



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**PROYECTO TÉCNICO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

TEMA:

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LAMINADORA DE SOBREMESA CON
CAPACIDAD DE 10 KG PARA LA PRODUCCIÓN DE FILMS
BIODEGRADABLES, MEDIANTE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO
PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECÁNICA.”**

AUTOR: Wilmer Vidal Chicaiza Lema

TUTOR: Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui

AMBATO – ECUADOR

Septiembre - 2021

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor del Proyecto Técnico, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico, con el tema “**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LAMINADORA DE SOBREMESA CON CAPACIDAD DE 10 KG PARA LA PRODUCCIÓN DE FILMS BIODEGRADABLES, MEDIANTE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**”, elaborado por el Sr. Wilmer Vidal Chicaiza Lema portador de la cédula de ciudadanía: C.I. 180457419-0, estudiante de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

Certifico:

- Que el presente Proyecto Técnico es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos componentes.
- Esta concluido en su totalidad.

Ambato, Septiembre 2021

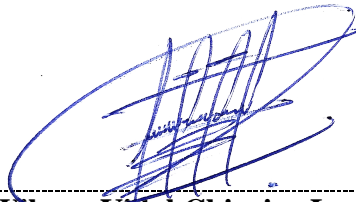
Ing. Mg. Jorge Enrique López Velástegui

TUTOR

AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN

Yo, **Wilmer Vidal Chicaiza Lema**, con C.I. 1804574190 declaro que todas las actividades y contenidos expuestos en el presente Proyecto Técnico con el tema **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LAMINADORA DE SOBREMESA CON CAPACIDAD DE 10 KG PARA LA PRODUCCIÓN DE FILMS BIODEGRADABLES, MEDIANTE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA”**, así como también los contenidos, ideas, diseño, resultados, conclusiones y recomendaciones son de mi exclusiva responsabilidad como autor del proyecto, a excepción de las referencias bibliográficas citadas en el mismo.

Ambato, Septiembre 2021



Wilmer Vidal Chicaiza Lema

C.I. 180457419-0

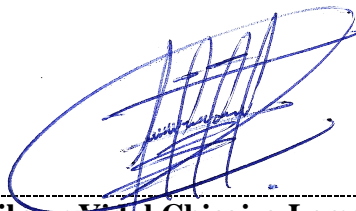
AUTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este Proyecto Técnico o parte de él, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi Proyecto Técnico, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este documento dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

Ambato, Septiembre 2021



Wilmer Vidal Chicaiza Lema

C.I. 180457419-0

AUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Proyecto Técnico, realizado por el estudiante Wilmer Vidal Chicaiza Lema de la Carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LAMINADORA DE SOBREMESA CON CAPACIDAD DE 10 KG PARA LA PRODUCCIÓN DE FILMS BIODEGRADABLES, MEDIANTE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA.”**.

Ambato, Septiembre 2021

Para constancia firma:

Ing. Mg. Cesar Hernán Arroba Arroba

Miembro Calificador

Ing. Mg. Oscar Iván Analuiza Maiza

Miembro Calificador

DEDICATORIA

Después de recorrer un largo camino lleno de retos y experiencias, el presente trabajo está dedicado a mis padres María Lema y Rosalino Chicaiza que son mi mayor impulso en la vida.

Invaluable son los valores y enseñanzas de superación que fomentaron en mí, para no rendirme y continuar por un sueño ya no solo mío, también de ellos.

A mis hermanos Bertha, Doris y Ángel por su constante apoyo y motivación en tiempos difíciles.

Nadie está preparado para algo nuevo en la vida, pero Dios me dio la bendición de tener una gran familia.

A todas las personas que se han presentado en mi vida universitaria que se convirtieron en más que amigos, hermanos.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la bendición, las fuerzas y la dicha de vivir una de las mejores etapas de mi vida.

A mi tutor el Ing. Mg. Jorge López por su ayuda, paciencia y orientación para elaborar el presente proyecto, convirtiéndose en una guía y ejemplo a seguir para mí.

A mi profesora de primaria Lic. Susana Mayorga que con cariño y firmeza estuvo presente en el inicio de mi camino como estudiante.

Agradezco a toda mi familia y amigos que estuvieron presentes en este recorrido.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN	ii
AUTORIA DE LA INVESTIGACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	viii
ÍNDICE DE IMÁGENES	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN.....	xviii
ABSTRACT.....	xix
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 Tema de investigación.....	1
1.2 Antecedentes	1
1.3 Justificación.....	3
1.4 Objetivos	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	5
1.5 Fundamentación teórica	5
1.5.1 Polímeros	5
1.5.2 Clasificación de los polímeros	6
1.5.3 Polímeros Biodegradables.....	8
1.5.4 Manufactura de polímeros.....	10

1.5.5	Procesos de manufactura para polímeros termoplásticos.....	10
1.5.6	Procesos de manufactura para polímeros termoestables.....	11
1.5.7	Procesos de conformado del plástico	12
1.5.8	Laminado o Calandrado de films	14
1.5.9	Extrusión y Laminado	16
1.6	Proceso de diseño.....	19
1.6.1	Determinación del modelo	20
1.6.2	Diseño o dibujo	20
1.6.3	Elaboración de prototipos	20
1.6.4	Ensayos	20
1.6.5	Documentación	20
1.6.6	Fabricación.....	21
1.7	Sistema CAD.....	21
1.7.1	Simulación	21
1.8	Almidón como materia prima	22
1.8.1	Propiedades de los films a base de almidón.....	23
1.9	Obtención del almidón	24
1.9.1	Harina de plátano	24
1.9.2	Almidón de patata	25
1.10	Laminadora de masa	30
1.10.1	Laminadora de mesa	30
1.10.2	Laminadora de sobremesa.....	30
1.10.3	Laminadora de pastelería	31
	CAPITULO II	32
	METODOLOGÍA	32
2.1	Tipo de investigación	32
2.2	Plan de recolección de información	32

2.3 Materiales	33
2.3.1 Procesos	38
CAPITULO III.....	41
3.1 Selección de alternativas	41
3.2 Selección de materia prima del almidón	41
3.3 Selección de equipo de laminación	46
3.4 Cálculos de diseño de una laminadora de sobremesa	52
3.4.1 Parámetros de diseño.....	53
3.4.2 Capacidad de producción	53
3.4.3 Espesor del film.....	53
3.4.4 Diámetros de rodillos	54
3.4.5 Longitud del rodillo	54
3.4.6 Fuerza de carga en el rodillo	54
3.4.7 Potencia requerida.....	55
3.4.8 Banda transportadora	58
3.4.9 Velocidad	58
3.4.10 Capacidad.....	59
3.4.11 Fuerza requerida para el movimiento en vacío de la banda	60
3.4.12 Fuerza requerida para el movimiento con carga de la banda	62
3.4.13 Sistema de transmisión de movimiento.....	65
3.4.14 Análisis de fuerzas y momentos en el eje central del rodillo	75
3.4.15 Diseño estático en el eje central del rodillo	80
3.4.16 Diseño dinámico en el eje central del rodillo.....	82
3.4.17 Selección de rodamientos (Chumacera).....	87
3.5 Simulación del análisis térmico en el rodillo de laminación.....	89
3.6 Análisis térmico en el film	96
3.7 Presupuesto	100

3.7.1 Costos directos	101
3.7.2 Costos indirectos	105
3.7.3 Coste total del proyecto.....	106
3.8 Manual de operación y mantenimiento	106
3.9 Especificaciones técnicas	108
CAPITULO IV.....	109
4.1 Conclusiones	109
4.2 Recomendaciones.....	111
MATERIALES DE REFERENCIA	112
Bibliografía	112
ANEXOS	118

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1.1 Polímeros sintéticos.....	6
Figura 1.2 Proceso de extrusión.....	10
Figura 1.3 Proceso de inyección.....	11
Figura 1.4 Embutido profundo.....	13
Figura 1.5 Proceso de laminado.....	13
Figura 1.6 Proceso de forjado.....	14
Figura 1.7 Proceso de extrusión y laminado.....	17
Figura 1.8 Laminado de poliéster metalizado.....	18
Figura 1.9 Proceso de diseño.....	19
Figura 1.10 Almidón en los plátano.....	24
Figura 1.11 Almidón de patata.....	26
Figura 1.12 Diagrama de flujo obtención de almidón de patata.....	26
Figura 1.13 Diagrama de flujo para la elaboración de películas biodegradables.....	27
Figura 1.14 Almidón de yuca.....	29
Figura 1.15 Laminadora de mesa.....	30
Figura 1.16 Laminadora de sobremesa.....	31
Figura 1.17 Laminadora de pastelería.....	31
Figura 2.1 Banda de polivinilo con recubrimiento de poliéster.....	36
Figura 2.2 Diagrama de flujo del proyecto.....	38
Figura 3.1. Proceso de producción de films biodegradables.....	51

Figura 3.2 Laminadora de sobremesa para la elaboración de films biodegradables..	52
Figura 3.3 Paso de la mezcla a través del rodillo	55
Figura 3.4 Plano de la fuerza aplicada para la laminación.....	56
Figura 3.5 Área transversal del film sobre la banda.....	59
Figura 3.6 Catálogo de motor limpia parabrisas BOSCH.....	64
Figura 3.7 Rodillos de laminación y sistema de transmisión.....	65
Figura 3.8 Trayectoria cadena entre rueda motriz-conducida.....	67
Figura 3.9 Sistema cadena rodillo a rodillo	68
Figura 3.10 Sistema de transmisión	69
Figura 3.11 DCL catalinas y cadenas.....	70
Figura 3.12 Catálogo de engranajes/rueda de cadena	72
Figura 3.13 Diagrama de fuerzas en el engranaje	72
Figura 3.14 Catálogo de engranajes CONTRANSA.	73
Figura 3.15 Engranaje de transmisión.....	74
Figura 3.16 Diagrama rodillo plano x-y.....	76
Figura 3.17 Diagrama rodillo plano x-z.....	76
Figura 3.18 Análisis de cargas en el plano x-y	76
Figura 3.19. Fuerza cortante y momento flector plano XY.	77
Figura 3.20 Fuerza cortante y momento flector plano XZ.....	78
Figura 3.21 Fuerza cortante y momento flector plano XZ.....	79
Figura 3.22 Teoría de energía por ED y ECM.	82

Figura 3.23 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión.....	84
Figura 3.24 Factor de confiabilidad Ke	84
Figura 3.25 Gráfica Goodman modificado	85
Figura 3.26 Diagrama para el análisis rodillo de laminación.....	89
Figura 3.27 Mallado del modelo	89
Figura 3.28 Cantidad de elementos ortogonales respecto a la calidad de la malla	90
Figura 3.29 Cantidad de elementos oblicuos respecto a la calidad de la malla.	90
Figura 3.30 Análisis térmico en la resistencia y aceite dieléctrico	94
Figura 3.31 Porcentaje de error $T. \text{ calculada} - T. \text{ software}$	95
Figura 3.32 Mallado en muestra de film de almidón de yuca.....	96
Figura 3.33 Cantidad de elementos ortogonales en la malla del film.	97
Figura 3.34 Análisis térmico en el film.....	97
Figura 3.35 Análisis flujo de calor en el film	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Abreviatura de los polímeros	5
Tabla 1.2 Clasificación de los polímeros de acuerdo a su microestructura	7
Tabla 1.3 Polímeros biodegradables de acuerdo a su origen	9
Tabla 1.4 Porcentaje de materia prima para el proceso de laminado.....	15
Tabla 1.5 Defectos de la extrusión y laminación	17
Tabla 1.6 Proceso de elaboración de películas con almidón de plátano	25
Tabla 1.7 Proceso de elaboración de polímeros biodegradables con almidón de yuca	29
Tabla 2.1 Materiales para la mezcla y diseño.	33
Tabla 2.2 Propiedades mecánicas del acero AISI 304	34
Tabla 2.3 Propiedades mecánicas del cobre.....	35
Tabla 2.4 Propiedades mecánicas del acero AISI 1018	35
Tabla 2.5 Características de banda de polivinilo.	36
Tabla 2.6 Propiedades de los aceites dieléctricos	37
Tabla 3.1 Variables para la selección de la materia prima.....	44
Tabla 3.2 Evaluación de valor de variable para el tipo de almidón	44
Tabla 3.3 Variable porcentaje de amilosa	45
Tabla 3.4 Variable temperatura de plastificación	45
Tabla 3.5 Variable temperatura de secado	45
Tabla 3.6 Variable espesor de film	45

Tabla 3.7 Evaluación variable - alternativa para el almidón.....	46
Tabla 3.8. Evaluación del valor de cada variable.....	49
Tabla 3.9 Variable facilidad de fabricación.	49
Tabla 3.10 Variable costo bajo de producción.....	50
Tabla 3.11 Variable complejidad del diseño.....	50
Tabla 3.12 Variable factibilidad para la realización de pruebas.	50
Tabla 3.13 Evaluación alternativa/variable.....	50
Tabla 3.14 Coeficiente de fricción.....	61
Tabla 3.15 Eficiencias.....	64
Tabla 3.16 Variables de selección para cadenas y ruedas.....	65
Tabla 3.17 Separación entre piñones transmisión.....	68
Tabla 3.18 Longitud de arco en contacto con la cadena.....	69
Tabla 3.19 Valores fuerza cortante y par torsor en el plano XY.....	77
Tabla 3.20 Valores fuerza cortante y par torsor en el plano XZ.....	78
Tabla 3.21 Variables de diseño estático para el eje.....	83
Tabla 3.22 Análisis térmico del rodillo de laminación.	95
Tabla 3.23 Tiempo de secado del film.	100
Tabla 3.24 Costos directos e indirectos.	100
Tabla 3.25 Costo estructura.....	101
Tabla 3.26 Costo tuercas, pernos y aditivos.....	102
Tabla 3.27 Costo rodillos.....	103

Tabla 3.28 Costo sistema eléctrico.....	103
Tabla 3.29 Costo mano de obra.....	104
Tabla 3.30 Costo uso del taller.....	104
Tabla 3.31 Costo otros elementos	104
Tabla 3.32 Sumatoria de costos directos.....	105
Tabla 3.33 Costos materiales adicionales	105
Tabla 3.34 Costo total del proyecto	106
Tabla 3.35 Especificaciones técnicas del equipo	108

RESUMEN

Para definir el diseño del equipo laminador, en la elaboración de films (películas) biodegradables, que es una alternativa en el empaquetado o embalaje de productos alimenticios se aplica una técnica de ponderación (matriz de priorización) en base a varias variables o parámetros de diseño. Para determinar los parámetros de la mezcla a base de almidón, se recopiló información referente a sus características, origen y propiedades químicas.

Para determinar o calcular parámetros de diseño, como el diámetro de los rodillos, velocidades en la banda transportadora y ejes centrales, fuerzas cortantes, momentos flectores, torques y cargas que actúan en el sistema de transmisión, se utilizó el libro de diseño en ingeniería mecánica de Shigley. La materia prima para la estructura del equipo, rodillos, ejes, planchas de acero fueron extraídos de catálogos de proveedores en el país, que se detallan en la sección respectiva.

Se realizó un análisis y simulación del flujo térmico que actúa en el rodillo de laminación, así como, en el proceso de secado del film que ocurre posterior a la salida del equipo. Con ello se elaboró un comparativo entre los resultados del software especializado y cálculos realizados. Para un proceso futuro de construcción del equipo se realizó el coste del proyecto y la generación de planos.

Palabras claves: Diseño Mecánico, Film biodegradable, Almidón, Laminación, Laminadora de sobremesa.

ABSTRACT

To define the design of the laminating equipment, in the production of biodegradable films (films), which is an alternative in the packaging or packaging of food products, a weighting technique (prioritization matrix) is applied based on several variables or design parameters. In order to determine the parameters of the starch mixture, information was collected concerning its characteristics, origin and chemical properties.

Shigley's mechanical engineering design book was used to determine or calculate design parameters such as roller diameter, conveyor belt speeds and central shafts, shear forces, bending moments, torques and loads acting on the transmission system. The raw material for the structure of the equipment, rollers, shafts, steel plates were extracted from catalogs of suppliers in the country, which are detailed in the respective section.

An analysis and simulation of the thermal flow that acts in the rolling mill, as well as in the drying process of the film that occurs after the exit of the equipment was carried out. With this, a comparison was made between the results of the specialized software and calculations made. For a future process of construction of the equipment, the cost of the project and the generation of plans were realized.

Keywords: Mechanical Design, Biodegradable film, Starch, Lamination, Tabletop Laminator.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 Tema de investigación

“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA LAMINADORA DE SOBREMESA CON CAPACIDAD DE 10 KG PARA LA PRODUCCIÓN DE FILMS BIODEGRADABLES, MEDIANTE UN SOFTWARE ESPECIALIZADO PARA EL LABORATORIO DE MATERIALES DE LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA”

1.2 Antecedentes

Las actuales condiciones del medio ambiente como fenómenos climáticos, cambios atmosféricos y daño al ecosistema han alertado a varios países del mundo para tomar medidas correctivas [1]. Los plásticos son considerados unos de los principales agentes contaminantes, desde el inicio de la producción a gran escala en el año de 1950, se ha producido más de 8.5 mil millones de toneladas, del cual aproximadamente el 79% se encuentra esparcida en el medio ambiente. Alrededor del 9% es reciclado y el restante 12% es eliminado mediante incineración. En los océanos cada año se observa aproximadamente 12.5 millones de toneladas en plásticos [2].

Frente a la notable contaminación del planeta se ha propuesto varias alternativas para disminuir el consumo de plásticos de un solo uso, así como, la búsqueda de alternativas que reduzcan el impacto ambiental. El cambio se inicia desde el ser humano mediante la generación de conciencia sobre un consumo moderado y enfocado a criterios ambientales, reutilizar elementos y el reciclaje. Desde un enfoque científico y tecnológico se busca materiales que cumplan el mismo trabajo, pero con una reducción al impacto que pueda causar al ambiente. En recientes años la exposición del uso de bio-plásticos ha ido en aumento, donde los microorganismos que se encuentran en el propio ecosistema son los encargados de transformar el material en desechos inofensivos, se conocen como materiales biodegradables. Otra opción de un nuevo material son los bio-basados, los cuales optan por tener una materia prima derivada de las plantas o vegetales [3].

En un campo meso a nivel de la Republica de Ecuador se ha realizado estudios de investigación con temas relacionados a la problemática del empleo de plásticos de un solo uso. En la investigación de Martínez y Vicuña [4], realizado en Cuenca una de las ciudades más grandes del país, donde se da a notar un evidente daño al entorno donde vive el ser humano, con deterioro del sistema de alcantarillado e insuficiencia en el abastecimiento del líquido vital, lo cual ocasiona un golpe económico [4]. En base a la investigación realizada por el Ing. Daniel Sailema en la ciudad de Ambato, se puede percibir la necesidad de emplear elementos alternativos al plástico de un solo uso, evidenciando ante el consumidor los beneficios, características y comodidad de utilizar packaging amigable con el medio ambiente [5].

Mediante estudios la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el año 2019, se puso un llamado de alerta al mundo sobre la contaminación producida por plásticos de un solo uso. La presencia de micro-plásticos en los océanos, fuentes de agua y medio ambiente en general pueden llegar a ser perjudiciales para la salud humana. La falta de estudios e información de los efectos en la salud, tiene a la OMS en incertidumbre para realizar un proceso de mitigación. El agua destinada para el consumo humano mediante un proceso de tratamiento terciario, llega a eliminarse hasta un 90% de micro-plásticos. A pesar del beneficio del tratamiento de aguas residuales también se debe considerar, una gran población alrededor del mundo no posee un sistema adecuado de tratamiento [6].

Debido a la creciente preocupación por la OMS, que alerta de seguir en la situación actual para el año 2050 el número de productos plásticos en los océanos será superior al de peces, por ello varios países han tomado la iniciativa de reducción del plástico de un solo uso. Entre los países se encuentra el conjunto del Caribe, México donde a partir del inicio del año 2020 se decreta la Ley de Reforma de Residuos Sólidos para el uso de plásticos desechables en diversas actividades comerciales. Tailandia se suma a la reducción y consumo de bolsas plásticas. En marzo del 2020 en Europa se aprueba mediante parlamento Europeo, prohibir la comercialización de elementos plásticos de un solo uso, que dará por inicio el año siguiente [7].

En américa latina varios países, frente al incremento de la contaminación ambiental por productos plásticos de un solo uso, realizan campañas de concientización. En Chile cada año se produce un consumo de 3 mil millones de fundas plásticas, de las cuales

un aproximado del 90% termina en el medio ambiente como agente contaminante, de acuerdo a la normativa puesta en marcha y de manera gradual en agosto del 2018, para el año 2020 se elimina el comercio de fundas plásticas [8]. Perú anualmente consume aproximadamente 947 mil toneladas de plásticos y un gran porcentaje del mismo termina en vertederos, fuentes de agua y en el entorno vegetal. En diciembre de 2019 se declara una ley que prohíbe el consumo de ciertos productos a base de polímeros como los sorbetes y bolsas plásticas, así como, ciertos empaques para productos alimenticios [9].

Ecuador en el año 2019 en la ciudad de Lima conjuntamente con países como México, Colombia y Chile fueron participes en la “Alianza del Pacifico” con la finalidad de reducir la contaminación ambiental, mediante la eliminación de plásticos de un solo uso. Por medio de regulaciones el Ministerio de Ambiente del Ecuador (MAE) plantea penalizaciones por el uso de productos desechables a base de polímeros como tarrinas, cubiertos, platos, vasos, sorbetes y bolsas [10]. Para el año 2020 la reducción en el consumo de plásticos de un solo uso fue descartada, debido a la emergencia sanitaria por la cual atraviesa en mundo. La Empresa pública Metropolitana de Aseo de Quito (Emaseo) señala que se dio un incremento del 40% en desechos domiciliarios, llegando a recolectar por mes aproximadamente 1,4 mil toneladas de basura [11].

En el mes de julio del año 2020 el Consejo metropolitano de Quito plantea el proyecto para la mitigación del consumo de plásticos de un solo uso. Para ello se sugiere el uso de productos alternativos que puedan ser de fácil reciclaje, biodegradable o practico para un proceso de compost [12].

1.3 Justificación

Ecuador en la reunión de la “Alianza del Pacifico” del año 2019, se compromete a la reducción del plástico de un solo uso [13]. Como se puede evidenciar en actividades cotidianas utilizamos diferentes tipos de polímeros desde bolsas, cubiertos, bajillas, envases etc. El Ministerio del Ambiente (MAE) señala que por año se utiliza aproximadamente 1500 millones de fundas plásticas tipo camiseta y mediante estudios se observa que de cada 10 fundas solo 5 son reutilizadas. En el caso de “empaques primarios” la utilidad es solo por una vez, para conservar productos de consumo humano [14]. Para el año 2019 se presenta una cifra de 528 mil toneladas de

desperdicios generados en el país, netamente residuos plásticos. Lo que equivale a un 11% del total de residuos sólidos que se producen en el año. Aproximadamente por día el 80% de hogares emplea pasticos para compra, conserva o almacenamiento de alimentos [15].

Una posible solución frente al problema planteado es el reciclaje, en la actualidad en el país las fundas plásticas se componen en un 35% de material reciclado. El MAE busca una composición de las fundas de un 70% de materia prima proveniente del reciclaje. De acuerdo a declaraciones de Gustavo Ruiz, presidente de la Cámara de la Pequeña y Mediana Industria de Pichincha, las industrias que se destinan a la generación de plásticos tipo fundas, no se encuentran aptas para cumplir la demanda establecida por el MAE [14].

Para dar solución a lo expuesto anteriormente se plantea la elaboración de un film biodegradable que pueda sustituir al plástico de un solo uso en procesos de packaging, por lo cual el trabajo parte del estudio de la materia prima disponible en el país que contenga las características requeridas para dicha elaboración. Posterior a la selección de la materia prima del film, se define el diseño de un equipo de laminación de sobremesa que facilite el proceso de producción, que es determinado mediante la recopilación de información referente a procesos o métodos para la obtención de productos biodegradables, como también a la investigación de mercado de equipos que realicen o que su función se asemeje al trabajo requerido. El proceso de diseño es realizado mediante un software especializado del cual se puede obtener información experimental en base a las variables o parámetros de diseño.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Diseñar y simular una laminadora de sobremesa con capacidad de 10 kg para la producción de films biodegradables, mediante un software especializado para el laboratorio de materiales de la Carrera de Ingeniería Mecánica.

1.4.2 Objetivos específicos

- Compilar información referente a los tipos de plásticos biodegradables y procesos de laminación para determinar el diseño que se adecue a los requerimientos establecidos, mediante una matriz de ponderación.
- Seleccionar y dimensionar los elementos que conforman la máquina para estimar su valor económico, mediante una matriz de costos de producción.
- Diseñar la máquina para constatar los parámetros de diseño previamente establecidos, mediante un software de modelado especializado.
- Realizar una simulación en un software especializado para verificar propiedades mecánicas mediante MEF.

1.5 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.5.1 Polímeros

En la Tabla 1.1 se detalla la abreviatura de los polímeros mayormente son empleados.

Tabla 1.1 Abreviatura de los polímeros [16].

Polímeros	Abreviatura
Polietileno	PE
Polietilentereftalato	PET
Cloruro de polivinilo	PVC
Polipropileno	PE
Poliestireno	PS
Poliamida	PA

Se puede definir a un polímero como un conjunto de monómeros que son formados por enlaces covalentes. Como dato importante debe conocerse que el plástico es considerado como polímero, el cual se obtiene mediante procesos mecánicos. Con ello

se afirma que cualquier plástico es también un polímero, no obstante, cualquier polímero no es un plástico [16].

1.5.2 Clasificación de los polímeros

Existen diversas formas y maneras de clasificar los polímeros como por ejemplo de acuerdo a su método de uso, estructura macromolecular y su origen.

De acuerdo a su origen

Sintéticos. - este tipo de polímeros son elaborados por el ser humano y dependiendo de la temperatura aplicada al mismo se pueden comportar como termorrígidos y termoplásticos, en la Figura 1.1 se puede observar que los plásticos se pueden encontrar en diversas formas y colores de acuerdo al trabajo que requiera cumplir. Los termoplásticos se caracterizan por fundirse o ablandarse en presencia de temperaturas elevadas, como también, ser soluble ante un disolvente. Los termorrígidos actúan de forma inversa a los termoplásticos ya que no tienen la propiedad de fundirse o ablandarse, por lo cual tiende a quebrantarse. De acuerdo sus microestructuras los termoplásticos poseen largas cadenas de moléculas, generalmente sin presencia de ramificaciones, por otro lado, los termorrígidos constan de estructuras con tres dimensiones y una reticulación [17].



Figura 1.1 Polímeros sintéticos [18].

Naturales. - se presentan en el entorno natural, del cual es extraído y empleado con mínimas o nulas modificaciones. Un claro ejemplo es el caucho natural que se obtiene del árbol de su mismo nombre [17].

De acuerdo a su microestructura

Una clasificación que se propone para los polímeros naturales es de acuerdo a su microestructura del cual se puede obtener una relación con sus propiedades físicas, en la Tabla 1.2 se detalla las características de los tipos de microestructuras que presenta los polímeros naturales [17].

Tabla 1.2 Clasificación de los polímeros de acuerdo a su microestructura [17].

Tipo	Característica
Lineal	La unión se duplica con frecuencia en forma de una cadena lineal.
Ramificado	Existen cadenas secundarias que se sujetan a la principal.
Entrecruzados	Dos o más cadenas se unen mediante cadenas secundarias.
Homopolímeros	Los monómeros de la cadena son semejantes
Copolímeros	La cadena se conforma por monómeros distintos

De acuerdo a su propiedad Termo-mecánica

Termoplásticos. - son polímeros con una estructura de cadena lineal que al exponerse a temperaturas elevadas se comportan de manera plástica. Su conformado es un proceso de calentamiento y enfriamiento, controlado para obtener un producto que se adecue a los requerimientos [17].

Termorrígidos. - este polímero es el resultado de procesos químicos de reticulación durante la polimerización. Con lo cual adquiere la característica de no ser posible su procesamiento posterior al término de su trabajo [17].

Elastómeros.- Se caracterizan por tener una estructura lineal o reticular, por ende pueden actuar como termorrígidos o termoplásticos, comúnmente son conocidos como cauchos o hules [17].

Adhesivos.- Poseen un bajo nivel de elasticidad, gran adhesión y cierta cohesión [17].

