considerar utilizar una caja reductora en la salida del motor principal o el uso de un motorreductor para obtener los parámetros de funcionamiento requeridos. En la Tabla 2.9, se muestran sus características principales.

Tabla 2.9. Características de motores

Características	Motor Weg Trifásico + Caja Reductora Paralela SMR B-J C5		Motorreductor
Imagen			
Potencia [HP]	10		10
N [rpm]	100-400		398
Frecuencia [Hz]	60		60
Diámetro del eje [mm]	28	40	50

2.6 Selección de cuchillas

Para poder cortar la corteza de pino en los distintos tamaños con los parámetros de diseño obtenidos, se debió escoger cuchillas capaces de cortar este tipo de elementos y garantizar que las mismas logran el corte sin presentar un daño en ellas, por lo que fue necesario el cálculo de fallos tanto estáticos como de fatiga mediante la metodología indicada por Shigley [22]. Se escogió las cuchillas de acero inoxidable 304 puesto que el sustrato se trata de un elemento orgánico que debe estar libre de corrosión para garantizar su calidad y a partir de valores comerciales de cuchillas de corte para

trituradora, se seleccionó un tamaño de 100x30x05 mm que se obtienen por métodos de mecanizado.

Análisis estático

Se utilizó la teoría de energía de distorsión, la cual es una teoría de falla utilizada para predecir la falla por carga estática de un material, es utilizada en el dimensionamiento de piezas de trabajo, por lo que se utilizó un software de modelamiento y simulación con elementos finitos. En el dibujo CAD de la pieza de la Figura 2.7, se coloca la carga distribuida en la sección de corte y se colocan las restricciones de movimiento en el punto de sujeción de la pieza.

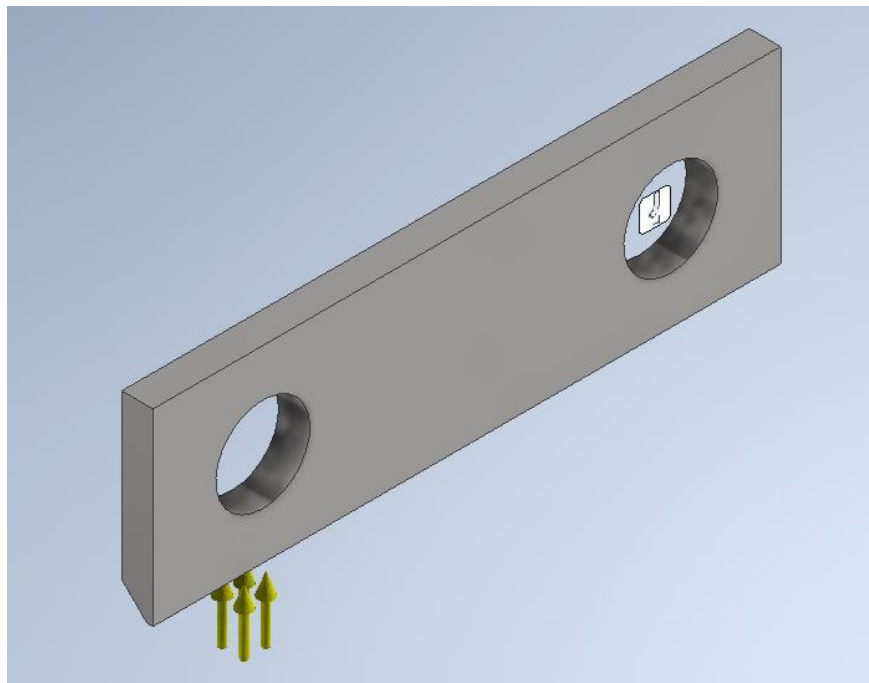


Figura 2.7. Carga y restricciones en la cuchilla de corte

Análisis de fatiga

Siguiendo el procedimiento y consideraciones utilizadas en el análisis estático, se realizó el análisis de fatiga por medio de la ecuación de Marín, la cual permite calcular el límite de resistencia a la fatiga de la pieza por medio de la resistencia última del material junto con valores de corrección de diversos factores. Se analizó los puntos más críticos de la pieza con ayuda del software de simulación (Figura 2.8) y con ayuda de la ecuación de Goodman se estableció un factor de seguridad para la falla por fatiga. Finalmente se

determinó el número de ciclos para falla dinámica de la cuchilla con el uso de gráficas de límite de esfuerzo a la fatiga del material versus el número de ciclos (Apéndice B).

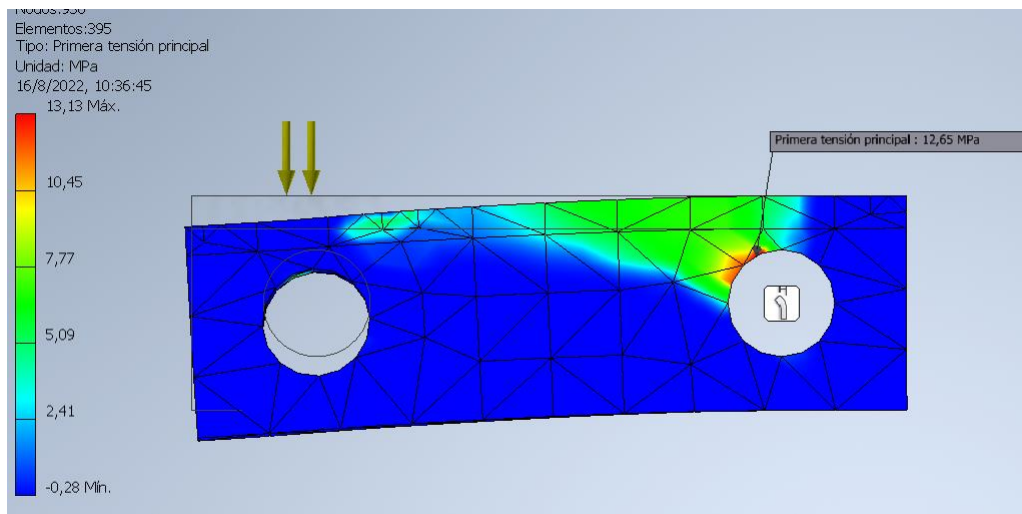


Figura 2.8 Primera tensión principal en cuchilla de corte

2.7 Diseño del eje de trituradora

Para el dimensionamiento del eje, se tomó en cuenta la geometría de la corteza de pino y su entrada al proceso de corte (Apéndice C). La trituradora cuenta con 4 cuchillas de corte simultáneo que se encuentran separadas a lo largo del eje en distintas distancias entre ellas, de tal forma que se garantizan los diversos tamaños de corte, además se cuenta con 3 volantes de inercia. Por lo que se consideró un largo de 690 mm para que las piezas se encuentren correctamente ubicadas. En el eje, se consideró una zona de menor diámetro para la ubicación de los rodamientos que sirven para la fijación y correcta transmisión de potencia entre el eje y la máquina; se cuenta también con una sección de menor diámetro en donde será ubicada la transmisión de potencia del motor al eje a partir de una caja reductora.

Para el material del eje se consideró el uso del acero inoxidable 304 puesto que no se desea transmitir corrosión al sustrato. Se realizó los cálculos en el eje mediante la metodología descrita por R. L. Mott [23], con la que se obtuvo los diámetros mínimos de cada sección mediante la ecuación simplificada para los diámetros de eje a partir del límite de resistencia a la fatiga de la pieza obtenida y con ayuda del programa Inventor para la obtención de los demás valores necesarios en la ecuación.

Se estableció la longitud en cada zona del eje, asimismo los mecanismos accesorios que se ubican en él, como volantes de inercia, rodamientos y engranaje de la caja reductora como se muestra en la **Figura 2.9**. Cabe destacar que entre los cambios de niveles se utilizaran muescas y chaflanes

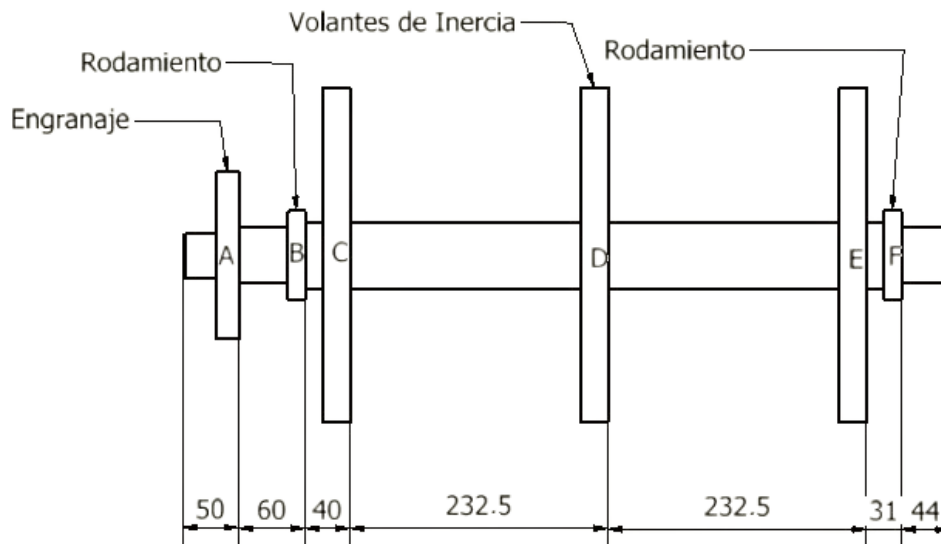


Figura 2.9 Diseño del eje

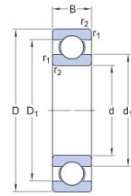
2.8 Selección de rodamientos.

Para la fijación y correcta transmisión de potencia entre el eje y la máquina se consideró el uso de rodamientos, en este caso se usó los rodamientos rígidos de bolas debido a su larga vida útil, los cuales se pueden ubicar en los laterales del eje en la sección diseñada para los mismos. Para su selección se utilizó la calculadora en línea de SKF desde su página web, en donde se puede obtener resultados de modelos adecuados para el diseño planteado, cabe aclarar que pese a obtener resultados de la marca de SKF, se pueden seleccionar modelos similares de otras marcas, que cumplan con el mismo principio. En el procedimiento de selección de rodamientos, se debe tomar en cuenta ciertos criterio: el diámetro interior, la velocidad de rotación, las cargas que debe soportar.

El procedimiento se detalla en el APÉNDICE D, teniendo como resultados rodamientos de designación 16009, con una tolerancia de eje j6 y de alojamiento un H8, una carga

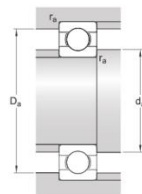
mínima de 0.0468 kN, intervalos de lubricación de 30000 horas de trabajo y una vida útil de 200 000 horas. Las especificaciones técnicas se presentan en la **Figura 2.10**.

Especificación técnica



DIMENSIONES

d	45 mm	Diámetro del agujero
D	75 mm	Diámetro exterior
B	10 mm	Ancho
d_1	= 55 mm	Diámetro del resalte
D_1	= 65 mm	Diámetro del resalte
$r_{1,2}$	min. 0.6 mm	Dimensión del chafán



DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d_a	min. 48.2 mm	Diámetro del resalte del eje
D_a	max. 71.8 mm	Diámetro del resalte del soporte
r_a	max. 0.6 mm	Radio del eje o acuerdo del soporte

Figura 2.10. Especificaciones técnicas del rodamiento seleccionado

2.9 Parámetros de monitoreo y control

Se desea monitorear el estado de los actuadores y temporizadores en los mecanismos utilizados y se busca controlar el encendido y apagado de ambos sistemas y contar con un sistema de seguridad en caso de emergencia.

El control de todo el sistema se puede explicar con el diagrama de flujo de la **Figura 2.11**, donde los procesos de triturado y clasificado son realizados en los módulos diseñados en este proyecto, y cumplen con la secuencia dada en los diagramas de estados de las Figura 2.12 y Figura 2.13.

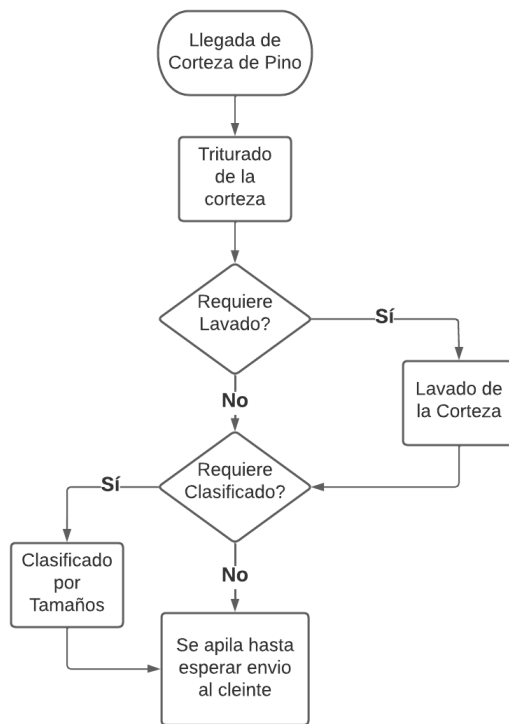


Figura 2.11 Diagrama de Flujo de la Solución Propuesta

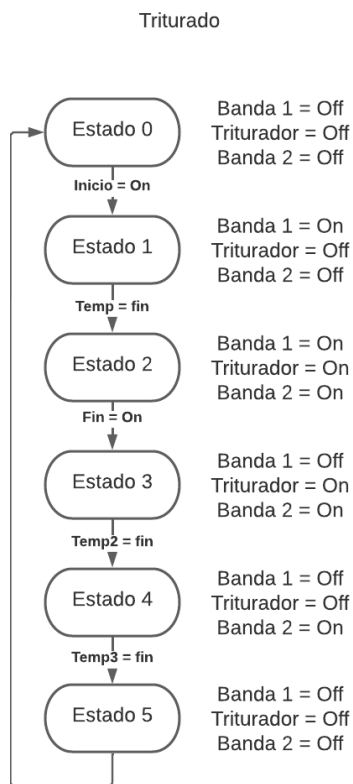


Figura 2.12. Diagrama de estados de la trituradora





Figura 2.13. Diagrama de estados de la clasificadora

2.10 Selección de controlador

Dado que se contará con un sistema semiautomático, es importante el uso de un controlador, el cual se encargará de recibir las señales de las entradas conectadas en él y se encarga de procesar la información gracias a la programación configurada, dando señales de salida hacia los motores y demás actuadores utilizados.

Se seleccionó un PLC (Controlador Lógico Programable) de media capacidad debido a la cantidad de entradas y salidas que posee el sistema, el cual posee 6 entradas digitales y 12 salidas digitales, en la Tabla 2.10 se presenta la selección realizada.

Tabla 2.10. Características del controlador

Modelo	Simatic S7-1200F
	
CPU	1212 fc
Entradas digitales	8 a 24VDC
Salidas digitales	6 a 24 tipo relé
Memoria	100 kB
Comunicación	RJ 45 Ethernet
Módulo de Expansión	<div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">8 salidas digitales tipo relé 6ES7222-1BF32-0XB0</p>

2.11 Selección de elementos para sistema de monitoreo y control

Para realizar el seguimiento de funcionamiento de cada proceso, se desea monitorear el estado de los equipos utilizados, por lo cual se diseñó un sistema que se basa en el uso de interruptores, indicadores y botones para poder visualizar el estado de los actuadores y del proceso realizado. Los componentes utilizados para el sistema de control y monitoreo se muestran en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Selección de componentes de control y monitoreo

Componente	Descripción	Imagen
Pulsador de Marcha	Inicia el funcionamiento de las bandas transportadoras y de los mecanismos.	
Pulsador de Paro	Detiene el funcionamiento del sistema según la secuencia de estados establecida en el circuito de control	
Botón de Paro de Emergencia	Detiene completamente el sistema sin importar alguna secuencia, se utiliza en caso de que se produzca alguna emergencia	

Componente	Descripción	Imagen
Luces piloto	Indican el estado de encendido de los motores principales y bandas transportadoras	
Interruptor de llave	Garantiza que solo el personal autorizado pueda encender y poner en funcionamiento el sistema	

2.12 Arquitectura de control

Para la arquitectura de comunicación se utilizará el protocolo PROFINET el cual permite la programación e inspección del controlador por medio de una computadora portátil externa conectada por medio de cable. Se utilizará el protocolo PROFIBUS para la comunicación entre el controlador con componentes de entrada y de salida. En la Figura 2.14, se detalla la arquitectura de comunicación empleada en el sistema.

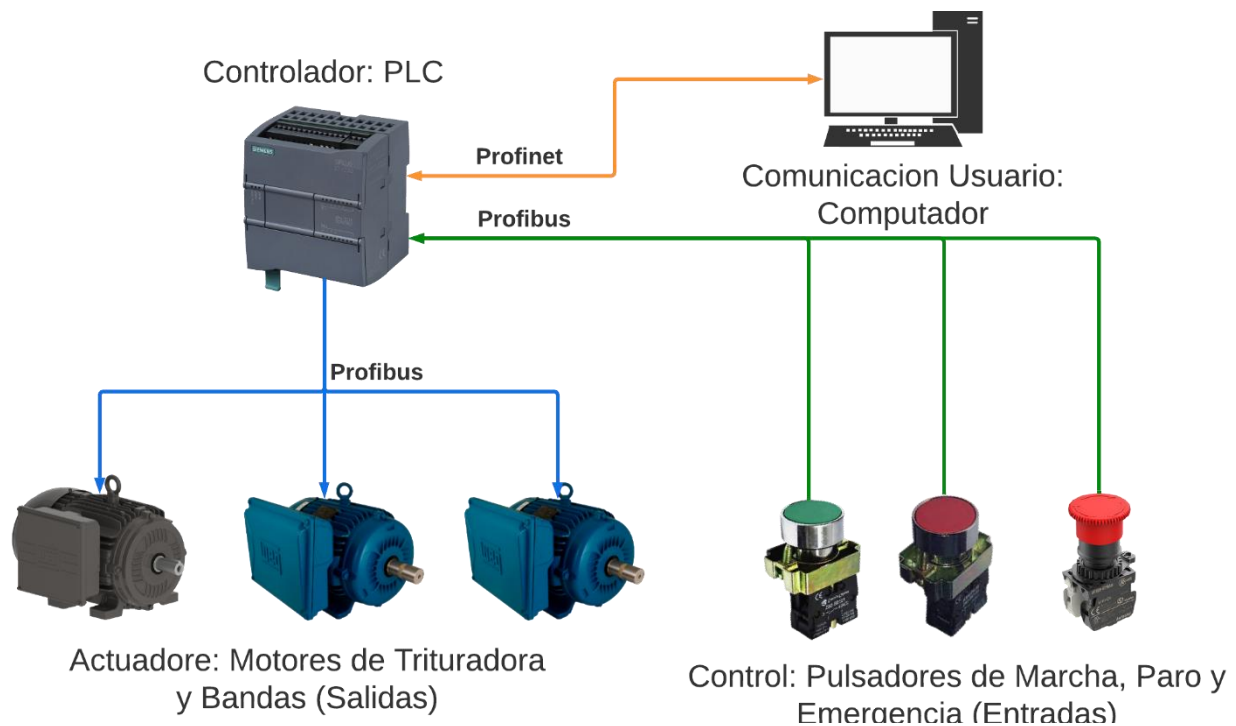


Figura 2.14. Arquitectura de control del sistema

2.13 Selección de componentes eléctricos

Se cuenta con motores de baja potencia por lo que la alimentación que se utiliza es de 220 V con red trifásica. Para la selección de componentes se cuenta con la información del fabricante que indican la corriente nominal en los motores, teniendo en el motor de triturado una corriente de 27.2 A, por lo cual se seleccionó un guardamotor de un régimen de 27-32 A. Se considera la magnitud de la corriente de arranque del motor principal que es de un valor de 196 A, por lo que se usará un disyuntor de 200 A. En el caso de los motores para los rodillos de la clasificadora y para las bandas transportadoras, se seleccionó un guardamotor de 1.6 A y un disyuntor de 16 A, los cuales se muestran en la Tabla 2.12.

Tabla 2.12. Selección de componentes eléctricos

Componente	Descripción	Imagen
<p>Contactor</p> <p>220 V 60 Hz</p>	<p>Permite el arranque o paro de elementos del sistema en respuesta a una señal externa</p>	
<p>Disyuntor</p> <p>Siemens MBK200A</p> <p>1.</p> <p>SQD SCHNEIDER16A</p>	<p>Interrumpe el paso de energía en el circuito eléctrico en caso de existir cortocircuitos o sobrecargas, protegiendo a los dispositivos eléctricos y a las personas</p>	
<p>Guardamotor</p> <p>3RV20214EA10 SIEMENS</p> <p>WEG MPW25-1,6</p>	<p>Protege al motor ante posibles aumentos de corriente o temperatura</p>	

2.14 Cálculo de Flujo de Trabajo

Para este apartado se realizara una simulación del sistema en funcionamiento con todos los parámetros de los distintos módulos, estos incluyen tiempo de puesta en marcha, tiempo de procesamiento de cada máquina, tiempos muertos, velocidades y distancias de bandas transportadoras, entre otros parámetros necesarios para calcular el volumen

final de producción del sistema en el tiempo dado; con parámetros obtenidos de los cálculos y el diseño mecánico, eléctrico y de control de cada módulo individual.

En la Figura 25, se observa el modelo que se utilizó para la simulación del flujo de producción del sistema propuesto, consta de una fuente de corteza de pino, luego pasa mediante bandas transportadoras a la trituradora, posterior, de igual manera utilizando bandas pasa a la clasificadora y finaliza llevando el material clasificado mediante bandas a 6 pilas que luego se redirigen a un sumidero para realizar un recuento final de todo el material procesado en el sistema.