Recubrimientos.- Se asemejan a los adhesivos pero con alta resistencia entornos abrasivos [17].

Fibras.- son resistentes por lo cual se emplean en tejidos o enlaces [17].

1.5.3 Polímeros Biodegradables

Los términos bio-plásticos y polímeros biodegradables con frecuencia suelen relacionarse erróneamente. Se define a un material bio-plástico en base a la fuente de donde se obtiene, que por lo general son recursos renovables (principalmente vegetales) del medio ambiente. Un polímero biodegradable es aquel que en contacto con el medio ambiente comienza un proceso de degradación, mediante agentes que se encuentran en el entorno cambian sus propiedades químicas y físicas transformándolos en elementos que son asimilados por el ambiente, como puede ser agua, CO₂ o una fuente de energía (biomasa) [16].

Clasificación de polímeros biodegradables en base a su origen

La materia prima empleada para la elaboración de diversos productos biodegradables que opta ser una alternativa a los polímeros comunes, son clasificados de acuerdo a su origen con posibles modificaciones posteriores realizadas a su composición, que generalmente se recurre para obtener cierta característica o propiedad deseada en el producto final, en la Tabla 1.3 se puede observar la descripción de polímeros que tienen como origen un compuesto Natural, Natural modificado, Sintético y de Mezclas, así como, ejemplos de productos obtenidos a base de los mismos, los que a su vez pueden ser empleados como materia prima para la elaboración de componentes más complejos [16].

Tabla 1.3 Polímeros biodegradables de acuerdo a su origen [16].

Polímero	Descripción
Natural	Se extrae de seres vivos, de animales y vegetales. Entre los más empleados está el almidón, proteínas, poliéster (PHA) etc.
Natural modificado	Son un compuesto formado por elementos orgánicos y sintéticos. Un ejemplo es el acetato de celulosa que es empleado en diversas áreas como la textil, automotriz, fotografía y demás.
Sintético	Debido a su bajo coste y propiedades el poliácido láctico (PLA) y policaprolactona (PCL) son los polímeros sintéticos biodegradables o biocompatibles más utilizados.
Mezclas	Se componen de materiales naturales y sintéticos, sus propiedades mecánicas son considerables al igual que su coste. Un ejemplo es la mezcla de poliéster y almidón.

Entre las ventajas que poseen los polímeros descritos, tenemos que su materia prima es de origen vegetal o animal a diferencia de los polímeros comunes, que son derivados del petróleo, con ello su tiempo de descomposición es considerablemente corto. Estos materiales se han incorporado al campo de la medicina al ser compatible con el organismo humano permitiendo realizar grandes avances [16].

Una de las principales desventajas que presenta los polímeros biodegradables es su elevado coste de producción en comparación a los polímeros comunes. Debido al origen de su materia prima sus propiedades físicas y mecánicas son menores a los polímeros tradicionales y muchas veces resulta un inconveniente. El proceso de producción se ve condicionado debido al limitado poder de adquisición de equipos adecuados [16].

1.5.4 Manufactura de polímeros

Dependiendo de las necesidades o requerimientos que debe cumplir el polímero se presenta diversos métodos de manufacturado. En polímeros termoestables se opta por procesos como el termoformado, extrusión, inyección y soplado. Para plásticos termoestables uno de los más utilizados es la colada, y el moldeo por transferencia y compresión [19].

1.5.5 Procesos de manufactura para polímeros termoplásticos

1.5.5.1 Extrusión

Este proceso de manufactura se emplea para la producción de elementos con dimensiones continuas. Para el proceso de la extrusión como se observa en la Figura 1.2 el equipo es impulsado por un motor que envía la materia prima mediante un cañón desde la salida de la tolva a una cámara térmica, donde el material se vuelve maleable y que finalmente es expulsado por un dado con una forma predeterminada, este tipo de proceso se utiliza para la elaboración de perfiles, tuberías, láminas etc [19].



Figura 1.2 Proceso de extrusión [19].

1.5.5.2 Inyección

En la Figura 1.3 se puede visualizar los componentes de un equipo de inyección, donde la materia prima es granulada e insertada mediante una tolva a un cilindro a cierta temperatura para ablandarla y mediante un tornillo sinfín inyectarla a presión en un molde. El molde es enfriado mediante conductos internos de refrigeración por el cual circula agua. Este proceso resulta económico para la producción de elementos de dimensiones considerables o complejas [19].

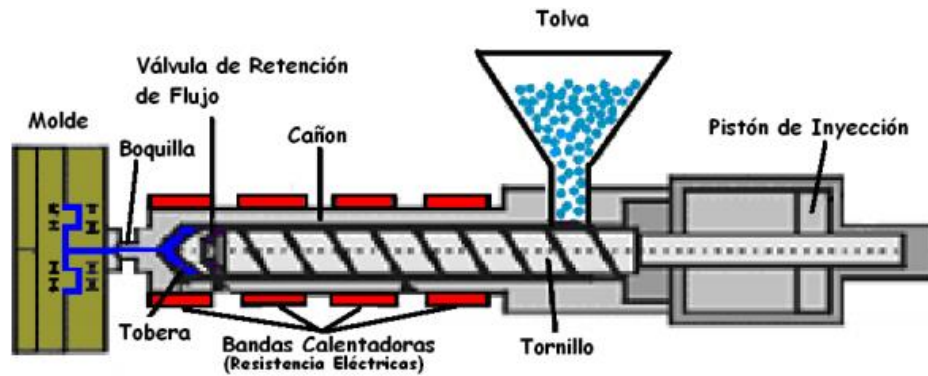


Figura 1.3 Proceso de inyección [19].

1.5.5.3 Termoformado

Este método consiste en la aplicación de presión de aire sobre una lámina de plástico que se ubica en un molde. Antes de iniciar el proceso se realiza un vacío en la zona entre la lámina y el molde, esto para asegurar que la lámina adquiera la forma del molde [19].

1.5.6 Procesos de manufactura para polímeros termoestables

1.5.6.1 Compresión

El proceso de compresión consiste en introducir la materia prima en un molde previamente definida, a cierta presión y temperatura para que la materia prima llegue a emblandecer y adquiere dicha forma. El enfriamiento o reticulación en varios casos se puede realizar mediante sustancias químicas como los peróxidos [19].

1.5.6.2 Transferencia

El molde para este proceso se encuentra completamente sellado, la materia prima conocida como preformas ingresa al cilindro y posterior se aplica un incremento de temperatura (165°C a 185°C). Un segundo cilindro presiona al material para salir por medio de cavidades los cuales dan la forma deseada del producto. La presión requerida para el proceso de transferencia es aproximadamente de 1×10^3 psi y su tiempo se encuentra en un rango de 8 – 12 segundos. Dando el tiempo necesario a la pieza para que termine el curado, aunque esta variable también depende del espesor de la sección transversal [19].

1.5.6.3 Colada

Este método de manufactura es empleado por pequeñas industrias, donde la producción es a baja escala o para piezas específicas. La materia prima en estado líquido “colada” es vertida en un molde y enfriada bajo parámetros controlados para su solidificación [19].

1.5.6.4 Espumado

En estos polímeros durante su formulación se aumentan ciertos aditivos que forman burbujas o espuma de poliestireno o poliuretano que encierra aire. Con este proceso se puede fabricar colchones, plafones, esponjas y más artículos semejantes. El producto deseado depende de la densidad de la espuma y de los aditivos utilizados [19].

1.5.6.5 Calandrado

Se toma la materia prima en estado líquido hasta llevarla a una consistencia pastosa que ingresa a unos rodillos con presión para formar láminas de plástico. El espesor depende de la separación de los rodillos, el proceso de soplado y calandrado conjuntamente se puede definir como laminado [19].

1.5.7 Procesos de conformado del plástico

Para el conformado de distintos materiales como los metales, plásticos y cerámicos se emplean procesos similares, pero bajo condiciones diferentes propios de cada elemento a trabajar.

1.5.7.1 Embutido profundo

Es un proceso derivado del prensado, como se puede observar en la Figura 1.4 donde una pieza del material a modelar ingresa en la parte superior de un molde o dado que posteriormente es presionado con un punzón para adquirir las dimensiones del molde. Al ser un proceso de uso común en el conformado de metales, se realiza en frío ya que en caliente puede presentarse quiebres y rupturas en el material [20].

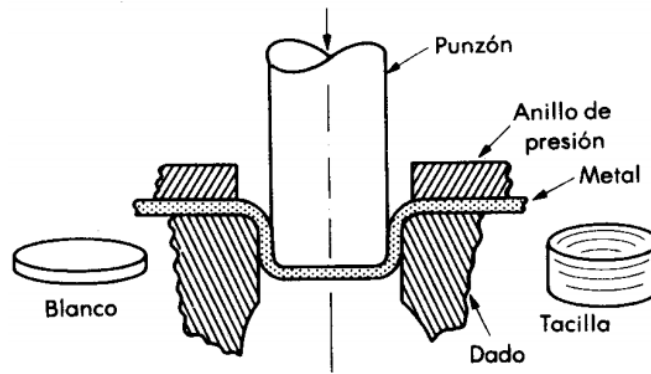


Figura 1.4 Embutido profundo [20].

1.5.7.2 Laminado

Se caracteriza por la reducción del espesor de un material (en frío o caliente) como se observa en la Figura 1.5 donde ingresa en medio de dos rodillos cilíndricos, dando como resultado una película o cinta. El laminado también se puede utilizar para dar relieve a las superficies del material. El modelado del material a una temperatura elevada permite darle forma con mayor facilidad. El laminado en frío se realiza para obtener un acabado superficial bueno o características específicas en un material [20].

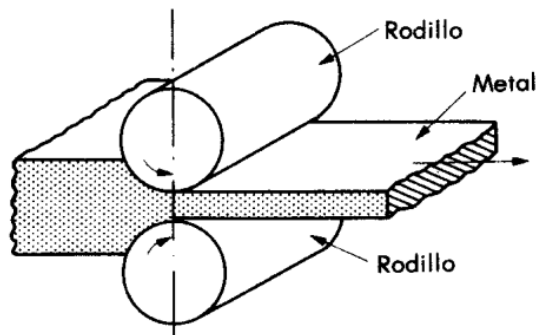


Figura 1.5 Proceso de laminado [19].

1.5.7.3 Forjado

Es uno de los primeros métodos en utilizarse en la historia de la humanidad, donde el material es comprimido entre un yunque y martinete o martillo también conocido como dados, como se observa en la Figura 1.6. La forma final del producto depende del movimiento que se da durante el golpeo. En la industria el proceso es más sofisticado, utilizando dados de cara plana o con una forma determinada para facilitar el proceso [20].

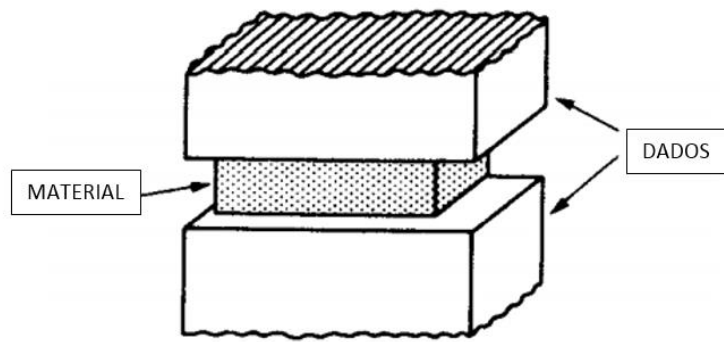


Figura 1.6 Proceso de forjado [20].

El conformado mediante forjado se puede realizar en frío o caliente dependiendo de los requerimientos establecidos. En la actualidad se opta por el forjado en caliente, porque al tener un material en frío el golpe requiere mayor potencia y produce un descaste en los dados con un mínimo de cambio en la estructura del material [20].

1.5.7.4 Estirado

Se emplea para dar una forma determinada a las láminas de un material mediante una horma. El material es deformado en frío plásticamente hasta alcanzar la configuración deseada. Este proceso no es tan común en comparación con los anteriores [20].

1.5.7.5 Extrusión

El material ingresa a un cilindro donde un embolo aplica cierta presión obligando a la salida del material a través de un dado con una forma específica. El proceso puede realizarse de manera directa o indirecta. En la extrusión directa el material atraviesa el dado que se encuentra fijado en un extremo del cilindro. En un proceso indirecto el dado se halla fijado en el embolo y es presionado en el cilindro con el material [20].

1.5.8 Laminado o Calandrado de films

El proceso consiste en transformar un termoplástico en un film con propiedades de flexibilidad y baja rigidez. Se presenta cilindros en paralelo a sus ejes por donde atraviesa el material en estado semisólido generando láminas con características que dependen de la configuración de los cilindros. La materia prima ingresa primero a los cilindros de calibración donde adquiere el espesor determinado, seguidamente pasa a

los cilindros de enfriamiento para evitar daños al film por plasticidad y finalmente pasa al cilindro de recogida donde se enrolla el producto terminado [21].

El proceso de laminado o calandrado consiste de las siguientes etapas:

Preparado de la materia prima o mezclado

En esta etapa de la producción se define el tipo de film que se desea, en el caso de los polímeros tradicionales se opta por el polietileno (PET) [21].

Alimentación del equipo

Para la elaboración de distintos productos en base a polímeros tradicionales, se presenta la Tabla 1.4 donde se estima los porcentajes requeridos de materia prima que va a ingresar en la tolva [21].

Tabla 1.4 Porcentaje de materia prima para el proceso de laminado [20].

Producto / Materia prima	Polietileno Cristal A	Polietileno Cristal A	Polietileno Blanco	Polietileno Negro
Polietileno virgen "G"		20%		
Polietileno virgen "A"	20%		20%	20%
Polietileno virgen mezclado	60%	60%	50%	50%
Polietileno virgen MIT	19%	19%	26%	26%
Pigmento	1%	1%	4%	4%

Secado de la materia prima

Dependiendo del tipo de materia prima los cilindros de secado deben mantener la temperatura adecuada para eliminar la humedad del material. Durante el proceso de ablandado de la materia prima se presenta gases producto de la humedad, esto genera imperfecciones conocidas como geles, y suelen prevenirse mediante bombas de vacío. En el polietileno tipo A la temperatura de secado es aproximadamente de 160°C y para los de tipo G es de 60°C. Otra anomalía que se presenta en los films debido al exceso de calor son los puntos negros [21].

Fundición

El laminado o calandrado es un proceso similar a la inyección constando de pasos similares.

- Se inicia con la alimentación donde la materia prima previamente preparada es insertada en la tolva para un posterior proceso de extracción.
- Durante la dosificación la materia prima es llevada a un estado de plasticidad, procurando realizar el vacío de gases y humedad.
- En la inyección se eliminan impurezas presentes en el material para asegurar un laminado de calidad [21].

Extrusión y laminado

El material es forzado a salir por un dado ubicado en paralelo a los rodillos. El espesor de la lámina o film depende del espacio existente entre rodillos y la velocidad lineal. A mayor velocidad se obtiene un espesor fino y a menor velocidad la dimensión transversal es mayor [21].

Control de laminado

En esta etapa se controla el calibre del film y posibles uniones entre films mediante silicones que son aplicados en la superficie de las láminas [21].

Bobinado del film

El producto final para poder ser almacenado es bobinado en rodillos extraíbles del sistema, durante este proceso se realiza un control de las especificaciones establecidas y de la calidad del producto [21].

1.5.9 Extrusión y Laminado

En un equipo de extrusión y laminado como en la Figura 1.7 el proceso inicia con el ablandamiento del polietileno en el extrusor a cierta presión y temperatura, posteriormente es expulsado por el troquel con una forma definida (molde), en forma de film o película. Mediante un sistema de rodillos de enfriamiento y presión se adhiere a un sustrato. La materia prima a base de polietileno es estirada y presionada para dar forma al film y mediante un sistema de refrigeración por agua dentro de los rodillos es

enfriada para un posterior enrollado con un carrete de cuerda. En el caso de requerir una dimensión específica del ancho se implementa un cuchillo de corte en cierto punto del proceso de laminación [1].

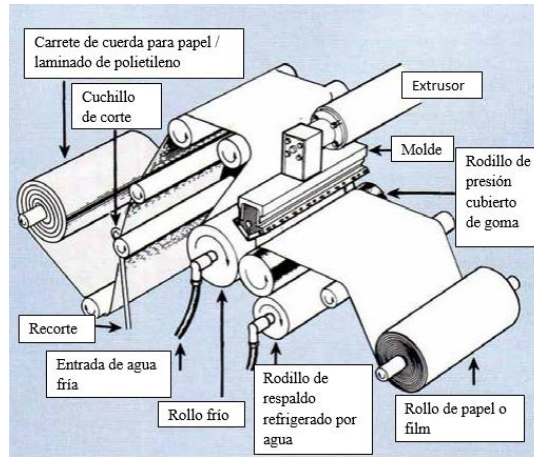


Figura 1.7 Proceso de extrusión y laminado [1].

Factores como la temperatura de la materia prima y la velocidad a la que sale por el molde o dado dan como resultado defectos o inconformidades en la calidad del producto final como se detallan en la Tabla 1.5. El extrusor es el encargado de controlar estos parámetros para evitar defectos como:

Tabla 1.5 Defectos de la extrusión y laminación [1].

Defecto	Característica
Agujeros	Presencia de pequeños agujeros en la superficie.
Vacíos	Agujeros en la matriz de recubrimiento.
Cortinas de encaje	Se observa agujeros en el revestimiento semejante a los encajes, debido a la humedad o volatilidad del polímero.
Ralladuras	Líneas delgadas en la superficie del producto.
Líneas de troquel	Se debe a impurezas o partículas de contaminación en el dado de extrusión.
Geles	Semejantes a las burbujas o de forma alargada
Partículas Oxidadas	Puntos o machas de color marrón-amarillo
Puré de Manzana o Cascara de Naranja	De aspecto arrugado y ondulado, semejante a la cascara de la naranja.

Un factor que influye en la aparición de defectos en el film es la temperatura de fusión, debido a ello características como el peso, adhesión del material y uniformidad pueden alterarse en distintas etapas del proceso de producción. Los defectos descritos en la Tabla 1.5 también resultan perjudiciales para el film ya que pierde propiedades mecánicas, de permeabilidad y apariencia [1].

Laminado de poliéster

El proceso de laminado en poliéster metalizado se emplea para la elaboración de contenedores o bolsas para productos en polvo. El film se compone de varias capas como se observa en la Figura 1.8 que en conjunto forma un material idóneo donde el oxígeno, la humedad y la luz no puedan penetrar el empaque y se garantice la conservación del producto en el interior [22].

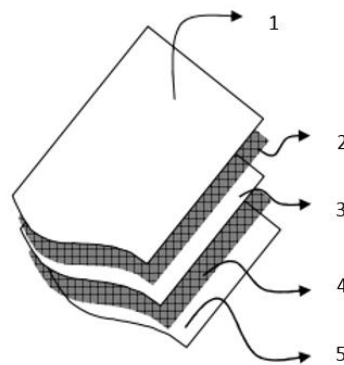


Figura 1.8 Laminado de poliéster metalizado [22].

- Primera capa (Polipropileno). - Sirve de protección de agentes externos y como base del resto de capas.
- Segunda capa (Poliétileno adhesivo). - Es el adhesivo que une la tercera capa con el polipropileno.
- Tercera capa (Poliéster metalizado). - Capa intermedia que protege al producto interno del envase.
- Cuarta capa. - Cumple la función de adhesivo como la segunda capa.
- Quinta capa (Poliétileno coextruido). - Genera el sellado del film o la estructura del envase [22].

1.6 Proceso de diseño

Un proceso de diseño es empleado para determinar un sistema, como se observa en la Figura 1.9 que ha sido previamente especificando con propiedades y características que llevan a satisfacción de una necesidad o generación de un producto [23]. Un proceso cualquiera hace referencia al conjunto de actividades con grado lógico que mantienen una relación entre pasos, de acuerdo a especificaciones tomadas al inicio o “entrada” del proceso. Durante el paso de la materia prima por todas las etapas este, adquiere un valor adicional generando una “salida” que es un producto final tangible o intangible [24].

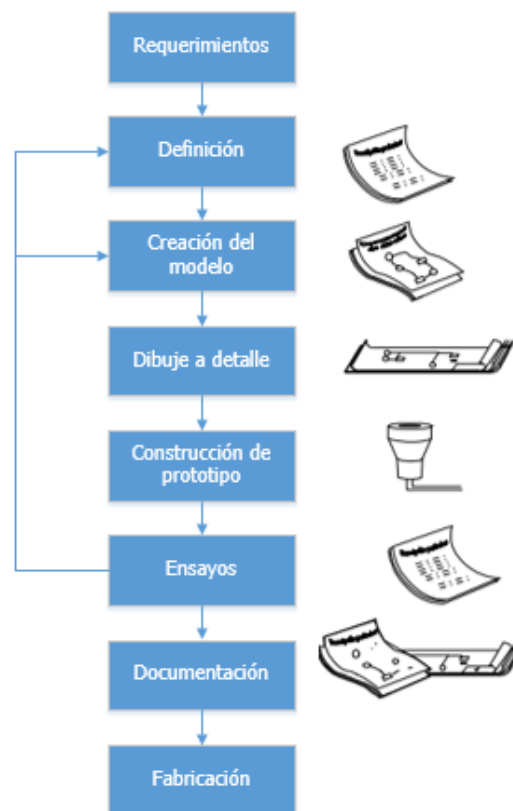


Figura 1.9 Proceso de diseño [23].

Al relacionar la definición de un proceso normal para cualquier actividad y un proceso de diseño, se llega a comprender que en los dos casos se busca un producto final, que se destina a satisfacer una necesidad. Desde la concepción de la idea hasta el producto final, se realizan varias actividades vinculadas que son necesarias para llegar a cumplir con el proyecto.

1.6.1 Determinación del modelo

El ingeniero define un sistema que cumpla los requerimientos establecidos. Este modelo se considera como la base del proyecto por ello debe ser documentado [23].

1.6.2 Diseño o dibujo

En esta etapa se detallan de manera gráfica todos los elementos que conforman al producto final. Se representa el producto a fabricar con suficiente información y descripción del modelo, para facilitar la elaboración de un prototipo. La documentación que se extrae en esta etapa son los planos que son la validación del diseño. El trabajo o enfoque que requiere el diseño o dibujo es aproximadamente del 50% [23].

1.6.3 Elaboración de prototipos

La fabricación de un prototipo se da previo a una producción a gran escala donde se busca validar el modelo mediante un elemento semejante, pero de menores dimensiones con la finalidad de detectar errores o inconformidades del producto o equipo. Es ciertas áreas de la ingeniería se realizan prototipos o también conocidas como maquetas donde la finalidad es conocer una variable mecánica, como en la arquitectura, ingeniería en materiales, aerodinámica y demás [23].

1.6.4 Ensayos

Mediante los ensayos se puede verificar la funcionalidad o cumplimiento del trabajo que tiene el prototipo, con ello hace que el proceso regrese a la etapa de diseño o inclusive a la concepción del modelo [23].

1.6.5 Documentación

Los documentos generados deben contener la información necesaria para realizar la elaboración del modelo sin ninguna dificultad. Los documentos pueden contener datos sobre cada elemento, el montaje y lista de materiales [23].

1.6.6 Fabricación

Al tener los parámetros definidos del diseño, proceso fabricación y los materiales (materia prima, equipos, herramientas y mano de obra) para su conformado se procede a realizar el proceso de fabricación.

1.7 Sistema CAD

Un sistema CAD o “Diseño asistido por computadora” facilita el proceso de diseño mediante la automatización. La información que proporciona los softwares es amplia, pero mantienen un mayor enfoque en el diseño con lo cual se optimiza el tiempo del proyecto. Mediante un sistema CAD se puede visualizar cambios que se realicen al modelo inmediatamente. Mediante el modelo que muestra el software se puede realizar la documentación o la elaboración de planos de manera más sencilla. En la actualidad el uso de este sistema profundiza en la simulación del elemento diseñado [23].

1.7.1 Simulación

El análisis o simulación permite al usuario mediante un software, observar el comportamiento de un proceso nuevo o existente, para poder realizar estudios y evaluaciones con la finalidad de llevarlo a un campo real. La simulación es una herramienta que ayuda al diseñador a predecir posibles causas y efectos de ciertas variables [24].

Una simulación asistida por computadora tiene la finalidad de reproducir un fenómeno mecánico, físico, biológico etc. Mediante el cual se busca comprender y estudiar un sistema previamente planteado con ciertas características como cargas, temperaturas u entornos ambientales, donde la información es extraída para posteriores procesos de investigación o experimentación. La información recopilada de la simulación resulta de utilidad para la fabricación de prototipos y así conocer la influencia de ciertas variables para un diseño [25].

La aplicación de la simulación tiene su base en fundamentos matemáticos existentes desde tiempo antiguos, las cuales son utilizadas por la facilidad que una maquina tiene para su procesamiento. Como ejemplo para estudiar el fenómeno que produce un flujo de agua o aire alrededor de un objeto se utiliza un proceso CFD (dinámica de fluidos computacional) [25].

Método de elementos finitos

El método de elementos finitos se define como la transformación de un cuerpo continuo en divisiones o partes, conocido como proceso de discretización. La división que se le da al objeto es delimitada, donde cada sección es asociada por un “nodo”. Las propiedades o las reacciones que resulta en cada nodo se determina mediante funciones de interpolación. El MEF principalmente es aplicado al análisis estructural donde se busca respuestas a hipótesis o cuestionamientos del diseñador sobre propiedades o características mecánicas que debe satisfacer un elemento o la estructura. El proceso de análisis demanda de tiempo y trabajo al realizarlo de manera manual, por lo cual para facilidad se emplea un software de diseño que se adecue a los requerimientos del proyecto. [26]

1.8 Almidón como materia prima

El almidón es el resultado de la fotosíntesis que actúa sobre las células de glucosa, que sirve como fuente de energía para las plantas. El almidón se puede extraer de las hojas, raíces, frutos e incluso de las flores. Ciertas partes de las plantas tienen un mayor porcentaje de almidón, en las raíces se encuentra del 30% al 70%, en los cereales de 40% al 90%, en legumbres del 25% al 50%, en tubérculos del 65% al 85% y en ciertas frutas como los plátanos un aproximado del 70% [27].

Una de las principales características del almidón es la gelatinización, producto del exceso de agua en un cambio de temperatura. Durante este fenómeno los gránulos absorben el agua, incrementando su volumen, perdiendo la cristalinidad y cambiando su estructura molecular. Para llevar a cabo el proceso de gelatinización se requiere de cierta temperatura y entalpía, características propias de cada tipo almidón [27].

La finalidad de la gelatinización en el almidón, es llevarlo de un estado semi-cristalino a una forma amorfa (Pasta) con facilidad de moldeo. El agua es uno de los elementos comúnmente utilizados para el proceso, pero de acuerdo a las condiciones o requerimientos se puede emplear distintos disolventes, que generen enlaces de hidrógeno en los gránulos de almidón [27].

La gelatinización depende de los aditivos, propiedades fisicoquímicas, porcentaje de agua o disolvente, energía mecánica, tiempo y temperatura. En la industria estos

parámetros son regulados en base a la materia prima (almidón) y el producto final que se desea obtener [27].

Posterior al proceso de gelatinización se produce la retrogradación, donde se enfría la pasta. Durante esta etapa se produce una doble hélice molecular debido a la interacción de la glucosa y moléculas de amilosa. La recristalización se presenta en las moléculas de amilopectina generando pequeñas cadenas. Debido a ello la entalpia y gelatinización se ven reducidas. Para alcanzar la recristalización de la pasta, debe someterse a temperaturas inferiores a los 0°C, pero en ciertos casos y de acuerdo a sus características se puede dar a temperaturas aproximadas a 100°C. Un factor que influye en la retrogradación es la cantidad de proteínas u otros componentes como sales, carbohidratos, lípidos y polifenoles, que se encuentra en la pasta y generalmente actúan como retardante [27].

La aplicación del almidón es variada, debido a las características previamente mencionadas. En la industria farmacéutica es utilizado como excipiente para encapsular ciertos productos y prolongar la vida útil. En elaboración o arreglo de ropa se utiliza el almidón, posterior a un proceso de hilado. En la actualidad se opta como un material alternativo para reemplazar los polímeros tradicionales. Los films o polímeros biodegradables se obtienen mediante la suspensión del almidón y un proceso de secado. Otro método es el secado, donde interviene un proceso termoplástico [27].

1.8.1 Propiedades de los films a base de almidón

Humedad

Para la obtención del film se requiere un proceso de secado, donde la humedad de la materia prima debe ser eliminada. Para determinar el porcentaje de humedad en la masa (harina-cereales) se puede emplear la norma INEN 1462 [28].

Solubilidad

Esta propiedad se relaciona con las soluciones químicas de dos o más elementos, donde se presente un soluto y un solvente. El soluto por lo general se encuentra en menor proporción con respecto al solvente. La solubilidad para la elaboración de materiales

a base de almidón, hace referencia a la cantidad de materia prima seca posterior a un lapso de tiempo sumergida en un solvente [29] [30].

Permeabilidad

Entre dos superficies tratadas se genera una diferencia de presiones, con cierta velocidad de transmisión en el vapor de agua. Para que ocurra dicho fenómeno se requiere condiciones específicas de humedad y temperatura [30].

Espesores

Para conocer el espesor del film se utiliza un vernier, y realizar mediciones en diferentes puntos. Para el proceso se puede utilizar la norma INEN 891 1982-11 [30].

1.9 Obtención del almidón

La materia prima indistintamente del tipo de aditivos o proceso de laminación, es el almidón, el cual como se revisó en puntos anteriores proviene de la naturaleza. La fuente puede ser variada, pero para el presente proyecto se destacan tres opciones las cuales se detallan, para un posterior análisis y selección.

1.9.1 Harina de plátano

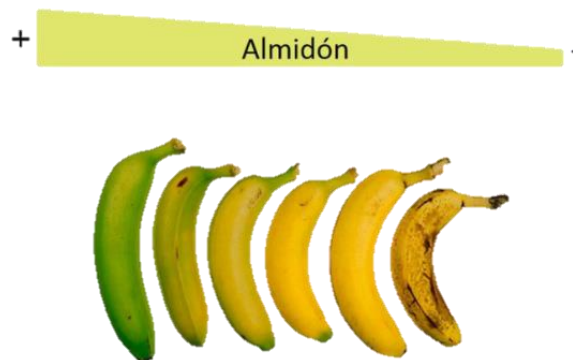


Figura 1.10 Almidón en los plátano [31].

La harina de plátano resulta de gran utilidad para realizar films, al contener almidón y facilitar su maleabilidad. Como se observa en la Figura 1.10 el porcentaje de almidón en un plátano depende de su grado de madurez, que puede ser diferenciado por el color de la cascara. El país al ser uno de los principales productores y exportadores de plátano al nivel mundial, presta al alcance del material. De acuerdo a Gabriela Moreno, el proceso para la elaboración de películas biodegradables a base de almidón de

plátano (*Musa balbisiana*), se puede realizar mediante “casting”, que es la laminación de una masa mediante la gravedad o presión sometida al cuerpo, como se detalla en la Tabla 1.6 del proceso de elaboración de películas a base de almidón de plátano [32].

Tabla 1.6 Proceso de elaboración de películas con almidón de plátano [32].

	<p>Durante esta etapa del proceso se preparan los materiales y equipos, en las cantidades adecuadas para realizar la primera y segunda capa. Se realiza un inventario para asegurar que se tiene los materiales completos, harina, agua destilada, glicerol, aceite de geranio y eucalipto.</p>
	<p>En 95ml de agua destilada se diluye en 5g de harina a una temperatura entre 80 a 90°C. Posterior se añade glicerol y mediante casting generar solución filmogénica.</p>
	<p>El secado de la película se realiza a una temperatura de 60°C, por un periodo de tiempo de 3 horas.</p>
	<p>Para la segunda capa realiza el mismo proceso de la primera, pero con los aditivos de los aceites de geranio y eucalipto.</p>
	<p>Se realiza la revisión de las condiciones físicas y mecánicas de la película. Los films se almacenan en un entorno con 23°C</p>

El proceso descrito en la tabla 1.6 referencia el trabajo de investigación realizada por Gabriela Moreno para la elaborar películas biodegradables. Para el proyecto en ejecución se puede variar las proporciones de los materiales, en base a la producción y método de laminación.

1.9.2 Almidón de patata

De acuerdo al mercado nacional obtener el almidón de una patata en forma de harina o directamente como almidón como se observa en la Figura 1.11 resulta complicado al no tener un proveedor, por lo cual el proceso debe realizarse de forma manual. La investigación realizada por Mónica Charro, describe el proceso para la obtener la

materia prima. El tipo de patata empleada es la papa “súper chola” la cual en mercado nacional tiene con suficiente abasto [30].



Figura 1.11 Almidón de patata [33].

En el siguiente diagrama de flujo descrito en la Figura 1.12 se presenta las etapas a seguir para la obtención del almidón de patata de manera manual o también conocida como artesanal.

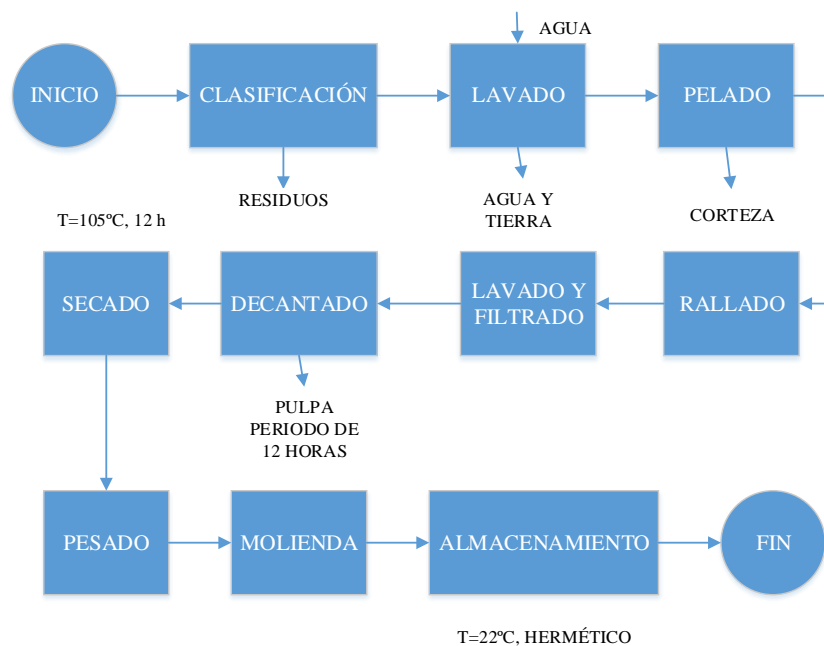


Figura 1.12 Diagrama de flujo obtención de almidón de patata [33].

Clasificación. - El tipo de patata seleccionada es la “súper chola”, en la primera etapa del proceso de obtención del almidón, se seleccionan las adecuadas que se caracterizan por su homogeneidad, descartando las que presente cierto grado de no conformidad de acuerdo a su estado y al criterio de encargado [30].

Lavado. - Se elimina todo rastro de tierra y suciedad [30].

Pelado. - Se retira la corteza de la patata hasta obtener un peso de 1kg [30].

Rallado. – Posterior a esta etapa se recomienda colocar las ralladuras de patata en un recipiente con agua [30].

Lavado, filtrado y decantado. - Las patatas ralladas se colocan en el interior de una lámina filtrante y se lava hasta que el agua se filtre limpia. El agua residual del lavado debe dejarse en reposo en un recipiente para su decantación por un periodo de tiempo de 12 horas [30].

Secado.- Se recolecta el decantado sobre una superficie plana, a una temperatura de 30°C e incrementado gradualmente hasta 105°C. Durante un periodo de 6 horas aproximadamente [30].

Pesado y Molienda. – Se pesa el material y de ser necesario se repite el proceso anterior hasta obtener la cantidad deseada de almidón. Posterior se procede a molino donde se obtiene una especie de harina [30].

Almacenamiento.- Se recomienda guardarlo a una temperatura ambiente de 22°C [30].

Proceso para la elaboración de películas biodegradables a base de almidón de patata.

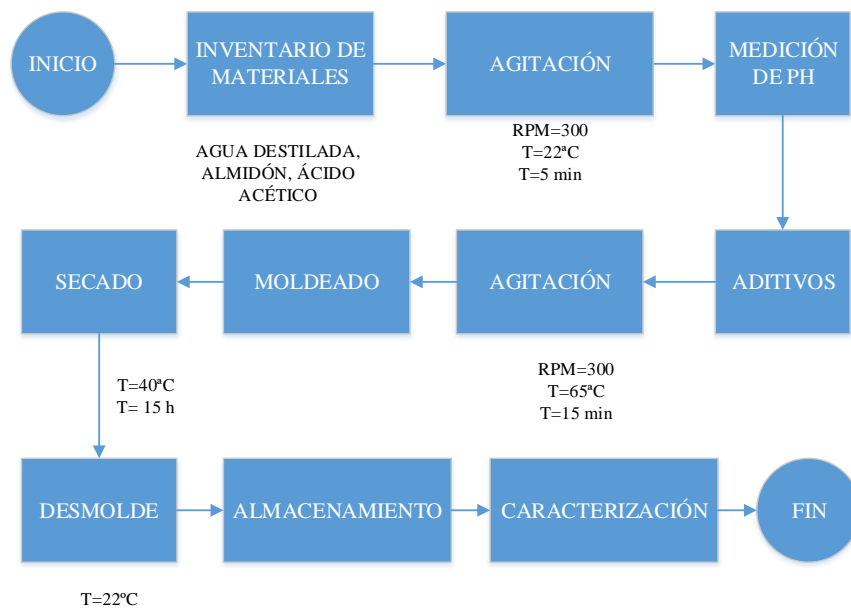


Figura 1.13 Diagrama de flujo para la elaboración de películas biodegradables [30].

El diagrama de la Figura 1.13 presenta el proceso de laminación para la elaboración de films, con almidón de patata (súper chola), cada etapa del proceso se detalla a continuación:

Inventario de materiales. - Durante esta etapa se considera los materiales y equipos necesarios para realizar el proyecto. Dentro de la etapa se incluye en proceso anterior descrito en la figura 1.11 para la obtención del almidón. Entre los materiales primordiales para el film se presenta el agua destilada, almidón, ácido acético etc [30].

Agitación. - En etapa se mezcla 4,5 g de almidón por cada 60ml de agua destilada y 1,5ml de ácido acético. El proceso tiene un periodo de 5min de acuerdo a las muestras realizadas, puede variar en base a las proporciones de los ingredientes [30].

Medición de PH. - Mediante ácido cítrico, se busca obtener un Ph adecuado, ya que, al presentarse una medición neutra o básica, dificulta el moldeo de la mezcla. El valor de medición puede ser de 7 a 10 [30].

Aditivos. - Se incorpora a la mezcla glicerina y melanina, con respecto al volumen de la masa. Estos actúan como plastificante que facilita la laminación de la mezcla [30].

Agitación y moldeado.- La mezcla permanece en agitación a 300 rpm y una temperatura de 65°C, por un periodo de 15 min. Posterior se deposita en el molde, que puede ser de acrílico [30].

Secado y desmolde. – El secado de la muestra debe estar a una temperatura media de 40°C por un periodo de 15 h. La muestra se deja expuesta al ambiente hasta que alcance un punto adecuado de desmolde, que evite su destrucción durante el proceso [30].

Almacenamiento.- El producto final debe ser almacenado a una temperatura aproximada de 22°C [30].

Caracterización. - Durante esta etapa se mide y se experimenta si el producto final cumple con los requerimientos establecidos con anterioridad. Este paso puede resultar como experimentación, donde se proponga nuevos estándares de mezcla para próximos lotes de producción [30].

En el siguiente diagrama se presenta el proceso para la elaboración de films, con almidón de patata (súper chola).

Almidón de yuca



Figura 1.14 Almidón de yuca [34].

El cultivo de yuca en el Ecuador se presenta en la región Costa y Oriente, dando la facilidad para la obtención del producto en forma de almidón como se observa en la Figura 1.14. A nivel nacional se presenta el distribuidor comercial “La Pradera”, quién facilita el almidón de yuca. El proceso para elaborar películas se describe en la investigación de Gladys Ruiz [35].

Tabla 1.7 Proceso de elaboración de polímeros biodegradables con almidón de yuca [35].

	<p>Durante esta etapa del proceso se preparan los materiales y equipos, en las cantidades adecuadas para realizar la mezcla que ingresara a los equipos de extracción. Entre los materiales se encuentra el almidón con un 33% de amilosa, glicerina con un 96% de pureza, ácido esteárico y agua.</p>
	<p>Las cantidades adecuadas para la mezcla se realizan mediante experimentación de prueba y error.</p>
	<p>Para obtener un polímero biodegradable se realiza mediante extrusión a temperaturas hasta 110°C.</p>
	<p>Se necesita 12 horas a una temperatura constante de 100°C</p>
	<p>Se realiza la revisión de las condiciones físicas y mecánicas de la película. Los films se almacenan en un entorno con 23°C</p>

El proceso descrito en la tabla 1.7, es para la obtención de un polímero biodegradable mediante un proceso de extrusión, como se sabe el producto final depende del dado saliente del equipo, no obstante, la materia prima (mezcla) puede ser utilizada para un proceso de laminación. Las proporciones de los ingredientes para la mezcla puede variar de acuerdo a la necesidad o capacidad del equipo.

1.10 Laminadora de masa

Dependiendo de la actividad o de los requerimientos del usuario se presenta diferentes tipos de laminadoras de masa, no obstante, la finalidad de estos equipos es producir una lámina uniforme, con cierto espesor. La materia prima es implementada al equipo, en bruto y a su salida se obtiene un film de masa. Principalmente se ocupada en panificadoras para reducir el tiempo de labor y esfuerzo de la mano de obra [36].

1.10.1 Laminadora de mesa

Las características de la máquina pueden varias dependiendo del fabricante, en la Figura 1.15 se observa este modelo de laminadora, que se caracteriza por su robustez y su flexibilidad en el movimiento del soporte o mesa de trabajo [37].



Figura 1.15 Laminadora de mesa [37].

1.10.2 Laminadora de sobremesa

La laminadora de sobremesa es elaborada por la necesidad de ahorrar espacio físico, esto se presenta a raíz del Back Office, como se observa en la figura 1.16 la robustez del equipo es considerablemente menor con respecto a la laminadora de mesa. Su diseño también se adapta a campos ergonómicos para evitar daños o incomodidades al usuario y cumplir con los parámetros del trabajo a realizar [37].



Figura 1.16 Laminadora de sobremesa [37].

1.10.3 Laminadora de pastelería

Al observar la Figura 1.17 se puede notar similitud con una laminadora de mesa, pero es comúnmente empleada para grandes producciones, a diferencia de los modelos anteriores. Sus dimensiones son considerablemente más grandes debido a la necesidad de mayor productividad. Los cilindros de laminado pueden llegar hasta los 80mm de diámetro y un espesor de lámina regulable entre 0 a 60mm [37].



Figura 1.17 Laminadora de pastelería [37].

CAPITULO II

METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

El presente proyecto tiene como objetivo, la elaboración de un equipo para la producción de una película plástica a base de almidón, con la propiedad de ser biodegradable. Para ello se emplea los siguientes niveles de investigación.

Histórico-Lógico

Se emplea este método para la obtención de los parámetros o características específicos que requiere la máquina para la elaboración del film. Mediante el método se obtuvo una noción del material a emplearse para la construcción del equipo, comúnmente acero inoxidable y acero cromado. También mediante el método se encuentra información de investigaciones o estudios realizados sobre films a base de materia prima biodegradable, con lo cual se conoce el proceso de laminación y secado del film bajo un entorno controlado de temperatura.

Observación y comparación

Es un método empírico utilizado para un proceso de reingeniería, donde tiene como finalidad conocer el comportamiento y características de un equipo semejante y utilizarlo como punto de partida para el diseño del equipo, considerando los requerimientos establecidos.

Hipotético-Deductivo

Mediante el método se plantea la posibilidad de realizar cambios a ciertos parámetros, como las dimensiones del equipo, temperatura de secado y presión de laminación para futuras investigaciones. Las condiciones utilizadas en el proyecto pueden ser consideradas a experimentación con diferentes tipos de materia prima para el film.

2.2 Plan de recolección de información

De acuerdo a los tipos de investigación, el proceso diseño del equipo se extrae de proyectos de fabricación de maquinaria donde la metodología se asemeje a los

parámetros del proyecto. Esto facilita la prevención a defectos, fallas o inconvenientes que puedan presentarse durante el desarrollo. Los cálculos requeridos se extraen de fuentes bibliográficas de diseño en ingeniería mecánica y la información sobre las características y propiedades del elemento, se obtienen de catálogos de proveedores como DIPAC, IPAC u otros proveedores en el país.

2.3 MATERIALES

La Tabla 2.1 presenta los materiales o materia prima que se requiere para la preparación de la mezcla a base de almidón y diseño del equipo de laminación.

Tabla 2.1 Materiales para la mezcla y diseño [Autor].

MATERIALES	
Categoría	Descripción
Masa de almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón • Glicerina • Agua
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • Plancha Acero Inox. • Tubo redondo Acero Inox. • Tubo cuadrado de Acero Inox.
Rodillos	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de Acero Inox. • Ejes de cobre
Sistema de transmisión	<ul style="list-style-type: none"> • Ruedas • Cadena • Ejes de acero AISI 1018
Banda transportadora	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento de polivinilo
Apoyos rodamientos	<ul style="list-style-type: none"> • Rodamientos catalogo SKF
Sistema eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> • Escobillas • Fuente de poder • Controlador de velocidad • Sensor de temperatura • Motor

Los elementos descritos en la Tabla 2.1 de acuerdo a cada categoría se detallan a continuación, respectivamente con sus propiedades mecánicas.

Masa de almidón

Los elementos que conforma la mezcla de almidón, depende del tipo de almidón seleccionado para el proyecto que se describe en la Tabla 3.7 conjuntamente con sus medidas.

Estructura

La estructura del equipo conformado por planchas de acero, rodillos, tuberías redondas y cuadradas de diferentes medidas como se presenta en la Tabla 3.25 son de acero inoxidable AISI 304 que es un acero austenítico que proporciona una gran resistencia resistente a la corrosión. En la Tabla 2.1 se presenta propiedades mecánicas como la Resistencia, Punto de fluencia, Porcentaje de elongación y Dureza, su aplicación se presenta en la industria de alimentos, curtiembres y farmacéuticas [38].

Tabla 2.2 Propiedades mecánicas del acero AISI 304 [38].

Propiedad	Descripción	
Resistencia	520 kg/mm ²	69500 Psi
Punto de fluencia	235 MPa	25500 Psi
% de elongación min.	40	
Dureza	Rockwell B	81,7
	Vickers	160

Rodillos

El rodillo de laminación es el conjunto de tuberías de acero inoxidable, piezas circulares definidas para soporte y guía, cuyas propiedades mecánicas se detallan en la Tabla 2.1. y sus dimensiones en la Tabla 3.25 y 3.27. En el centro del rodillo se encuentra una resistencia de cobre que permite la generación de calor con propiedades mecánicas descritas en la Tabla 2.2 y sus dimensiones en la Tabla 3.27.

Tabla 2.3 Propiedades mecánicas del cobre [39].

Propiedad	Valor
Coefficiente de temperatura	0,0043 K^{-1}
Densidad	8,96 g/cm^3
T. fusión	1083 °C
Dureza	87 Vickers
Limite elástico	270 MPa
Calor específico	385 $\frac{J}{K*kg}$
Conductividad térmica	401 $\frac{W}{m*K}$

Sistema de transmisión

El sistema de transmisión se conforma por cadena y ruedas que se describen en la sección 3.4.13 del siguiente capítulo, también se presenta ejes de acero AISI 1018 que son resistentes al desgaste con propiedades de soldabilidad, tenacidad y resistencia mecánica comúnmente utilizado en la fabricación de maquinarias. Las propiedades mecánicas de este material se pueden visualizar en la Tabla 2.3 [40].

Tabla 2.4 Propiedades mecánicas del acero AISI 1018 [40].

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Dureza	126 HB (71 HRb)
Esfuerzo de fluencia	370 MPa (53700 PSI)
Esfuerzo máximo	440 MPa (63800 PSI)
Elongación máxima	15% (en 50 mm)
Reducción de área	40%
Módulo de elasticidad	205 GPa (29700 KSI)
Maquinabilidad	76% (AISI 1212 = 100%)

Se utiliza el catálogo de Contransa (Anexo I) en base a las características regidas por la norma DIN 8187. Para definir el espesor de film se utiliza un sistema mecánico de varilla roscada de acero inoxidable AISI 304, de acuerdo a la normativa DIN 975, la varilla posee una denominación de M20, con un paso de 2,5 [38].

Banda transportadora de poliéster

La cinta de transporte se somete al peso de la masa, el desplazamiento continuo y a cargas térmica por la temperatura de laminación. Se considera que la mezcla que ingresa al equipo contiene almidón, un elemento de origen orgánico, por lo cual el material seleccionado es polivinilo con un recubrimiento de poliéster, resistente a altas temperaturas como también a aceites sintéticos y naturales [41].



Figura 2.1 Banda de polivinilo con recubrimiento de poliéster [41].

Como se presenta en la Figura 2.1 la cinta se asemeja a un tejido cruzado de fibras que dependiendo de los requerimientos se da su espesor, en la Tabla 2.3 se detallan las propiedades de este material [41].

Tabla 2.5 Características de banda de polivinilo [41].

PROPIEDAD	CARACTERISTICA
Tejido	Poliéster
Resistencia a la rotura	190 N/mm
Espesor	2,40 mm
Peso	2,70 kg/mm ²
Resistencia a la temperatura	Entre [-15 a 80]°C

Apoyo y rodamientos

Por el trabajo a cumplir de los rodillos las chumaceras son ubicadas en la estructura del equipo como soporte, se considera la amplia gama de productos de la empresa SKF, con rodamientos de bolas normalizados bajo la norma ISO y JIS que se observa en el Anexo G, H y J. Para el diseño se consideró unidades de soporte de pared y tensores, de acuerdo al diámetro del eje central.

Sistema eléctrico

Se conforma por elementos que funcionan o que transmiten un flujo eléctrico donde se tiene el motor seleccionado de acuerdo a la potencia de diseño, la cual es calculada en el siguiente capítulo, sus características son detalladas en la Figura 3.6. El cableado y elementos conductores se describen en la Tabla 3.28.

Los rodillos se encuentran a una temperatura de laminación, en el interior se localiza una resistencia que eleva la temperatura de un fluido (aceite dieléctrico), el cual mediante conducción transmite la temperatura a la superficie exterior del rodillo. El aceite tiene propiedades como la viscosidad, punto de fluidez, punto de inflamación, tensión interfacial, punto de anilina, color, factor de potencia y rigidez dieléctrica que se detalla en la Tabla 2.6 [42].

Tabla 2.6 Propiedades de los aceites dieléctricos [42].

Propiedad	Característica	Valor
Viscosidad	Resistencia del fluido para desplazarse sobre una superficie	A 100°C 3cSt
Punto de fluidez	Temperatura a la cual un aceite deja de fluir	Entre [-40°C a - 50°C]
Punto de inflamación	Temperatura cuando el aceite inicia la generación de vapores, que al contacto con el oxígeno y la presencia de una llama puede incendiarse	Mínimo de [140°C]
Tensión interfacial	Afecta a la solubilidad del aceite con respecto a otros fluidos	40 dinas/cm

*Continuación de la Tabla 2.6

Punto de anilina	El aceite comienza a disolverse al contacto con anilina	Entre [63°C a 84°C]
Color	El color determina el tipo de hidrocarburo que contiene el aceite, parafina, iso-parafina, nafténico	Amarillo claro
Factor de potencia	Permite conocer la corriente disipada durante el funcionamiento del equipo	A 100°C 0,3%
Rigidez dieléctrica	Indicando el valor del voltaje para que se genere un arco eléctrico	Solo aplica para aceites aislantes

2.3.1 Procesos

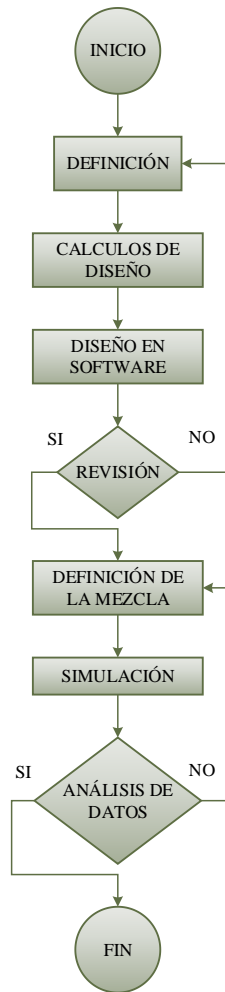


Figura 2.2 Diagrama de flujo del proyecto [Autor].

Para realizar el proyecto de manera ordenada, se idealiza un diagrama de flujo o proceso como se observa en la Figura 2.2, el cual sigue un conjunto de actividades que se relacionan mutuamente, para generar una etapa y previo a cada una debe establecerse los recursos necesarios. El proceso también cuenta con etapas de revisión o control.

Definición

Se define los parámetros de diseño, las características y requerimientos que debe cumplir el equipo. Entre los puntos a enfatizar son el dimensionamiento del film, las temperaturas de moldeo en los rodillos, velocidades y potencia en el sistema de transmisión. La materia prima, para la construcción del equipo, recursos, mano de obra y maquinaria también son definidos.

Cálculos de diseño

Para dimensionar los rodillos de laminación, determinar potencias y velocidades, así como criterios de diseño y factores de seguridad se requiere cálculos específicos. Para lo cual se emplea una fuente bibliográfica de diseño en ingeniería mecánica. En el siguiente capítulo se describen las formulas y los resultados de los cálculos.

Diseño en software

Mediante un software especializado, se establece las especificaciones del equipo, para cumplir con su finalidad.

Revisión

Se realiza una revisión del modelo diseñado, para comprobar que cumple con las características y requerimientos establecidos en la definición. Igualmente se examina que los cálculos de diseño con respecto al modelo sean correspondientes.

Definición de la mezcla

De acuerdo a la información recolectada se determina el tipo de almidón que favorezca de mejor manera la producción de films. La descripción de las propiedades y la condición del almidón al ingresa al equipo se realiza en el siguiente capítulo.

Simulación

Al igual que en la etapa de diseño, se ocupa un software especializados y mediante el método de elementos finitos, se realiza una simulación del efecto térmico en los rodillos para alcanzar la temperatura de laminación y también en el film para su secado.

Análisis de datos

El software finalizado la simulación proporcionada datos que ayudan al diseñador, para realizar cambios en la composición de la mezcla o cambios en las condiciones de trabajo del equipo. Si los resultados obtenidos no son satisfactorios, puede regresar a etapas anteriores y realizar los cambios pertinentes.

CAPITULO III

DISEÑO DEL PROYECTO

3.1 Selección de alternativas

Método de ordinal de criterios de ponderación

Se plantea una metodología de ponderación para una selección de alternativas como matriz de priorización, para la obtención de resultados satisfactorios. El método consiste en una tabla de valoración de las variables que influyen para la toma de decisiones.

Valoración de variables

- Se da un valor de 0, cuando la razón de la fila decae con respecto al de la columna.
- Se da un valor de 0.5, cuando la razón de la fila es igual a la columna.
- Se da un valor de 1, cuando la razón de la fila es superior a la columna.

Procedimiento

Posterior a designar un valor a cada variable, se procede a realizar la suma, por lo cual el criterio con menos valoración no obtenga una asignación nula. En una columna se realiza el cálculo del valor total de un criterio. Como paso final se procede a realizar una sumatoria de todos los valores de criterio en la tabla, encontrando un número específico que sirve de comparación entre las alternativas.

3.2 Selección de materia prima del almidón

Para la selección del tipo de materia prima que se va a emplear para el proyecto, se procede por describir las propiedades requeridas para el proceso de laminación. El almidón puede obtenerse de las raíces, frutas y ciertas partes de las plantas. De los diversos orígenes que tiene el almidón, se presenta el almidón a base de yuca, patatas y plátanos. La materia prima a analizarse es aplicada para el presente proyecto, en futuros proyectos o experimentación se puede emplear otro tipo, bajo el criterio del investigador.