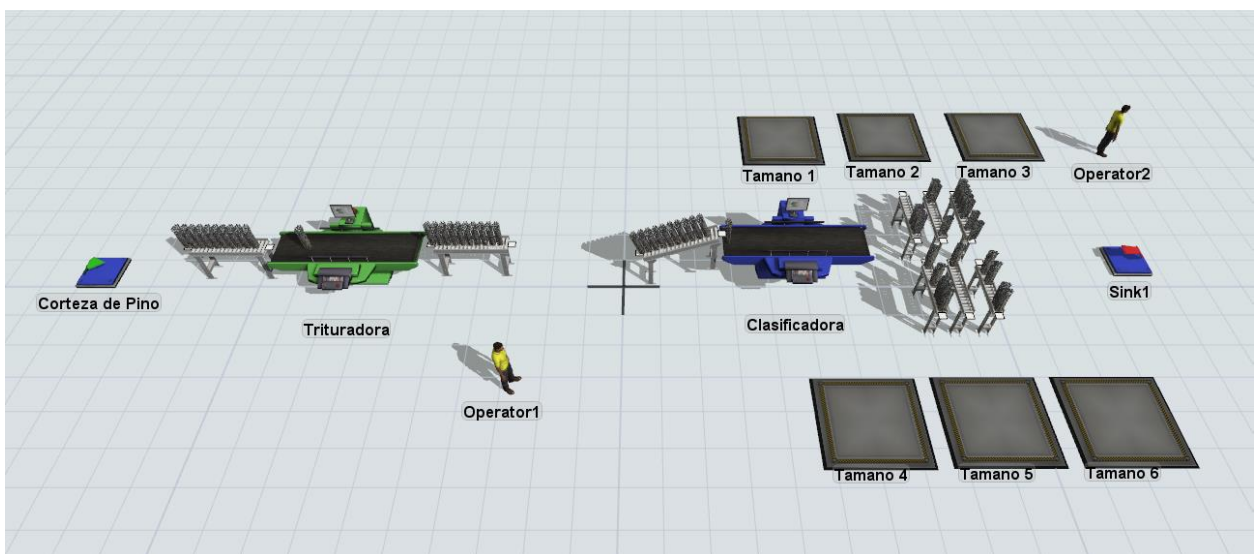


Figura 2.15 Modelo del sistema para simulación

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo presentará el diseño 3D de la máquina de triturado, la cual se conforma por una banda transportadora de ingreso de la madera, la estructura de la máquina y el mecanismo de triturado y su respectiva salida; de igual forma se presenta el diseño 3D de la máquina de clasificado, conformado por la banda transportadora de ingreso, la estructura y mecanismo de clasificado y las bandas de salida. Se presenta el tablero de control diseñado con una simulación de la secuencia lógica del mismo. Se incluye una simulación de los volúmenes de producción obtenidos con la solución propuesta y finalmente un análisis de los costos finales necesarios para llevar a cabo el proyecto.

3.1 Diseño Mecánico

Con los valores de fuerzas obtenidos y los parámetros de diámetros y dimensiones mínimas, se procede a realizar el diseño del resto de componentes de cada módulo, para la obtención de los planos para la construcción de estos.

Para ellos se realizó el diseño en un software CAD para facilitar el dibujo de los componentes que conformaran la maquinaria final de cada módulo. En la Figura 3.1, se puede observar el dibujo 3D final de la trituradora, donde se incluyen las cuchillas, protecciones y las bandas transportadoras. De igual manera, en la Figura 3.2, se observa el CAD final de la clasificadora, donde se incluyen las bases, soportes, ejes, separadores, y los rodillos, que son las piezas principales de este módulo, pues son las que permiten separar por tamaños las piezas cortadas de corteza de pino.

El diseño de la clasificadora permite, por su configuración (separaciones de distancias distintas al inicio y final del par de rodillos), la regulación de tamaños de piezas de corteza, siendo solo necesario cambiar la posición de tolvas o distancias de rodillos, y en caso de ser necesario, aumentar el número de las tolvas debajo de los rodillos.

Así mismo se presenta el diseño de un tablero para el control de ambos módulos de forma en la **Figura 3.3**, que incluye los pulsadores y luces indicadoras, así como el PLC

y otros elementos eléctricos. Los planos para la construcción de ambos módulos con el listado de partes, así como los planos eléctricos y del tablero se encuentran en ANEXOS.



Figura 3.1 Modelo en 3D de la máquina de triturado

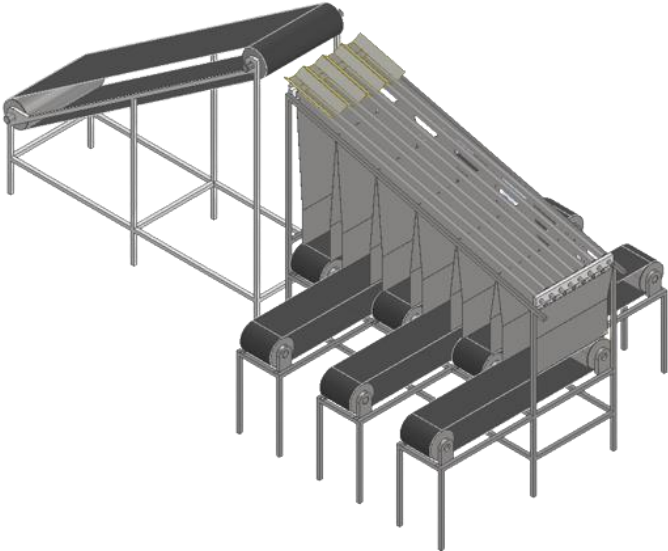


Figura 3.2 Modelo en 3D de la máquina de clasificado



Figura 3.3 Tablero de control del sistema

3.2 Análisis de falla en las cuchillas

Según lo detallado en el APÉNDICE B, mediante la metodología descrita en el libro de Diseño de Ingeniería mecánica de Shigley [22], se realizó el análisis de falla por carga estática y por fatiga en las cuchillas de corte.

En el análisis estático se usó La teoría de Energía de Distorsión, el cual es un concepto que está relacionada con el esfuerzo de Von Misses en el que se resumen todos los esfuerzos en un punto determinado, se muestra en la Figura 3.4, la simulación realizada.

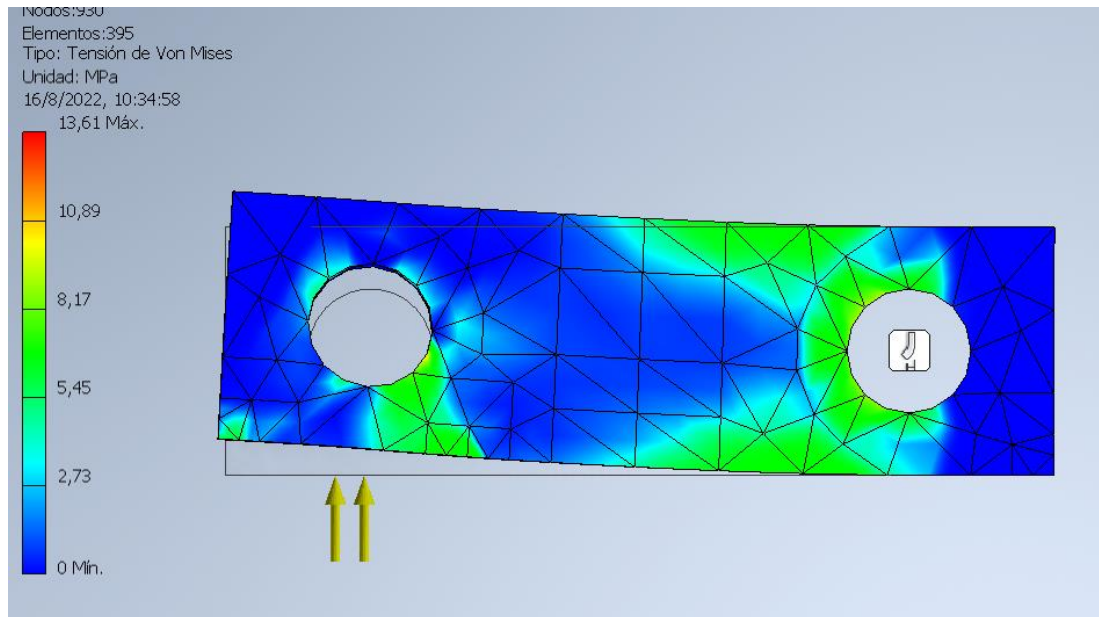


Figura 3.4 Tensión de Von Mises en la cuchilla de corte

Se obtuvo un valor máximo de 13.61 MPa. En esta teoría la pieza presenta fallos si el esfuerzo de Von Mises es mayor al esfuerzo de fluencia. El esfuerzo de fluencia del acero inoxidable 304 es de 310 MPa como se muestra en la Figura 3.4. Se concluye que la pieza no falla por carga estática, presentando un factor de seguridad de 22.78.

En el análisis dinámico se utilizó la Ecuación de Marín para obtener el límite de resistencia a la fatiga de la pieza, mediante el uso de la resistencia última del material de la Figura 3.5, y sus factores de corrección, obteniendo como resultado un límite de resistencia a la fatiga de 182.58 MPa. Por medio de la ecuación de Marín se obtuvo un factor de seguridad para la carga por fatiga, teniendo como resultado un valor de 14.50.

Finalmente, en la Figura 3.5, se muestra la gráfica de esfuerzo versus número de ciclos del acero inoxidable 304 y se puede observar que con el resultado obtenido de límite de resistencia a la fatiga se considera que las cuchillas tendrán vida infinita.

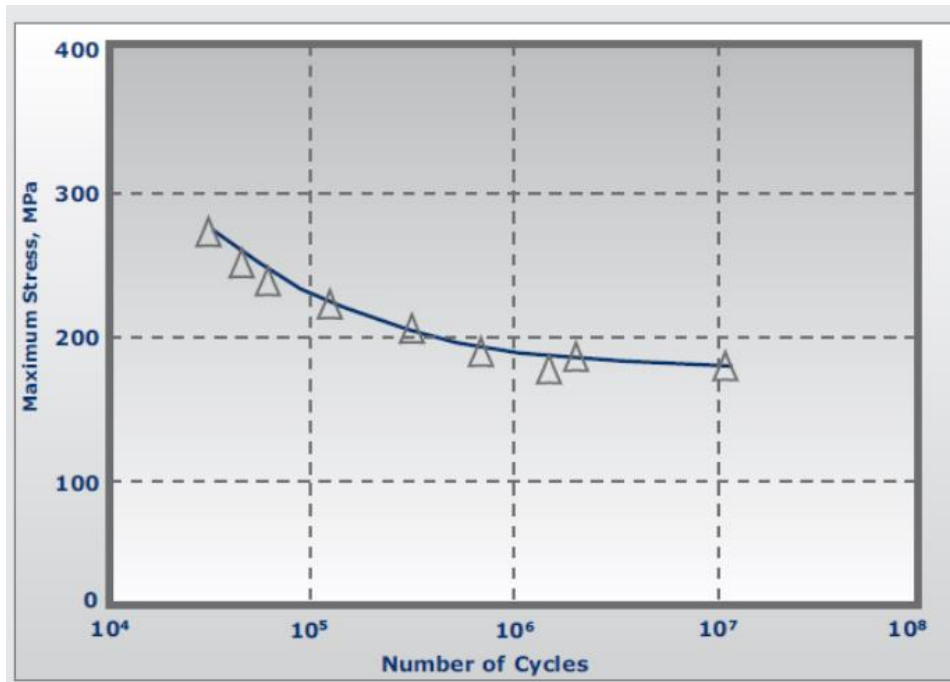


Figura 3.5 Gráfica de Esfuerzo máximo vs número de ciclos Acero inoxidable 304

3.3 Análisis de eje de transmisión

Según lo detallado en el APÉNDICE C, Se calculó el límite de resistencia a la fatiga del eje diseñado obteniendo un valor de 142.37 MPa a partir de la ecuación de Marín y de sus factores de corrección, siguiendo el procedimiento de Mott [23]. Este valor fue útil para el cálculo de los diámetros mínimos y para reconocer el número de ciclos de falla por fatiga del eje, que, según la gráfica de esfuerzo máximo versus número de ciclos Figura 3.5, el eje no fallará por fatiga con los parámetros de diseño dados.

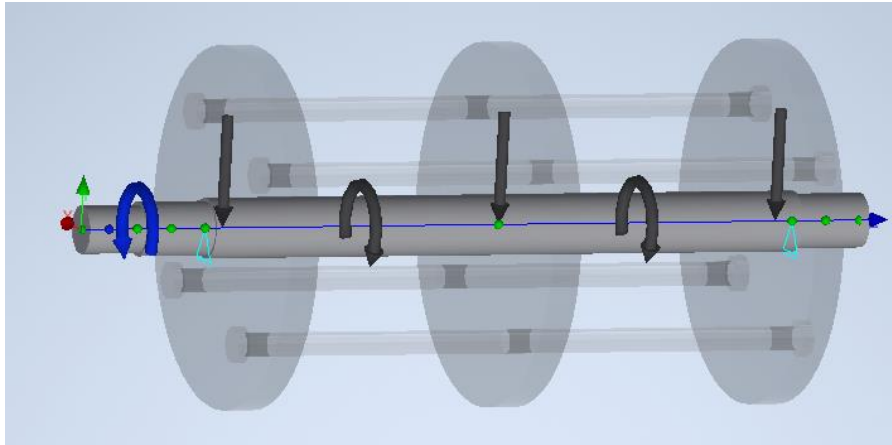


Figura 3.6 Cargas a lo largo del eje

Se colocó en el programa Inventor las cargas respectivas a lo largo del eje como se muestra en la Figura 3.6 y bajo esta configuración se obtuvieron gráficas de esfuerzo cortante y de momento flector, valores utilizados en los cálculos de diámetros mínimos para cada sección según la ecuación simplificada para diámetros del eje, obteniendo los diámetros mínimos mostrados en la tabla. Cabe destacar que los valores de diámetros obtenidos son los valores mínimos para que el eje no falle por fatiga, sin embargo, los valores de fabricación recomendados por Mott van desde los 40 mm en adelante por lo que se optó por valores de fabricación más convenientes mostrados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Diámetros del eje

Sección	Diámetro mínimo [mm]	Diámetro de fabricación recomendados [mm]
Punto A	25.092	40
Punto B	25.12	45
Punto C-D-E	28.27	50
Punto F	25.12	45

3.4 Esquemas de control y fuerza

Se utilizó un software de simulación de circuitos eléctricos de control y de fuerza para validar el funcionamiento secuencial de los actuadores utilizados para cada módulo, cumpliendo con cada secuencia mostrada en las Figura 2.12 y Figura 2.13.

3.4.1 Módulo de triturado

En la figura Figura 3.7 y Figura 3.8 se muestra el estado inicial y el estado final del circuito de módulo de triturado cumpliendo los estados mostrados en la figura Figura 2.12. Inicialmente se encuentran los motores apagados, y al darle el botón de marcha inicia la secuencia de encendido de los motores de acuerdo a cada temporizador: motor de entrada, motor principal y motor de salida del material. En cualquier estado del circuito, al colocar el botón de paro, el circuito comenzará a apagarse de manera secuencial según lo establecido. Al pulsar el botón de paro de emergencia, se detiene el funcionamiento de todo el circuito sin importar en cual estado se encuentre.

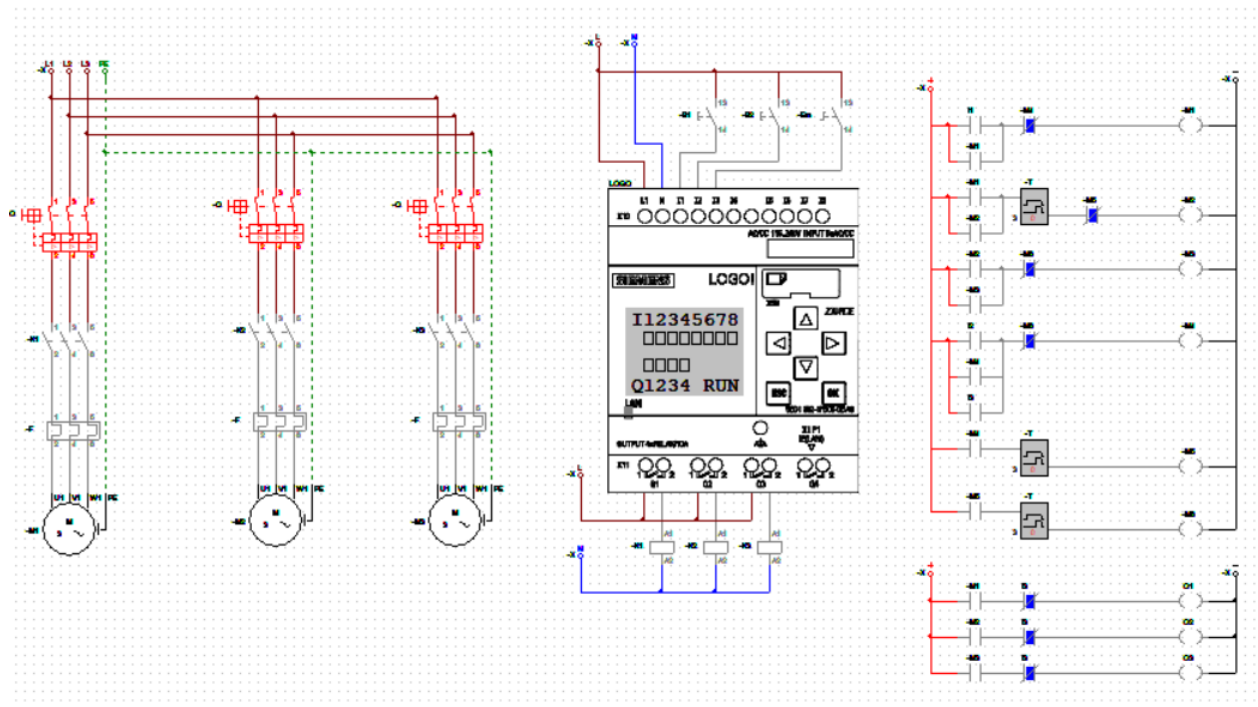


Figura 3.7 Motores apagados en el circuito de control y fuerza del triturado

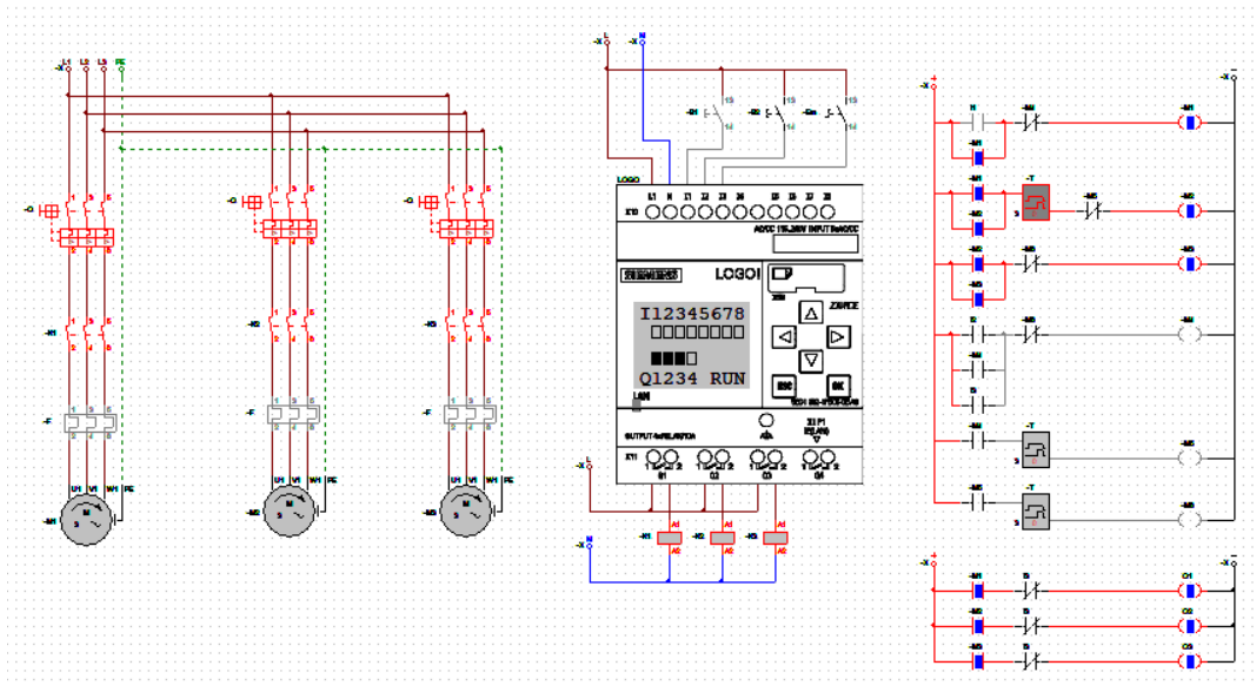


Figura 3.8 Motores encendidos en el circuito de control y fuerza del triturado

3.4.2 Módulo de clasificado

En las Figura 3.9 y Figura 3.10 se muestra el estado inicial y el estado final del circuito de módulo de clasificado cumpliendo los estados mostrados en la Figura 2.13. Inicialmente se encuentran los motores apagados, y al darle el botón de marcha inicia la secuencia de encendido de los motores de acuerdo con cada temporizador: motor de entrada, motor principal y motor de salida del material. En cualquier estado del circuito, al colocar el botón de paro, el circuito comenzará a apagarse de manera secuencial según lo establecido. Al pulsar el botón de paro de emergencia, se detiene el funcionamiento de todo el circuito sin importar en cual estado se encuentre.