Alternativa 1

Almidón extraído del plátano (*Musa Balbisiana*)

Como una alternativa se presenta el almidón que contiene la harina de plátano, el cual se puede encontrar en cualquier supermercado. Como producto de exposición para el proyecto se propone la harina de la línea “La Pradera”.

Ventajas

- Contiene fósforo (P) y calcio (Ca)
- Temperaturas de laminación entre 80 a 90 °C
- Espesor de film de 0,21 a 0,23 mm
- Resistencia mecánica a la punción de 14,71 [N] a 22,69 [N]
- Resistencia al agua 0.1 a 0.7 cm
- Precio de 1,78 dólares por cada 500g [43].
- Contenido de amilosa en un 35%

Desventajas

- El almidón en el mercado se encuentra como harina
- Es necesario aceites aditivos como el geranio o eucalipto

Alternativa 2

Almidón de Yuca

Para el proyecto el almidón, es extraído de la yuca el cual se obtiene de la línea de producción de la empresa “La Pradera”.

Ventajas

- Temperatura promedio de laminación de 50°C
- Contenido de amilosa en un 33%
- Espesor de film de 0,1 a 0,5 mm
- Resistencia mecánica a la tensión de 6,31 [MPa]
- Precio de 1,53 dólares por libra [43].

Desventajas

- Es necesario aditivos como el ácido esteárico
- Temperatura de secado de 100°C
- Glicerina como aditivo con un 96% de pureza

Alternativa 3

Almidón de Patata

Para el proyecto el almidón, se extrae de la patata (súper chola) mediante un proceso de obtención manual.

Ventajas

- Temperatura promedio de laminación de 70°C
- Contenido de amilosa en un 23,52%
- Espesor de film de 0,027 a 0,054 mm
- Resistencia térmica
- Precio de 0,75 dólares por libra [Autor]

Desventajas

- Obtención del almidón manual
- Glicerina y Melanina como aditivo

Variables de evaluación para la selección de la materia prima de la mezcla

- Porcentaje de amilosa
- Temperatura de plastificación
- Temperatura de secado
- Espesor

Exposición de variables

Porcentaje de amilosa. – El porcentaje de amilosa presente en el almidón, determina la facilidad que tiene para la plastificación. También mejora las propiedades mecánicas dando la formación de un producto final de calidad.

Temperatura de plastificación. - Es la temperatura adecuada para que la mezcla, mediante una presión se pueda moldear con facilidad.

Temperatura de secado. - Posterior al proceso de laminación, la temperatura de secado es una variable del cual depende las propiedades mecánicas de la película.

Espesor. - De acuerdo al tipo de almidón y proceso de modelado se puede obtener diferentes espesores.

Para simplificar las variables de selección se presenta la Tabla 3.1 expone el valor o característica de cada tipo de almidón.

Tabla 3.1 Variables para la selección de la materia prima [Autor].

ALMIDÓN	VARIABLES			
	Amilosa %	T. Plastificación °C	T. Secado °C	Espesor de film mm
Plátano	35	85	110	0,21
Yuca	33	50	100	0,1
Patata	23,52	70	40	0,027

A continuación, en la Tabla 3.2 se realiza una evaluación entre las variables para la determinar el valor de ponderación de cada una.

Tabla 3.2 Evaluación de valor de variable para el tipo de almidón [Autor].

Variable	Porcentaje de amilosa	Temperatura de Plastificación	Temperatura de secado	Espesor de film	Suma	Ponderación	
Porcentaje de amilosa		0,5	1	0	1,5	25,00	0,25
Temperatura de Plastificación	0,5		1	0,5	2	33,33	0,33
Temperatura de secado	0,5	0		0,5	1	16,67	0,167
Espesor de film	0,5	0,5	0,5		1,5	25,00	0,25
				Total	6		

Desde la Tabla 3.3 hasta la Tabla 3.6 se establece el valor de ponderación de cada variable con respecto al tipo de almidón.

Tabla 3.3 Variable porcentaje de amilosa [Autor].

Porcentaje de amilosa	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0,5	1	1,5	50,00	0,5
Alternativa 2	0,5		1	1,5	50,00	0,5
Alternativa 3	0	0		0	0	0
			Suma	3		

Tabla 3.4 Variable temperatura de plastificación [Autor].

Temperatura de plastificación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0	0,5	0,5	14,28	0,1428
Alternativa 2	1		1	2	57,14	0,5714
Alternativa 3	0,5	0,5		1	28,57	0,2857
			Suma	3,5		

Tabla 3.5 Variable temperatura de secado [Autor].

Temperatura de secado	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0,5	0	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 2	0,5		0	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 3	1	1		2	66,67	0,6667
			Suma	3		

Tabla 3.6 Variable espesor de film [Autor].

Espesor de film	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0,5	0	0,5	14,29	0,1429
Alternativa 2	0,5		0,5	1	28,57	0,2857
Alternativa 3	1	1		2	57,14	0,5714
			Suma	3,5		

Tabla 3.7 Evaluación variable - alternativa para el almidón [Autor].

Variable \ Alternativa	0,2500	0,3333	0,1667	0,2500	Suma	Ponderación
	Porcentaje de amilosa	Temperatura de Plastificación	Temperatura de secado	Espesor de film		
Alternativa 1	0,5	0,1428	0,1667	0,1429	0,2359	23,59
	0,1250	0,0475	0,0277	0,0357		
Alternativa 2	0,5	0,5714	0,1667	0,2857	0,4145	41,45
	0,1250	0,1904	0,0277	0,0714		
Alternativa 3	0	0,2857	0,6667	0,5714	0,3492	34,92
	0	0,0952	0,1111	0,1429		

De acuerdo a la Tabla 3.7, se puede determinar que la alternativa 2 (almidón de yuca), con el valor de ponderación más alto de 41.45%, es la más adecuada para realizar la mezcla que ingresa al equipo.

3.3 Selección de equipo de laminación

Alternativa 1

La laminadora de mesa

Se utiliza para masa no fermentada, presentando las siguientes características.

Ventajas

- Produce espesores de hasta 2mm
- Producción homogénea
- Optimización de materia prima
- Fácil uso
- Capacidad de 16 kg
- Separación de los cilindros (rodillos) de 0 a 60mm.
- Requiere de una potencia de 230 kW o 110V (50 Hz a 60Hz)
- Velocidad regulable

Desventajas

- Difícil transporte o reubicación

- Dimensiones considerablemente grandes
- El espesor depende del tipo de masa
- Elevado coste de elaboración

Alternativa 2

Laminadora de sobremesa

Se utiliza para masa no fermentada, presentando las siguientes características.

Ventajas

- Produce espesores de hasta 2mm
- Producción homogénea
- Optimización de materia prima
- Fácil uso
- Capacidad de 10 kg
- Separación de los cilindros (rodillos) de 0 a 40mm.
- Requiere de una potencia de 230 kW o 110V (50 Hz a 60Hz).
- Equipo compacto y ergonómico, ideal para la optimización de espacio.

Desventajas

- Baja capacidad de producción
- Límite de capacidad en peso, un trabajo con un peso extra puede afectar la funcionalidad del equipo.
- El espesor depende del tipo de masa

Alternativa 3

Laminadora para pasteles

Se utiliza para masa no fermentada, presentando las siguientes características.

Ventajas

- Produce espesores de hasta 2mm
- Producción homogénea
- Optimización de materia prima
- Fácil uso

- Capacidad de 16 kg
- Ancho de producción de 0,64m
- Largo de producción de 3,2 a 4,2m
- Separación de los cilindros (rodillos) de 0 a 60mm.
- Requiere de una potencia de 230 kW o 110V (50 Hz a 60Hz)
- Equipo compacto y ergonómico, ideal para la optimización de espacio.

Desventajas

- Mayor robustez
- Dimensiones considerablemente grandes
- Posee un peso neto de 295kg (650,36 lb).
- Espesor de rodillos de laminado de 60mm.
- El espesor depende del tipo de masa
- Elevado costo de elaboración

Variables de evaluación para la selección del equipo

- Facilidad de fabricación
- Costo bajo de producción
- Complejidad del diseño
- Factibilidad para la realización de pruebas

Exposición de variables

Facilidad de construcción. - Esta variable se considera debido al proceso, método, materia prima y recursos disponibles, que son necesarios para la elaboración del equipo.

Costo bajo de producción. - Esta variable es importante para la compra de materiales de fabricación, materia prima, adquisición de equipos de construcción y ensamblaje, todo ello necesario para realizar el proyecto.

Complejidad del diseño. - Para facilitar el proceso de diseño se emplea softwares especializados como el AutoCAD y SolidWorks.

Factibilidad para la realización de pruebas. - Posterior a la elaboración del equipo, este debe ser de fácil de desmontaje, para poder realizar cambios en el equipo o en sus características, dando la posibilidad de corregir fallos o errores.

A continuación, en la Tabla 3.8 se realiza la evaluación entre las variables para la determinar el valor de ponderación de cada una.

Tabla 3.8 Evaluación del valor de cada variable [Autor].

Variable	Facilidad de fabricación	Costo bajo de producción	Complejidad del diseño	Factibilidad para la realización de pruebas	Suma	Ponderación	
Facilidad de fabricación		1	1	0,5	2,5	35,71	0,3571
Costo bajo de producción	1		0,5	0	1,5	21,43	0,2143
Complejidad del diseño	0	1		0,5	1,5	21,43	0,2143
Factibilidad para la realización de pruebas	0,5	0,5	0,5		1,5	21,43	0,2143
				Total	7		

Desde la Tabla 3.9 hasta la Tabla 3.12 se establece el valor de ponderación de cada variable con respecto al tipo de laminadora.

Tabla 3.9 Variable facilidad de fabricación [Autor].

Facilidad de fabricación	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0	0,5	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 2	1		1	2	66,67	0,6667
Alternativa 3	0,5	0		0,5	16,67	0,1667
			Suma	3		

Tabla 3.10 Variable costo bajo de producción [Autor].

Costo bajo de producción	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0	0,5	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 2	1		1	2	66,67	0,6667
Alternativa 3	0,5	0		0,5	16,67	0,1667
			Suma	3		

Tabla 3.11 Variable complejidad del diseño [Autor].

Complejidad del diseño	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		1	0,5	1,5	50,00	0,5000
Alternativa 2	0		0,5	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 3	0,5	0		0,5	16,67	0,1667
			Suma	2,5		

Tabla 3.12 Variable factibilidad para la realización de pruebas [Autor].

Factibilidad para la realización de pruebas	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Suma	Ponderación	
Alternativa 1		0	0,5	0,5	16,67	0,1667
Alternativa 2	1		1	2	66,67	0,6667
Alternativa 3	0,5	0		0,5	16,67	0,1667
			Suma	3		

Tabla 3.13 Evaluación alternativa/variable [Autor].

Variable \ Alternativa	0,3571	0,2143	0,2143	0,2143	Suma	Ponderación
	Facilidad de fabricación	Costo bajo de producción	Complejidad del diseño	Factibilidad para la realización de pruebas		
Alternativa 1	0,1667	0,1667	0,5000	0,1667	0,2381	23,81
	0,0595	0,0357	0,1071	0,0357		
Alternativa 2	0,6667	0,6667	0,1667	0,6667	0,5595	55,95
	0,2381	0,1429	0,0357	0,1429		
Alternativa 3	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	0,1667	16,67
	0,0595	0,0357	0,0357	0,0357		

De acuerdo a la tabla 3.13, se determina la alternativa 2 (Laminadora de sobremesa) con un valor de ponderación mayor de 55,95%, es óptima para elaboración de films biodegradables.

Una vez seleccionada el tipo de almidón de acuerdo al origen (Tabla 3.7) para la preparación de la mezcla y el tipo de laminadora (Tabla 3.13), se describe el proceso de producción a seguir que se observa en la Figura 3.1.

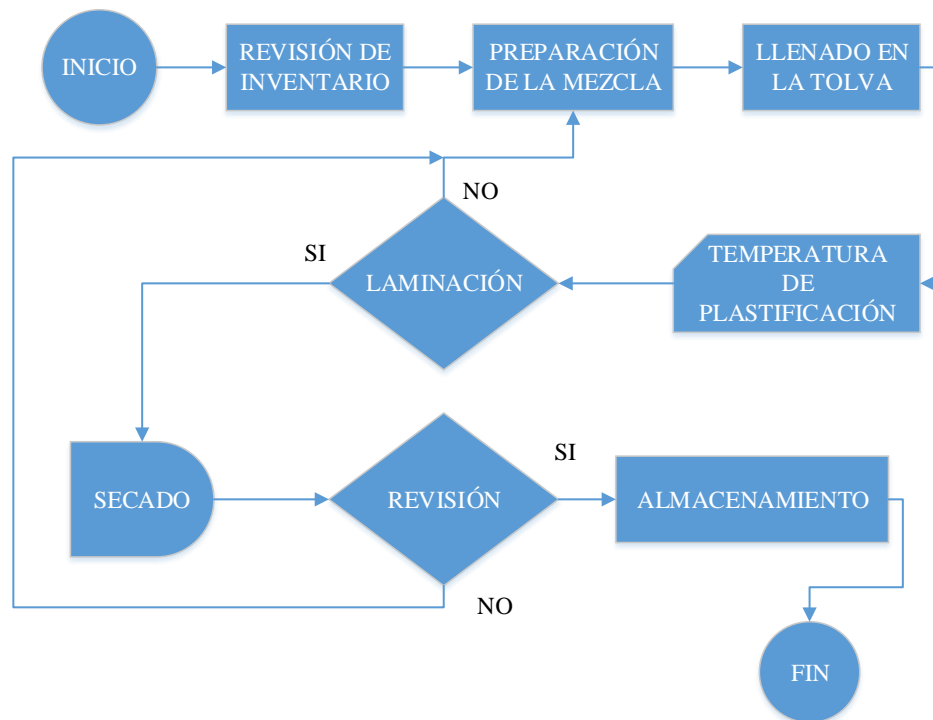


Figura 3.1. Proceso de producción de films biodegradables [Autor].

Revisión de inventario. - Se da revisión al inventario, para tener registro de todos los materiales y equipos que se requiere para el proyecto. También se detalla los elementos para realizar la mezcla de almidón, el cual ingresa al equipo.

Preparación de la mezcla. - El proceso de preparación de la mezcla a base de almidón yuca, se describe en la Tabla 1.7. Las cantidades o proporciones para la mezcla depende del volumen requerido de producción.

Llenado en la tolva. - La mezcla es ingresada en la tolva de alimentación del equipo.

Temperatura de plastificación. - Previo al proceso de laminación el equipo debe encontrarse a una temperatura de 50°C, para la plastificación de la mezcla.

Laminación. - Los rodillos a una temperatura determinada ejercen una presión sobre la mezcla deformando la masa, hasta llevarlo a una fina lamina uniforme. Al tener una temperatura y presión deficiente se pueden presentar fallos, como una masa aguada con dificultad de laminación o una masa muy seca que se adhiere a los rodillos o a la base del equipo. En estos casos se regresa a la revisión del inventario para realizar una nueva mezcla.

Secado. - El proceso de secado debe realizarse en un entorno controlado a una temperatura constante, el cual puede ser en una estufa o una cámara térmica.

Revisión. - El film resultante puede ser objeto de experimentación donde se busca conocer las propiedades físicas y mecánicas. Los resultados de investigaciones anteriores pueden ser utilizadas como punto de comparación.

Almacenamiento.- El almacenamiento resulta de gran importancia si se desea prolongar la vida útil del producto, se recomienda un ambiente seco a una temperatura de 22°C.

3.4 Cálculos de diseño de una laminadora de sobremesa

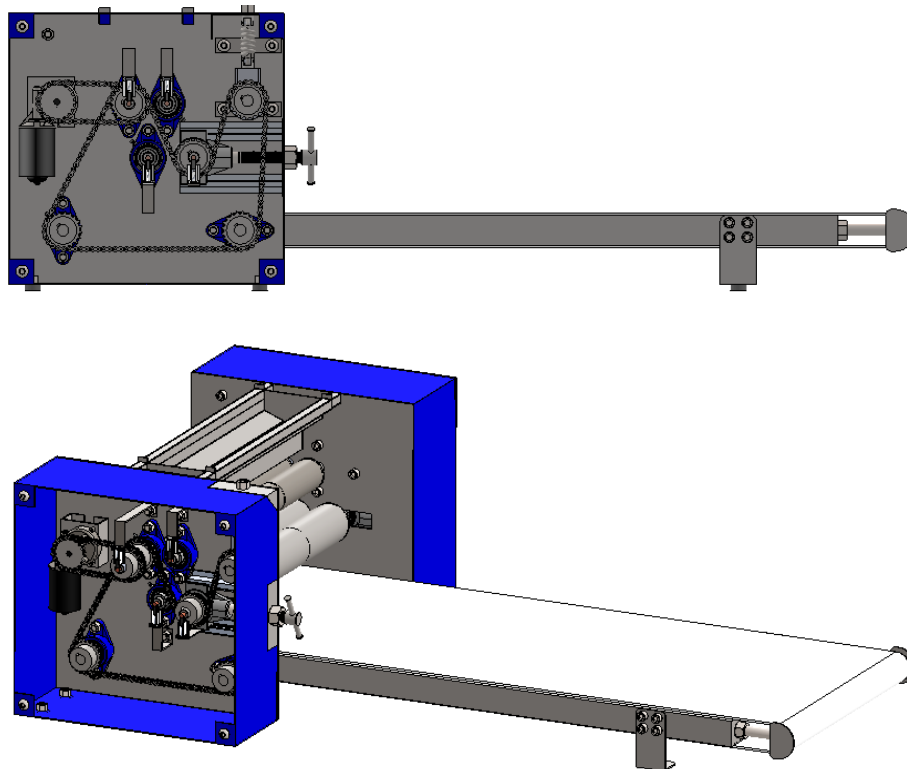


Figura 3.2. Laminadora de sobremesa para la elaboración de films biodegradables [Autor].

Para noción del proyecto y elementos que lo conforman, en la Figura 3.2 se observa una vista lateral e isométrica del equipo diseñado en un software de modelación.

3.4.1 Parámetros de diseño

Para la elaboración de films el equipo necesita cumplir con los siguientes requerimientos.

- El equipo debe laminar una masa a base de almidón.
- El espesor a obtener del film debe encontrarse entre 0 a 15mm.
- El equipo debe dar facilidad de trabajo al usuario permitiendo su ubicación en una base o estación.
- Producción homogénea
- Capacidad de 10 kg
- Requiere de una potencia de 230 kW o 110V (50 Hz a 60Hz)

3.4.2 Capacidad de producción

La laminadora de sobremesa para la producción de films debe ser capaz de laminar hasta 10kg de masa por ciclo de trabajo.

3.4.3 Espesor del film

En la investigación realiza por Gladys Ruiz, el espesor posible para una mezcla de almidón de yuca se encuentra entre 0,5 a 0,1mm. Al obtener un film de espesores mayores, estos presentan una superficie irregular [35].

Previo a definir los cálculos pertinentes para los elementos del equipo se tiene como punto de partida las características de la mezcla a ingresar. La investigación y experimentación realizada por Gladys Ruiz presenta que la mezcla con una composición de 75% de almidón de yuca, 10% de glicerina y 15% agua, la mezcla producida se asemeja a la masa para pan con una viscosidad alta y porcentaje de humedad del 14%. Se requiere una presión de rodillo de $0,476 \frac{kg\ f}{cm^2}$ para para su plastificación, conocido estos datos se procede al cálculos de variables y elementos del equipo.

3.4.4 Diámetros de rodillos

Determinar el diámetro adecuado de los rodillos de laminación para la masa es importante, porque al tener unos rodillos pequeños hace que la superficie del film presente irregularidades o pérdida en la elasticidad de la masa. Para obtener el diámetro del rodillo se emplea la siguiente formula:

$$D = \frac{P}{\pi} \quad [\text{Ec. 3.1}]$$

Donde:

- P es el perímetro del rodillo (m)
- D es el diametro del rodillo (m)

Considerando el espacio de trabajo con una longitud de 1m, por donde se transporta el film se considera dicha cota como el perímetro. El perímetro del rodillo es igual a la longitud de la masa compactada por cada revolución del rodillo.

$$D = \frac{P}{\pi} = \frac{1}{\pi} = 0,318 \text{ m}$$

El diámetro de rodillo requerido para laminar 1m de masa, por revolución se sobredimensiona al equipo por lo cual se considera aumentar el número de revoluciones, para disminuir este valor.

$$D = \frac{P \div n.\text{rev}}{\pi} = \frac{1 \div 6}{\pi} = 0,053 \text{ m}$$

Al obtener un valor de 0,053m de diámetro se opta por una tubería de acero inoxidable AISI 304 de 2 3/8 in (60,33mm), anexo 1.

3.4.5 Longitud del rodillo

Se establece una longitud de rodillo de 0,5m de acuerdo a los requerimientos establecidos para el film.

3.4.6 Fuerza de carga en el rodillo

El valor de la carga que se aplica en el rodillo, para el amasado, es una carga de compresión, que es directamente proporcional a presión aplicada en el rodillo para la

laminación. La carga aplicada al rodillo no afecta en las condiciones de trabajo, por lo cual este valor no requiere un análisis profundo.

3.4.7 Potencia requerida

La masa presenta cierta resistencia para el movimiento libre del rodillo por lo cual debe considerarse las siguientes variables:

- Velocidad del rodillo (rpm): 6rpm (valor supuesto)
- Diámetro (m): rodillo de 0,06033m (2 3/8 in)
- Longitud (m): rodillo de 0,5m
- Presión: $0,476 \frac{kg f}{cm^2}$
- Separación entre rodillos: distancia de 3mm

En la Figura 3.3 se presenta el diagrama de la mezcla que atraviesa los rodillos, a una cierta presión.

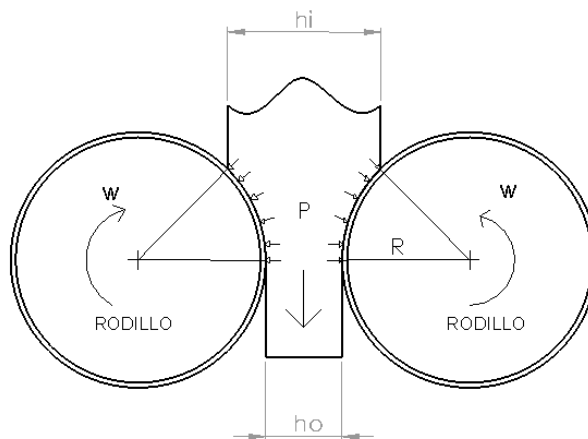


Figura 3.3. Paso de la mezcla a través del rodillo [Autor].

Donde:

P : Presión.

R : Radio.

ω : Velocidad angular del rodillo.

h_i : Distancia inicial de separación de los rodillos a la entra de la masa.

h_o : Distancia final de separación de los rodillos a la salida de la masa.

La presión que ejerce el rodillo sobre la masa genera una zona de contacto, como se presenta la figura 3-4 limitado por los puntos A, B, C y D.

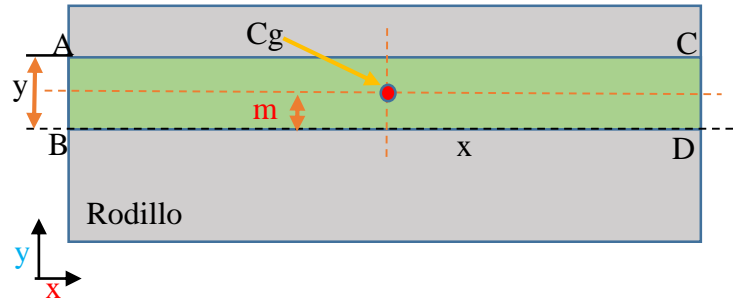


Figura 3.4. Plano de la fuerza aplicada para la laminación [Autor].

Donde:

A_{ABCD} : Área (profundidad “x”, Ancho “y”)

F : Fuerza producto de la presión ejercida del rodillo sobre la mezcla, representada sobre el punto C_g .

m : Centro de gravedad del plano representativo de la fuerza aplicada.

El punto m se puede encontrar mediante la ecuación:

$$m = y/2 \quad [\text{Ec. 3.2}]$$

El área del plano se determina con la siguiente ecuación:

$$A_{ABCD} = x * y \quad [\text{Ec. 3.3}]$$

Para determinar la dimensión de y , se aplica la siguiente ecuación:

$$y = \sqrt{R(h_i - h_o)} \quad [\text{Ec. 3.4}]$$

La separación de los rodillos al inicio es de 20mm y al final de 3mm, el radio del rodillo R es de 0,03017m.

$$y = \sqrt{0,03017 * (0,02 - 0,003)} = 0,022m = 22,64 \text{ mm}$$

Utilizando la ecuación Ec. 3.3, se determina el área de contacto de la masa y el rodillo.

$$A_{ABCD} = 0,5 * 0,022 = 0,011m^2$$

La fuerza resultante se describe como la presión ejercida del rodillo por el área que proyecta el contacto con la masa.

$$F = P * A_{ABCD} \quad [\text{Ec. 3.5}]$$

$$F = 0,476 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} * 113,24 \text{ cm}^2 = 53,90 \text{ kgf}$$

$$F = 528,78 \text{ N}$$

Obtenido la fuerza, se puede obtener el torque producido por dicha fuerza.

$$T_p = F * m \quad [\text{Ec. 3.6}]$$

El centro del plano o punto m se determina con la ecuación Ec. 3.2.

$$m = \frac{y}{2} = \frac{2,265}{2} = 1,132 \text{ cm}$$

$$T_p = F * m = 53,90 \text{ kgf} * 1,132 \text{ cm}$$

$$T_p = 61,01 \text{ kgfcm} = 5,98 \text{ Nm}$$

Ecuación para determinar la potencia que actúa en el sistema:

$$P = T * \omega \quad [\text{Ec. 3.7}]$$

$$P = 61,01 \text{ kgf} * 6 \text{ rpm} * \frac{9,81 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} * \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} * \frac{1 \text{ hp}}{746 \text{ watt}} * \frac{2 \pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}}$$

$$P = 5,04 \times 10^{-3} [\text{hp}]$$

$$P = 3,76 [\text{W}]$$

La potencia requerida por los rodillos es:

$$P_s = P * 2 \quad [\text{Ec. 3.8}]$$

$$P_s = 0,0101 [\text{hp}]$$

$$P = 7,53 [\text{W}]$$

Momento de inercia

$$I = MR^2 \quad [\text{Ec. 3.9}]$$

Donde:

I : Momento de inercia

M : Masa del elemento

R : Radio

$$I = 1,11 \text{ kg} * (30,15 \text{ m})^2 = 1,01 \text{ kgm}$$

$$I = 9,9 \text{ Nm}$$

3.4.8 Banda transportadora

Para determinar el tipo de banda a utilizar, se debe considerar las propiedades de la materia prima (masa). Como se puede observar la masa no es un material abrasivo, y con ello el desgaste es bajo. No obstante, es un producto destinado para el contacto con productos de consumo humano.

Variables de diseño para la banda de transporte:

- **Dimensionamiento de la banda:** El ancho de la banda depende del ancho del film que se desea obtener.
- **Peso:** El peso de la banda se ve relacionado directamente con el funcionamiento del equipo, si es sobredimensionado, la potencia del motor requerido para su movimiento será mayor.
- **Temperatura:** La temperatura del sistema puede afectar a las propiedades físicas de la banda, al estar sometida a temperaturas propias del proceso.
- **Potencia requerida:** Para mover el sistema sin peso y la necesaria para mover la banda incluido el peso de la mezcla.

El valor de la longitud de la banda debe ser tomada desde el punto medio de los rodillos ubicados al inicio y fin del recorrido de la banda. La trayectoria de acuerdo al modelo de laminadora es lineal.

3.4.9 Velocidad

La trayectoria de la banda es lineal por lo cual la velocidad requerida debe ser adecuada, para la formación y compresión del film. Como se mencionó en el párrafo

anterior la potencia requerida para su desplazamiento es una variable necesaria, al igual que la tensión presente en la banda.

La velocidad se puede encontrar con la siguiente ecuación:

$$V = \omega * R \quad [\text{Ec. 3.10}]$$

Donde:

- V es la velocidad (m/s)
- ω es la velocidad angular (rpm)
- R es el radio del rodillo (m)

$$V = 6rpm * 0,03017m * \frac{1min}{60s} * \frac{2\pi rad}{1rev} = 0,0189 m/s$$

3.4.10 Capacidad

La capacidad es uno de los puntos de enfoque del proyecto, el equipo debe ser diseñado para el funcionamiento con 10kg de masa. No obstante, la capacidad de transporte de la banda [Ec. 3.12] se determina, con el área transversal del film [Ec. 3.11] cómo se visualiza en la Figura 3.5 y su velocidad.

$$A = a * e \quad [\text{Ec. 3.11}]$$

Donde:

- A del film [m²]
- a es ancho del film [mm]
- b es espesor del film [mm]

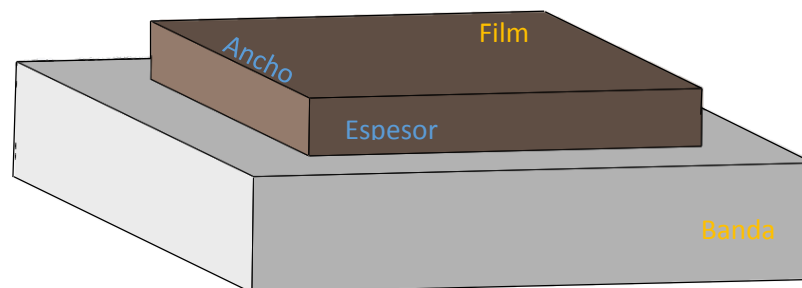


Figura 3.5. Área transversal del film sobre la banda [Autor].

$$A = a * e$$

$$A = 0,5 * 0,001 = 5 \times 10^{-4} m^2$$

Como se conoce la velocidad de la banda transportadora y el área transversal del film resultante, se puede determinar la capacidad volumétrica con la ecuación:

$$Q_v = 3600 * A * V \quad [\text{Ec. 3.12}]$$

Donde:

Q_v : Capacidad volumétrica [m^3]

A : Área respecto a la sección transversal [m^2]

V : Velocidad de transporte [m/s]

$$Q_v = 3600 * 5 \times 10^{-4} m^2 * 0,0189 \frac{m}{s}$$

$$Q_v = 0,0340 \frac{m^3}{h}$$

Para determinar la capacidad volumétrica [Ec. 3.13] en toneladas por hora multiplica con el peso específico del almidón de yuca de $609,59 \text{ kg}/m^3$.

$$Q_t = Q_v * \gamma \quad [\text{Ec. 3.13}]$$

$$Q_t = 0,0340 \frac{m^3}{h} * 609,59 \text{ kg}/m^3$$

$$Q_t = 20,72 \frac{kg}{h} = 0,02072 \text{ tn}/h$$

3.4.11 Fuerza requerida para el movimiento en vacío de la banda

En la siguiente ecuación Ec. 3.14 se presenta las variables requeridas para determinar la fuerza de transporte de la banda sin carga alguna. La fuerza debe ser suficiente para permitir el funcionamiento de las piezas móviles.

$$F_1 = C * f * L * G * g \quad [\text{Ec. 3.14}]$$

Donde:

F_1 : Fuerza requerida para el movimiento en vacío de la banda [N].

C : Factor de fricción con respecto a la banda.

f : Factor de fricción de los elementos móviles.

L : Longitud de la banda de transporte [m].

G : Peso de las piezas móviles

g : gravedad

Entre las variables mencionadas se presenta el factor de fricción de la banda y de los elementos móviles, los cuales resultan por el contacto y movimiento de los elementos del sistema. Esta variable depende del diseño del sistema y las características de los elementos que lo conforma.

En la Tabla 3.14 se observa los coeficientes de fricción para elementos móviles de acuerdo al tipo de cojinete.

Tabla 3.14 Coeficiente de fricción [44].

TIPO DE COJINETE	ESTADO	VALOR DE f
RODAMIENTOS	Favorable	0,018
	Normal	0,02
	Desfavorable	0,023-0,030
FRICCIÓN		0,05

Para determinar el factor de fricción C con respecto a la banda de transporte se emplea la siguiente ecuación.

$$C = 15,9 * L^{-0,61} + 0,77 \quad [\text{Ec. 3.15}]$$

Donde:

L : Longitud de la banda de transporte [m].

$$C = 15,9 * 1,435^{-0,61} + 0,77$$

$$C = 13,53$$

El peso de las piezas móviles Ec. 3.16 se determina para conocer la carga que genera la banda conjuntamente con los rodillos.

$$G = 2G_b + \frac{G_{ro}}{S_1} \quad [\text{Ec. 3.16}]$$

Donde:

G : Peso de las piezas móviles $[kg/m]$

G_b : Peso de la banda de transporte $2,85[kg/m]$

G_{ro} : Peso de los rodillos $2,77[kg]$

S_1 : Distancia entre rodillos $1,384[m]$

$$G = 2 * 2,85 + \frac{2,77}{1,384}$$

$$G = 7,701 [kg/m]$$

Se emplea la ecuación Ec. 3.14 para la fuerza requerida sin carga en la banda:

$$F_1 = 13,53 * 0,02 * 1,384 * 7,701 * 9,81$$

$$F_1 = 28,29 [N]$$

3.4.12 Fuerza requerida para el movimiento con carga de la banda

La banda requiere una fuerza [Ec. 3.17] que supere la inercia de la mezcla, y así poder generar un movimiento horizontal.

$$F_2 = \left(\frac{C * f * L * Q_t}{3,6 * v} \right) * g \quad [\text{Ec. 3.17}]$$

Donde:

F_2 : Fuerza requerida para el movimiento con carga de la banda $[N]$.

C : Factor de fricción con respecto a la banda.

f : Factor de fricción de los elementos móviles.

L : Longitud de la banda de transporte $[m]$.

Q_t : Capacidad de transporte de la banda

g : gravedad

V : Velocidad de transporte [m/s]

$$F_2 = \left(\frac{13,53 * 0,02 * 1,384 * 0,02072}{3,6 * 0,0189} \right) * 9,81$$

$$F_2 = 1,12 [N]$$

Determinado la fuerza de la banda para transportar el film, se puede definir la potencia con la siguiente ecuación:

$$P_B = \frac{(F_1 + F_2) * v}{1000} \quad [\text{Ec. 3.18}]$$

$$P_B = \frac{(28,29 + 1,12) * 0,0189}{1000}$$

$$P_B = 5,56 \times 10^{-4} \text{ kW} = 0,001 \text{ hp}$$

Debido al peso de la mezcla compactada (film) y las características de la banda transportadora la potencia que requiere la banda se considera baja. Posterior se determina la potencia teórica [Ec. 3.19] que necesita el sistema.

$$P_t = P_{rs} + P_B \quad [\text{Ec. 3.19}]$$

$$P_t = 4,24 \times 10^{-3} + 0,001 = 5,24 \times 10^{-3} [\text{hp}]$$

$$P_t = 3,90 [W]$$

$$T = \frac{P}{\omega} \quad [\text{Ec. 3.20}]$$

$$P = 0,001 \text{ hp} * 714,75 \frac{\text{Nm}}{\text{s}} = 0,714 \text{ Nm/s}$$

$$\omega = 6 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{rev}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 0,628 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T = \frac{0,714 \text{ Nm/s}}{0,628 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 1,14 \text{ Nm}$$

El momento de inercia [Ec. 3.20] que se forma con la potencia teórica por la velocidad angular es de 1.14 N. El sistema puede tener pérdidas en la potencia debido a los elementos de transmisión y por la eficiencia que posee el motor la banda y la cadena

como se detalla en la Tabla 3.15. Por lo cual se requiere conocer la potencia real [Ec. 3.21] que necesita el sistema para funcionar con normalidad.

Tabla 3.15 Eficiencias [45].

Eficiencia	Porcentaje %
Motor	90
Banda	96
Cadena	98

$$P_R = \frac{P_t}{n_m * n_b * n_c} \quad [\text{Ec. 3.21}]$$

$$P_R = \frac{5,24 \times 10^{-3} [hp]}{(90 * 96 * 98)\%}$$

$$P_R = 6,18 \times 10^{-3} [hp] = 4,61 [W]$$

De acuerdo a la potencia que requiere el sistema, se opta por un motor que cumpla con los parámetros mencionados. De acuerdo al catálogo de BOSCH de la Figura 3.6, se elige un motor limpia parabrisas CDP, de 0,00895 hp y con un rango de velocidad hasta 32 rpm.

	Número de parte	P _n (Potencia nominal)	I _n (Corriente nominal)	M _n (Torque nominal)	M _a (Torque de parada)	M _a (Torque de parada)	Relación de transmisión	Dirección de rotación	Señal	Lado**	Dibujo dimensional (D)	Diagrama de cableado (W)	Tipo de eje (S)	Conector (C)	Curva de rendimiento (P)
		W	A	rpm	Nm	Nm									
12 V	F 006 B20 145*	6.7 ; 10.5	3.5 ; 5.5	32 ; 50	2	23 ; 20	63:1	CCW	No	L	D1	W1	S1	C1	P3
	F 006 B20 048*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W2	S1	C2	P1
24 V	F 006 B20 064*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W2	S1	-	P1
	F 006 B20 146*	6.9 ; 10.7	2 ; 3	33 ; 51	2	30 ; 23	63:1	CCW	No	L	D1	W1	S1	C1	P5
	F 006 B20 106	9.8	3.5	47	2	32.5	79:1	CCW/CW	No	L	D2	W3	S3	C3	P2
	F 006 B20 360	16	2.4	51	3	35	63:1	CCW/CW	Sí	R	D3	W5	S2	C4	P4
	F 006 WM0 310	16	2.4	51	3	35	63:1	CCW/CW	No	R	D3	W4	S2	-	P4

Figura 3.6 Catálogo de motor limpia parabrisas BOSCH [45].

3.4.13 Sistema de transmisión de movimiento

Transmisión del motor al rodillo

El rodillo se encuentra apoyado mediante cojinetes como se observa en a Figura 3.7, donde generalmente se presenta las cargas y esfuerzos máximos.

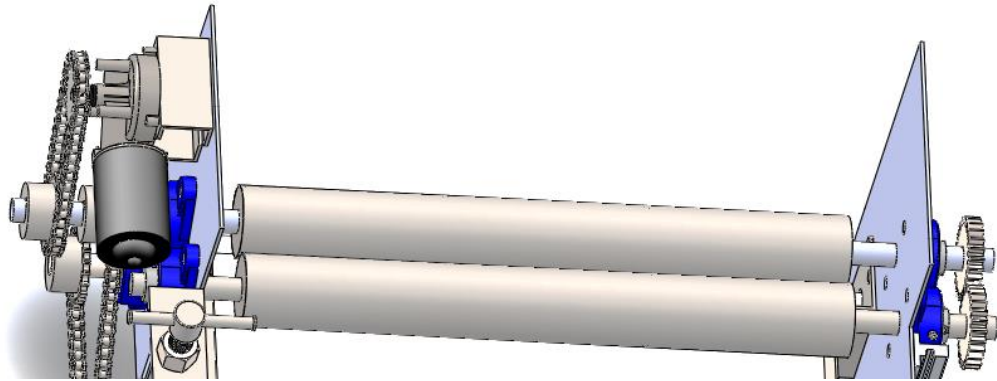


Figura 3.7 Rodillos de laminación y sistema de transmisión [Autor].

Ruedas y cadenas

Para iniciar el estudio de las fuerzas de transmisión respecto a las cadenas, se debe considerar los requerimientos a cumplir durante la función o trabajo del equipo. Una de las características principales de cualquier elemento que conforme una máquina es la vida útil. La Tabla 3.16 presenta las variables a considerar para selección de cadenas y ruedas.

Tabla 3.16. Variables de selección para cadenas y ruedas[Autor].

Variable	Características
ω : Velocidad angular transmitida desde el motor	6 rpm
P : Potencia del motor	0,00895 hp
D : Separación entre centros de ejes	120 mm

Para la selección de la rueda se toma como dato supuesto, de acuerdo al criterio del diseñador un elemento (rueda conductora) con 12 dientes. Posterior se determina el número de dientes de la rueda conducida, con la siguiente ecuación:

$$N_1 * n_1 = N_2 * n_2 \quad [\text{Ec. 3.22}]$$

$$N_2 = N_1 * \frac{n_1}{n_2}$$

Donde:

N_1 : Dientes de la rueda de cadena conductora 20 [*dientes*]

N_2 : Dientes de la rueda de cadena conducida

n_1 : Velocidad rueda de cadena conductora 6 [*rpm*]

n_2 : Velocidad rueda de cadena conducida 6 [*rpm*]

$$N_2 = 20 * \frac{6}{6} = 20 \text{ [dientes]}$$

La potencia de la cadena [Ec. 3.23] se define en base al factor de carga, numero de dientes de la rueda y potencia del motor.

$$P_{scd} = f_1 * f_2 * P \quad [\text{Ec. 3.23}]$$

Donde:

P_{scd} : Potencia de selección de la cadena

f_1 : Factor de carga [1]

f_2 : Factor de dientes [1,27]

P : Potencia [0.008984 *hp*] [6,7 *W*]

$$P_{scd} = 1 * 1,27 * 6,7 = 8,509 \text{ [W]}$$

Longitud de la cadena entre la rueda motriz-conducida

En la Figura 3.8 se observa la trayectoria de la cadena entre la rueda motriz y conducida, para determinar la longitud requerida [Ec. 3.24].

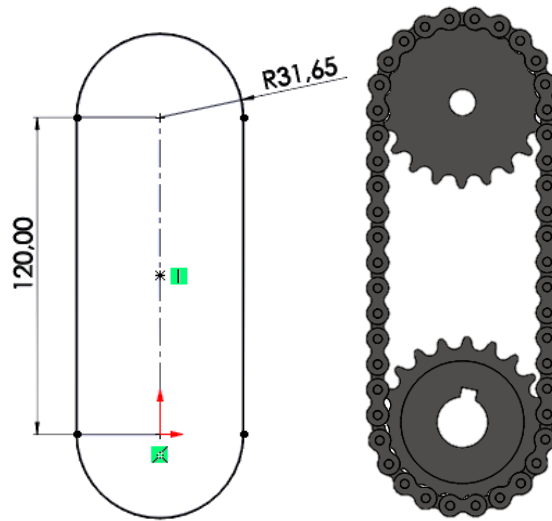


Figura 3.8 Trayectoria cadena entre rueda motriz-conducida [Autor].

$$L_c = 2C + 2(l. arco) \quad [Ec. 3.24]$$

$$L_c = 2C + 2 \left(\frac{2 * \pi * R * \alpha^{\circ}}{360^{\circ}} \right)$$

Donde:

L_c : Longitud de la cadena [m]

C : Distancia entre centros de ejes

$$L_c = 2(120 \times 10^{-3}) + 2 \left(\frac{2 * \pi * 31,65 \times 10^{-3} * 120^{\circ}}{360^{\circ}} \right)$$

$$L_c = 0,24 + 0,1325$$

$$L_{c1} = 0,3725 \text{ m}$$

Longitud de la cadena entre rodillos

La Figura 3.9 se observa la cadena y ruedas para la transmisión de movimiento entre el rodillo 1 y 2.

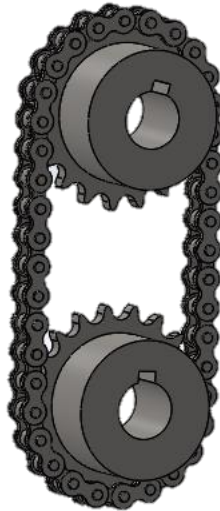


Figura 3.9 Sistema cadena rodillo a rodillo [Autor].

Utilizando la ecuación 3.24, se determina la longitud de la cadena.

$$L_c = 2(95,12 \times 10^{-3}) + 2 \left(\frac{2 * \pi * 30,48 \times 10^{-3} * 120^\circ}{360^\circ} \right)$$

$$L_{c1} = 0,3179 \text{ m}$$

Longitud de la cadena sistema de transmisión

Tabla 3.17 Separación entre piñones transmisión [Autor].

LONGITUD	VALOR (mm)
L1	237,1
L2	125
L3	114,16
L4	215
L5	295
SUMATORIA	986,26

Como se detalla en la Tabla 3.17 la distancia entre puntos tangenciales de las ruedas como se observa en la Figura 3.10, se define como la longitud entre ruedas y mediante la Ec. 3.4 se determina la longitud de la cadena.

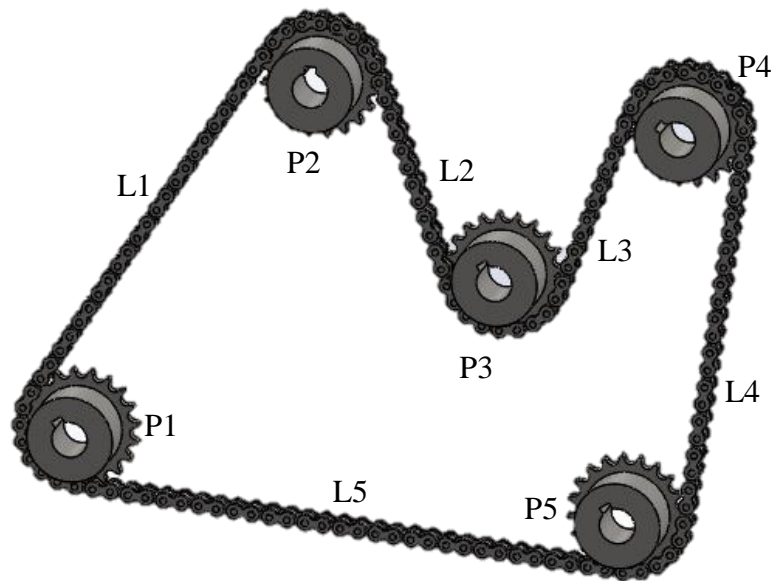


Figura 3.10 Sistema de transmisión [Autor].

De acuerdo a la Ec. 3.24 la formula longitud de arco es:

$$L_c = \frac{2 * \pi * R * \alpha^{\circ}}{360^a}$$

En valor de la longitud de arco de cada rueda definido con la letra P, y la longitud total del sistema se observa en la Tabla 3.18.

Tabla 3.18 Longitud de arco en contacto con la cadena [Autor].

LONGITUD	VALOR (mm)
LP1	127,80
LP2	139,59
LP3	153,11
LP4	182,63
LP5	94,16
SUMATORIA	697,29

La longitud total de la cadena para el proyecto, es la sumatoria comprendida por la separación entre piñones y longitudes de arco [Ec.3.24], dando como resultado 1683,55mm del sistema de transmisión de la Figura 3.10. Incluyendo la longitud de la

cadena entre la rueda motriz y conducida de 0,3725 mm de la Figura 3.8 y la longitud de la cadena rodillo a rodillo de la Figura 3.9 es de 0,3179 dando como resultado final un valor aproximado de 1,69 metros.

Transmisión de potencia rueda motriz a conducida

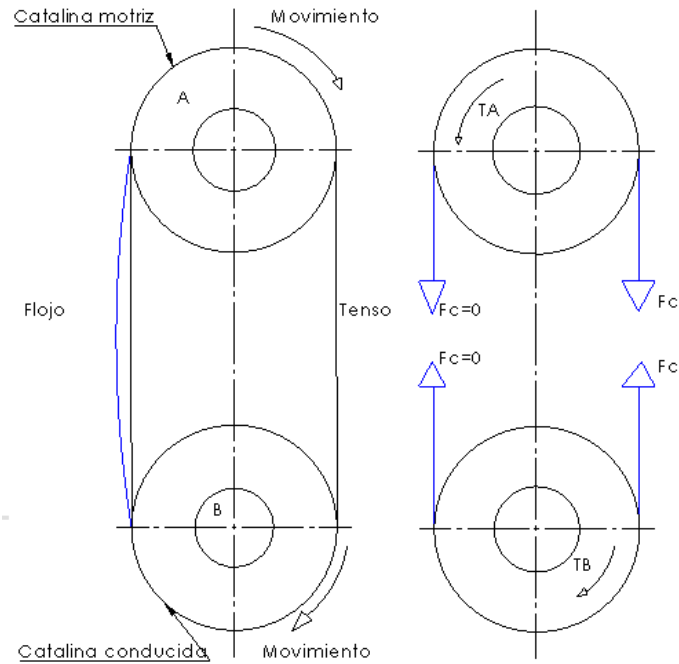


Figura 3.11 DCL catalinas y cadenas [Autor].

Como se observa en la Figura 3.11 la cadena entre ruedas tiene un extremo en tensión y el otro flojo generando un fuerza y momento torsor, la fuerza de flexión sometida al eje de transmisión es semejante a la tensión existente en la sección tensa de la cadena. Estas variables son consideradas para el diseño del sistema de transmisión y selección del motor.

Donde:

T_A : Momento torsional que ejercida en la rueda de cadena A

T_B : Momento torsional que ejercida en la rueda de cadena B

En base al sistema y en movimiento realizado, se puede determinar la fuerza resultante en un punto perpendicular al paso de la rueda. La rueda A o rueda conductora, transmite una fuerza a la rueda B o rueda conducida y su torque se determina con la siguiente ecuación:

$$T_A = \frac{P}{w} \quad [\text{Ec. 3.25}]$$

Donde:

T_A : Torque en la rueda A

P : Potencia del motor

w : Velocidad angular

$$T_A = \frac{0,00895 \text{ hp}}{6 \text{ rpm}}$$

$$P = 0,00895 \text{ hp} * 714,75 \frac{\text{Nm}}{\text{s}}$$

$$P = 6,397 \text{ [W]}$$

$$\omega = 6 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{rad}}{1 \text{rev}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}} = 0,628 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$T_A = 10,186 \text{ [Nm]}$$

Determinado el torque de la rueda conducida, se procede a definir la fuerza resultante respecto al paso que tiene las ruedas de cadena con la Ec. 3.26.

$$F_{cat.} = \frac{T_A}{\text{Radio Paso en la rueda A}} \quad [\text{Ec. 3.26}]$$

$$F_{cat.} = \frac{10,186 \text{ Nm}}{0,0304419 \text{ m}}$$

$$F_{cat.} = 334,60 \text{ [N]}$$

El paso de las ruedas se puede obtener de la siguiente tabla del catálogo KANNA de la SYL International de la Figura 3.12.

Donde:

Rueda de cadena A igual a B, de 20 dientes

No. of Teeth	Pitch Dia. (P.C.D.)	Out side Dia. (OD)	SINGLE B TYPE				Approx. Weight (kg)	Materials
			Bore (BD)		Hub			
			Stock	Max.	HD	HL		
9	1.096	1.25	0.35	0.43	* 0.846	0.787	0.06	
10	1.213	1.38	0.35	0.47	* 0.965	0.787	0.08	
11	1.331	1.50	0.35	0.55	* 1.063	0.787	0.09	
12	1.449	1.63	0.39	0.63	* 1.201	0.787	0.12	
13	1.567	1.75	0.39	0.71	* 1.280	0.787	0.12	
14	1.685	1.87	0.39	0.71	1.260	0.787	0.12	
15	1.804	1.99	0.39	0.79	1.378	0.787	0.16	
16	1.922	2.11	0.39	0.79	1.457	0.787	0.19	
17	2.041	2.23	0.47	0.98	1.614	0.787	0.22	
18	2.159	2.35	0.47	0.98	1.732	0.787	0.25	
19	2.278	2.47	0.47	1.10	1.850	0.787	0.28	
20	2.397	2.59	0.47	1.18	1.969	0.787	0.32	
21	2.516	2.71	0.47	1.26	2.087	0.787	0.36	
22	2.635	2.83	0.47	1.38	2.205	0.787	0.37	
23	2.754	2.95	0.47	1.50	2.362	0.787	0.38	
24	2.873	3.07	0.47	1.26	2.087	0.866	0.43	
25	2.992	3.19	0.47	1.26	2.087	0.866	0.44	

Figura 3.12 Catálogo de engranajes/rueda de cadena [46].

El torque en la rueda A, se determina con la siguiente ecuación:

$$T_A = F_{cat.* Radio Paso en la rueda A} \quad [Ec. 3.27]$$

$$T_A = 334,60 [N] * 0,0304419 m$$

$$T_A = 10,186 [Nm]$$

Engranajes

Para a transmisión de fuerza y movimiento entre el rodillo 1 y 2 se emplea engranes los cuales generan mediante un DCL se observa una fuerza radial y tangencial como descrita en la Figura 3.13 al estar en contacto entre ellas.

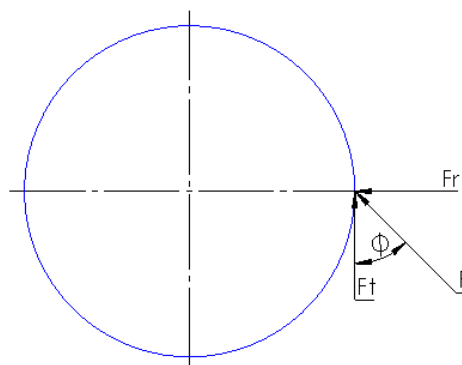


Figura 3.13 Diagrama de fuerzas en el engranaje [Autor].

La relación de transmisión 1:1, velocidad angular de 3rpm son variables que influyen para determinar fuerzas en los engranajes. En la Figura 3.14 se concreta el engranaje

a utilizar para la transmisión de movimiento entre el rodillo 1 y 2, el diámetro primitivo dp del engranaje es de 62,5mm de acuerdo, a productos existentes en el mercado.

REF.	Nº DIENTE	Ø PRIMI. dp	CONS.	Ø CUBO d_m	Ø EJE D_1	Ø MAX	L. DIENT B	L. CUBO	ANCHO A	MATER.
ECR 2,5-12	12	30,0	1	22	10	14	25	15	40	A
ECR 2,5-15	15	37,5	1	30	10	18	25	15	40	A
ECR 2,5-20	20	50,0	1	40	14	25	25	15	40	A
ECR 2,5-25	25	62,5	1	50	14	32	25	15	40	A
ECR 2,5-30	30	75,0	1	55	16	34	25	15	40	A
ECR 2,5-35	35	87,5	1	60	16	35	25	15	40	A
ECR 2,5-40	40	100,0	1	70	20	40	25	15	40	A
ECR 2,5-45	45	112,5	1	70	20	40	25	15	40	A
ECR 2,5-50	50	125,0	1	80	20	45	25	15	40	A
ECR 2,5-55	55	137,5	1	90	20	50	25	15	40	A
ECR 2,5-60	60	150,0	1	100	20	55	25	15	40	A
ECR 2,5-65	65	162,5	2	-	20	-	25	-	25	A
ECR 2,5-70	70	175,0	2	-	20	-	25	-	25	A
ECR 2,5-75	75	187,5	2	-	20	-	25	-	25	A
ECR 2,5-80	80	200,0	2	-	25	-	25	-	25	A
EVR 2,5-85	85	212,5	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-90	90	225,0	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-95	95	237,5	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-100	100	250,0	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-105	105	262,5	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-110	110	275,0	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-115	115	287,5	2	-	25	-	25	-	25	A
ECR 2,5-120	120	300,0	2	-	25	-	25	-	25	A

Figura 3.14 Catálogo de engranajes CONTRANSA [47].

$$dp = Z/d \quad [\text{Ec. 3.28}]$$

Donde:

dp : Paso diametral

Z : Numero de dientes [25 *dientes*]

d : Diámetro primitivo [*in*]

$$dp = 25/2,461 = 10,1 \approx 10$$

El paso diametral de la Ec. 3.28 presenta un valor que requiere e software de diseño para definir el engranaje.

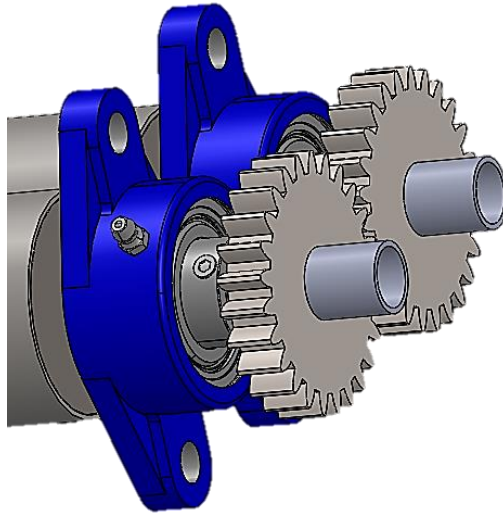


Figura 3.15 Engranaje de transmisión [Autor].

La fuerza tangencial y radial se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$F_t = \frac{2 \cdot T_s}{d_p} \quad [\text{Ec. 3.29}]$$

$$F_r = F_t \cdot \tan(\phi) \quad [\text{Ec. 3.30}]$$

Donde:

F_t : Fuerza tangencial [N].