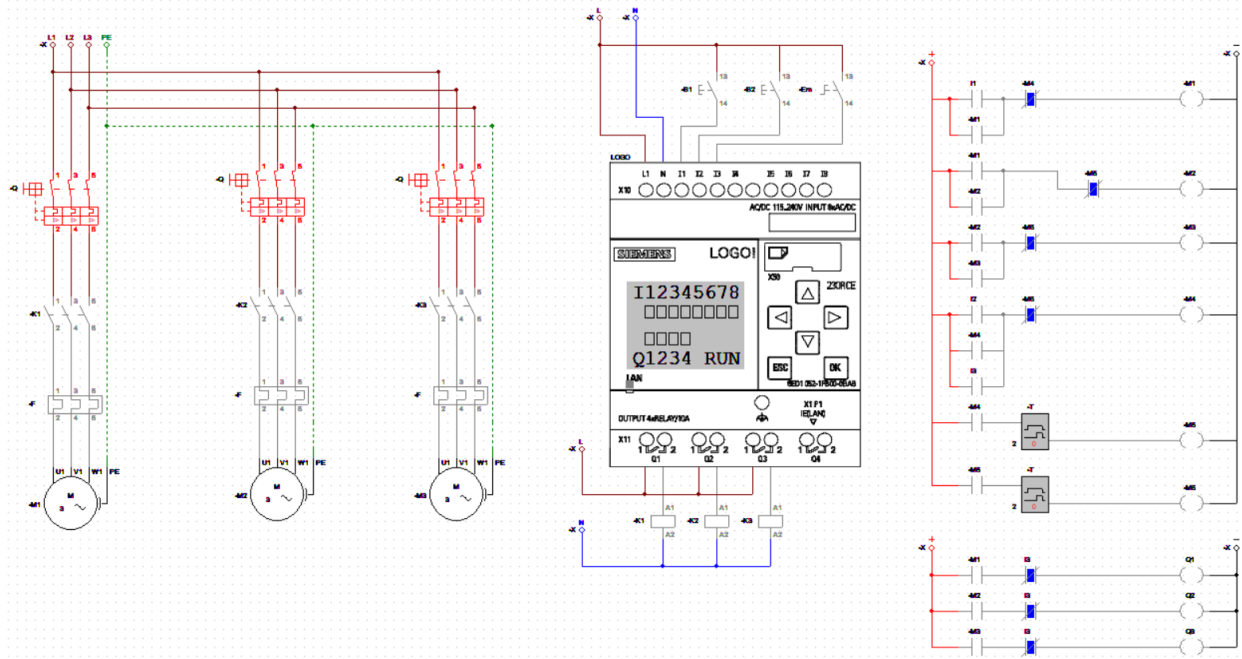


Figura 3.9 Motores apagados en el circuito de control y fuerza del clasificado

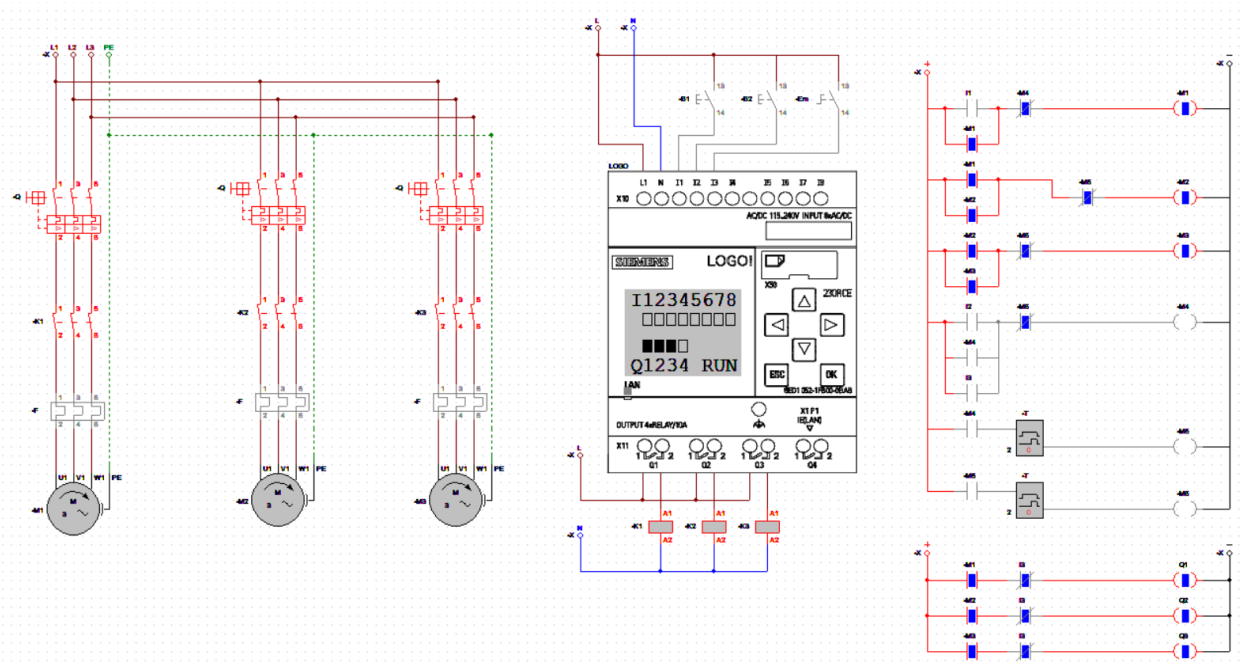


Figura 3.10 Motores encendidos en el circuito de control y fuerza del clasificado

3.5 Flujo de trabajo

Para validar la comparación de flujos de trabajo se utilizó un software de simulación por eventos discretos, que permite realizar un modelado dinámico del sistema a implementar, para obtener una variedad de parámetros, como tiempos y volúmenes de producción, tiempos muertos, porcentajes de actividad de maquinarias y operadores, entre otros.

Con el modelo descrito en el capítulo anterior en la Figura 2, con los parámetros de máquinas implícitos en el diseño mecánico, se logra realizar la simulación del funcionamiento de la línea de producción. Obteniendo un volumen de producción en un día de trabajo de 49884 litros, como se evidencia en Figura 3.11, triplicando así el volumen del modelo de producción anterior en un solo día de trabajo. Se obtuvo también un porcentaje de inactividad muy bajo; sin embargo, el porcentaje de tiempo de bloqueo se evidencia elevado en la Figura 3.12; esto se puede explicar por el flujo de producción de las bandas transportadoras, que son quienes en realidad limitan la producción dentro del sistema simulado.

Produccion	
Object	Throughput
Trituradora	49928.00
Clasificadora	49907.00

Volumen de Produccion	
Object	Throughput
Sink1	49884.00
Tamano 1	8377.00
Tamano 2	8320.00
Tamano 3	8252.00
Tamano 4	8363.00
Tamano 5	8310.00
Tamano 6	8262.00

Figura 3.11 Volumen de producción de las máquinas [L]

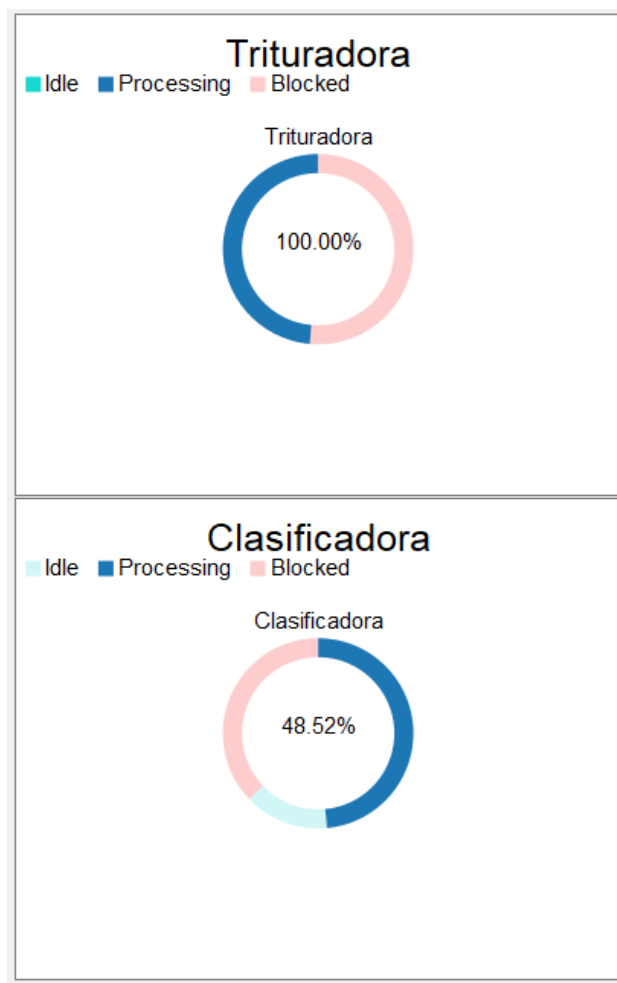


Figura 3.12 Porcentajes de Estados de las Maquinas

3.6 Análisis Financiero

Concluido el diseño se pueden enlistar los rubros necesarios para la construcción de los distintos módulos, teniendo como resultado la tabla, Tabla 3.2 que muestra los costos necesarios para la implementación y puesta en marcha de la línea de producción, separando los costos por mecánicos, eléctricos y de control, y de diseño.

Tabla 3.2. Tabla de costos

Área	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Mecánica	Motor Trifásico WEG 10 HP	Unidad	1	575	575

Área	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Caja Reductora Paralela SMR 5:1	Unidad	1	200	200
	Motor Monofásico WEG ¼ HP	Unidad	5	130	650
	Caja Reductora 30:1	Unidad	5	200	1000
	Plancha Acero Inoxidable 304	Unidad	1	45	45
	Maquinado de Plancha para Cuchillas	Horas	1	20	20
	Eje en Acero Inoxidable 304	Unidad	1	600	600
	Volantes de inercia Acero fundido	Unidad	3	100	300
	Rodamientos skf 16009	Unidad	2	80	160
	Criba de madera triturada Acero Inoxidable 304	Unidad	1	200	200
	Banda Transportadora 2x0.5 m	Unidad	2	1600	3200
	Banda Transportadora 2.4x0.5 m Inclinada	Unidad	1	1940	1940
	Banda Transportadora 1.5x0.25 m	Unidad	6	810	4860
	Tubo cuadrado Galvanizado 1x1"	Metro	65	10	650
	Maquinado y soldado de Estructuras	Unidad	2	150	300
	Estructura Metálica Triturado	Unidad	1	1000	1000
	Tablero Metálico 3 Puertas	Unidad	1	300	300
Elementos para juntas	Unidad	1	500	500	
Eléctrico y de Control	Contactador 220V	Unidad	3	20	60
	Disyuntor Siemens MBK200A	Unidad	1	100	100
	Disyuntor SQD SCHNEIDER16A	Unidad	5	8	40
	Guardamotor AMPS 3RV20214EA10 SIEMENS	Unidad	1	120	120
	GUARDAMOTOR WEG MPW25-1,6	Unidad	5	10	50
	Pulsador de marcha	Unidad	2	4.5	9

Área	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
	Pulsador de paro	Unidad	2	4.5	9
	Botón de paro de emergencia	Unidad	2	5.5	11
	Luz piloto color verde	Unidad	6	2.5	15
	Interruptor de llave	Unidad	1	5	5
	PLC Siemens S7-1200f	Unidad	1	700	700
Otros Gastos	Costo de Diseño	Unidad	1	2000	2000
Total					19619

El flujo de caja para los 5 primeros años se puede observar en la Tabla 3.3. Como se observa en la tabla, después del primer año la inversión se recupera y el valor acumulado comienza a crecer a lo largo de los años, este flujo de caja da una tasa interna de retorno TIR de un 148%, por lo que se puede decir que el proyecto es viable, además de tener un valor neto de \$96 261.27

Tabla 3.3 Ingresos, egresos y flujo por año de las máquinas

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Total Ingresos		60000	61200	62424	63672.48	64945.93
Ingresos Ventas		60000	61200	62424	63672.48	64945.93
Total Egresos		31163.8	31424.6	31690.62	31961.95	32238.72
Costos Variables		13040	13300.8	13566.82	13838.15	14114.92
Costos Directos Fijos		18123.8	18123.8	18123.8	18123.8	18123.8
Inversión Inicial	19619					
Flujo Neto	-19619	28836	29775	30733	31711	32707

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Flujo Acumulado		9217	58612	60509	62444	64418

CAPÍTULO 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Con la finalidad de mejorar la producción de sustrato de cultivo a partir de corteza de pino, se diseñó una línea semiautomática capaz de cumplir con los requerimientos de funcionamiento, tiempos y volúmenes de producción. Finalizando el proceso metodológico, con los resultados obtenidos y el análisis correspondiente, se concluye que:

- La implementación de un sistema modular que se adapte a cambios en la configuración de operación permite regular el procesado de sustrato según los requerimientos de los clientes, optimizando el proceso en lo que respecta a consumos energéticos y de materias primas, y en tiempos de entrega del producto; gracias a los tiempos de procesamiento de cada módulo individual y la independencia que tienen estos.
- El análisis de los componentes críticos del sistema, tales como aquellos que presentan mayores cargas o se exponen a ambientes más duros (medios húmedos, cargas fluctuantes, etc.), posibilita el diseño de piezas duraderas que no presenten fallos en ciclos tempranos de uso y tengan factores de seguridad suficientes para el uso en la industria.
- La implementación de un sistema de clasificado de rodillos verticales aumenta la eficiencia y versatilidad del módulo de clasificado, requiriendo cambios mínimos en la configuración de la máquina para modificar tanto el valor del rango de tamaños de clasificado, como el número de tamaños a clasificar, requiriendo una menor inversión para el cambio y un menor tiempo de parada de máquina.
- La implementación del sistema de producción de sustrato propuesta, manteniendo el módulo de lavado ya existente en la empresa, ofrece los siguientes beneficios:

- o Reduce el tiempo de triturado y clasificado a 1/7 del tiempo que requería el proceso anterior.
 - o Incrementa el volumen de producción de 49884 litros por ciclo de trabajo con respecto al anterior sistema de 20000 litros, suponiendo una configuración que requiera todos los módulos activos.
 - o Reduce los tiempos de inactividad de las maquinas que se presentaban en el sistema anterior debido a fatiga por los operadores.
- El análisis financiero muestra rentabilidad en el proyecto y supone un retorno de la inversión con un TIR del 148%, requiriendo una inversión de \$19 620 y dando una rentabilidad anual promedio de \$30 000 en los 5 primeros años.
 - El diseño modular semiautomático de la línea de producción permite mantener las plazas de trabajo, tecnicándolas, pero sin eliminar la necesidad de operadores en cada módulo de producción.

4.2 Recomendaciones

- Realizar ensayos de propiedades mecánicas de la corteza de madera de pino utilizada (Pinus Radiata), pues para el presente estudio se consideraron valores teóricos de la madera, lo que pudo aumentar el dimensionamiento de piezas mecánicas, principalmente motores y ejes, aumentando los costos de implementación
- Un estudio de mercado es necesario para determinar la cuota de ventas real del producto y así configurar adecuadamente los módulos del sistema, optimizando los procesos y obteniendo la mayor ganancia posible.
- La investigación de la viabilidad de un módulo semiautomático de lavado y desinfectado en la línea de producción, es recomendable para trabajos futuros, puesto que de esta manera se aumenta la eficiencia, generando un sistema capaz de incrementar la calidad del producto, consiguiendo así, mayores ingresos para la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. Cedillo, C. González, V. Salcedo and J. Sotomayo, «El sector florícola del Ecuador y su aporte a la balanza comercial agropecuaria: periodo 2009 – 2020 | Revista Científica y Tecnológica UPSE,» 2020. [En línea]. Available: <https://incyt.upse.edu.ec/ciencia/revistas/index.php/rctu/article/view/549/510>.
- [2] MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA REPÚBLICA DEL ECUADOR, «MANUAL TÉCNICO PARA EL REGISTRO Y CONTROL DE FERTILIZANTES, ENMIENDAS DE SUELO Y PRODUCTOS AFINES DE USO AGRÍCOLA,» Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>.
- [3] J. Pineda-Pineda, del Castillo, A. Ramírez-Arias, A. M. Castillo-González, L. A. Valdés-Aguilar, and del Carmen, «Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo,» Revista Chapingo. Serie horticultura, vol. 18, no. 1, pp. 95–111, 2012. [En línea]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1027-152X2012000100007 .
- [4] M. Urrestarazu, P. Mazuela, J. Castillo, S. Sádaba, and J. Muro, «Fibra de pino: un sustrato ecológico,» Horticultura internacional, vol. 49, p. 28-33, 2005. [En línea]. Available: http://www.horticom.com/revistasonline/horticultura/rhi49/28_33.pdf .
- [5] M. Abad, P. Noguera y C. Carrión, «Los sustratos en los cultivos sin suelo,» de Tratado de cultivo sin suelo, Madrid, Ediciones Mundi- Prensa, 2004, pp. 113-158.
- [6] M. Abad, P. Martínez-García, M. Martínez-Herrero and J. Martínez-Corts, «EVALUACION AGRONOMICA DE LOS SUSTRATOS DE CULTIVO,» 1993. [En línea]. Available: https://redivia.gva.es/bitstream/handle/20.500.11939/8211/1993_Abad_Evaluaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y .

- [7] V. Terés, «Relaciones aire agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización,» Tesis de doctorado, Ingeniería Agrícola, Universidad Politécnica de Madrid, doi: <https://oa.upm.es/869/> Julio 2001.
- [8] G.Toval, «Utilización de la corteza de Pinos como Sustratos, en Viveros,» 1984. [En línea]. Available: https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_1256_17133.pdf .
- [9] M. Vinueza, «Ficha Técnica No. 13 Pino (Pinus radiata),» Ecuadorforestal.org, 2012. [En línea]. Available: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-13-pino-pinus-radiata/> .
- [10] V. Arrieta, V.Terés, «Caracterización física y química, y manejo agronómico de la corteza de pino (Pinus radiata) como sustrato de cultivo,» Congresos Forestales, 1993. [En línea]. Available: http://secforestales.org/publicaciones/index.php/congresos_forestales/article/download/14995/14838/14987#:~:text=Los%20resultados%20de%20la%20caracterizaci%C3%B3n,%3A%204%2C29%20mg%2FIOO .
- [11] M. Vinueza, «Ficha Técnica No. 14 Pino (Pinus Patula),» Ecuadorforestal.org, 2012. [En línea]. Available: <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-14-pino-pinus-patula/>.
- [12] P. Košťál, A. Mudrikova, «Laboratory of Flexible Manufacturing System,» Advanced Materials Research, vol. 429, p. 31–36, 2012.
- [13] E. Bonilla, «Diseño de un sistema de producción modular en una mediana empresa de confecciones,» Ingeniería Industrial, pp. 11-32, 2007. [En línea]. Available: [Available: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337460076001](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=337460076001).
- [14] M. Shibata, «Importance of genetic transformation in ornamental plant breeding,» de Plant Biotechnology, vol. 25, 2008, p. 3–8.
- [15] F. Röllke, «Práctica en Orquídeas,» Ed. HISPANO EUROPEA, 2010, pp. 30-36.

- [16] Dutra, D., Kane, M. E., & Richardson, L., «Asymbiotic seed germination and in vitro seedling development of *Cyrtopodium punctatum*: a propagation protocol for an endangered Florida native orchid.» *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, vol. 3, p. 235–243, 2008.
- [17] Juras, Monique & Jorge, Jackeline & Pescador, Rosete & Ferreira, Wagner & Tamaki, Vívian & Suzuki, Rogério., «In vitro culture and acclimatization of *Cattleya xanthina* (Orchidaceae), an endangered orchid of the Brazilian Atlantic Rainforest,» *Rodriguésia*, vol. 70, 2019.
- [18] LEMAIRE, F., DARTIGUES, A. and RIVIERE, L.M., «PROPERTIES OF SUBSTRATES WITH GROUND PINE BARK,» *Acta Hortic*, vol. 99, pp. 67-80, 1980.
- [19] Holcroft, D. M., & Laing, M. D., «EVALUATION OF PINE BARK AS A SUBSTRATE FOR ANTHURIUM PRODUCTION IN SOUTH AFRICA,» *Acta Horticulturae*, p. 177–184, 1995.
- [20] Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador, «Informe Anual de Exportaciones,» Ecuador, 2019. [En línea]. Available: https://expoflores.com/wp-content/uploads/2020/04/reporte-anual_Ecuador_2019.pdf.
- [21] J. A. Lobos, M. A. Guzmán, «Estimación de la Presión Específica de Corte en Madera de *Pinus Radiata*,» *Información tecnológica*, 2019, p. 223–234.
- [22] R. Budynas, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, 8va edición, The McGraw-Hill Companies, 2008.
- [23] R. L. Mott, *Diseño de elementos de máquinas*, 4ta Edición, Pearson Education, 2006.