F_r : Fuerza radial [N].

d_p : Diámetro primitivo [m].

T_s : Torque en la salida [Nm].

ϕ : Es el ángulo de presión que se ejerce sobre el engranaje [grados].

Para determinar el torque a la salida del sistema de transmisión, se realiza la diferencia entre el torque producido por la rueda de cadena conductora y el torque generado durante la plastificación como se observa en la Ec 3.31.

$$T_s = T_B - T_p \quad [\text{Ec. 3.31}]$$

$$T_s = 10,186 \text{ Nm} - 5,98 \text{ Nm}$$

$$T_s = 4,206 \text{ [Nm]}$$

Fuerza tangencial

$$F_t = \frac{2 * (4,206) Nm}{62,5 \times 10^{-3} m}$$

$$F_t = 134,59 [N]$$

Fuerza radial

$$F_r = 134,59 N * \tan(20)$$

$$F_r = 48,98 [N]$$

La potencia transmitida se determina con la siguiente ecuación:

$$H_s = T_s * \omega \quad [\text{Ec. 3.32}]$$

Donde:

H_s : Potencia [hp]

ω : Velocidad angular [rpm]

El valor de 7120,91 sirve como factor de conversión para hp en la Ec. 3.32.

$$H_s = \frac{T_s * \omega}{7120,91}$$

$$H_s = \frac{4,206 [Nm] * 6 rpm}{7120,91}$$

$$H_s = 0,00354 [hp]$$

3.4.14 Análisis de fuerzas y momentos en el eje central del rodillo

El eje central del rodillo que se apoya en cojinetes, presenta fuerzas y momentos de torsión en diversos puntos, como se observa en la Figura 3.16, respecto al plano xy y en la Figura 3.17 al plano xz , los puntos C y D, representa a los cojinetes donde se apoya el rodillo.

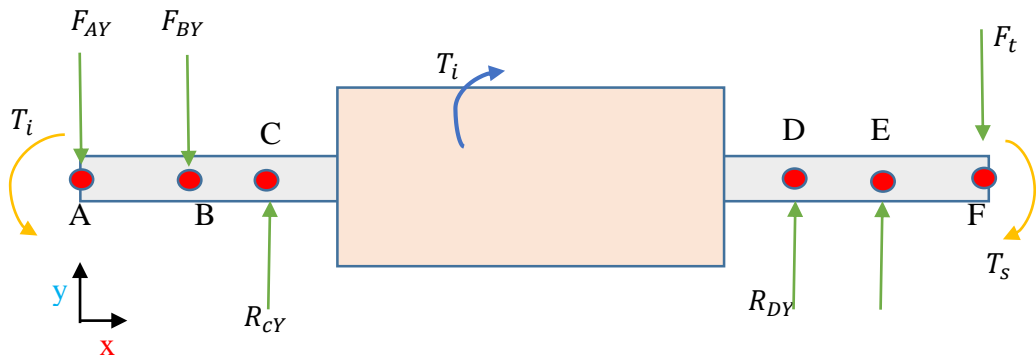


Figura 3.16 Diagrama rodillo plano x-y [Autor].

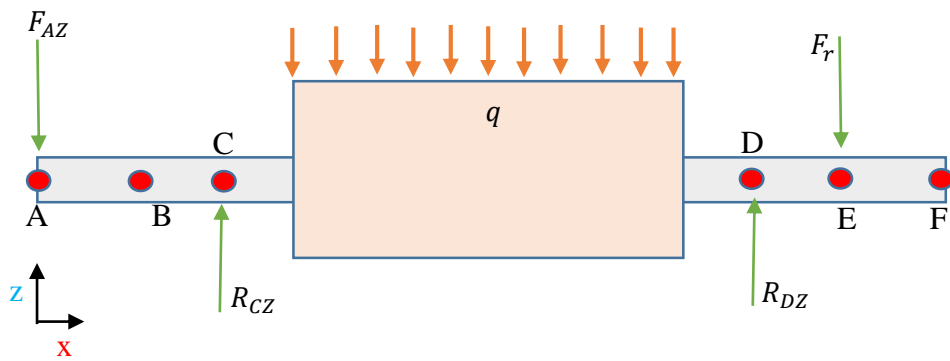


Figura 3.17 Diagrama rodillo plano x-z [Autor].

Mediante un software de análisis de efectos mecánicos en elementos propenso a deformación se estudia el efecto de las cargas cortantes en el plano xy como se observa en la Figura 3.18.

Análisis de cargas en el plano x-y

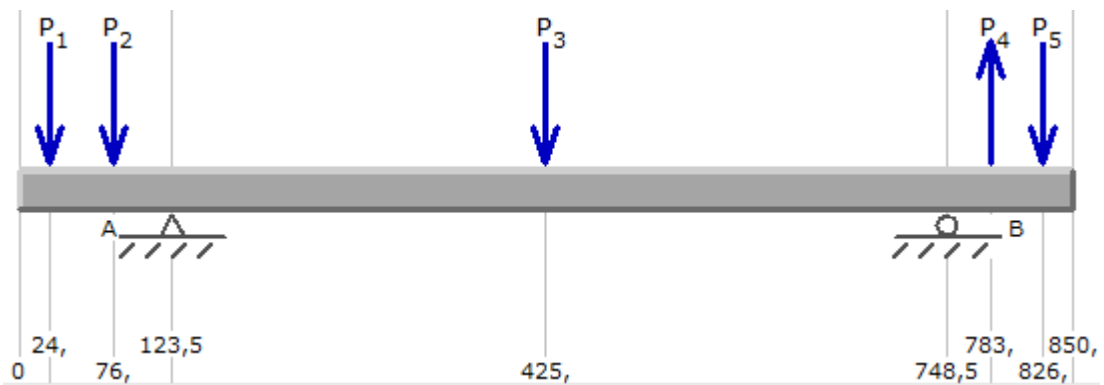


Figura 3.18 Análisis de cargas en el plano x-y [Autor].

$$w = 2,35 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 23,05$$

La carga del elemento analizado es el producto de la multiplicación del peso por la gravedad. La Tabla 3.19 detalla los valores de fuerza cortante y momento torsor en los puntos de análisis del elemento.

Tabla 3.19 Valores fuerza cortante y par torsor en el plano XY [Autor].

PUNTO (mm)	CARGA	PAR TORSOR
A (x=24)	$F_A = -3,38$ N	$T_i = 0$ Nm
B (x=76)	$F_B = -3,38$ N	$M_{BY} = -0,1758$ Nm
C (x=123,5)	$R_{CY} = 26,50$ N	$M_{CY} = -0,4969$ Nm
w (x=425)	$w = -23,05$ N	5,45 Nm
D (x=748,5)	$F_D = -127,90$ N	$M_{DY} = 4,38$ Nm
E (x=783)	$F_E = 134,59$ N	$M_E = -0,1453$ N/m
F (x=826)	$F_E = -3,38$ N	$M_{DY} = 0$ N/m

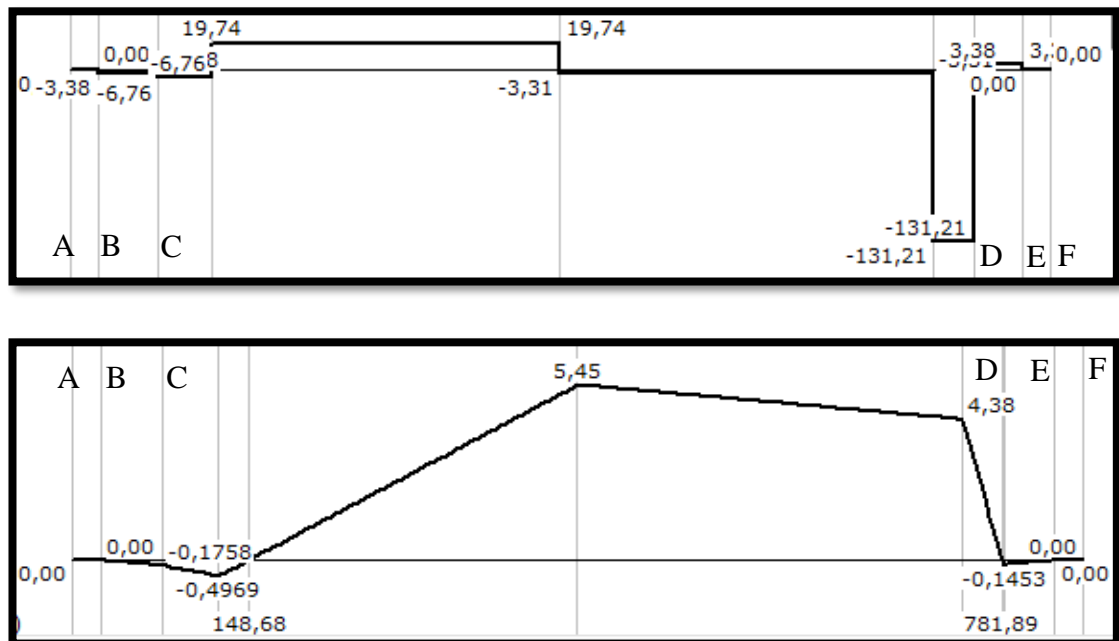


Figura 3.19 Fuerza cortante y momento flector plano XY [Autor].

En base a los valores de la Tabla 3.19 y la gráfica expuesta en la Figura 3.19 los puntos críticos son los puntos C y D, donde se encuentra los cojinetes.

Análisis de cargas en el plano x-z

Como se observa en la Figura 3.20 se requiere determinar el valor de la carga que genera el rodillo mediante la Ec. 3.33 que influye en las reacciones para el análisis del plano xz.

$$q = \frac{Q}{L} = \frac{135,9 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,5 \text{ m}} \quad [\text{Ec. 3.33}]$$

$$q = 2666,36 \text{ N/m}$$

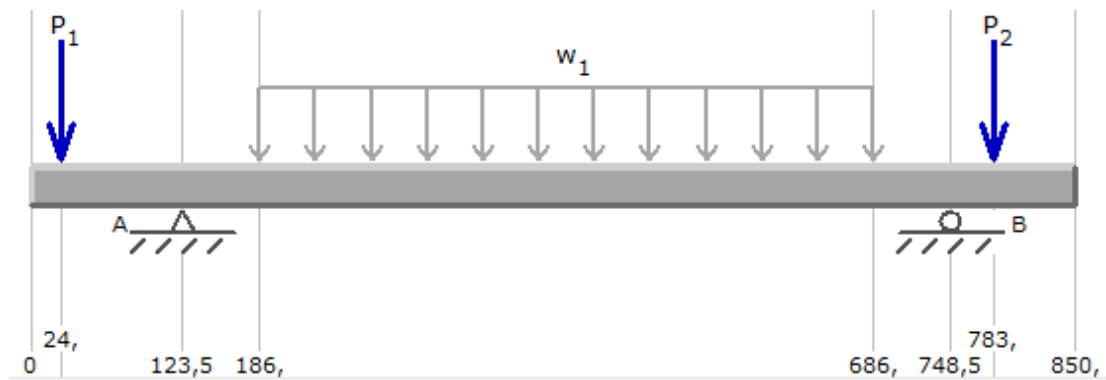


Figura 3.20 Fuerza cortante y momento flector plano XZ [Autor].

En el plano xz se presenta fuerzas cortantes y momentos que generan una reacción en cada punto de análisis los valores son descritos en la Tabla 3.20.

Tabla 3.20 Valores fuerza cortante y par torsor en el plano XZ [Autor].

PUNTO (mm)	CARGA	PAR TORSOR
A (x=24)	$F_A = 334,60 \text{ N}$	0 N/m
B (x=76)		
C (x=123,5)	$R_{CZ} = 1051,75 \text{ N}$	$M_{CZ} = -33,29 \text{ N/m}$
q (xi=186, xf=686)	$q = 2666,36 \text{ N}$	$107,97 \text{ N/m}$
D (x=748,5)	$F_{DZ} = 665,01 \text{ N}$	$M_{DZ} = -1,69 \text{ N/m}$
E (x=783)	$F_E = 48,98 \text{ N}$	0 N/m
F (x=826)		

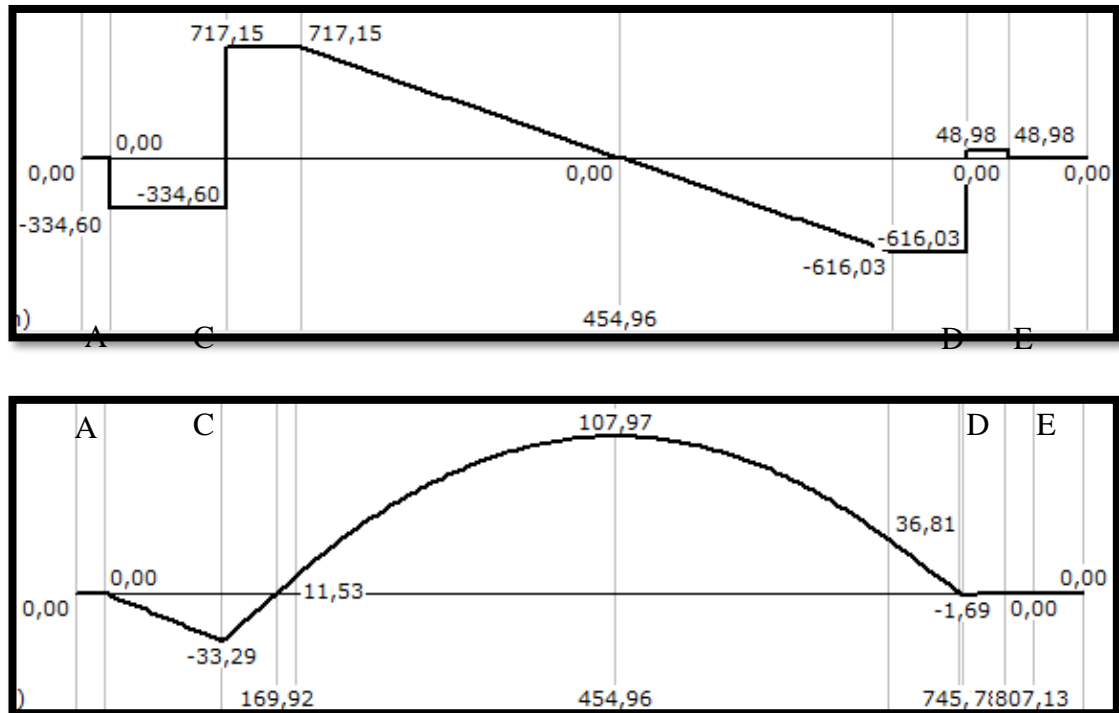


Figura 3.21 Fuerza cortante y momento flector plano XZ [Autor].

Mediante los resultados expuestos en la Tabla 3.20 y los diagramas de la Figura 3.21, se puede definir los puntos C y D poseen valores críticos en el plano xz. Conocido los valores y mediante la Ec. 3.34 y Ec. 3.25 se define el punto con mayor momento flector.

$$M_{x_{124}} = \sqrt{M_{C_y}^2 + M_{C_z}^2} \quad [\text{Ec. 3.34}]$$

$$M_{x_{123,5}} = \sqrt{(-0,4969)^2 + (-33,29)^2} = 33,29 \text{ [Nm]}$$

$$M_{x_{746,7}} = \sqrt{M_{D_y}^2 + M_{D_z}^2} \quad [\text{Ec. 3.35}]$$

$$M_{x_{748,5}} = \sqrt{(4,38)^2 + (-1,69)^2} = 4,69 \text{ [Nm]}$$

De acuerdo a los resultados de las ecuaciones anteriores, el punto donde es mayor el momento flector es el B.

3.4.15 Diseño estático en el eje central del rodillo

Para definir el factor de seguridad [Ec. 3.41] de la tubería central del rodillo se plantea un estudio estático mediante la teoría de la energía de distorsión [Ec. 3.39] como se observa en la Figura 3.22 respecto al esfuerzo máximo de flexión [Ec. 3.36] y esfuerzo máximo cortante [Ec. 3.38].

$$\sigma_x = \frac{M * c}{I} \quad [\text{Ec. 3.36}]$$

Donde:

σ_x : Esfuerzo máximo de flexión

M : Momento flector en el punto crítico (74,95 [Nm])

c : Distancia al centroide [m]

El momento de inercia para una sección circular es:

$$I = \frac{\pi * (d_e^4 - d_i^4)}{64} \quad [\text{Ec. 3.37}]$$

Donde:

I : Momento de inercia

d_e : Diámetro exterior

d_i : Diámetro interior

Reemplazando la fórmula del momento de inercia Ec. 3.36, la distancia al centroide para una sección circular en la ecuación Ec. 3.35 del momento máximo de flexión se tiene:

$$\sigma_x = \frac{32 * M * d_e}{\pi (d_e^4 - d_i^4)}$$
$$\sigma_x = \frac{32 * 33,29 \text{ Nm} * 0,01905}{\pi (0,01905^4 - 0,01605^4)}$$
$$\sigma_x = 98,86 \text{ MPa}$$

Esfuerzo de cortante que actúa en el eje

$$\tau = \frac{16 * T * d_e}{\pi * (d_e^4 - d_i^4)} \quad [\text{Ec. 3.38}]$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante [MPa]

T : Momento flector (10,186 [Nm])

$$\tau = \frac{16 * (10,186) * 0,01905}{\pi(0,01905^4 - 0,01605^4)}$$

$$\tau = 15,12 \text{ MPa}$$

Conocido los valores del esfuerzo de corte y de flexión máximos en el punto crítico se determina la falla estática mediante la teoría de la energía de distorsión o Esfuerzo cortante máximo.

$$\sigma_{AB} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + (\tau_{xy})^2} \quad [\text{Ec. 3.39}]$$

Donde:

τ : Esfuerzo cortante [15,12 MPa]

σ_x : Esfuerzo máximo de flexión [98,86 MPa]

$$\sigma_{AB} = \frac{98,86}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{98,86}{2}\right)^2 + (15,12)^2}$$

$$\sigma_A = 101,12 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_B = -2,26 \text{ [MPa]}$$

De acuerdo a la Tabla 2.1 el Esfuerzo de fluencia del material es de 235 MPa y como se observa en la Figura 3.22, el punto (σ_A, σ_B) se ubica en el interior tanto del área de la teoría del Esfuerzo Cortante Máximo (ECM) como en la teoría de Energía de Deformación (ED) demostrando que el material es adecuado para el trabajo.

Teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles

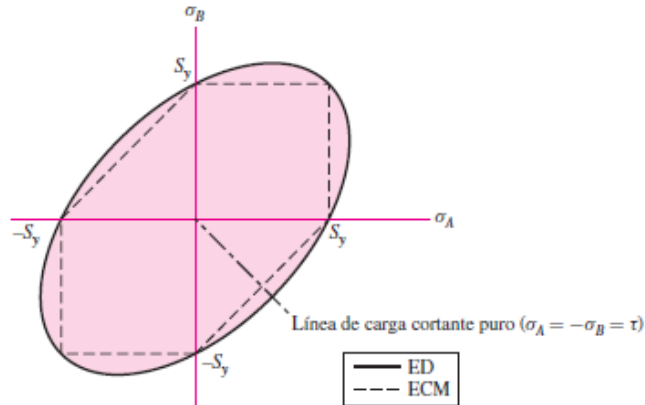


Figura 3.22 Teoría de energía por ED y ECM [48].

Comprobado que el material no presentará falla, se plantea la Ec. 3.40 para determinar la resistencia máxima a la fluencia (S_A) mediante la Ec. 3.40 que al dividir por el esfuerzo máximo de flexión (σ_A) se define su factor de seguridad [Ec. 3.41].

$$S_A = \frac{S_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right) + \left(\frac{\sigma_3}{\sigma_1}\right)^2}} \quad [\text{Ec. 3.40}]$$

Donde:

S_y : Resistencia a la fluencia Acero AISI 304 [235 MPa]

$$S_A = \frac{235}{\sqrt{1 + \left(\frac{-2,26}{101,12}\right) + \left(\frac{-2,26}{101,12}\right)^2}} = 237,6 \text{ MPa}$$

Con la siguiente ecuación se determina el factor de seguridad

$$n = \frac{S_A}{\sigma_A} = \frac{237,6 \text{ MPa}}{101,12 \text{ MPa}} = 2,34 \quad [\text{Ec. 3.41}]$$

3.4.16 Diseño dinámico en el eje central del rodillo

$$S_e = k_a * k_b * k_c * k_d * k_e * k_f * S'_e \quad [\text{Ec. 3.42}]$$

Las variables que se relacionan para determinar la Resistencia limite a la fatiga (S_e) de la Ec. 3.42, se exponen en la Tabla 3.21. Para determinar las variables y factores requeridos, se emplea como referencia el libro de diseño mecánico de Shigley.

Tabla 3.21 Variables de diseño estático para el eje [48].

Variable	Designación
S_e	Resistencia limite a la fatiga del eje
k_a	Factor de superficie
k_b	Factor de tamaño
k_c	Factor de confiabilidad
k_d	Factor de temperatura
k_e	Factor modificado por concentración de esfuerzos
k_f	Factor de efectos varios
S'_e	Resistencia limite a la fatiga en la probeta

Resistencia limite a la fatiga en la probeta

$$S'_e = 0,5 Sut = 0,5 * 568 MPa = 284 MPa \quad [\text{Ec. 3.43}]$$

Factor de superficie

$$k_a = a * Sut^b \quad [\text{Ec. 3.44}]$$

Donde “a” es un factor de la condición en la superficie del material de 4,51 MPa y “b” de -0,265.

$$k_a = 4,51 * 568^{-0,265} = 0,84$$

Factor de tamaño

$$k_b = 1,24d^{-0,107} \quad [\text{Ec. 3.45}]$$

$$k_b = 1,24(19,05)^{-0,107} = 0,904$$

Factor de confiabilidad

$$k_c = 1 \text{ para flexión} \quad [\text{Ec. 3.46}]$$

Factor de temperatura

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}} \quad [\text{Ec. 3.47}]$$

El factor de temperatura de operación de la Ec. 3.47 puede obtenerse de la Figura 3.23, cuyo valor es aceptable.

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}
20	1.000
50	1.010
100	1.020
150	1.025
200	1.020
250	1.000
300	0.975
350	0.943
400	0.900
450	0.843
500	0.768
550	0.672
600	0.549

Figura 3.23 Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión [48].

$$k_d = 1,010$$

Factor modificado por concentración de esfuerzos

$$k_e = 1 - 0,08z_a \quad [\text{Ec. 3.48}]$$

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_a
50	0
90	1.288
95	1.645
99	2.326
99.9	3.091
99.99	3.719
99.999	4.265
99.9999	4.753

Figura 3.24 Factor de confiabilidad K_e [48].

$$k_e = 0,897$$

Factor de efectos varios

$$k_f = 1 + q(K_t - 1) \quad [\text{Ec. 3.49}]$$

Donde:

q : Sensibilidad a la muesca

K_t : Factor de concentración del esfuerzo

De acuerdo al diseño, no se consideró cambios de sección, por lo cual la sensibilidad a la muesca es 0.

$$k_f = 1$$

Resistencia limite a la fatiga del eje

$$S_e = 0.84 * 0.904 * 1 * 1,010 * 0,897 * 1 * 284 = 195,37 \text{ MPa}$$

Teoría de la energía de distorsión para diseño dinámico

Mediante la teoría de la energía de distorsión y la recta de Goodman modificado de la Figura 3.25 se determina el factor de diseño [Ec. 3.54], definido que el esfuerzo de flexión se encuentra en el área de seguridad por debajo del Esfuerzo de fluencia del material.

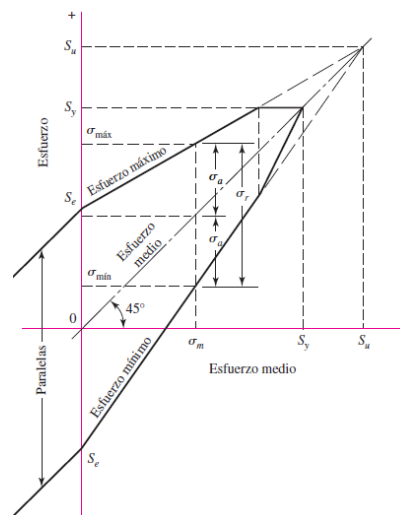


Figura 3.25 Gráfica Goodman modificado [48].

De acuerdo al sistema la siguiente ecuación [Ec. 3.50] describe un estado con esfuerzos biaxial.

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + \sigma_{ya}^2 - \sigma_{xa} * \sigma_{ya} + 3 * \tau_{xya}^2} \quad [\text{Ec. 3.50}]$$

Donde $\sigma_y = 0$, por lo cual $\sigma_{ya} = 0$

$$\sigma'_a = \sqrt{\sigma_{xa}^2 + 3 * \tau_{xya}^2} \quad [\text{Ec. 3.51}]$$

$$\sigma'_m = \sqrt{\sigma_{xm}^2 + 3 * \tau_{xym}^2} \quad [\text{Ec. 3.52}]$$

El esfuerzo de la Ec. 3.51 se grafica en el eje de las Y, y el esfuerzo de la Ec. 3.52 en la abscisa de las X.

El esfuerzo máximo de flexión es de 98,86 MPa de acuerdo a la Ec. 3.36.

$$\sigma_{xa} = \sigma_{xmax} = 98,86 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante máximo es de 15,12 MPa de acuerdo a la Ec. 3.38.

$$\sigma_{xm} = \tau_{xya} = 0 \text{ MPa} \quad \tau_{xy} = \tau_{xymax} = 15,12 \text{ MPa}$$

El esfuerzo medio Ec. 3.52 y alternante Ec. 3.51 presenta los siguientes resultados:

$$\sigma'_a = \sqrt{(228,58)^2 + 3 * 0^2} = 98,86 \text{ MPa}$$

$$\sigma'_m = \sqrt{(0)^2 + 3 * (15,12)^2} = 26,19 \text{ MPa}$$

Se define la resistencia media con la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{S_e + \sigma'_a}{S_{ut} + \sigma'_m}} \quad [\text{Ec. 3.53}]$$

$$S_m = \frac{195,37}{\frac{195,37}{568} + \frac{98,86}{26,19}} = 47,44 \text{ MPa}$$

La resistencia media del material S_m de 47,44 MPa se ubica en el área segura por debajo del esfuerzo de flexión S_y (235 MPa) y rotura S_{ut} (585 MPa), determinando que el material es adecuado para el trabajo.

Factor de seguridad

$$n = \frac{S_m}{\sigma'_m} = \frac{47,44}{26,19} = 1,81 \quad [\text{Ec. 3.54}]$$

La barra seleccionada es un acero AISI 304 de $\frac{3}{4}$ in de diámetro (19,05 mm). Los centros y rodillos restantes para la laminación de la mezcla, se someten a las mismas cargas y esfuerzos aplicados.

3.4.17 Selección de rodamientos (Chumacera).

Análisis estático

El rodamiento se selecciona en base a las cargas radiales y axiales que presenta en el análisis del sistema. El rodamiento junto con su chumacera es extraído del catálogo SKF con valores normalizados.

De acuerdo al proceso de selección SKF se plantea la siguiente ecuación:

$$P_o = 0,6F_r + 0,5F_a \quad [\text{Ec. 3.55}]$$

Donde:

P_o : Carga estática [N]

F_r : Fuerza radial [N]

F_a : Fuerza axial [N]

La fuerza radial que se emplea para la selección del rodamiento es cuyo valor sea el mayor entre los apoyos, del rodillo de laminación. El punto de apoyo C, tiene una carga de $R_{CZ} = 1051,75$ [N], la fuerza axial es de $R_{CY} = 26,50$ [N].

$$P_o = 0,6(1051,75) [N] + 0,5(26,50) [N]$$

$$P_o = 644,3 [N]$$

La carga estática o equivalente es menor a la fuerza radial por lo cual se considera $P_o = F_r = 1051,75$ N.

Para constatar que el rodamiento satisface los requerimientos establecidos para su función, se busca el factor de seguridad estático S_o , conociendo que la capacidad de carga estática básica $C_o = 6.55$ KN.

$$S_o = \frac{C_o}{P_o}$$

$$S_o = \frac{6550}{1051,75} = 6,22$$

De acuerdo con la bibliografía presentada por la SKF se recomienda un factor estático de 2, para un adecuado funcionamiento del rodamiento. Como se observa $6,22 > 2$, por lo cual cumple su función.

Análisis dinámico

De acuerdo al proceso de selección SKF para carga dinámica se plantea la siguiente ecuación:

$$P = 0,56F_r + 1,31F_a \quad [\text{Ec. 3.56}]$$

Donde:

P : Carga dinámica [N]

$$P = 0,56 (1051,75) + 1,31(26,50)$$

$$P = 623,695 \text{ [N]}$$

De acuerdo a las especificaciones SKF la carga dinámica es menor a la fuerza radial por lo cual se considera $P = F_r = 1051,75 \text{ N}$.

Para constatar que el rodamiento satisface los requerimientos establecidos para su función, se busca el factor de seguridad dinámico S , conociendo que la capacidad de carga dinámica básica $C = 12,7 \text{ KN}$.

$$S = \frac{C}{P} \quad [\text{Ec. 3.57}]$$

$$S = \frac{12,7}{1,051} = 12,1$$

De acuerdo con la bibliografía de la empresa SKF se recomienda un factor estático de 2, para un adecuado funcionamiento del rodamiento. Como se observa $12,1 > 2$, por lo cual cumple su función.

Definido el análisis estático y dinámico se observa que el rodamiento seleccionado cumple con sus requerimientos. El diámetro interior del rodamiento es $\frac{3}{4}$ in, con los datos establecidos se ingresa al catálogo SKF para seleccionar un rodamiento que se adecue a los requerimientos. El rodamiento seleccionado es el RLS 6-2RS1, conjuntamente con una chumacera F2B_012_RM (Anexo G, H y J).

3.5 Simulación del análisis térmico en el rodillo de laminación

Para conocer el efecto térmico y las características que el sistema debe poseer para presentar una temperatura constante en la superficie del rodillo, se expone un análisis térmico del conjunto del rodillo de laminación. En la Figura 3.26 se presenta un modelo del rodillo de laminación diseñado en el software.

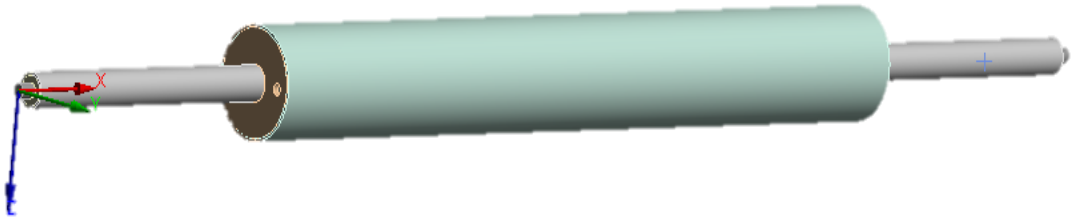


Figura 3.26 Diagrama para el análisis rodillo de laminación [Autor].

De acuerdo al método de elementos finitos (MEF), el cuerpo a analizar debe tener un mallado adecuado como se visualiza en el Figura 3.27 para que los resultados de las ecuaciones diferenciales describan de mejor manera el problema físico, químico o mecánico que se ha planteado al modelo.

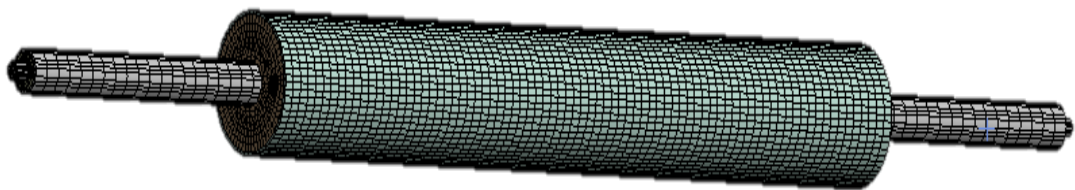


Figura 3.27 Mallado del modelo [Autor].

Los elementos analizados por MEF son una cantidad exagerada que resulta difícil realizar su cálculo de manera manual, para ello el mallado de la Figura 3.27 que se ingresa al software facilita el trabajo. La calidad de la malla en base al software puede determinarse mediante elementos ortogonales cuyos valores deben encontrarse próximos a 1 como se observa en la Figura 3.28 para considerarse aceptables. Otro método es mediante la oblicuidad de los elementos donde el valor debe aproximarse a 0 para ser aceptables.

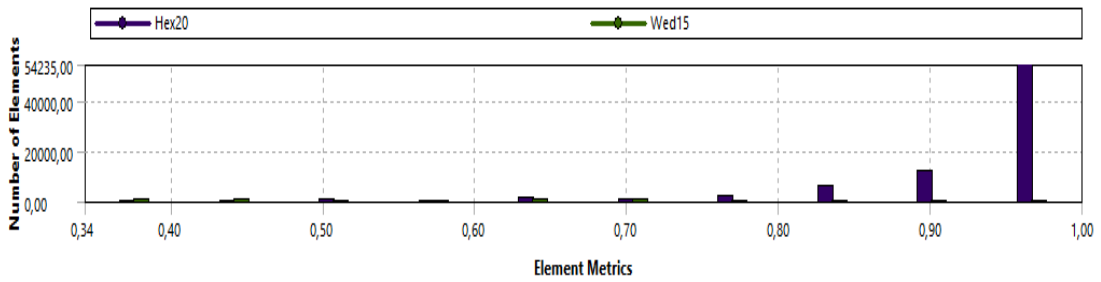


Figura 3.28 Cantidad de elementos ortogonales respecto a la calidad de la malla [Autor].

Como se observa en la Figura 3.28 la mayor cantidad de elementos ortogonales en análisis se encuentra con valores cercanos a 1 representados por la barra azul, dando como resultado una calidad de malla aceptable.

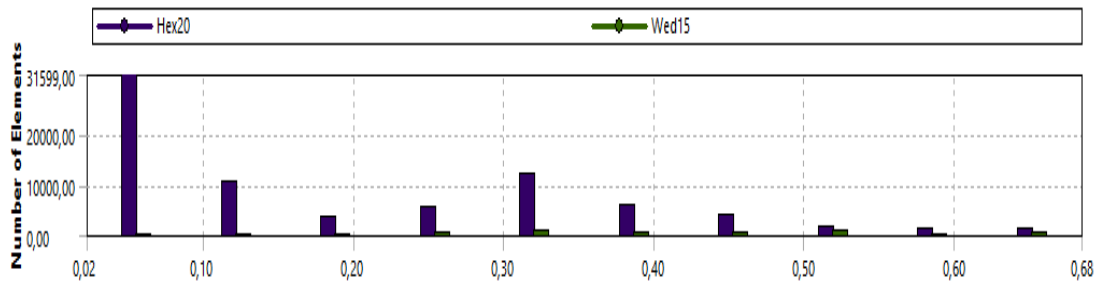


Figura 3.29 Cantidad de elementos oblicuos respecto a la calidad de la malla [Autor].

De acuerdo a la Figura 3.29 la mayor cantidad de elementos oblicuos en análisis se encuentra con valores cercanos a 0 representados por la barra azul, dando como resultado una calidad de malla aceptable.

Como se observa en la Figura 3.28 y 3.29 se presenta una pequeña cantidad de elementos que se acerca a valores considerados malos para la malla, para ello se debe realizar un estudio de dichos elementos para su corrección, no obstante, si dichos elementos no se encuentran en puntos críticos del elemento puede obviarse.

Ecuaciones para el análisis térmico

Como punto de partida se tiene que la temperatura deseada en la superficie del rodillo debe ser de 50°C, la resistencia de cobre tiene una generación de calor interna de 1 W/cm^3 , mediante un despeje de la Ec. 3.58 se determina la generación de calor que se produce. Los elementos son analizados desde la resistencia consecutivamente hasta la superficie del rodillo aplicando métodos de la transferencia de calor.

$$\dot{e}_{gen} = \frac{E_{gen}}{V_{resistencia}} \quad [\text{Ec. 3.58}]$$

Donde:

\dot{e}_{gen} : Generación de calor por unidad de volumen [$1 \times 10^6 \text{ W/m}^3$]

E_{gen} : Generación de calor [W]

$V_{resistencia}$: Volumen de cilindro [$4,37 \times 10^{-5} \text{ m}^3$]

Despejando la generación de calor de la ecuación 3.58 se determina los watts que se requiere.

$$E_{gen} = (1 \times 10^6 \text{ W/m}^3) * (\pi * 0,004^2 * 0,870)$$

$$E_{gen} = 43,73 \text{ [W]}$$

Temperatura superficial de la resistencia de cobre

$$T_s = T_{aceite} + \frac{\dot{e}_{gen} V}{h A_s} \quad [\text{Ec. 3.59}]$$

Donde:

T_s : Temperatura en la superficie de la resistencia [$^{\circ}\text{C}$]

T_{aceite} : Temperatura ambiente del aceite dieléctrico [$^{\circ}\text{C}$]

h : Coeficiente de convección aceite dieléctrico [$\text{W/m}^2\text{ }^{\circ}\text{C}$]

A_s : Área transversal de la resistencia [m^2]

V : Volumen de la resistencia [m^3]

$$T_s = 20^{\circ}\text{C} + \frac{(1 \times 10^6)(\pi * 0,004^2 * 0,870)}{5100 (\pi * 0,004^2)}$$

$$T_s = 190,58 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

De acuerdo a la Ec. 3.59 la temperatura calculada de la resistencia es de $190,58 \text{ }^{\circ}\text{C}$, no obstante, la temperatura que presenta el software es de $192,56 \text{ }^{\circ}\text{C}$, como se observa en

la Figura 3.30 teniendo un residuo que se expresa como un error porcentual, con el cual se tiene un enfoque de la magnitud de la diferencia.

$$\%Error = \frac{|V.A-V.E|}{V.E} * 100\% \quad [Ec. 3.60]$$

Donde:

V.A: Valor aproximado

V.E: Valor exacto

$$\%Error.Ts = \frac{|192,56 - 190,58|}{190,58} * 100\%$$

$$\%Error.Ts = 1,038\%$$

La diferencia de la temperatura teórica con la obtenida del software presenta un error aproximado del 1%, que es aceptable para realizar el trabajo.

Temperatura en la superficie de la tubería central del rodillo

$$Q = \frac{Ti - Te}{\frac{1}{2\pi Lhr_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi Lk} + \frac{1}{2\pi Lhr_2}} \quad [Ec. 3.61]$$

Donde:

Ti: Temperatura de la tubería central del rodillo [190,58°C]

Te: Temperatura en la superficie de la tubería central del rodillo [°C]

L: Longitud de la tubería central [0.850 m]

h_{ac}: Coeficiente de conductividad térmica por convección del aceite dieléctrico [5100 W/m²°C]

h_a: Coeficiente de conductividad térmica por convección del aire [15 W/m²°C]

r_{1,2}: Radio interno y externo de la tubería central del rodillo respectivamente [m]

k: Coeficiente de conductividad térmica por conducción en la tubería de acero [16,3 W/m°C]

$$43,73W = \frac{190,58 - T_e}{(2,28 \times 10^{-3}) + (1,92 \times 10^{-3}) + 0,95}$$

$$T_e = 148,85 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Empleando la ecuación 3.55 se determina la temperatura en la superficie del rodillo de laminación.

$$Q = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{2\pi L h_{ac} r_1} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L k} + \frac{1}{2\pi L h_a r_2}}$$

Donde:

T_i : Temperatura de la tubería central del rodillo [148,85°C]

T_{er} : Temperatura en la superficie del rodillo [°C]

L : Longitud de la tubería central [0.5 m]

h_{ac} : Coeficiente de conductividad térmica por convección en el aceite dieléctrico [5100 W/m²°C]

h_a : Coeficiente de conductividad térmica por convección del aire [15 W/m²°C]

$r_{1,2}$: Radio interno y externo del rodillo de laminación respectivamente [m]

k : Coeficiente de conductividad térmica por conducción en la tubería de acero [16,3 W/m°C]

$$43,73W = \frac{148,85 - T_{er}}{(2,18 \times 10^{-3}) + (9,96 \times 10^{-4}) + 2,29}$$

$$T_{er} = 48,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Aplicando la Ec. 3.60 se determina el porcentaje de error entre la temperatura calcula del rodillo con respecto a expuesto por el software como se observa en la Figura 3.30.

$$\%Error.T_{er} = \frac{|49,958 - 48,6|}{48,6} * 100\%$$

$$\%Error.T_{er} = 2,79 \%$$

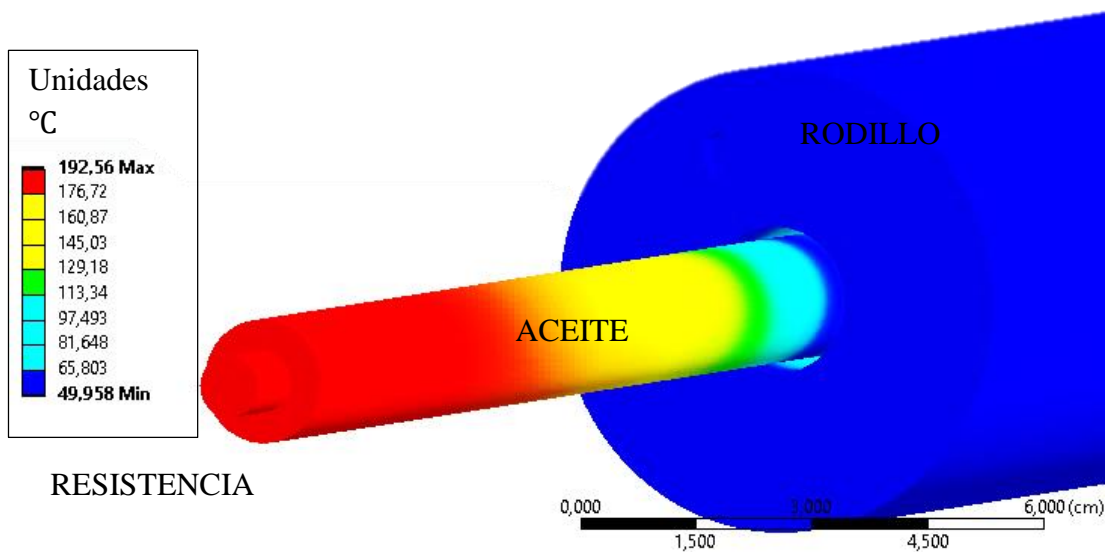


Figura 3.30 Análisis térmico en la resistencia y aceite dieléctrico [Autor].

La diferencia de la temperatura calculada con la obtenida del software ($\%Error.Ter$) presenta un error aproximado del 2,8%, que es aceptable para realizar el trabajo. No obstante, la temperatura definida como un parámetro de diseño de 50°C, con respecto a la temperatura calcula ($\%Error.Td1$) igualmente presenta un porcentaje de error.

$$\%Error.Td1 = \frac{|50 - 48,6|}{48,6} * 100\%$$

$$\%error.Td1 = 2,88 \%$$

El porcentaje de error de la temperatura de diseño con respecto a la temperatura calculada es de 2,88%, que es aceptable para el trabajo. La temperatura de diseño con respecto al definido por el software ($\%Error.Td2$) presenta el siguiente porcentaje de error.

$$\%Error.Td2 = \frac{|50 - 49,958|}{49,958} * 100\%$$

$$\%error.Td2 = 0,08 \%$$

El porcentaje de error de la temperatura de diseño con respecto a la temperatura presentada por el software es de 0,08%, que se considerado despreciables. Los valores de temperatura calculados, del software y de diseño, presenta porcentajes de error bajos y que son aceptables para continuar el trabajo.

Con el modelo diseñado del rodillo que se presenta en la Figura 3.30 se realiza la simulación del flujo térmico para varios valores de la generación de calor (E_{gen}) en la resistencia de cobre, que es directamente proporcional a la temperatura del rodillo de laminación para definir su comportamiento.

Tabla 3.22 Análisis térmico del rodillo de laminación [Autor].

	Generación interna de calor W/cm^3	Generación de calor W	T. Calculada de la resistencia °C	T. Software de la resistencia °C	% Error.TS	T. tubería central °C	T. Calculada del rodillo °C	T. Software del rodillo °C	% Error.Ter	% Error.Td1	% Error.Td2
1	0,1	4,37	37,06	41,9	13,06	32,89	22,86	24,73	8,18	118,73	109,75
2	0,5	21,87	105,30	121,5	15,38	84,44	34,30	35,67	4,00	45,78	44,02
3	1	43,73	190,61	192,56	1,02	148,88	48,60	49,96	2,80	2,89	2,81
4	1,50	65,60	275,91	320,5	16,16	213,32	62,89	62,92	0,04	20,50	20,49
5	2	87,46	361,21	419,99	16,27	277,76	77,19	76,66	0,69	35,23	35,47

Para la temperatura de diseño de 50°C, se realiza un interpolación con los datos de la Tabla 3.22, que da como resultado una Generación de calor requerida de 53,67 W.

La Tabla 3.22 presenta los porcentajes de error de la temperatura con respecto a valores calculado – software (% Error.Ter), teórico – calculado (% Error.Td1) y teórico – software (% Error.Td2). En la Figura 3.31 se presenta la gráfica del porcentaje de error (% Error.Ter), correspondiente a la generación de calor en Watts.

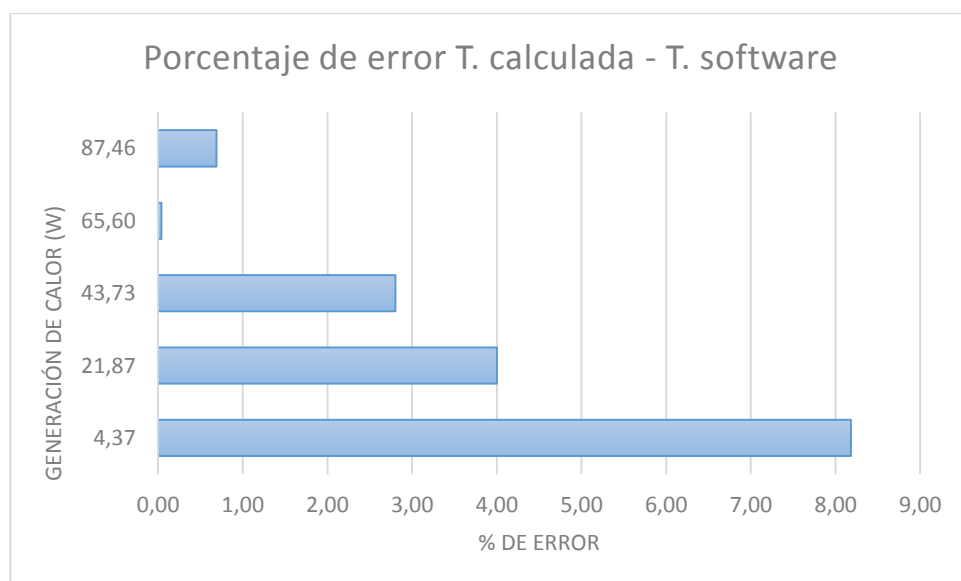


Figura 3.31 Porcentaje de error T. calculada - T. software [Autor].

La grafica de la Figura 3.31 muestra que una generación de calor inferior a 43,73 W presenta porcentajes de error considerablemente altos, no obstante, para valores aproximados a 65,60 W el porcentaje se vuelve cercano a cero pero la temperatura del rodillo (Tabla 3.22) sobrepasa la temperatura de diseño 50°C. Para valores superiores a 80 W el porcentaje comienza nuevamente a elevarse, generando una temperatura en el rodillo que no es aceptable. Los valores mostrados por la Tabla 3.22 de los $\% Error.Td1$ y $\% Error.Td2$ son semejantes al $\% Error.Ter$ por lo cual su interpretación no varía de manera considerable y se exenta del análisis.

Los parámetros del sistema térmico que actúa en el rodillo es similar en los demás, por ello los valores obtenidos en el análisis del rodillo 1, pueden ser aplicados para los restantes.

3.6 Análisis térmico en el film

Posterior a la salida del equipo de laminación el film pasa a un proceso de secado donde se coloca en un estufa a una temperatura de 100°C, para definir el flujo de calor se presenta una muestra de 1 metro de largo, 0,5 metros de ancho y con un espesor de 1 mm como pieza de análisis en el software de diseño. Se aplica el MEF para el mallado del elemento como se observa en la Figura 3.31. para determinar el comportamiento térmico y flujo de calor en la muestra.

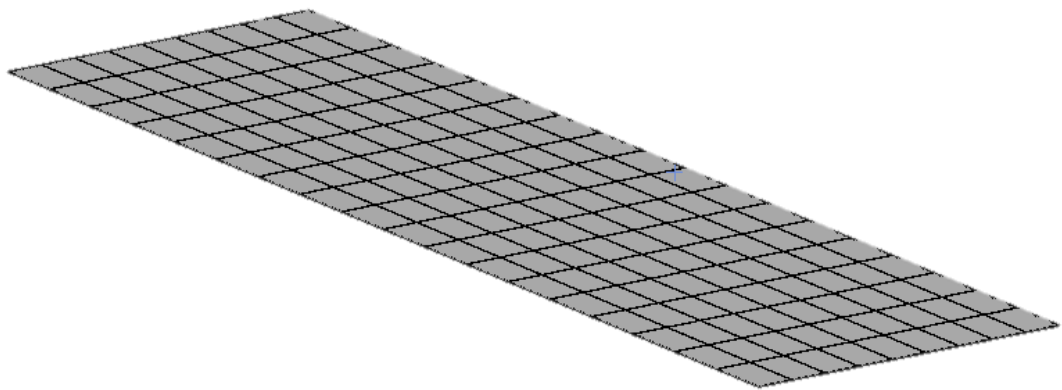


Figura 3.32 Mallado en muestra de film de almidón de yuca [Autor].

Como en el caso del rodillo presentado la Figura 3.33 también se expone la calidad de malla aplicado de la muestra del film, mediante el método ortogonal que contiene el software.

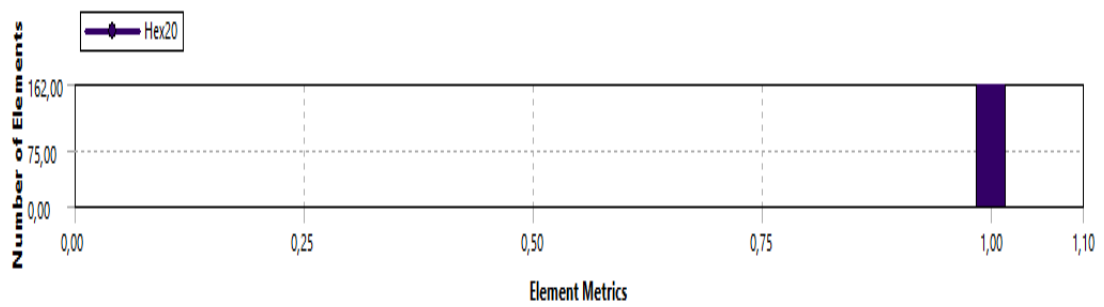


Figura 3.33 Cantidad de elementos ortogonales en la malla del film [Autor].

Como se observa en la Figura 3.33 todos los elementos ortogonales tienen un valor de 1, presentado una malla adecuada. El método de elementos oblicuos no es aplicable al tener un elemento con arista rectas.

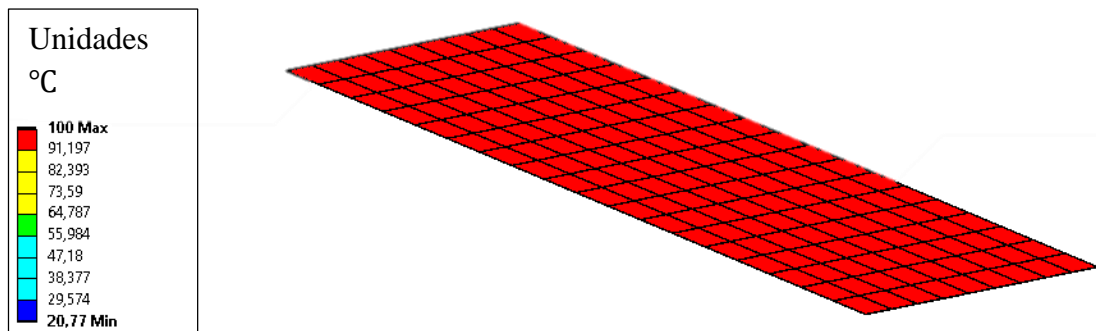


Figura 3.34 Análisis térmico en el film [Autor].

En la Figura 3.34 se observa que la temperatura inicial del film es de 20,77°C al ingresar en la estufa de secado que se encuentra al ambiente, llegando hasta la temperatura de secado de 100°C.

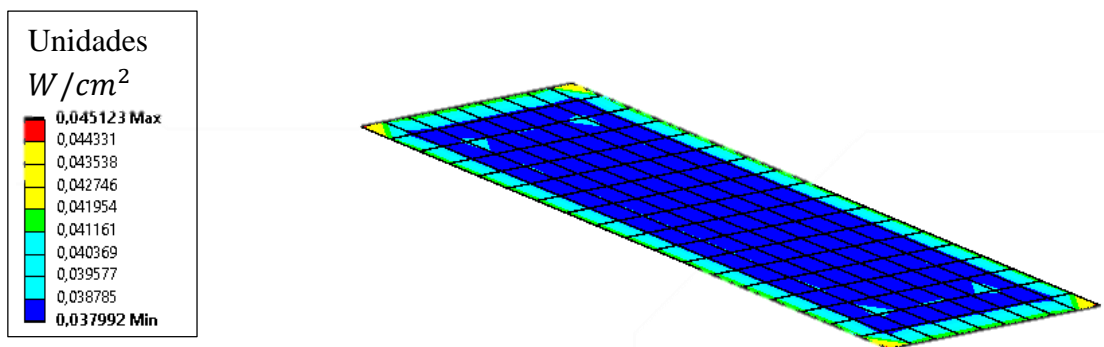


Figura 3.35 Análisis flujo de calor en el film [Autor].

El flujo de calor presentado en la Figura 3.35 muestra una distribución homogénea con un valor mínimo de $0,0037 \text{ W/cm}^2$ y máximo de $0,045 \text{ W/cm}^2$. Por lo cual el proceso de secado en estufa puede realizarse sin inconvenientes.

Tiempo de secado

Para el análisis térmico se utiliza una muestra del film de un metro de largo, el cual reposa en una estufa a temperatura constante.

$$L_c = \frac{V}{A} \quad [\text{Ec. 3.62}]$$

Donde:

L_c : Longitud característica

V : Volumen

A : Área

$$L_c = \frac{A * l}{A}$$

$$L_c = 1 \text{ mm} = 1 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Para definir la ecuación del tiempo de secado del film se aplica el número de Bios descrita en la Ec. 3.63, que describe la variable b .

$$Bi = \frac{h * L_c}{K} \quad [\text{Ec. 3.63}]$$

Donde:

Bi : Numero de BIOS

h : Coeficiente térmico de convección [$6 \text{ W/m}^2\text{K}$]

K : Coeficiente térmico por conducción [$0,15 \text{ W/m}^\circ\text{C}$]

$$Bi = \frac{6 \text{ W/m}^2\text{K} * 1 \times 10^{-3} \text{ m}}{0,15 \text{ W/m}^\circ\text{C}}$$

$$Bi = 0,04 < 0,1$$

$$b = \frac{h A_s}{\rho c_p * V} \quad [\text{Ec. 3.64}]$$

La variable b de la Ec. 3.64 se reemplaza por la relación logarítmica para transferencia de calor que mediante despeje se presenta la Ec. 3.65 que determina el tiempo de secado.

$$\ln \left[\frac{T_{(t)} - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right] = \frac{-h * A_s}{\rho * V * c_p}$$

Donde:

$T_{(t)}$: Temperatura final [100 °C]

T_{∞} : Temperatura ambiente [20 °C]

T_i : Temperatura inicial [50 °C]

ρ : Densidad [980 kg/m³]

c_p : Calor específico [310,90 kJ/kg°C]

Por lo tanto:

$$t = \frac{\rho * l * c_p}{h} * \ln \left[\frac{T_{(t)} - T_{\infty}}{T_i - T_{\infty}} \right] \quad [\text{Ec. 3.65}]$$

$$t = \frac{980 \text{ kg/m}^3 * (1 \times 10^{-3} \text{ m}) * (310,90 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C})}{6 \text{ W/m}^2\text{K}} * \ln \left[\frac{100 - 20}{50 - 20} \right]$$

$$t = 49806,84 \text{ s}$$

$$t = 13,83 \text{ h}$$

El tiempo requerido para el secado del film con una dimensión de 1 metro de largo y medio de ancho a un espesor de 1mm es de 13,83h que difiere del valor teórico que se planteó como una variable de diseño con un valor de 12h, mediante la Ec. 3.22 se determina el porcentaje de error.

$$\%Error. tse = \frac{|13,83 - 12|}{12} * 100\%$$

$$\%error. tsec = 15,25 \%$$

El porcentaje de error en el tiempo de secado es del 15,25% lo que resulta una diferencia considerable. Cabe resaltar que el valor teórico de 12h es una media de un

conjunto de datos recolectado en una investigación de experimentación, por lo cual variables como el espesor afecta directamente al resultado obtenido. En la Tabla 3.23 se determina el tiempo de secado del film en base a su espesor.

Tabla 3.23 Tiempo de secado del film [Autor].

Espesor	Lc	Bi	$(\rho * l * cp)/h$	ln	t (s)	t (h)
0,1	0,0001	0,004	5078,03	0,98	4980,68	1,38
0,5	0,0005	0,02	25390,17	0,98	24903,42	6,92
1	0,001	0,04	50780,33	0,98	49806,84	13,84
1,5	0,0015	0,06	76170,50	0,98	74710,25	20,75
2	0,002	0,08	101560,67	0,98	99613,67	27,67
2,9	0,0029	0,116	147262,97	0,98	144439,83	40,12

La Tabla 3.23 demuestra que el espesor influye en el tiempo de secado del film, el cual se define de acuerdo a los requerimientos establecidos, como punto de referencia se puede tomar la Norma NTE INEN ISO 4593 para películas plásticas, no obstante, la norma no hace referencia polímeros biodegradables, por lo cual se puede optar una normativa internacional como la NTP-ISO 4593: 1998 para espesor o calibre de películas plásticas biodegradables.

3.7 Presupuesto

Costos

En el siguiente apartado se presenta análisis presupuestario del proceso de diseño, maquinado y ensamblaje del equipo. El coste del proyecto resulta de la sumatoria de los gastos directos e indirectos mencionado en la tabla 3.24.

Tabla 3.24 Costos directos e indirectos [Autor].

COSTOS	
Directos	Indirectos
Materia prima	Gastos no recuperables
Maquinado	Materiales de un solo uso
Ensamblaje	Procesos de ingeniería
Elementos adquiridos	imprevistos

3.7.1 Costos directos

Los gastos directos que se tiene en la fabricación del equipo se centraliza en la adquisición de materia prima de construcción Tabla 3.25, elementos adicionales Tabla 3.26, componentes de los rodillos de laminación Tabla 3.27, sistema eléctrico Tabla 3.28, mano de obra Tabla 3.29, uso del taller Tabla 3.30, Pintura Tabla 3.31 se presenta en las siguientes tablas.

3.7.1.1 Estructura

Tabla 3.25 Costo estructura [38].

ESTRUCTURA				
Descripción	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Placa (450x458x4 mm) AISI 304	2	U	7,7	\$ 15,40
Plancha (1500x3000x2 mm) AISI 304	1	U	84	\$ 84,00
Placa (500x250x3 mm) AISI 304	1	U	3,6	\$ 3,60
Chumacera de pared F2B_012_RM 3/4"	9	U	9,75	\$ 87,75
Chumacera tensor SKF_TUWK 3/4"	3	U	9	\$ 27,00
Rodamiento SKF RLS_6_2RS1	12	U	3	\$ 36,00
Cadena serie ISO 06B-1 L=1,69 m	1	U	19,51	\$ 19,51
Muelle Acero Inox. 1" ganchos invertidos	1	U	4	\$ 4,00
Rueda 3/4 single B type SAE 1040	2	U	6,14	\$ 12,28
Engrane ECR 2,5-25 3/4"	2	U	10	\$ 20,00
Tubo cuadrado ASTM A- 513 A=15 L=1200 mm	1	U	2,4	\$ 2,40
Banda transportadora de polivinilo L= 1384 mm	1	U	16,61	\$ 16,61
			Subtotal 1	\$ 328,55

3.7.1.2 Tuercas, pernos y aditivos

Tabla 3.26 Costo tuercas, pernos y aditivos [38].

TUERCAS, PERNOS Y ADITIVOS				
Descripción	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Perno hex. Bolt. 0,75-10x5x1,75	2	U	2	\$ 4,00
Tuerca hex. nut_ai. 0,75-10-D-N	2	U	1	\$ 2,00
Perno head cap screw_am 12x1.75x20	26	U	0,37	\$ 9,62
Tuerca hex. Nut style 2_am M12x1.75 D-N	42	U	0,25	\$ 10,50
Perno button head cap screw_am B18.3.4M 12x1.75x20	8	U	0,29	\$ 2,32
Soporte de goma	10	U	0,2	\$ 2,00
Tuerca hex. Nut style 2_am M20x2.5 D-N	1	U	0,35	\$ 0,35
Tuerca hex. Nut style 2_am M14x2 D-N	1	U	0,29	\$ 0,29
Varilla roscada acero Inox. DIN 975 Ø 3/4" L=100 mm	1	U	1,25	\$ 1,25
Eje de acero Inox. Ø 3/4" L=100 mm	1	U	2,35	\$ 2,35
Eje de acero Inox. Ø 10 mm L=100 mm	1	U	1,01	\$ 1,01
Barra de acero Inox. AISI 304 2,5x2,5x6"	1	U	30	\$ 30,00
Placa (110x130x5 mm) AISI 304	1	U	9,5	\$ 9,50
Platina 25x4 mm L=380 mm	1	U	3,04	\$ 3,04
Platina 25x3 mm L=1300mm	1	U	5,05	\$ 5,05
			Subtotal 2	\$ 83,28

3.7.1.3 Rodillos

Tabla 3.27 Costo rodillos [38].

RODILLOS				
Descripción	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Tubo de acero Inox. Ø 2" 3/8 " L=1000 mm	1	U	78,54	\$ 78,54
Tubo de acero Inox. Ø 3" L=1000 mm	1	U	121,99	\$ 121,99
Tubo de acero Inox. Ø 2" L= 500 mm	1	U	32,93	\$ 32,93
Tubo de acero Inox. Ø 3/4" L= 3100 mm	1	U	72,85	\$ 72,85
Placa (190x190x4 mm) AISI 304	1	U	3,25	\$ 3,25
Eje de cobre Ø 8mm L=3200 mm	1	U	25,6	\$ 25,60
Eje de acero Inox. Ø 3/4" L=785 mm	1	U	18,45	\$ 18,45
			Subtotal 3	\$ 353,61

3.7.1.4 Sistema eléctrico

Tabla 3.28 Costo sistema eléctrico [45] [49].

SISTEMA ELECTRICO				
Descripción	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Motor limpiaparabrisas CEP Bosh 12V	1	U	65	\$ 65,00
Controlador Velocidad Pwm Motor Dc Display Switch 6-60v 30a	1	U	60	\$ 60,00
Fuente de poder Cctv 12v/20A caja metálica	1	U	15	\$ 15,00
Conectores (cables)	1	Juego	5	\$ 5,00
Aceite dieléctrico	1	litro	25	\$ 25,00
Escobillas	8	U	1	\$ 8,00
Sensor de temperatura digital OMEGA	1	U	25	\$ 25,00
			Subtotal 4	\$ 203,00

3.7.1.5 Mano de obra

Tabla 3.29 Costo mano de obra [Autor].

COSTO MANO DE OBRA			
OPERARIOS	HORAS DE TRABAJO	COSTO POR HORA \$	COSTO TOTAL \$
Metal mecánico	120	3	\$ 360,00
Ayudante 1	120	2	\$ 240,00
Ayudante 2	120	2	\$ 240,00
Eléctrico	8	4	\$ 32,00
		Subtotal 5	\$ 872,00

3.7.1.6 Uso del taller

Tabla 3.30 Costo uso del taller [Autor].

USO DEL TALLER			
OPERARIOS	HORAS DE TRABAJO	COSTO POR HORA \$	COSTO TOTAL \$
Soldadora	10	5	\$ 50,00
Fresadora	8	18	\$ 144,00
Taladro de pedestal	10	5	\$ 50,00
Amoladora	50	2	\$ 100,00
Herramientas de corte, sujeción y rayado	60	2	\$ 120,00
		Subtotal 6	\$ 464,00

3.7.1.7 Otros elementos

Tabla 3.31 Costo otros elementos [Autor].

OTROS				
Descripción	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
TINER	2	Litro	1,2	\$ 2,40
Pintura de fondo	1	Litro	4,5	\$ 4,50
Pintura anticorrosiva	1	Litro	4,5	\$ 4,50
			Subtotal 7	\$ 11,40

3.7.1.8 Costo total directo

Tabla 3.32 Sumatoria de costos directos [Autor].

COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA		
Subtotal 1	Estructura	\$ 328,55
Subtotal 2	Tuercas, pernos y aditivos	\$ 83,28
Subtotal 3	Rodillos	\$ 353,61
Subtotal 4	Sistema eléctrico	\$ 203,00
Subtotal 5	Costo Mano de obra	\$ 872,00
Subtotal 6	Uso del taller	\$ 464,00
Subtotal 7	Otros	\$ 11,40
COSTO TOTAL DIRECTO		\$ 2.315,84

La sumatoria de los resultados de gatos directos descritos en las Tablas 3.23 a 3.29, se presenta en la Tabla 3.32 con un valor de 2315,84 dólares.

3.7.2 Costos indirectos

3.7.2.1 Materiales adicionales

En la Tabla 3.33 se detalla los materiales o elementos de un solo uso que a lo largo del proyecto se presenta.

Tabla 3.33 Costos materiales adicionales [Autor].

MATERIALES ADICIONALES				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	Unidad	COSTO UNITARIO \$	COSTO TOTAL \$
Electrodo 308L 1,5 kg	1	U	30	\$ 30,00
Disco flap desbaste 4 1/2"	3	U	3,85	\$ 11,55
Guaípe	2,5	lbs	0,8	\$ 2,00
Mascarilla	45	U	0,25	\$ 11,25
Gafas de protección visual	3	U	3	\$ 9,00
Gafas de protección auditiva	3	U	1	\$ 3,00
Planos	40	U	0,5	\$ 20,00
			Subtotal 8	\$ 86,80

3.7.3 Coste total del proyecto

Tabla 3.34 Costo total del proyecto [Autor].

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
COSTO DIRECTO TOTAL	\$ 2.315,84
COSTO INDIRECTO TOTAL	\$ 86,80
TOTAL	\$ 2.402,64

La Tabla 3.34 proporciona el resultado de la sumatoria de los costos directos e indirectos del proyecto con un valor de 2402,64 dólares. El valor presentado puede sufrir un cambio en el caso de presentarse imprevisto de construcción como la compra de material por daño, escases de material de un solo uso o por deficiencia de la maquinaria del taller que genera cierto gasto. Otro posible factor que afecte al precio del proyecto es el cambio de valor de los materiales para su adquisición en el mercado nacional.

3.8 Manual de operación y mantenimiento

Manual de funcionamiento

Para comenzar con el funcionamiento de la máquina laminadora para la producción de films, se debe considerar que los rodillos deben alcanzar una temperatura de plastificación en la superficie del rodillo de 50°C, la temperatura inicial es la del ambiente, el tiempo requerido es aproximadamente 5 min. Una vez alcanzado la temperatura de plastificación Posterior a la laminación en el equipo el film se traslada a una estufa para su secado, a una temperatura de 100°C por un tiempo aproximado de 13,83 h.

Requerimientos de funcionamiento

- El equipo se debe ubicarse en un espacio seco y amplio en el laboratorio, a una altura promedio de 1,5 metros del suelo.
- Fuente de alimentación de trifásica de 220V.
- El área de trabajo debe mantenerse limpio para evitar el contacto del film con agentes contaminantes.
- Previo a su encendido debe constatar el temple de la banda transportadora.

Precauciones

- Evitar el contacto con los rodillos durante su funcionamiento, puede ocasionar quemaduras por la temperatura de plastificación o lesiones por el movimiento giratorio de los mismos.
- Realizar una previa limpieza del equipo para evitar obstrucciones de la mezcla.
- Ajustar el espesor final del film previo al encendido de la máquina.
- Evitar la apertura de las tapas laterales del equipo, que cubre el mecanismo interno.
- No manipular los elementos móviles y circuitos eléctricos del equipo durante su funcionamiento.

Manual de mantenimiento

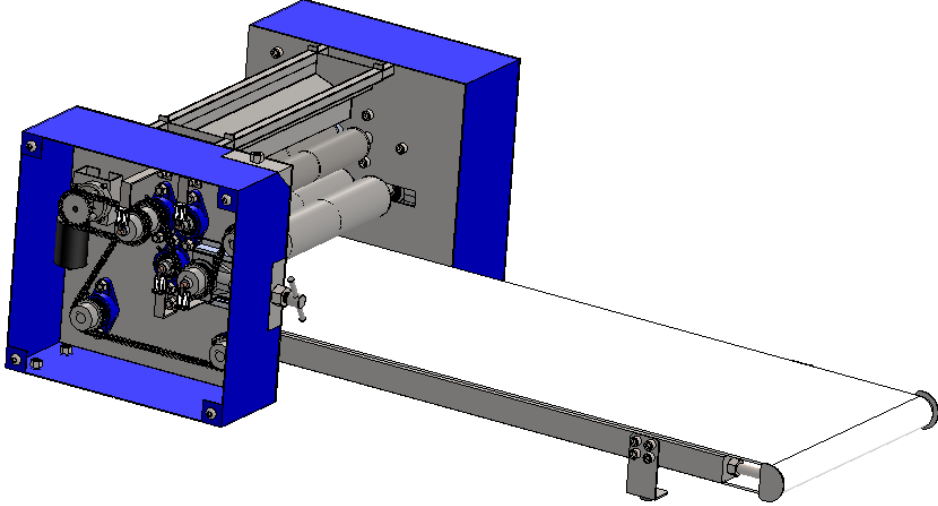
Todo equipo durante su vida de trabajo, va en desgaste, por lo cual, debe mantenerse un adecuado mantenimiento previo y posterior a su funcionamiento para garantizar un trabajo sin contratiempos.

El operario o personal encargado de la manipulación del equipo debe considerar los siguientes puntos:

- Limpieza constante del equipo, previo y posterior a su utilización
- Revisión del estado de los rodillos
- Exploración del estado de los rodamientos y cadenas.
- Análisis de los elementos eléctricos.
- Lubricación de las piezas móviles.
- Constatar el desgaste de las escobillas.

3.9 Especificaciones técnicas

Tabla 3.35 Especificaciones técnicas del equipo [Autor].

	
Capacidad	10 kg mezcla almidón
Temperatura de plastificación	50°C
Velocidad banda	6 rpm
Velocidad rodillos	6rpm
RODILLOS	
Diámetros	2 3/8 in y 3 in
Longitud	0.5 m
SISTEMA ELÉCTRICO	
Alimentación	Trifásico 220V
Motor limpiaparabrisas	6,7 W; 32rpm
Alimentación	12 V
Sensor de temperatura digital	Marca: Omega Rango: 0-180°C Alimentación: 4 a 20mA

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Como resultado de la investigación y análisis en tablas de ponderación para polímeros biodegradables y procesos para la obtención de films, se determina que el almidón de yuca posee propiedades de fácil maleabilidad, debido a factores de incidencia como el porcentaje de amilosa del 33%, y la baja temperatura de plastificación de 50 °C, los cuales definen su plasticidad. Por otro lado, se determina el proceso de laminación como método de trabajo y mediante matriz de ponderación de equipos de laminación para masas con características similares a la mezcla planteada, se determina un equipo de laminación de sobremesa en base a variables primordiales como la capacidad y la robustez, que son directamente proporcionales.
- Aplicado la matriz de ponderación se concluye el diseño de una laminadora de sobremesa con capacidad de 10Kg y espesores de film de 0 a 15mm, de acuerdo a parámetros de diseño; primero se parten de las características de la mezcla de almidón, que contiene 75% de almidón, 10% de glicerina y 15% de Agua. Posterior se determina la materia prima y sus dimensiones, mediante planos estructurales para una posterior adquisición, de proveedores nacionales como DIPAC, CONTRANSA, BOSH entre otros, que presentan catálogos con productos normalizados. La cotización del proyecto es el resultado de tablas presupuestarias presentado un valor de 2402,64 dólares. Las tablas describen el costo de componentes del equipo como; la estructura, Tuercas, pernos y aditivos, Rodillos, Sistema eléctrico, como también, Mano de obra, Uso de taller y Pintura que conforman los gastos directos e indirectos descritos en el capítulo III.
- Mediante el análisis de parámetros de diseño se plantea un equipo de laminación de sobremesa, con rodillos a temperatura de plastificación de 50°C en su superficie, basado en variables fundamentales como; la potencia requerida de 4,61 [W], generación de calor en la resistencia de cobre de 43,73

Watts ubicado en el centro del rodillo y dimensiones del film (Ancho y espesor) basado en la aplicación del producto.

- El diseño de la maquina está comprendido para un peso de la mezcla de 10Kg detallado en proceso de preparación, donde el equipo requiere una potencia teórica de 3,90 [W] y una potencia real de 4,61 [W] determinada con la aplicación de eficiencias, que resulta de la suma de potencia requerida de los rodillos y la banda transportadora.
- El resultado de la simulación del análisis térmico en el rodillo de laminación presenta una temperatura de 49,96°C, que difiere del valor calculado de 48,60°C que representa un porcentaje de error 2,80% ocasionado por la generación de calor que es directamente proporcional a la temperatura en la superficie del rodillo. Los porcentajes de error pueden estar cercanos a cero como se observa en la Tabla 3.22, no obstante, el valor estimado por debajo de la temperatura de plastificación genera un film con exceso de humedad y si el valor es superior el film se queda o se quiebra.
- El análisis de resultados de la simulación del efecto térmico en el proceso de secado de una muestra de 1mm de espesor, expuesto por el software presenta una distribución homogénea del calor a $0,00451 W/cm^2$ para llegar a una temperatura de 100°C el cual se mantiene constante durante 13,84 horas. El tiempo de secado se debe al espesor de film como se observa en la Tabla 3.23, la norma NTP-ISO 4593: 1998 muestra espesores y calibre de películas plásticas biodegradables que sirven con referencia.

4.2 RECOMENDACIONES

- Considerando la composición del equipo, la mezcla base de almidón es un elemento orgánico, por lo cual el equipo debe estructurarse por materiales inertes como el acero inoxidable, polímeros u otros de mejores características. Basado en la disponibilidad de los materiales en el mercado nacional, se puede optar por la adquisición de elementos por importación.
- El análisis de fuerza para la plastificación de la mezcla, se basa en un valor de carga estándar de $0,476 \frac{kg\ f}{cm^2}$ que hace referencia a una investigación previa, por lo cual se debe considerar un análisis experimental de la carga y su influencia en variables de diseño.
- Los parámetros establecidos para la simulación del efecto térmico en el rodillo de laminación y proceso de secado del film son establecidos para un determinado tipo mezcla, por ello se debe considerar la temperatura de plastificación y secado en base al tipo de almidón empleado.
- Para definir el tiempo de secado del film se establece la ecuación Ec. 3.64 que describe el número de Bios, que al ser menor a 0,1 se determina la ecuación para el tiempo Ec. 365. No obstante, si el valor es superior debe aplicarse la ecuación correspondiente descrita en la fuente bibliográfica de Shigley.
- La separación entre los rodillos inferiores que determina el espesor final del film es un sistema manual, por ende, debe realizarse previo al encendido de la máquina.

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] Alkathene, Alkatuff. *Extrusion coating & lamination - Technical guide*. Althons Victoria : Australian Made, 2018.
- [2] Greenpeace. *Un millón de acciones contra el plástico*. San Bernardo : Greenpeace, 2018.
- [3] Libera. *Impacto del abandono del plástico en la naturaleza*. España: SeoBirdLife, 2019.
- [4] A. Martínez Sojos, Z. Vicuña del Pozo. *Estimación del consumo y tiempo de uso de fundas plásticas para el transporte de mercancías en los principales comercios de la ciudad de Cuenca, e impactos de la aplicación de medidas restrictivas*. Cuenca: Universidad del Azuay, 2017.
- [5] D. L. Sailema Benalcázar. *Packaging forma - función y la contaminación por empaques a partir de polímeros en la ciudad de Ambato*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [6] N. Osseiran, C. Lindmeier. "La OMS anima a investigar sobre los microplásticos y a reducir drásticamente la contaminación por plásticos" Internet: www.who.int/es/news-room/detail/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution, Ago. 22, 2019 [Sept. 05, 2020].
- [7] Hazteco. "Varios países inician la lucha contra el plástico este 2020". Internet: www.compromiso.atresmedia.com/hazte-eco/noticias/varios-paises-inician-lucha-plastico-este-2020_202001025e0dcd600cf23868496d59a5.html. Ene. 02, 2020 [Sep. 06, 2020].

- [8] Deutsche Welle. "Chile se despide totalmente de las bolsas plásticas desechables es los comercios". Internet: <https://p.dw.com/p/3gMG3>. Ago. 03, 2020 [Sept. 06 2020].
- [9] J. Alonso. "America Latina: Chao al plástico" Internet: <https://p.dw.com/p/3CTYN>. En. 01, 2019 [Nov. 06, 2020].
- [10] El Comercio. "Plazo para la eliminación de plásticos" Internet: <https://www.elcomercio.com/tendencias/ecuador-plazo-eliminacion-plastico.html>. [Nov. 12, 2020].
- [11] El Comercio . "Consumo de plastico aumenta en la pandemia en quito" Internet: Available: <https://www.elcomercio.com/tendencias/consumo-plastico-aumenta-pandemia-quito.html>. Abr. 19, 2020 [Nov. 12, 2020].
- [12] Municipio de Quito. "Consejo conoció la ordenanza de reducción progresiva de plásticos de un solo uso" Internet: <http://www.quitoinforma.gob.ec/2020/07/28/consejo-conocio-la-ordenanza-de-reduccion-progresiva-de-plasticos-de-un-solo-uso/>. Jul. 28, 2020 [Nov. 12, 2020].
- [13] El Comercio. "Ecuador se fija un plazo de tres meses para lograr acuerdos y eliminar el plástico de un solo uso" p. 1, 09 07 2019.
- [14] El Comercio. "La prohibición del plástico en Ecuador causa alerta." Ambiente, p. 1, 21 07 2019.
- [15] V. Naranjo Hidalgo. *Lo cotidiano está ligado a los plásticos. Sociedad*, p. 2, 31 12 2019.
- [16] A. Labeaga Viteri. *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2018.
- [17] É. Hermida. *Pólimeros*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Ministerio de Educación , 2011.

- [18] E. Charles, Jr. Carraher. "Synthetic Polymers". Internet: <http://www.chemistryexplained.com/Pl-Pr/Polymers-Synthetic.html>, Ene. 05, 2020 [Dic. 07, 2020].
- [19] J. Garavito. *Plásticos*. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2007.
- [20] G. Castro. *Fundamentos de conformado plásticos*. Buenos Aires : Universidad de Buenos Aires , 2008.
- [21] F. Díaz del Castillo Rodríguez. *Conformado de materiales plásticos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, 2012.
- [22] Liconsa. *Manual de Normas de Calidad de Insumos y Productos Elaborados por Liconsa*. México: SEDESOL, 2012.
- [23] J. C. Torres Cantero. *Diseño Asistido por Ordenador*. España: Universidad de Granada, 2012.
- [24] C. Fullana Belda, E. Urquia Grande. *Los modelos de simulación: Una herramienta multidisciplinaria de investigación*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas, 2009.
- [25] F. Fernández Morales. *La simulación por computadora en investigación y desarrollo*. Tecnura: Jour, 2005.
- [26] E. Frías Valero. *Aportaciones al estudio de las maquinas eléctricas de flujo axial mediante la aplicación del método de los métodos de elementos finitos, tesis doctoral*. Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya , 2004.
- [27] S. C. Alcázar Alay, M. A. Almeida Meireles. *Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. Food Science and Technology*, vol. 1, nº 2061, 2015. pp. 22.
- [28] INEN 1462:2013. *Cereales y productos de cereales. Determinación del contenido de humedad. Método básico de referencia*. Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización , 2013.

- [29] J. A. Galeano Gallego. *Propuesta para el aprendizaje del concepto de solubilidad en soluciones acuosas en el grado undécimo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia , 2015.
- [30] M. M. Charro Espinosa. *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata*. Quito : Universidad Central del Ecuador, 2015.
- [31] Agrotendencia. "agrotendencia.tv". Internet: www.agrotendencia.tv/agropedia. Mar. 26,2021 [Mar. 26, 2021]
- [32] G. A. Moreno Toasa. *Utilización de harina de plátano (Musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas*. Ambato : UTA, 2015.
- [33] Okdiario. "okdiario.com". Internet: <https://okdiario.com>. Jun. 27, 2018. [Mar. 26, 2021].
- [34] Gogreen. "Gogreensiemprech" Go Green. Internet: <https://sfm-ecuqui.odoo.com/>. Ene. 01, 2021. [Mar. 26, 2021].
- [35] G. Ruiz Avilés. *Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca*. Medellín : Universidad EAFIT, 2005.
- [36] Italpan "Laminadoras de masa". Internet: <http://www.italpan.com/es/laminadoras-de-masa.html>. Ene. 01, 2020 [Nov. 03, 2020].
- [37] Ferneto. "Laminadora de masas". Internet: <http://ferneto.com/equipamentos/laminadoras/laminador-LMR/laminador-640x3200-mm-aco-inoxidavel>. Feb. 05, 2020 [Nov. 03, 2020].
- [38] Dipac. "Dipac Productos de Acero". DIPAC MANTA S.A, 23 09 2016. Internet: www.dipacmanta.com. Sep. 23,2016. [Oct. 18, 2020].
- [39] Goodfellow."Goodfellow".Internet:<http://www.goodfellow.com/S/Cobre.html>. Ene. 01, 2021 [Agt. 22 2021].

- [40] Vazbros. "vazbros". Internet: <https://www.vazbros.com/materiales/acero-aisi-sae-1018-cold-rolled/>. Ene. 01, 2021. [May. 11, 2021]
- [41] Bandas&Bandas. "Bandas&Bandas CIA. LTDA". 01 01 2021. Internet: <http://bandasybandas.com>. Ene. 01, 2021. [Mar. 25, 2021].
- [42] Brettis y A. Isabel Gil "Brettis". Torrejón de Ardoz. Internet: www.brettis.com. Ene. 01, 2021. [Mar. 25, 2021].
- [43] Lapradera.ec "La Pradera". Cereales La Pradera. Internet: <https://lapradera.ec>. Ene. 12, 2019. [Mar. 25, 2021].
- [44] M. B. Paredes, *Transporte por medio de bandas*, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2019.
- [45] R. G. Budynas y J. K. Nisbett. *Diseño en ingeniería mecánica*. México: McGraw-Hill, 2008.
- [46] BOSCH. "Bosch". Robert Bosch S.A. Internet: www.boschautopartes.com. Ene. 15, 2021. [Feb. 16, 2021].
- [47] SYL International S.A. "sypanama.com" KANA, Internet: www.sypanama.com. Ene. 01, 2021 [Ene. 29, 2021].
- [48] CONTRANSA. "Contransa" ACCMEC. Internet: https://www.cotransa.net/catalogo/ec96_cotransa_catalogo_engranes_y_cadenas.pdf. Ene. 12 2021. [Feb. 17, 2021].
- [49] OMEGA. "OMEGATM". speciris company. Internet: <https://mx.omega.com/techref/catalogos.html>. Jun. 15, 2021. [May. 18, 2021].
- [50] TECNIACEROS. "TECNIACEROS". Internet: <http://tecniaceros.com/productos/barra-cromada/>. Feb. 01, 2020. [Oct. 18, 2020].

- [51] J. C. Figueroa Figueroa y J. R. Sánchez Macías , Diseño y construcción de una laminadora y diseño de una línea de producción para panificación, Riobamba: ESPOCH, 2010.

ANEXOS

ANEXO A. Tubo redondo de acero inoxidable AISI 304

TUBO REDONDO EN ACERO INOXIDABLE