APÉNDICES

APÉNDICE A

A continuación, se presenta el peso de cada criterio para la selección de alternativas en las máquinas de triturado, teniendo como criterio: Volumen, Regulación, Mantenimiento, Costo y tamaño. A su vez se muestra la comparación de cada alternativa de solución respecto a cada uno de los criterios

Peso de cada Criterio

Volumen > Regulación > Mantenimiento > Costo = Tamaño

Tabla A.1 Peso de criterios del módulo de triturado

Criterio	Volumen	Regulación	Mantenimiento	Costo	Tamaño	$\Sigma + 1$	Pondera
Volumen		1	1	1	1	4	0.4
Regulación	0		1	1	1	3	0.3
Mantenimiento	0	0		1	1	2	0.2
Costo	0	0	0		0.5	0.5	0.05
Tamaño	0	0	0	0.5		0.5	0.05
					Suma	10	1

Peso de Volumen

Solución D > Sol B > Sol A > Sol C

Tabla A.2 Peso del volumen del módulo de triturado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		0	1	0	2	0.2

Sol B	1		1	0	3	0.3
Sol C	0	0		0	1	0.1
Sol D	1	1	1		4	0.4
Sum					10	1

Peso de Regulación

Sol D = Sol A > Sol B > Sol C

Tabla A.3 Peso de regulación del módulo de triturado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		1	1	0.5	3.5	0.35
Sol B	0		1	0	2	0.2
Sol C	0	0		0	1	0.1
Sol D	0.5	1	1		3.5	0.35
Sum					10	1

Peso de Mantenimiento

Sol C > Sol A = Sol D > Sol B

Tabla A.4 Peso de mantenimiento del módulo de triturado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		1	0	0.5	2.5	0.25
Sol B	0		0	0	1	0.1
Sol C	1	1		1	4	0.4

Sol D	0.5	1	0		2.5	0.25
				Suma	10	1

Peso de Costo

Sol B > Sol A > Sol C > Sol D

Tabla A.5 Peso de costos del módulo de triturado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación	
Sol A		0	1	1	3	0.3	
Sol B	1		1	1	4	0.4	
Sol C	0	0		1	2	0.2	
Sol D	0	0	0		1	0.1	
					Suma	10	1

Peso de Tamaño

Sol A > Sol B > Sol C > Sol D

Tabla A.6 Peso de tamaño del módulo de triturado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación	
Sol A		1	1	1	4	0.4	
Sol B	0		1	1	3	0.3	
Sol C	0	0		1	2	0.2	
Sol D	0	0	0		1	0.1	
					Suma	10	1

En las siguientes tablas se presenta el peso de cada criterio para la selección de alternativas en las máquinas de clasificado, teniendo como criterio: Volumen, Capacidad de separación de tamaños, Mantenimiento, Costo. A su vez se muestra la comparación de cada alternativa de solución respecto a cada uno de los criterios

Peso de cada Criterio

Volumen > Separación > Mantenimiento > Costo

Tabla A.7 Peso de cada criterio del módulo de clasificado

Criterio	Volumen	Mantenimiento	Separación	Costo	$\Sigma + 1$	Pondera
Volumen		1	1	1	4	0.4
Mantenimiento	0		0	1	2	0.2
Separación	0	1		1	3	0.3
Costo	0	0	0		1	0.1
Suma					10	1

Peso de Volumen

Solución B > Sol A > Sol C = Sol D

Tabla A.8 Peso de volumen del módulo de clasificado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		0	1	1	3	0.3
Sol B	1		1	1	4	0.4

Sol C	0	0		0.5	1.5	0.15
Sol D	0	0	0.5		1.5	0.15
				Sum	10	1

Peso de Separación

Sol C > Sol D > Sol A > Sol B

Tabla A.9 Peso de separación del módulo de clasificado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		1	0	0	2	0.2
Sol B	0		0	0	1	0.1
Sol C	1	1		1	4	0.4
Sol D	1	1	0		3	0.3
				Sum	10	1

Peso de Mantenimiento

Sol C = Sol D > Sol B > Sol A

Tabla A.10 Peso de mantenimiento del módulo de clasificado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		0	0	0	1	0.1
Sol B	1		0	0	2	0.2
Sol C	1	1		0.5	3.5	0.35
Sol D	1	1	0.5		3.5	0.35

	Suma	10	1
--	------	----	---

Peso de Costo

Sol A > Sol B > Sol C = Sol D

Tabla A.11 Peso del costo del módulo de clasificado

Peso	Sol A	Sol B	Sol C	Sol D	$\Sigma + 1$	Ponderación
Sol A		1	1	1	4	0.4
Sol B	0		1	1	3	0.3
Sol C	0	0		0.5	1.5	0.15
Sol D	0	0	0.5		1.5	0.15
				Suma	10	1

APÉNDICE B

Para los cálculos en el ensayo estático y de fatiga, es necesario conocer los valores de esfuerzo de fluencia y esfuerzo último del material que se muestra en la Tabla B.1.

Tabla B.1. Esfuerzo de fluencia y esfuerzo último del acero inoxidable

Tipo de aleación	σ_y (MPa)	σ_{ult} (MPa)
304	310	620

Ensayo de tensión

Con el valor de esfuerzo máximo de Von Misses obtenido en la simulación de la **Figura 3.4**, se puede calcular un factor de seguridad de falla estática por medio de la ecuación (B. 1).

$$F_s = \frac{\sigma_Y}{\sigma_{Vm}} = \frac{310}{13.61} = 22.78 \quad (\text{B. 1})$$

Donde,

F_s : Factor de seguridad de falla estática

σ_Y : Esfuerzo de fluencia del acero inoxidable 304

σ_{Vm} : Esfuerzo máximo de Von Misses obtenido

Ensayo de fatiga

En el análisis dinámico se analizó el punto más crítico de la pieza tomando los valores mínimos y máximos de esfuerzo los cuales se obtienen a partir del primer esfuerzo principal que se muestra en la, Figura 2.8, y tercer esfuerzo principal, Figura B.1

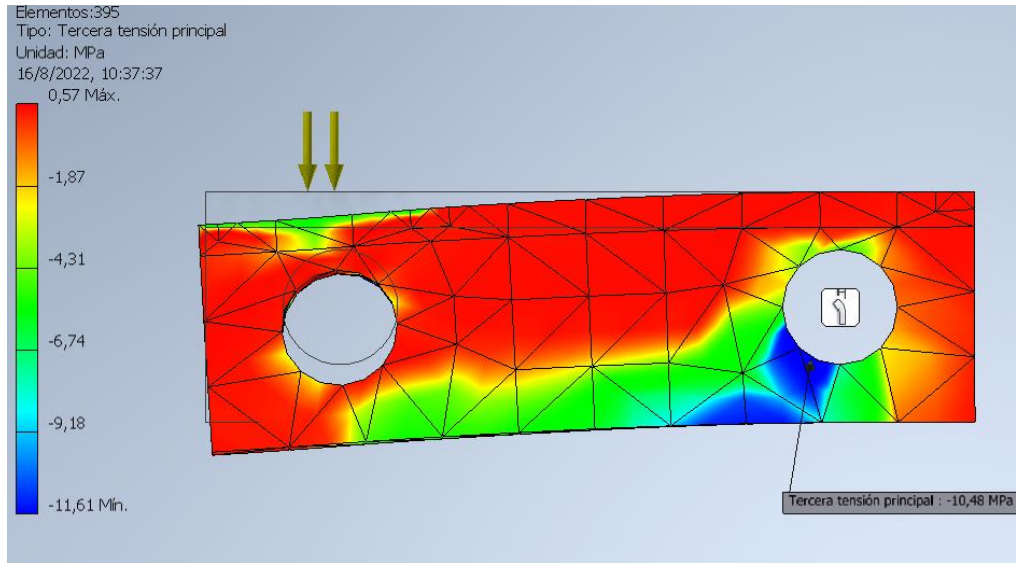


Figura B.1. Tercera tensión principal en cuchilla de corte

Se obtiene como valor máximo 13.13 MPa y como valor mínimo -11.61 MPa

La ecuación de Goodman para establecer un factor de seguridad de falla por fatiga se muestra en la ecuación (B. 2).

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (\text{B. 2})$$

Donde,

σ_a : Esfuerzo alternante

σ_m : Esfuerzo medio

S_e : Límite de resistencia a la fatiga

S_{ut} : Resistencia a la tensión

n : Factor de seguridad

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{maximo} + \sigma_{minimo}}{2} = \frac{13.13 - 11.61}{2} = 0.76 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \left| \frac{\sigma_{maximo} - \sigma_{minimo}}{2} \right| = \left| \frac{13.13 + 11.61}{2} \right| = 12.37 MPa$$

El cálculo de límite de resistencia a la fatiga se realizará mediante la ecuación de Marín (B. 3).

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e' \quad (B. 3)$$

Donde,

K_a : Factor de superficie.

K_b : Factor de Tamaño

K_c : Factor de modificación de la carga.

K_d : Factor de temperatura

K_e : Factor de confiabilidad.

S_e' : Límite de resistencia a la fatiga sin corregir

Para aproximar el límite de resistencia a la fatiga sin corregir se utiliza la ecuación (B. 4).

$$S_e' = 0.5 S_{ut} \quad (B. 4)$$

$$S_e' = 0.5 (620 MPa) = 310 MPa$$

Se procede a calcular los factores de corrección

Factor de superficie K_a :

Tabla B.2. Factor de superficie K_a

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} , kpsi	S_{ut} , MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272	-0.995

$$K_a = aS_{ut}^b \quad (\text{B. 5})$$

$$K_a = 1.58 * 620^{-0.085} = 0.915$$

Factor de tamaño K_b :

$$K_b = \begin{cases} \left(\frac{d}{0.3}\right)^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ \left(\frac{d}{7.62}\right)^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases} \quad (\text{B. 6})$$

$$K_b = \left(\frac{33}{7.62}\right)^{-0.107} = 0.8548$$

Factor de modificación de carga K_c :

$$K_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases} \quad (\text{B. 7})$$

$$K_c = 1$$

Factor de temperatura K_d :

Tabla B.3 Factor de temperatura K_d

Temperatura, °C	S_t/S_{Rt}	Temperatura, °F	S_t/S_{Rt}
20	1.00	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1000	0.698

$$K_d = 1$$

Factor de confiabilidad K_e :

Tabla B.4 Factor de confiabilidad K_e

Confiabilidad, %	Factor de confiabilidad K_e
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659

$$K_e = 0.753$$

Con los factores obtenidos se procede a reemplazarlos en la ecuación (B. 3) y calcular.

$$S_e = 0.915 * 0.8548 * 1 * 1 * 0.753 * 310MPa$$

$$S_e = 182.58MPa$$

Se obtendrá finalmente el factor de seguridad despejando la ecuación (B. 8).

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (B. 8)$$

$$\frac{12.37MPa}{182.58MPa} + \frac{0.76MPa}{620MPa} = \frac{1}{n}$$

$$n = 14.50$$

APÉNDICE C

Con ayuda del software Inventor se puede estimar la masa de los volantes de inercia a partir de su material y su volumen, el material utilizado es Acero fundido, dando como resultado una masa de 13,071 Kg, como se muestra en la Figura C. 1, lo que significa un peso de 128.0958 N cada uno.

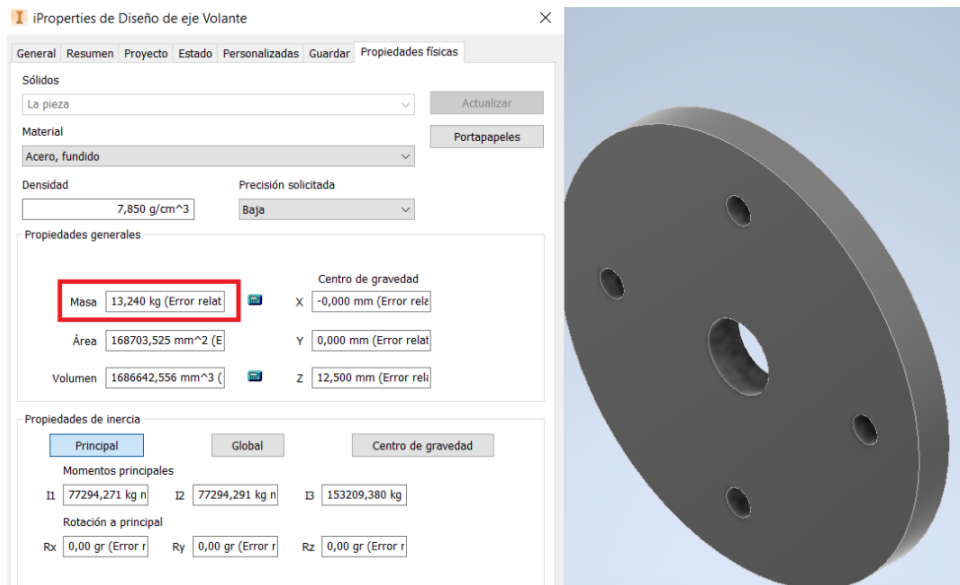


Figura C. 1 Masa del Volante de Inercia

Se calcula la distribución de torque en cada punto del eje mostrado en la Figura C. 2.

En el punto A es donde ingresa la potencia a partir del engranaje reductor, el cual cuenta con la potencia y torque calculado en los parámetros de diseño, el torque tiene un valor de $T_A = 222.4042 \text{ Nm}$.

En el tramo desde el punto A hasta el punto D existe una salida del torque igual a la mitad del valor de entrada $T_{AD} = 111.2012 \text{ Nm}$.

De igual forma desde el punto D al punto E existe la misma salida de torque que del punto A al punto D. $T_E = T_{DE} = 111.2012$

Se colocan las cargas en el software como se muestra a continuación:

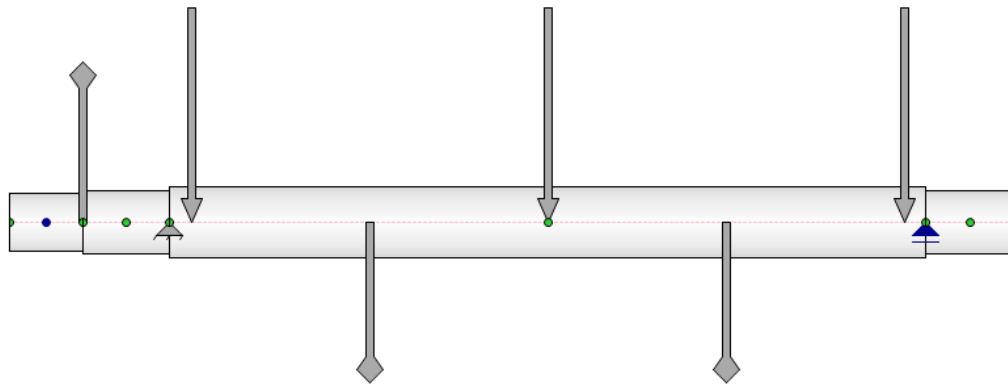


Figura C. 2 Cargas en el eje de triturado

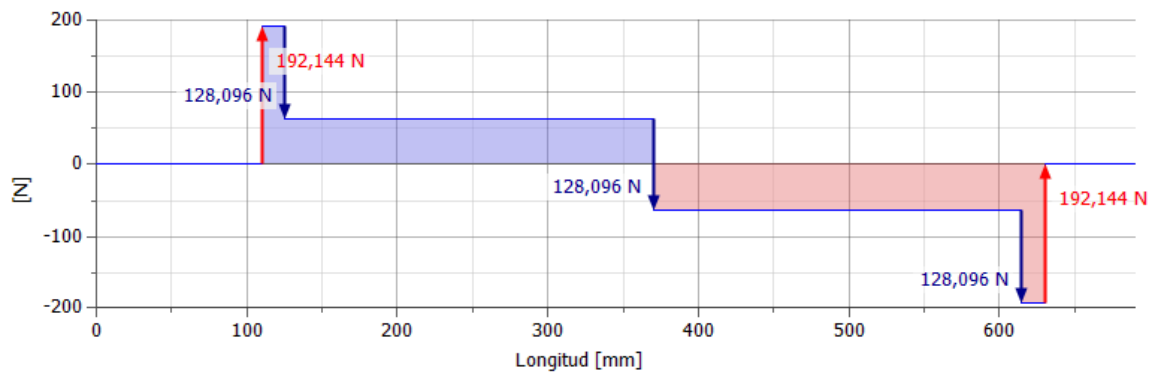


Figura C. 3 Esfuerzo cortante en eje de triturado

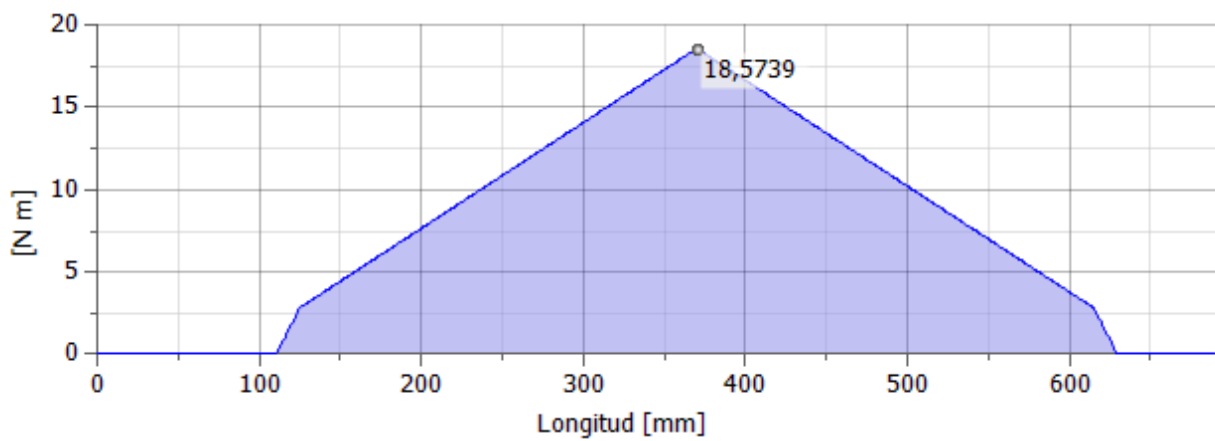


Figura C. 4 Momento flector en eje de triturado

Para el cálculo de diámetro mínimo según los esfuerzos combinados del eje en cada sección, se usará la ecuación simplificada para los diámetros de eje (C. 1), tomando en cuenta un torque y demás cargas constantes

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} \sqrt{\left[\frac{Kt M}{S'n} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{Sy} \right]^2} \right]^{1/3} \quad (C. 1)$$

El factor de seguridad N que se utilizará es igual a 2.5.

Se necesita obtener el momento flector M, torque T y factor de concentración de esfuerzo Kt en cada ubicación

Se procede a calcular el límite de resistencia a la fatiga del material por medio de la ecuación de Marín (B. 3) vista en el APÉNDICE B.

El valor de resistencia a la tensión del acero inoxidable AISI 304, se puede observar en la tabla, Tabla B.1 es de 620 MPa= 89.92 ksi

Para la obtención del valor Ka, se usa la gráfica de la Figura C. 5 , en el que se obtiene como resultado el factor Ka ya multiplicado por la resistencia a la fatiga no corregido, S_n .

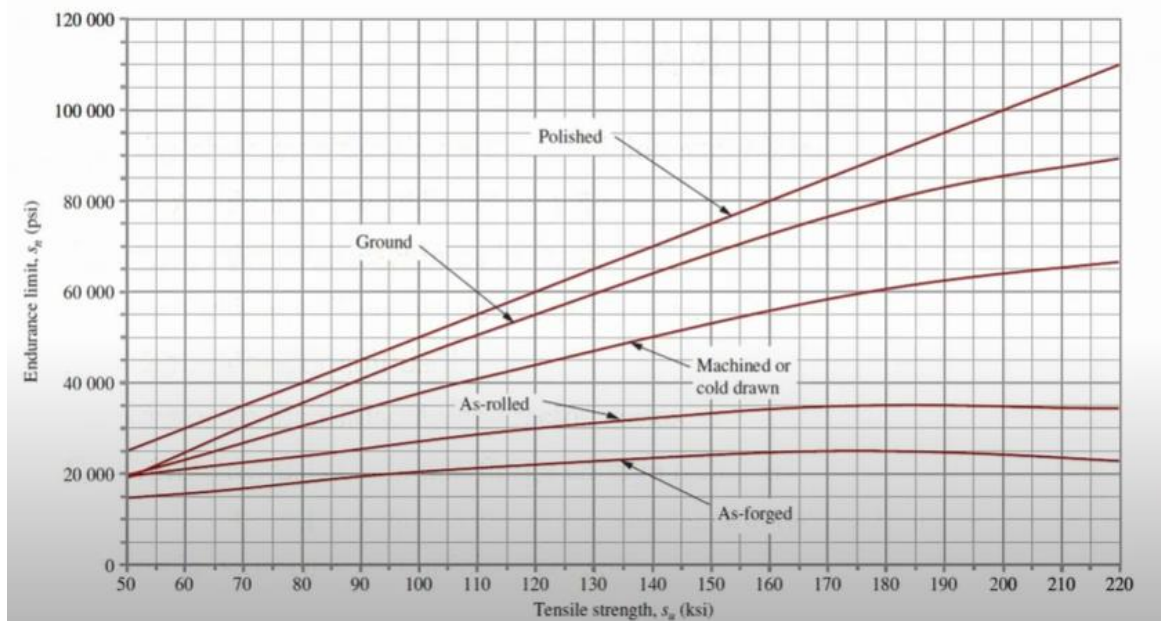


Figura C. 6 Factor K_a del eje

El eje fue obtenido mediante un proceso de torneado por lo que se mediante la gráfica un valor $K_a \cdot S_u = 35 \text{ ksi} = 241.3 \text{ MPa}$.

Factor de tamaño K_b :

Se considera como factor de tamaño un valor inicial de 1.

Factor de carga K_c :

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión} \end{cases} \quad (\text{C. 2})$$

Se utilizará torsión, por lo que $K_c = 0.59$

Factor de temperatura K_d :

Se considera que no se someterá el eje a altas temperaturas por lo que $K_d = 1$.

Factor de confiabilidad K_e :

Se utilizará una confiabilidad de 0.50 por lo tanto según la tabla del libro de Mott el valor de $K_e = 1$.

Tabla C.1. Factor de confiabilidad K_e

Confiabilidad, %	Factor de confiabilidad K_e
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659

$K_e = 1$.

Completando la ecuación de Marín (B. 3) se obtiene:

$$S'_n = 241.3 \text{ MPa} * 1 * 0.59 * 1 * 1 = 142.37 \text{ MPa} = 20.65 \text{ ksi}$$

$$S'_n = 142.37 \text{ MPa}$$

Cálculo de diámetros:

Se reemplazarán los valores de la fórmula para el cálculo de diámetros (C. 1) en cada uno de los puntos de interés en unidades del sistema imperial.

Para los valores de concentración de esfuerzos K_t , Mott recomienda usar los siguientes valores:

- Hombros pronunciados o rodamientos: $K_t = 2.5$
- Hombros suaves: $K_t = 1.5$

- Ranuras tipo perfil: $K_t=2.0$

Diámetro D1, en el punto A.

En el punto A se tiene un torque de entrada total $T_A= 222.4024 \text{ Nm}= 1968.43 \text{ lb in}$ y un momento flector $M=0$.

$$D = \left[\frac{32 * 2.5}{\pi} \sqrt{\frac{3}{4} \left[\frac{1968.43}{44.9617 * 10^3} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0.988 \text{ in} = 25.092 \text{ mm}$$

Diámetro D2, en el punto B

En este punto se obtiene un torque igual al torque de entrada de $T_B= 1968.43 \text{ lb in}$ y un momento flector de $1.5 \text{ Nm}=13.27 \text{ lb in}$ según la gráfica. En este punto se considera un hombro pronunciado al ser un rodamiento.

$$D = \left[\frac{32 * 2.5}{\pi} \sqrt{\left[\frac{2.5 * 13.27}{20.65 * 10^3} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{1968.43}{44.9617 * 10^3} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 0.989 \text{ in} = 25.12 \text{ mm}$$

Diámetro D3, para el punto C, D y E

Se usó un mismo diámetro, el cual se obtendrá con el punto con mayor torque y momento flector en este tramo.

El mayor momento flector se obtiene en el punto D, con un valor de $18.57 \text{ Nm}= 164.35834 \text{ lb in}$ y un torque igual al total recibido de $T= 222.4024 \text{ Nm}= 1968.43 \text{ lb in}$ y se considerará un factor K_t de 3

$$D = \left[\frac{32 * 2.5}{\pi} \sqrt{\left[\frac{3 * 164.35834}{20.65 * 10^3} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{1968.43}{44.9617 * 10^3} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 1.05 \text{ in} = 26.67 \text{ mm}$$

Por recomendaciones de Mott, a este valor se le suma un 6% debido a las ranuras

$$D = 1.05 \text{ in} = 28.27 \text{ mm}$$

El diámetro en la ubicación del rodamiento en el punto F será igual al del primer rodamiento que tiene un valor de 25.12 mm

APÉNDICE D

Se deben tomar ciertas consideraciones para usar la calculadora de SKF en línea:

- El diámetro interior: El eje cuenta con un diámetro de 45mm en la ubicación de los rodamientos.
- Velocidad de rotación: Se tiene una velocidad de rotación de 320 rpm
- Cargas: Las cargas estáticas en el punto de interés es de 192.144 N

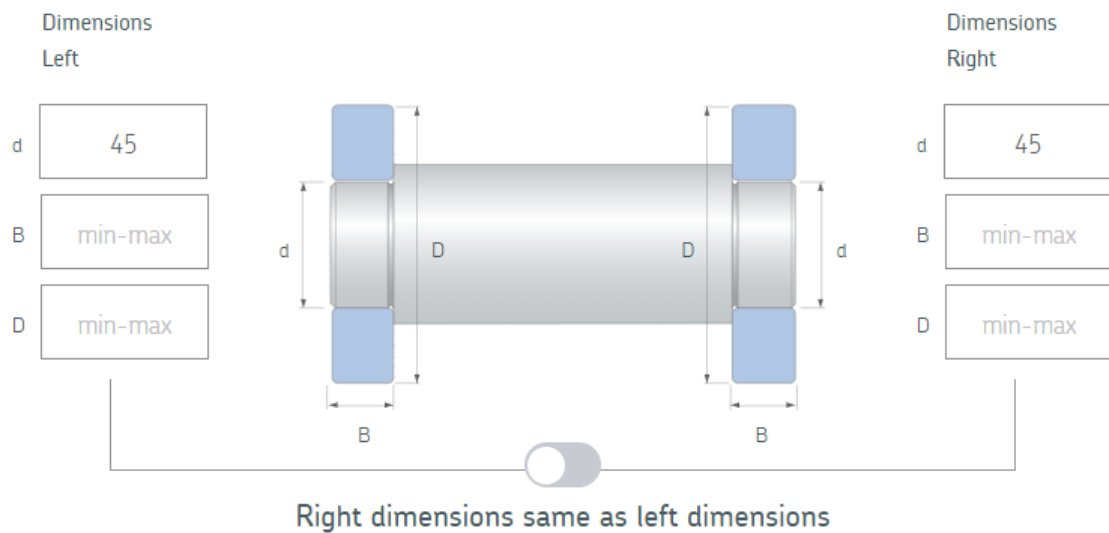


Figura D.1 Calculadora de SKF

Se coloca el diámetro interno de los rodamientos y el tipo de rodamiento a seleccionar como se muestra en la Figura D.1, con ello se filtran los resultados de rodamientos con un diámetro mínimo de 45 mm. En este caso se selecciona los rodamientos con designación 16009.

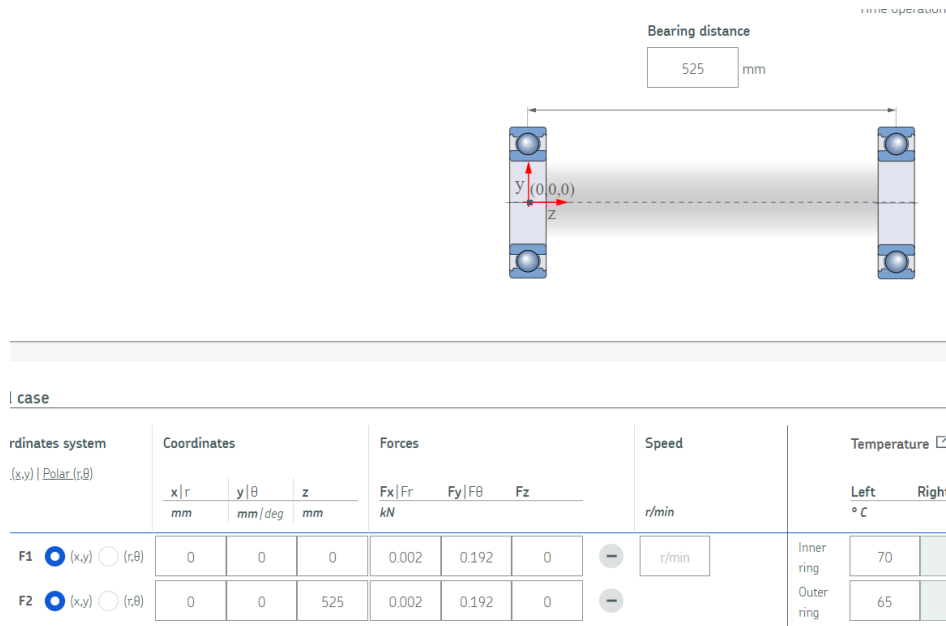


Figura D.2 Distancias y fuerzas para los rodamientos en calculadora de SKF

Se colocan las distancias en las cuales se cuentan ubicados los rodamientos y las respectivas cargas que tienen, como se muestra en la Figura D.2. Estas cargas pueden obtenerse mediante los gráficos obtenidas en el cálculo de ejes en las posiciones requeridas por medio del programa de modelado paramétrico de sólidos en 3D

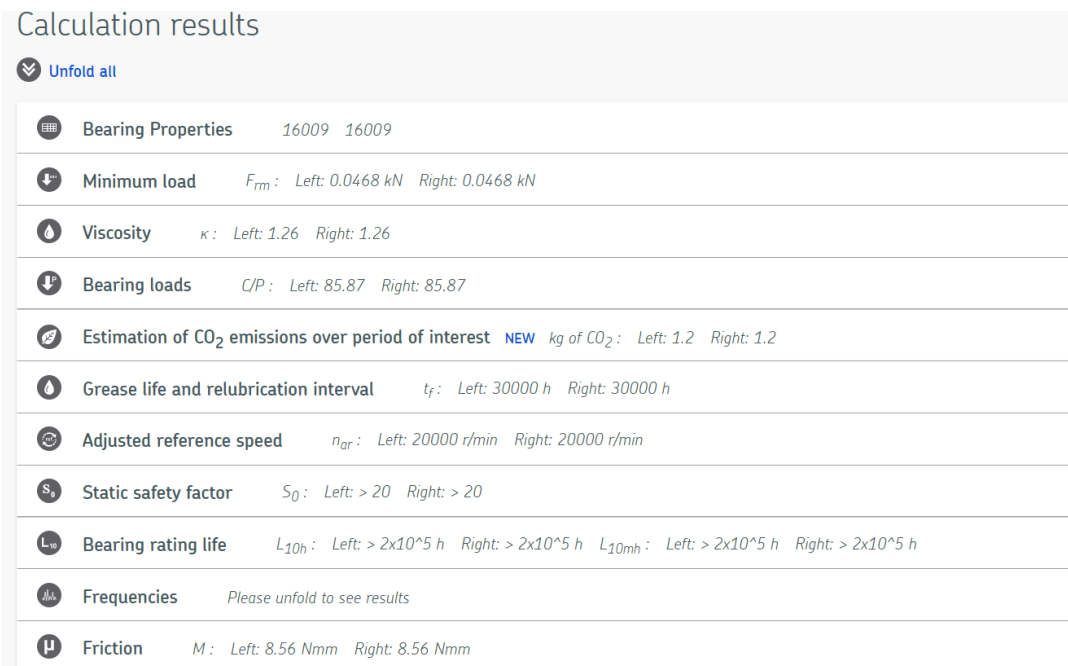


Figura D.3. Resultados de la calculadora de SKF

En la Figura D.3, Se muestran los resultados importantes obtenidos en los cuales se pueden destacar por ejemplo una carga mínima de 0.0468 kN. Intervalos de lubricación de 30000 horas de trabajo. Una vida útil de los rodamientos de 200 000 horas

La calculadora cuenta con la opción para medir tolerancia, haciendo un cálculo automático que mostrará la mejor opción para encajar los rodamientos en el eje como se muestra en la Figura D.4, obteniendo una tolerancia de eje j6 y de alojamiento un H8 para ambos rodamientos.

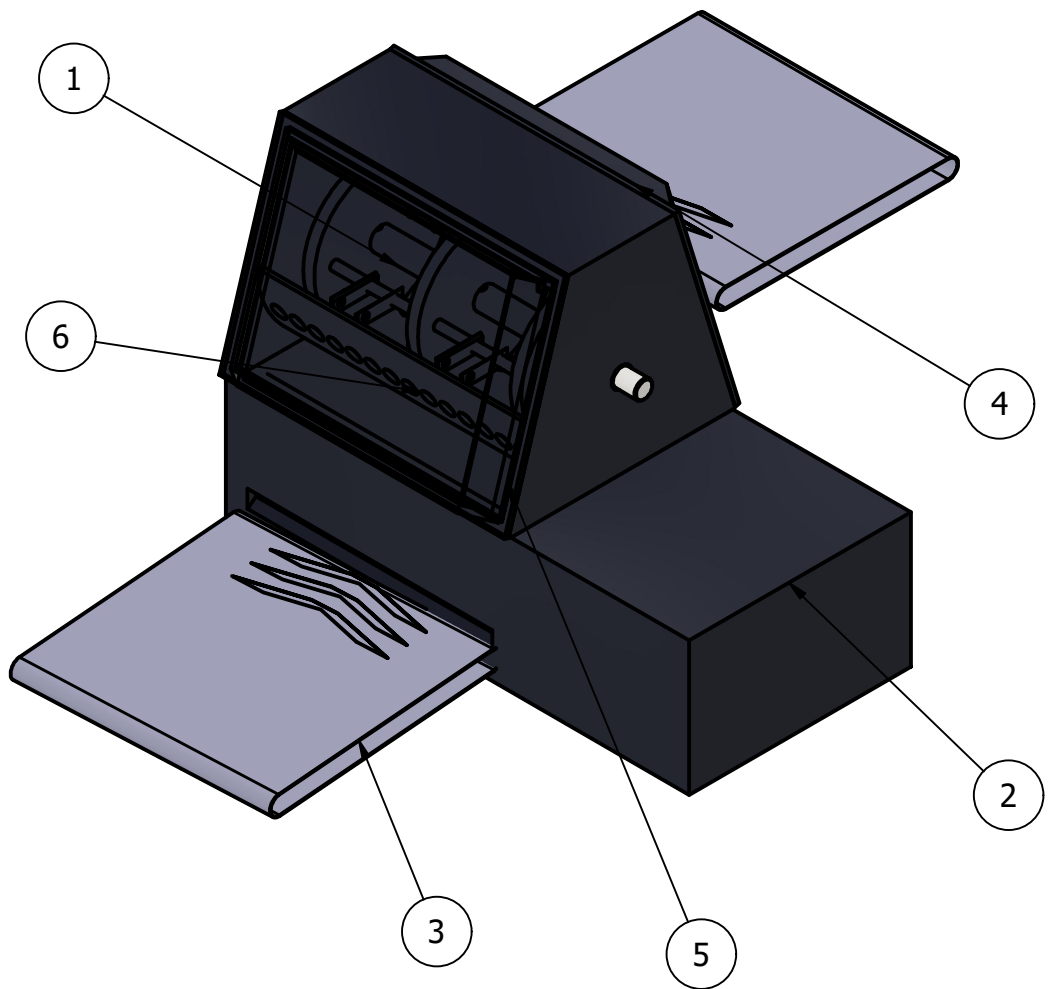
Recommended Tolerance Class

Designation	Tolerance class	
	Shaft	Housing
Left ☆ ■ 16009	j6	H8
Right ☆ ■ 16009	j6	H8

Figura D.4. Tolerancias obtenidas para los rodamientos

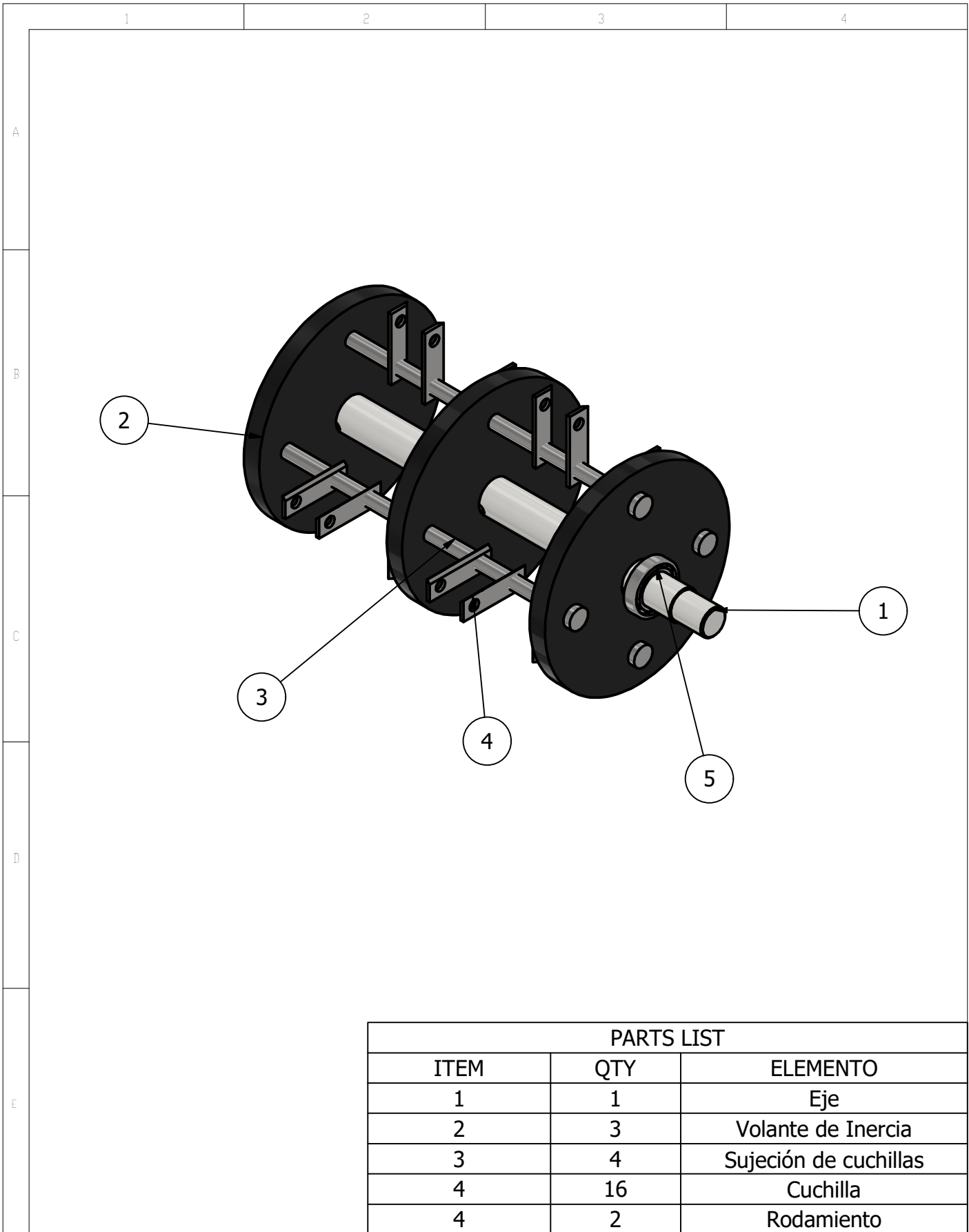
APÉNDICE E

Planos Mecánicos



Lista de Elementos		
ITEM	QTY	ELEMENTO
1	1	Trituradora
2	1	Base trituradora
3	2	Banda
4	1	Tapa de entrada
5	1	Tapa de salida
6	1	Criba

				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.				
				REV.				
				APROB.				
							NÚMERO DEL DIBUJO	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	



PARTS LIST		
ITEM	QTY	ELEMENTO
1	1	Eje
2	3	Volante de Inercia
3	4	Sujeción de cuchillas
4	16	Cuchilla
4	2	Rodamiento

				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES			
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		ESCALA
				DIB.					
				REV.					
				APROB.					
							NÚMERO DEL DIBUJO		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:		

1

2

3

4

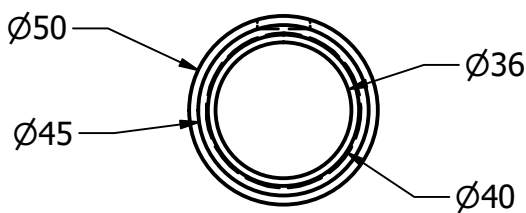
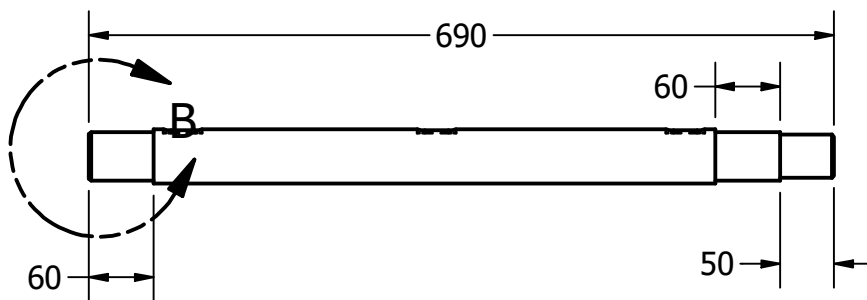
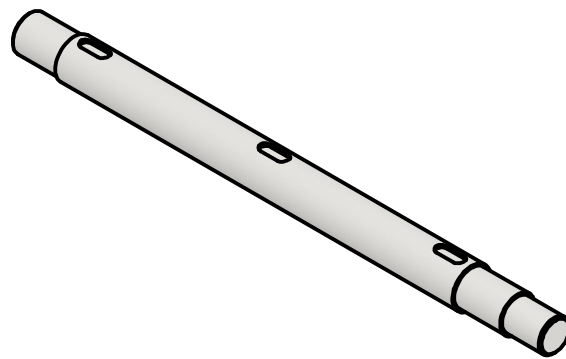
A

B

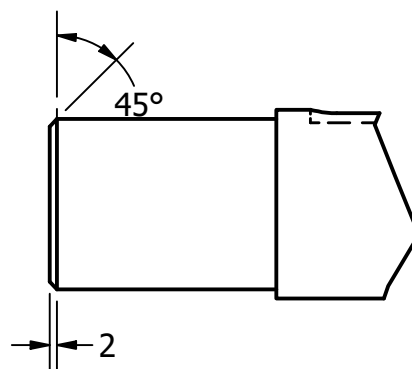
C

D

E

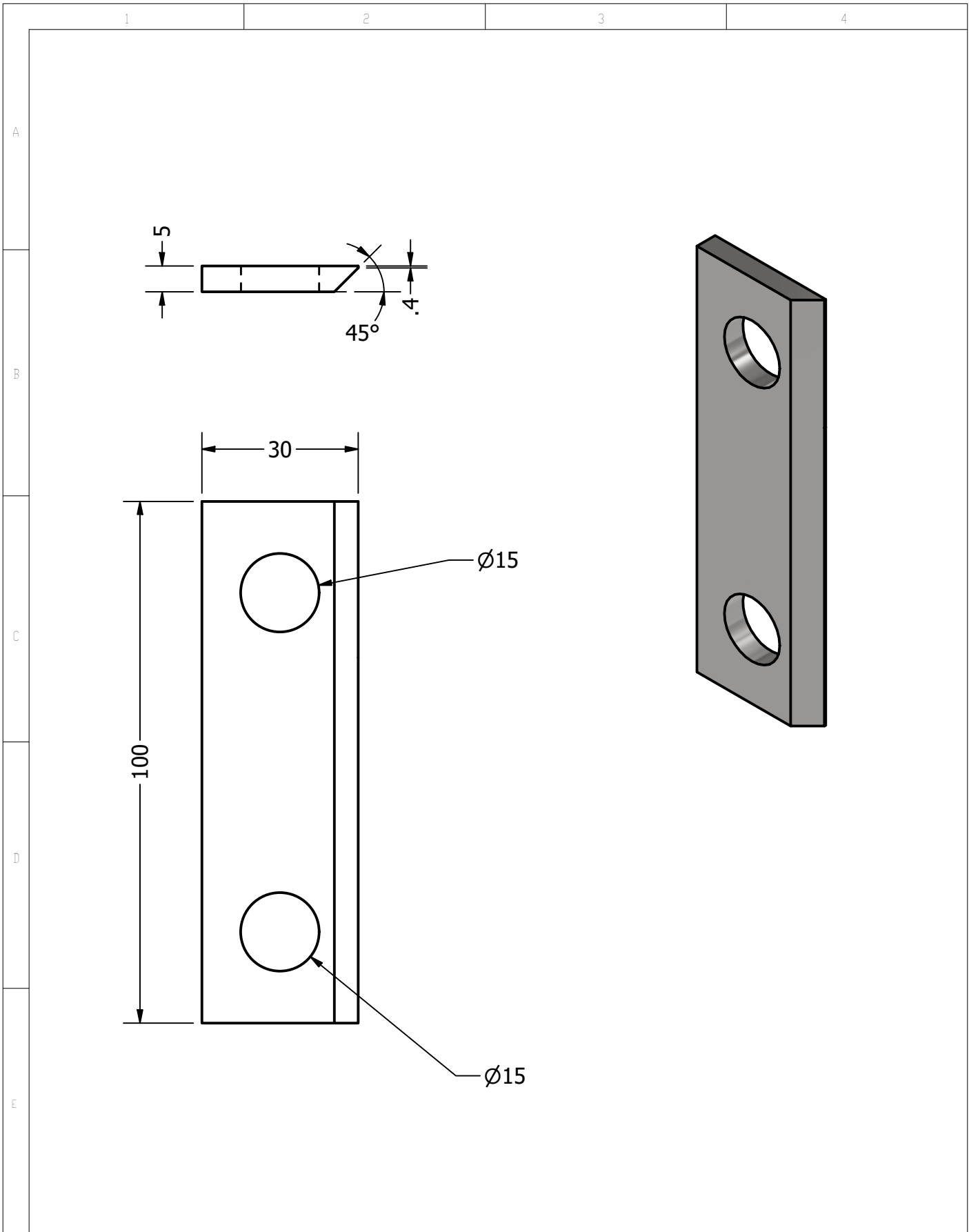


A (1:2)

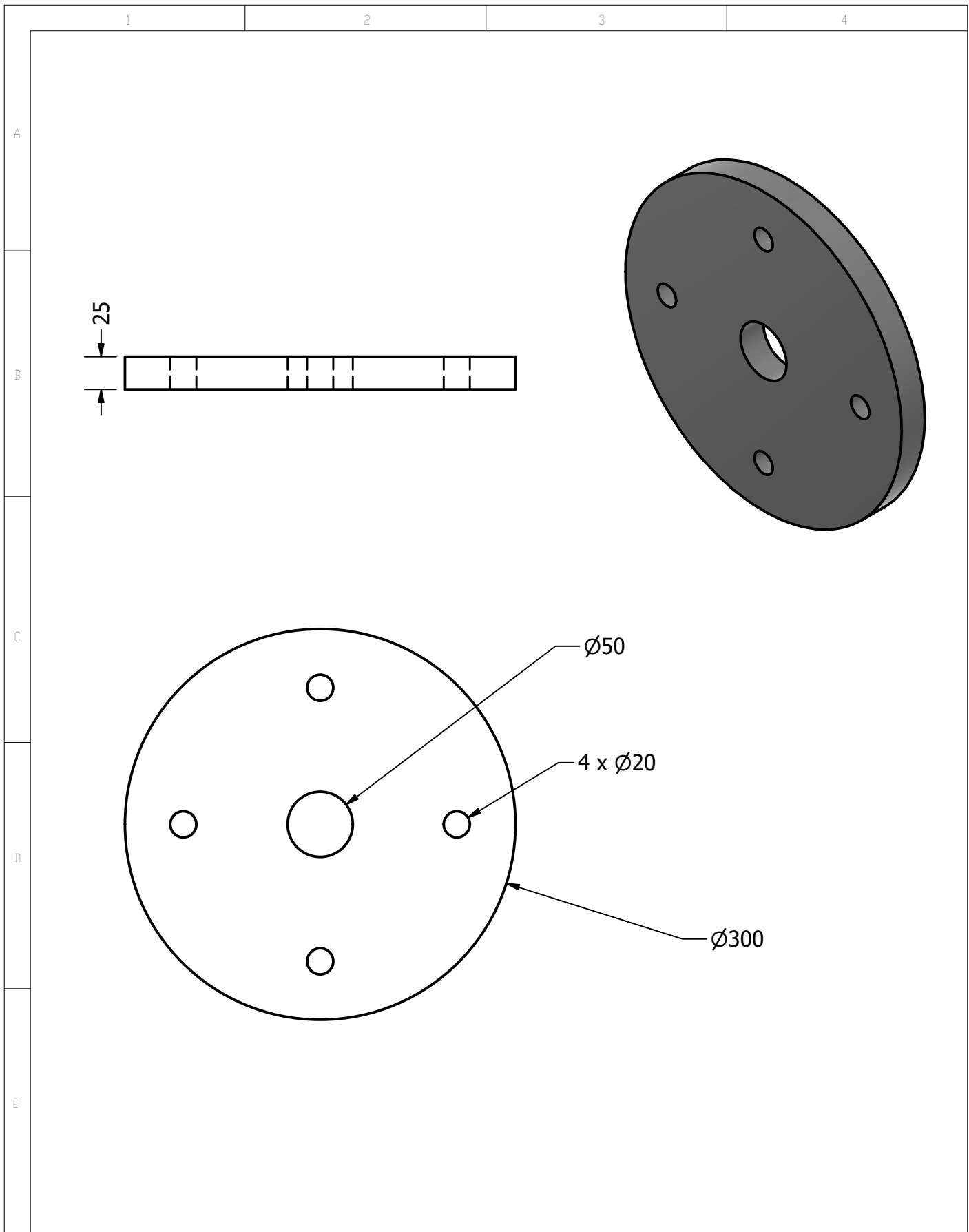


B (1:2)

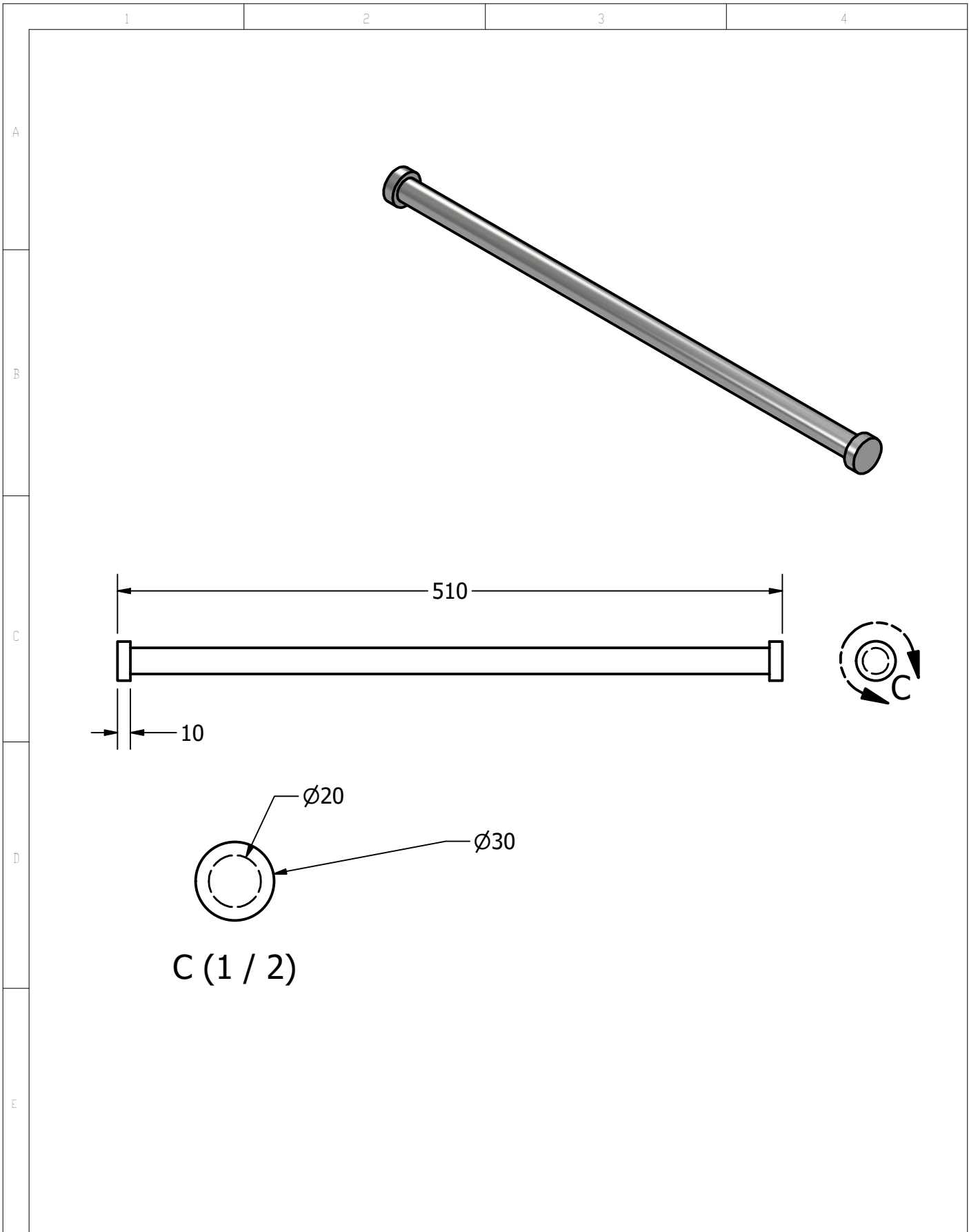
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.				
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					



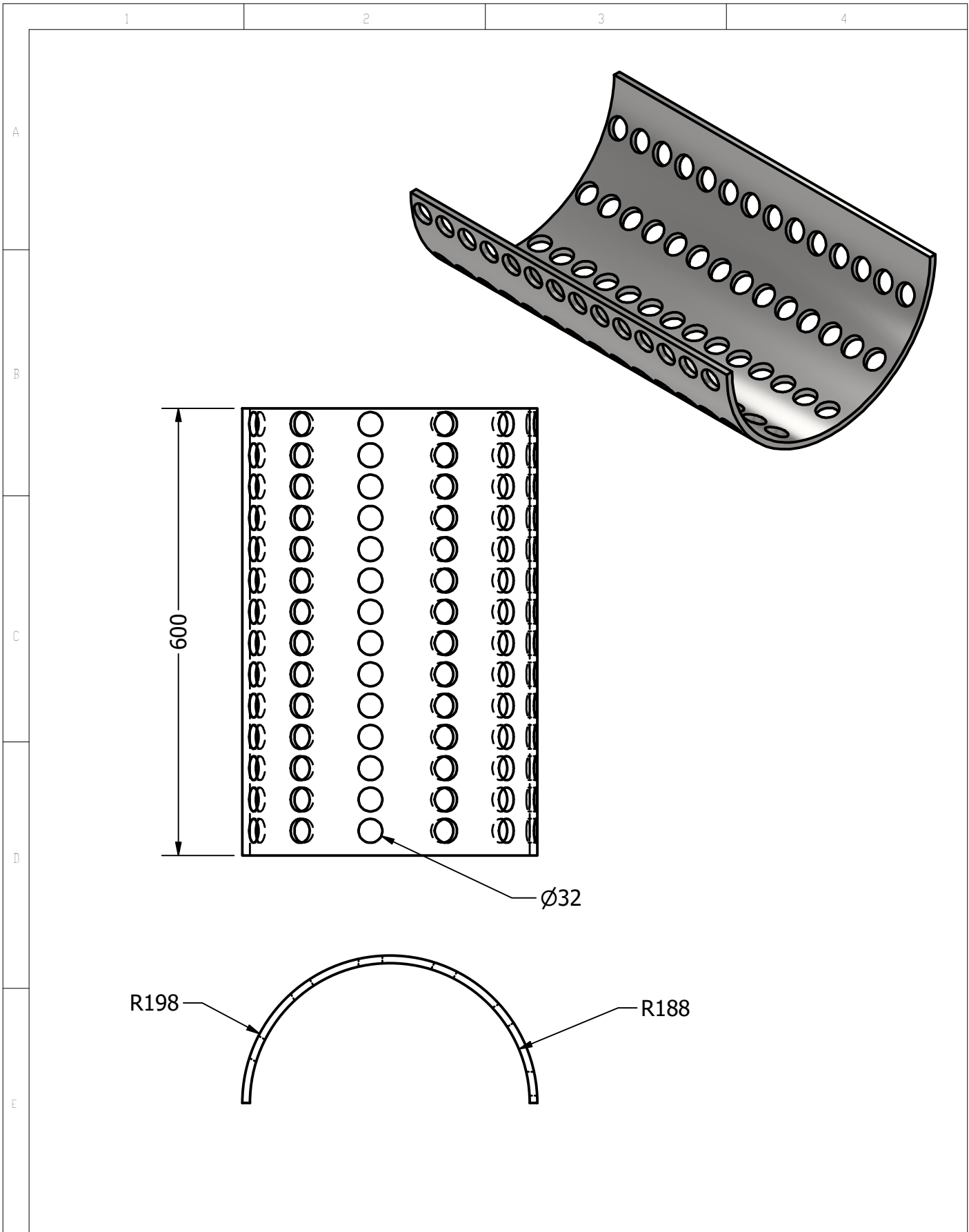
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304			
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		ESCALA
				DIB.					
				REV.					
				APROB.					
							NÚMERO DEL DIBUJO		
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:		



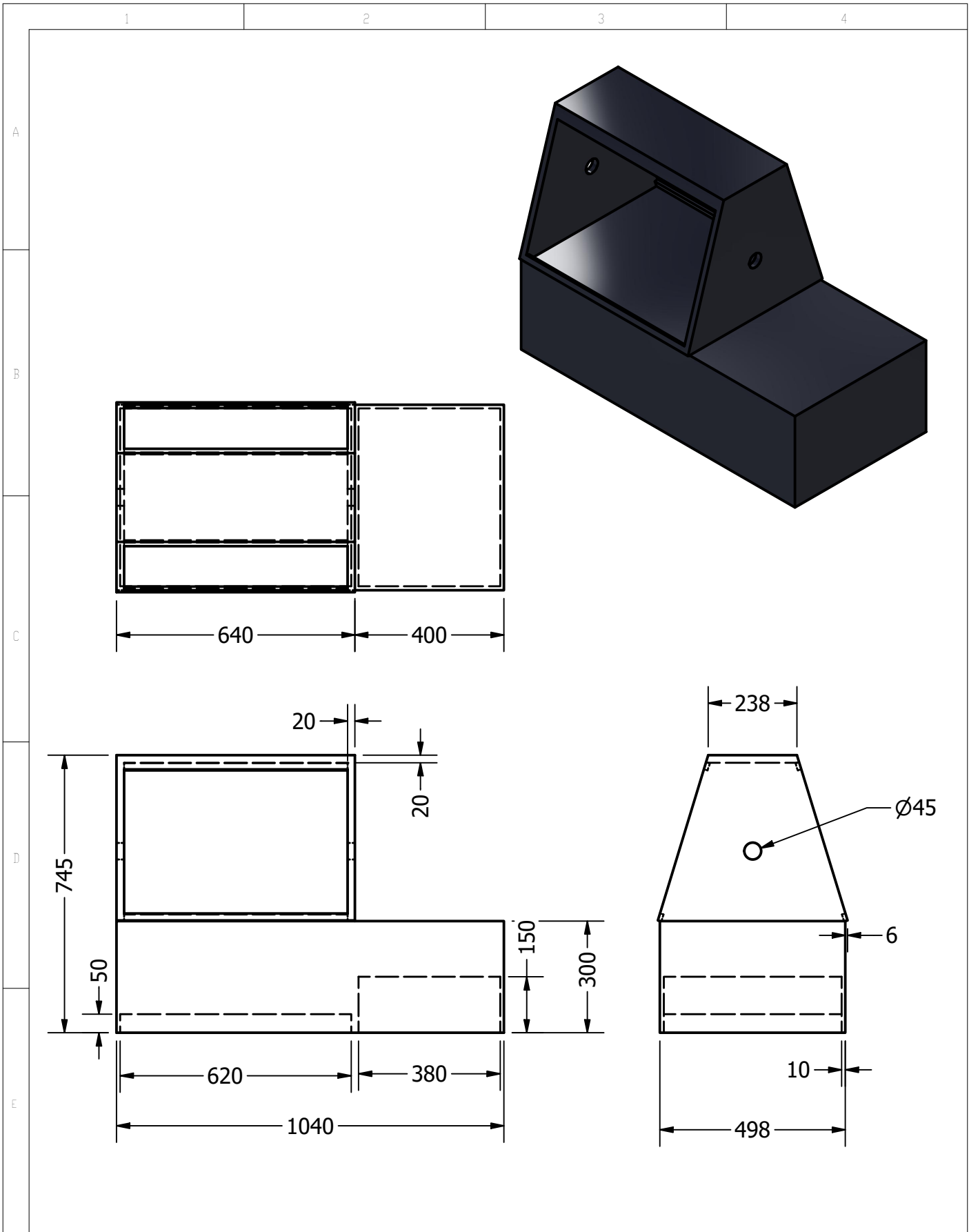
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Hierro fundido			
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		ESCALA
				DIB.					
				REV.					
				APROB.					
							NÚMERO DEL DIBUJO		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:		



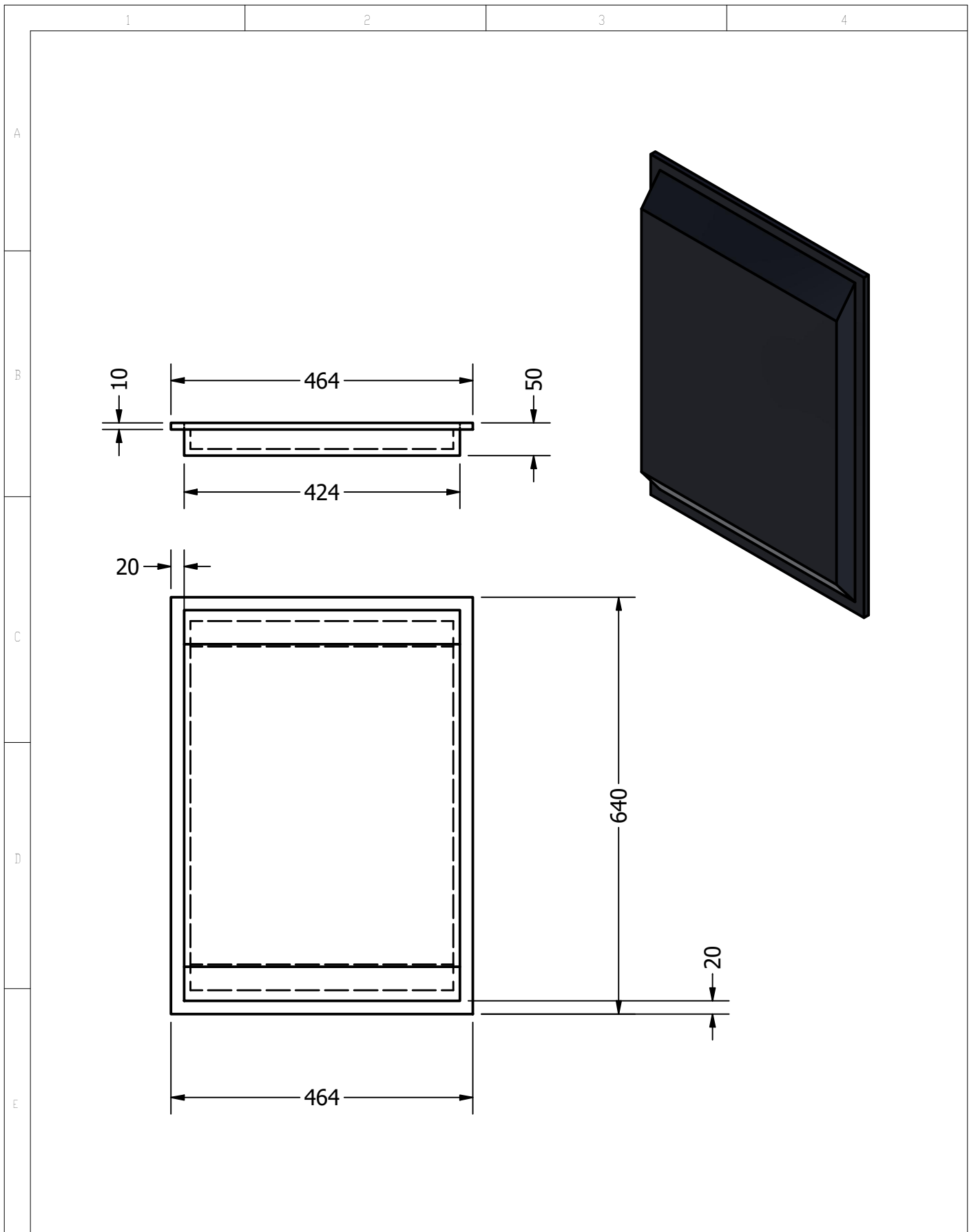
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304			
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		ESCALA
				DIB.					
				REV.					
				APROB.					
							NÚMERO DEL DIBUJO		
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:			



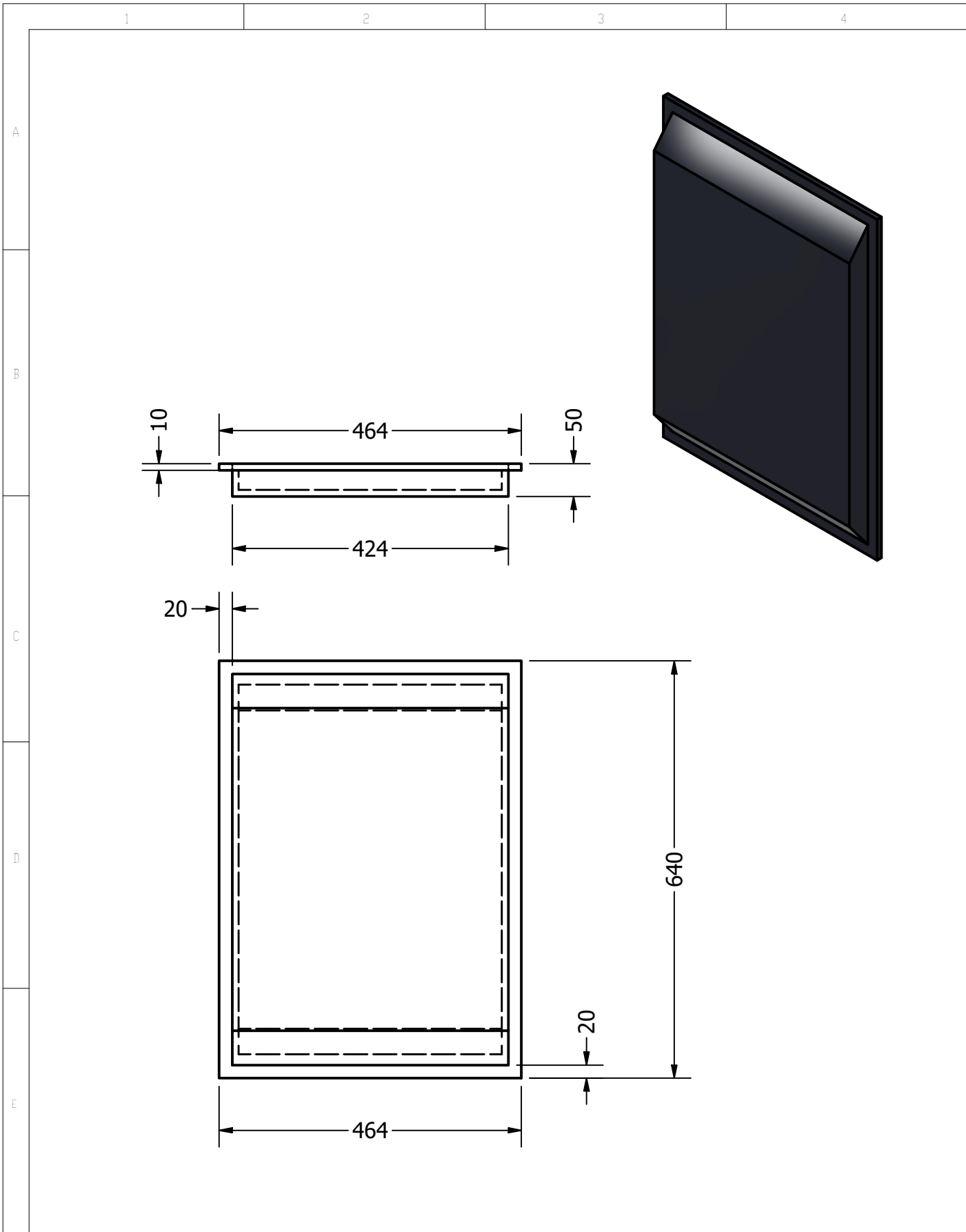
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.				
				REV.				
				APROB.				
							NÚMERO DEL DIBUJO	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	



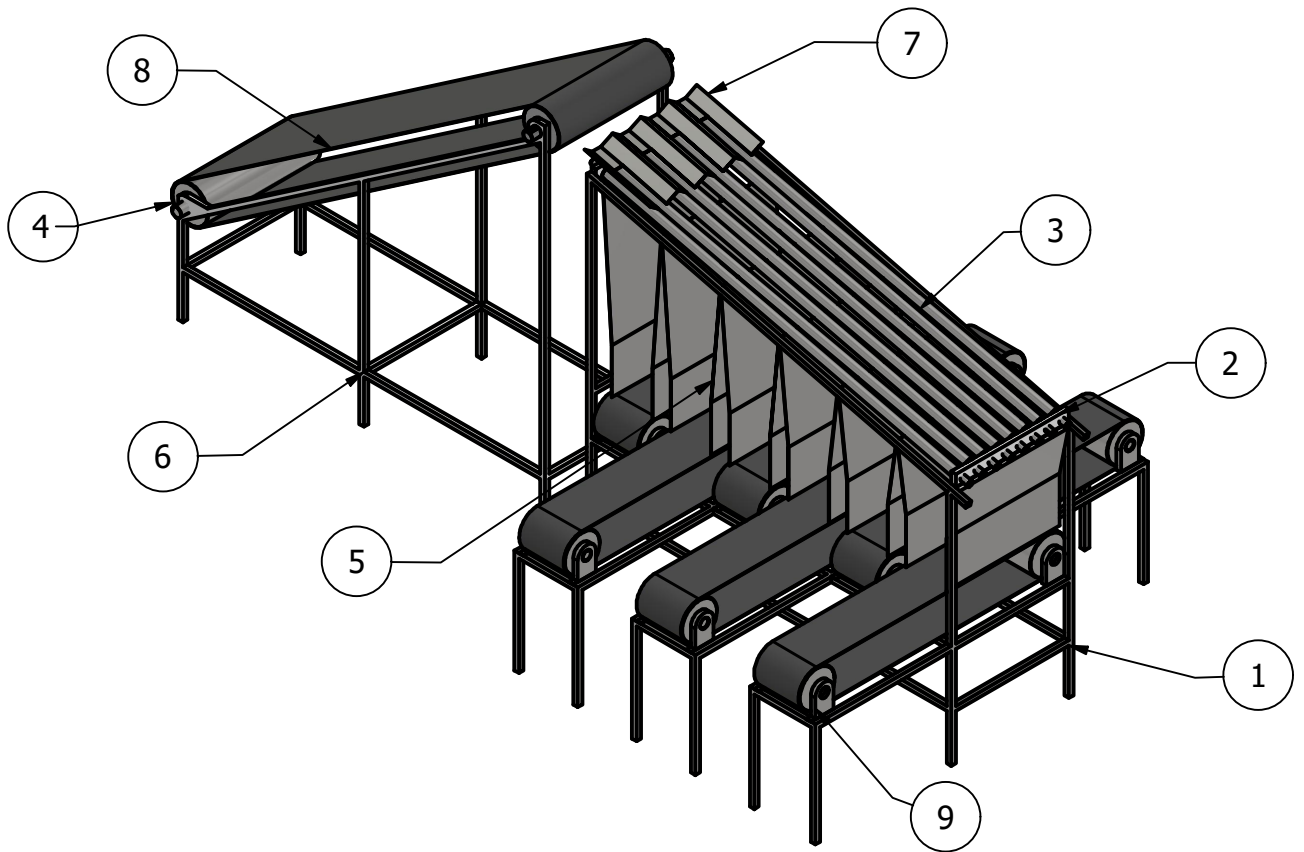
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN		ESCALA
				DIB.				
				REV.				
				APROB.				
						NÚMERO DEL DIBUJO		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:		



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02		PESO		MATERIALES Acero Inoxidable 304	
				FECHA		NOMBRE		DENOMINACIÓN	
				DIB.					
				REV.					
				APROB.					
						NÚMERO DEL DIBUJO			
						SUSTITUYE A:			
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						



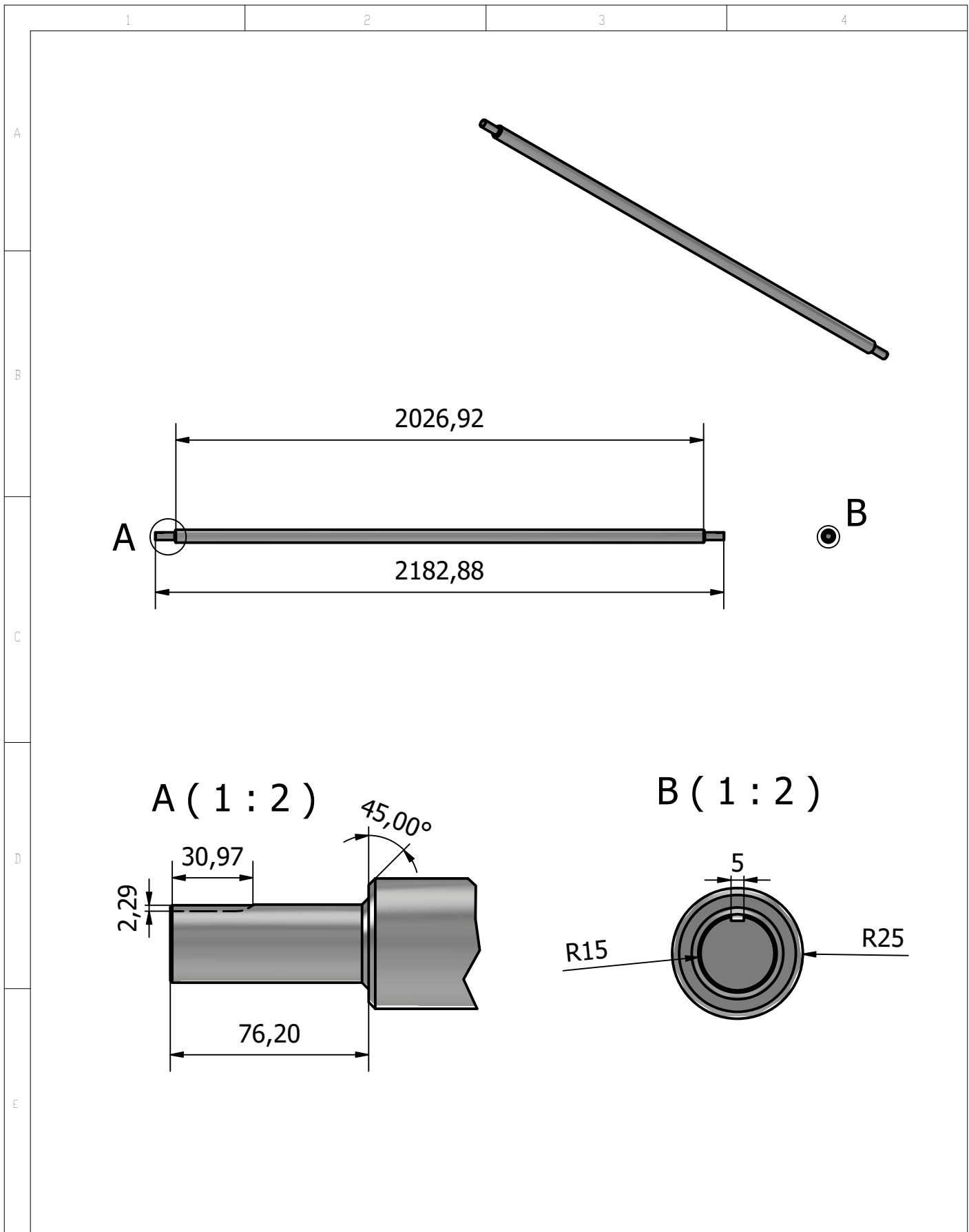
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA
				DIB.				
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE		SUSTITUYE A:			



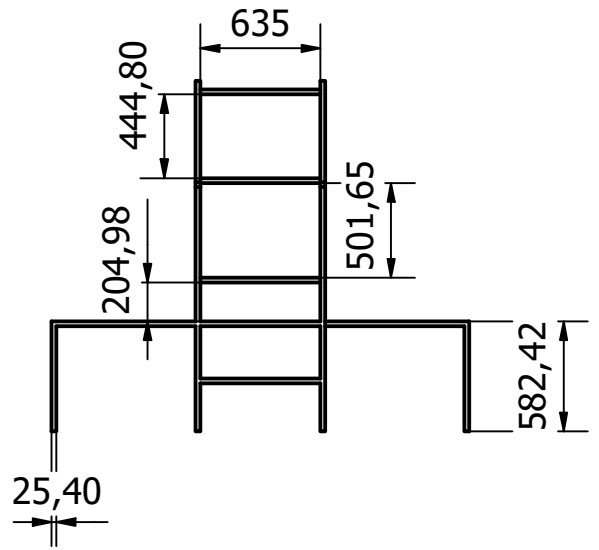
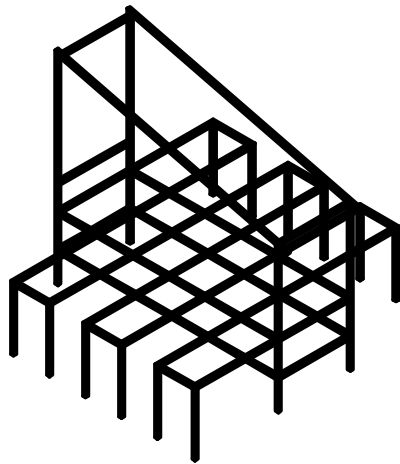
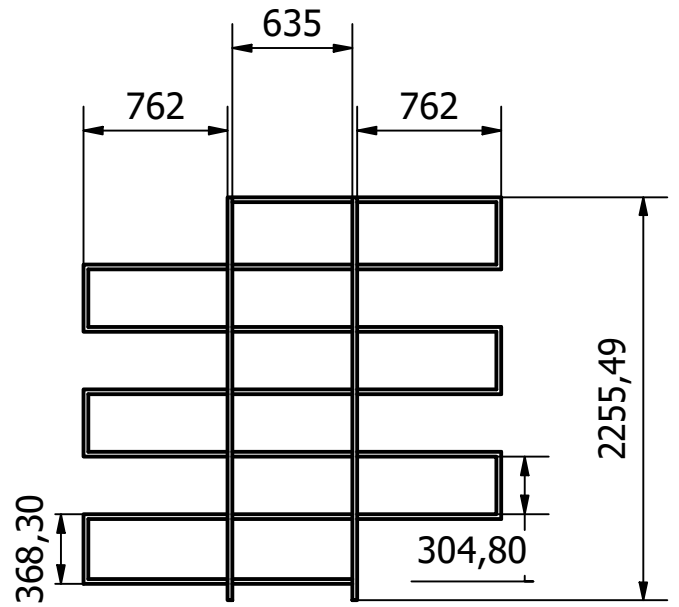
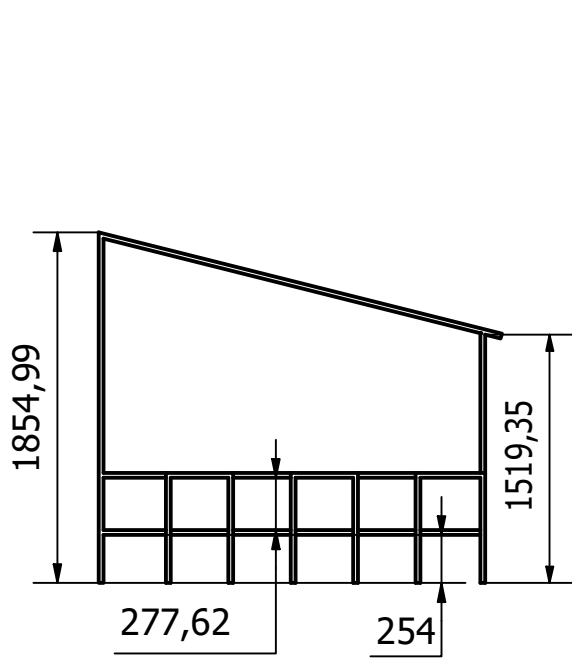
LISTA DE ELEMENTOS

ITEM	QTY	ELEMENTO
1	1	Base
2	1	Soporte de Rodillos
3	8	Rodillos
4	2	Ejes de Bandas
5	6	Tolvas
6	1	Base Banda Transportadora de entrada
7	1	Separador
8	7	Banda
9	24	Chumaceras

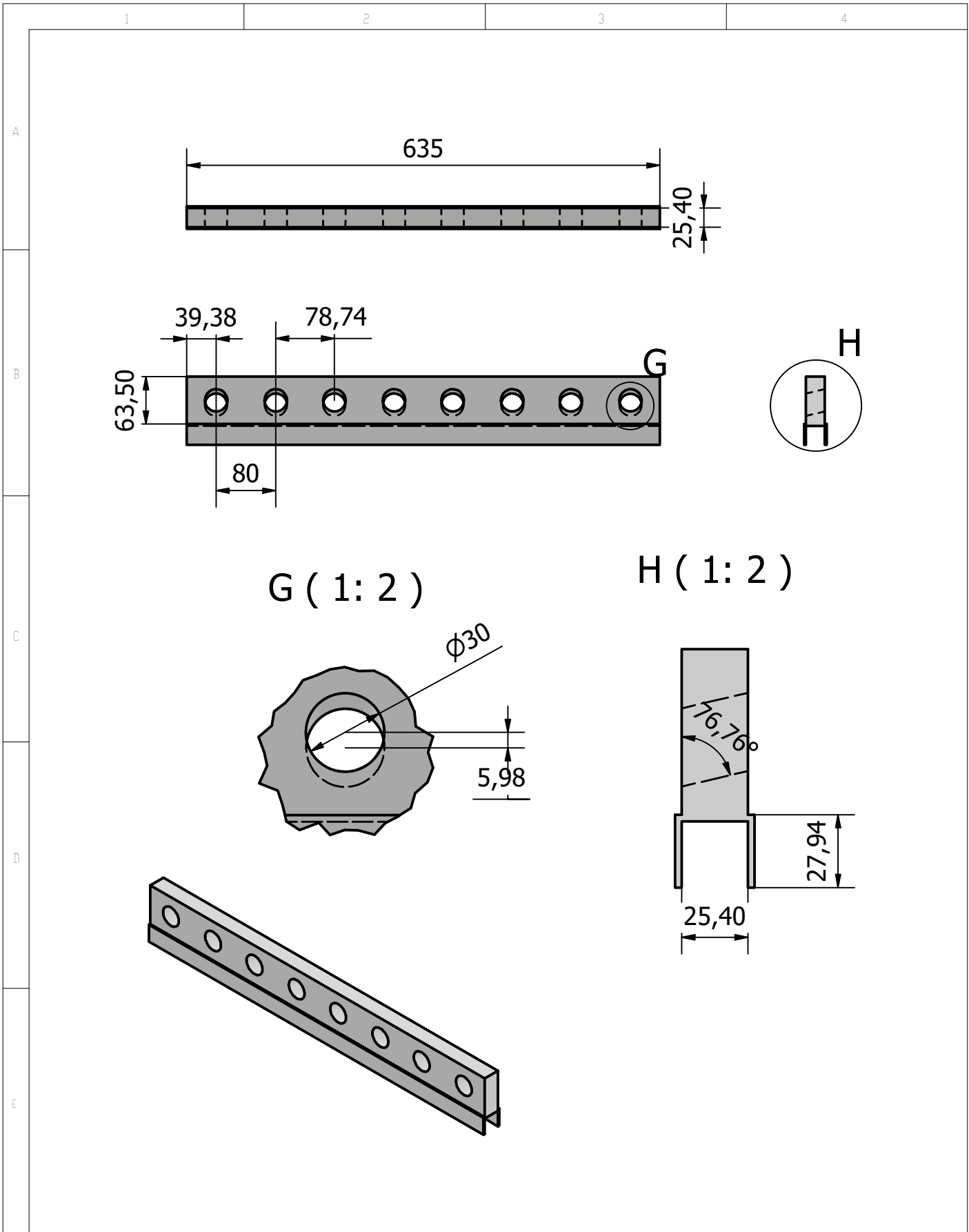
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: NF TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES		
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Clasificadora	ESCALA 1:30	
				DIB.	12/09/22			C. N. & M. M.
				REV.				
				APROB.				
						NÚMERO DEL DIBUJO 1/8		
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:		



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA 12/09/22	NOMBRE C. N. & M. M.	DENOMINACIÓN Rodillos de Clasificación	ESCALA 1:20
				DIB.				
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO 2/8	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	



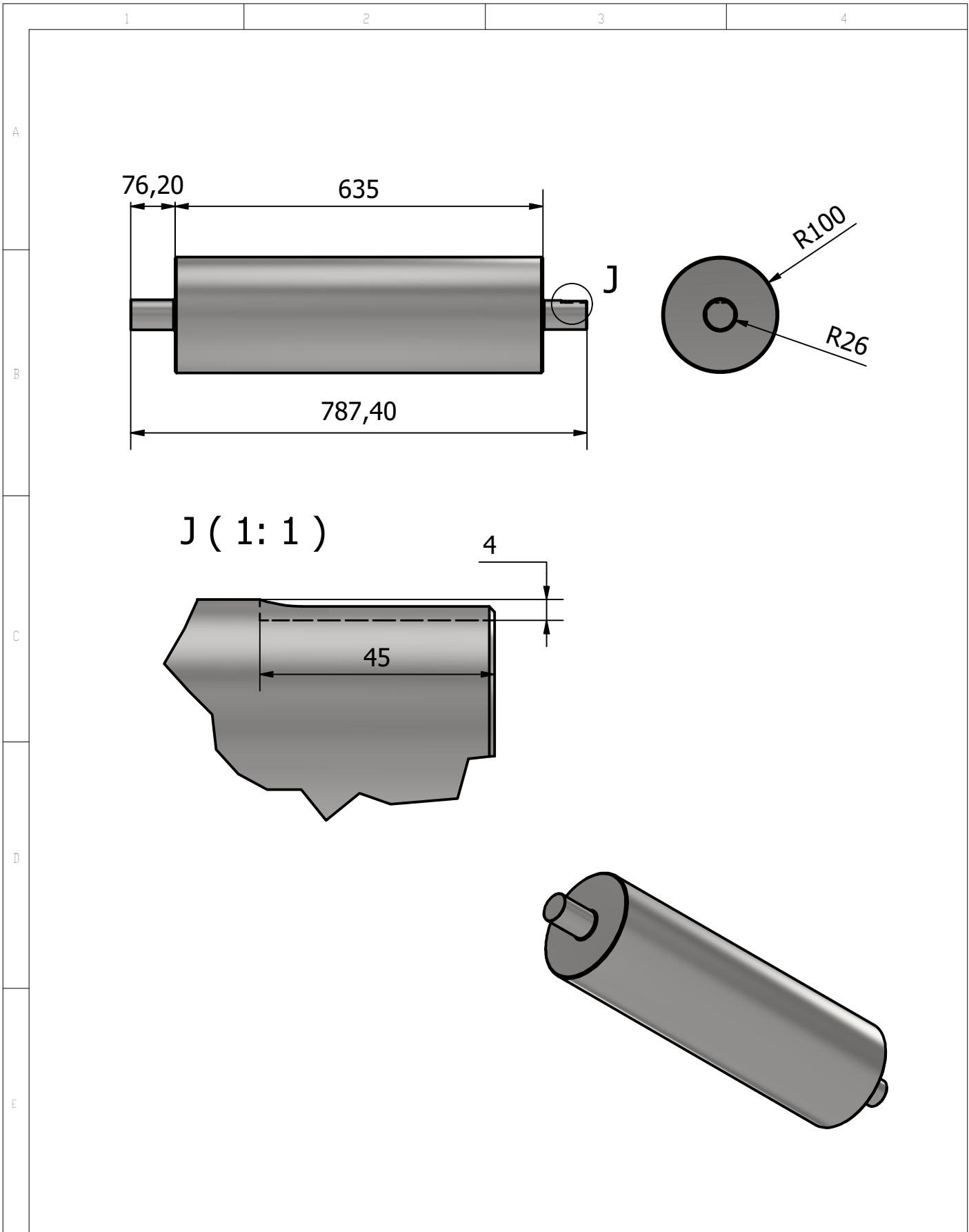
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N° TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Tubería Inoxidable 304	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Soporte Base Principal	ESCALA 1:40
			DIB.	12/09/22	C. N. & M. M.		
			REV.				
			APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO 3/8	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



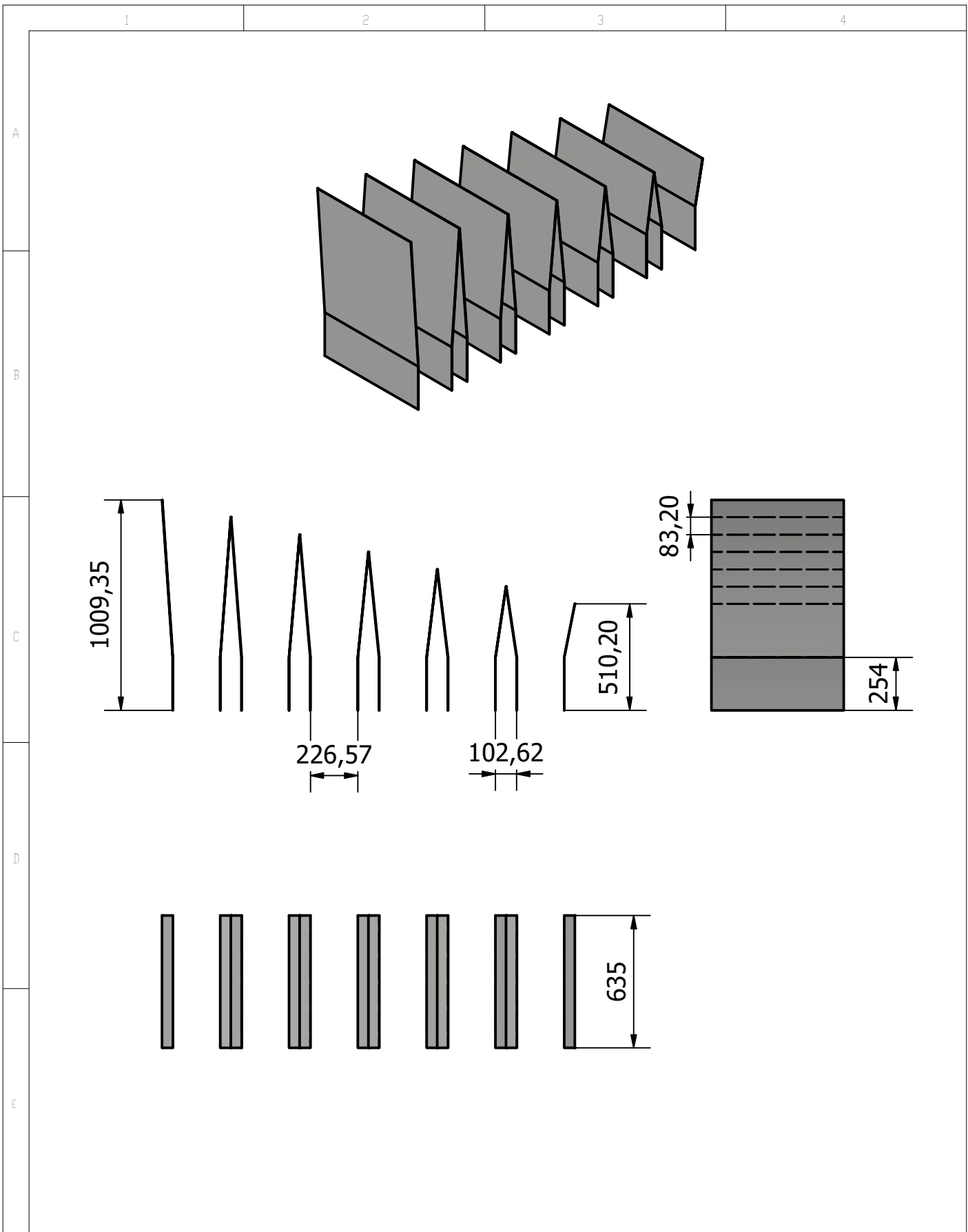
G (1 : 2)

H (1 : 2)

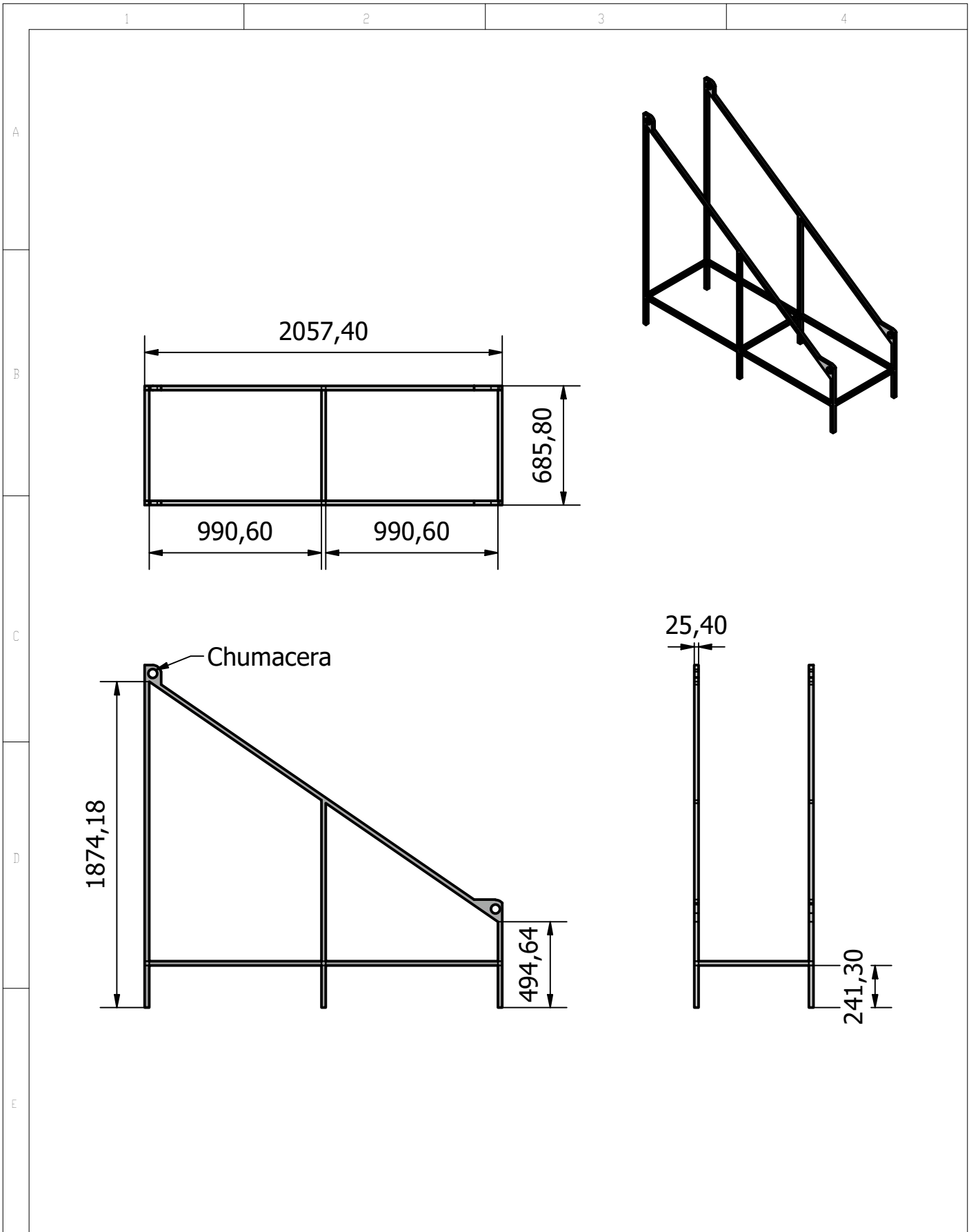
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: NF TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304	
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	
				DIB.	12/09/22	C. N. & M. M.	Soporte de Rodillos
				REV.			ESCALA 1:7
				APROB.			
						NÚMERO DEL DIBUJO 4/8	
EDI- CIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:	



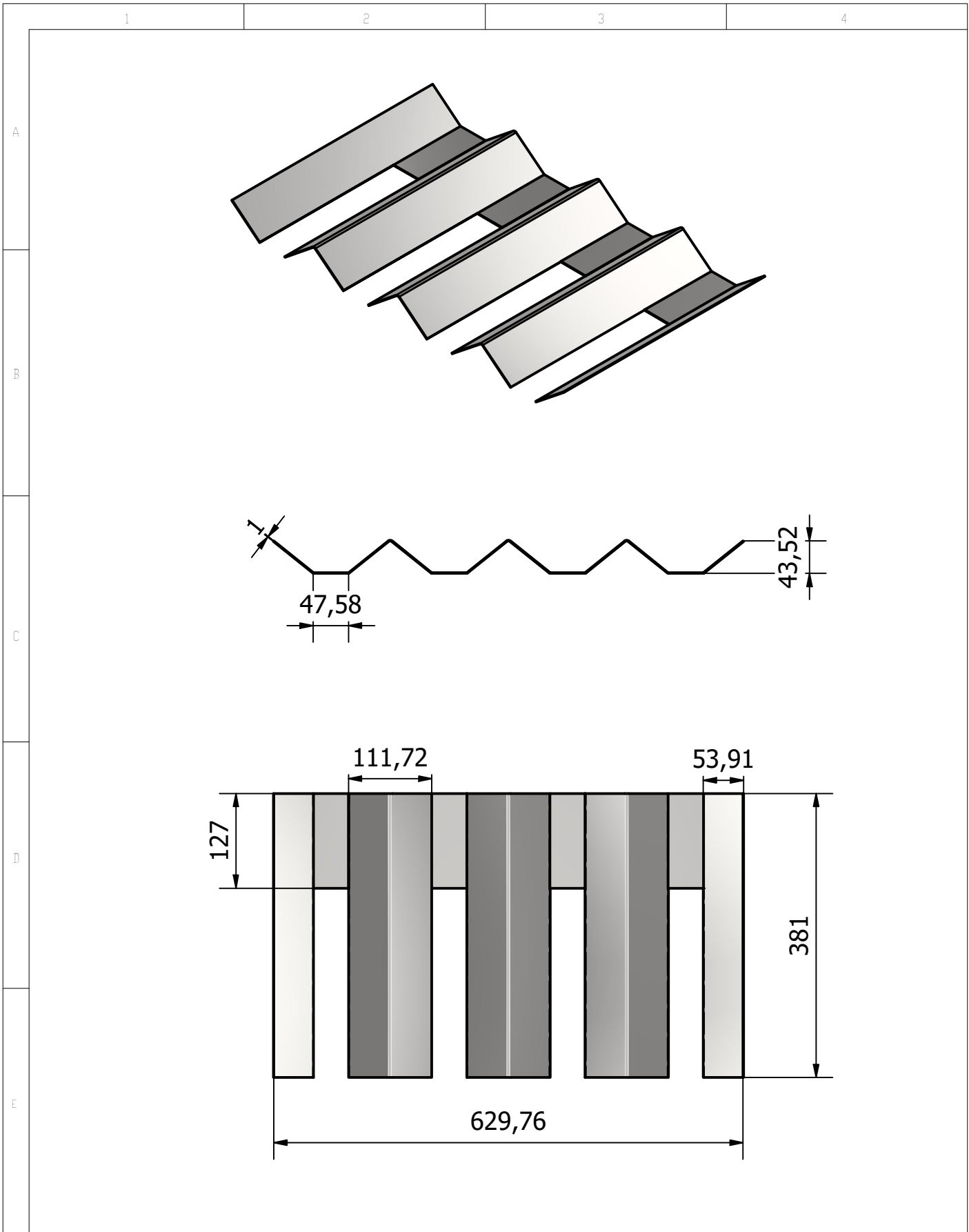
				TOLERANCIAS <small>SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02</small>		PESO		MATERIALES	
								Acero Inoxidable 304	
				FECHA		NOMBRE		DENOMINACIÓN	
				12/09/22		C. N. & M. M.		Eje para Bandas	
				DIB.		REV.		APROB.	
								NÚMERO DEL DIBUJO	
								5/8	
								SUSTITUYE A:	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						



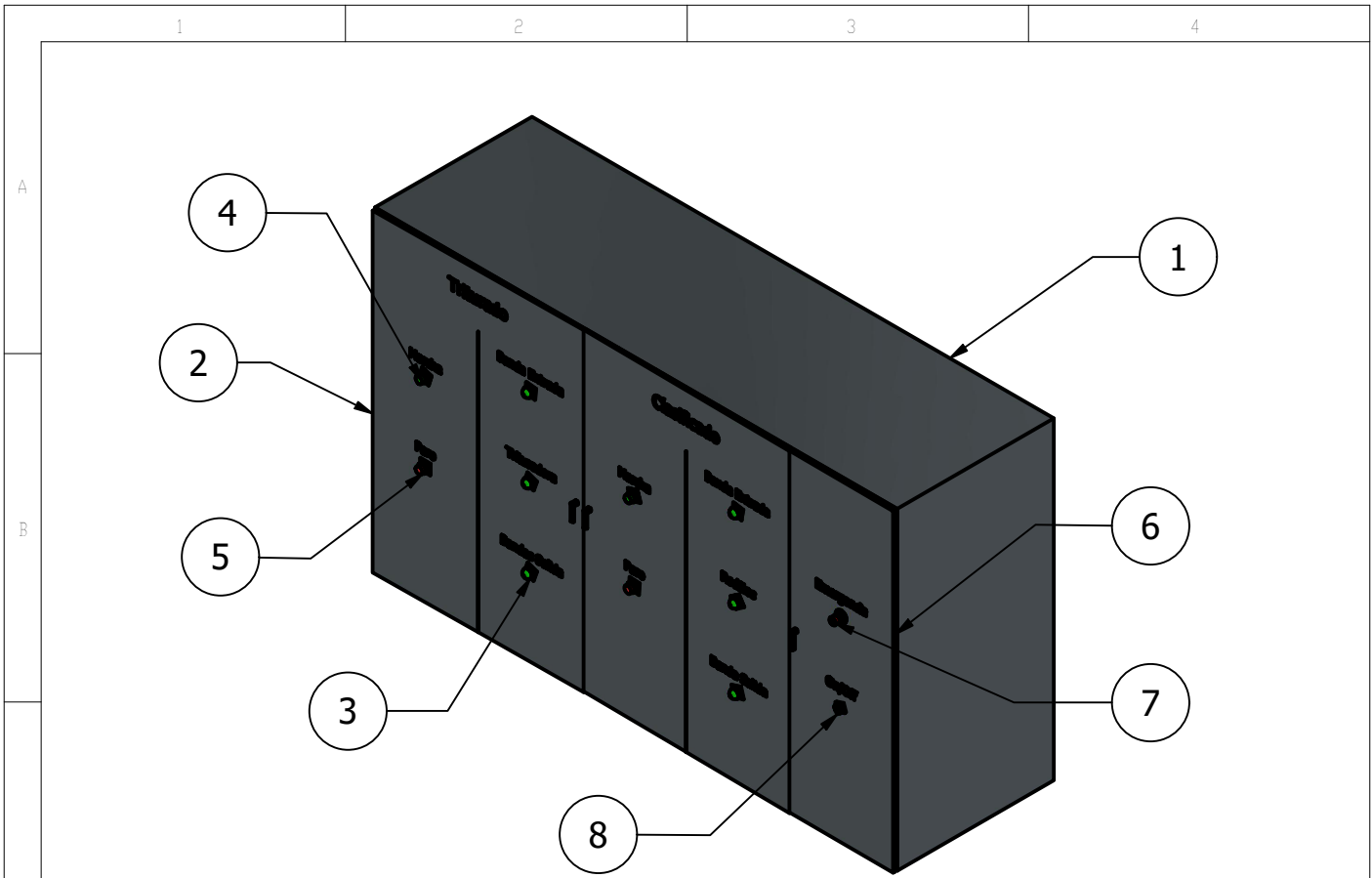
				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA 12/09/22	NOMBRE C. N. & M. M.	DENOMINACIÓN Tolvas de Clasificación	ESCALA 1:25
				DIB.				
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO 6/8	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Tubería Inoxidable 304		
					FECHA 12/09/22	NOMBRE C. N. & M. M.	DENOMINACIÓN Base de Banda Transportadora	ESCALA 1:30
				DIB.				
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO 7/8	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE				SUSTITUYE A:	

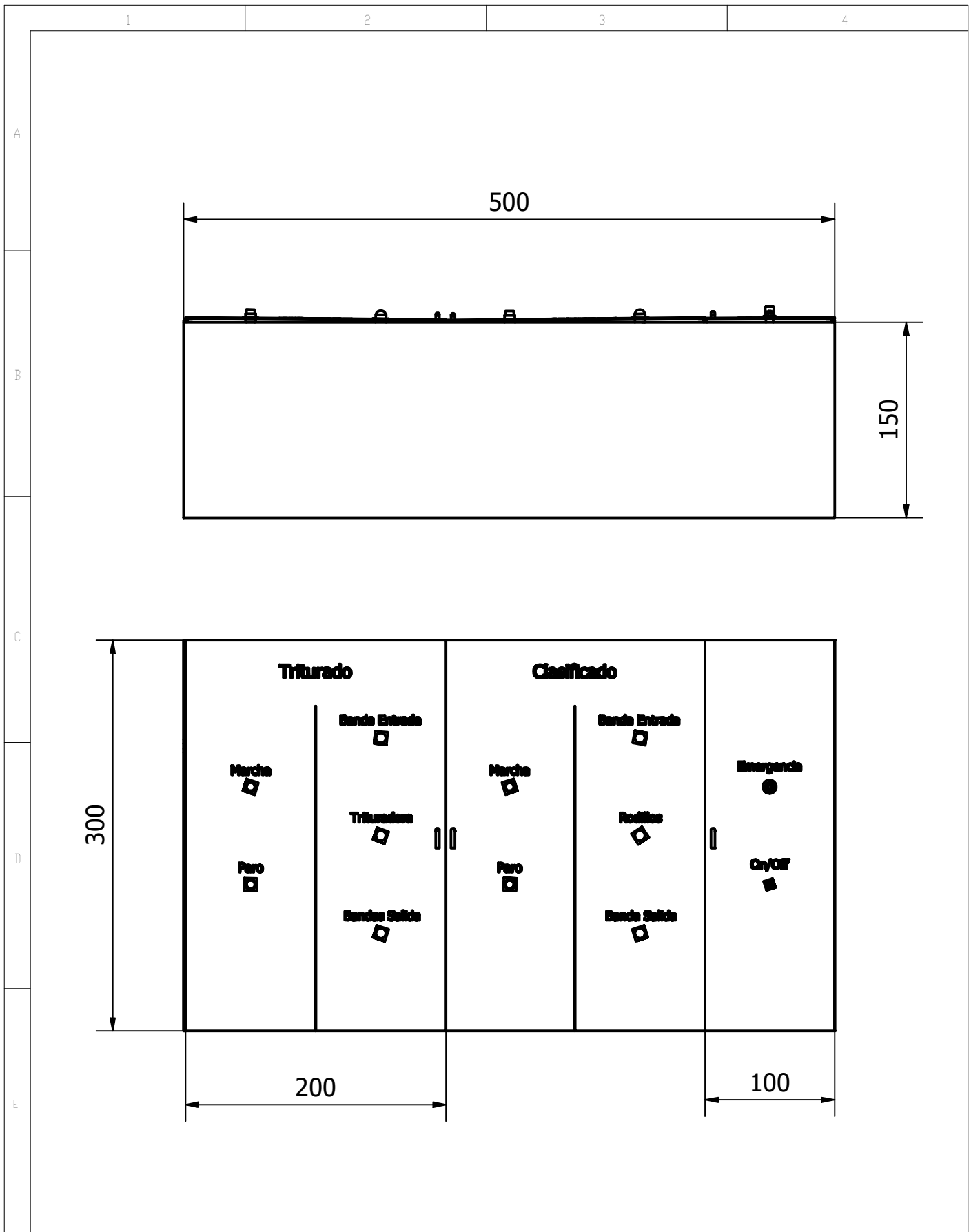


				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0,02 ANGULAR: 0,02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304			
					FECHA 12/09/22	NOMBRE C. N. & M. M.	DENOMINACIÓN Separador de Corteza		ESCALA 1:7
				DIB.			NÚMERO DEL DIBUJO 8/8		
				REV.			SUSTITUYE A:		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE						



LISTA DE ELEMENTOS		
ITEM	QTY	ELEMENTO
1	1	Case
2	3	Puerta
3	6	Luces Indicadoras
4	2	Pulsador de Marcha
5	2	Pulsador de Paro
6	6	Bisagra
7	1	Pulsador de Emergencia
8	1	Interruptor de Llave

				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES		
				FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN	ESCALA	
				DIB.	12/09/22	C. N. & M. M.	Tablero de Control	1:50
				REV.				
				APROB.				
						NÚMERO DEL DIBUJO		
						1/2		
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			SUSTITUYE A:		



				TOLERANCIAS SI NO SE INDICA LO CONTRARIO LAS COTAS SE EXPRESAN EN MILIMETROS ACABADO SUPERFICIAL: N7 TOLERANCIAS: LINEAL: 0.02 ANGULAR: 0.02	PESO	MATERIALES Acero Inoxidable 304		
					FECHA	NOMBRE	DENOMINACIÓN Tablero de Control	ESCALA 1:40
				DIB.	12/09/22	C. N. & M. M.		
				REV.				
				APROB.			NÚMERO DEL DIBUJO 2/2	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE					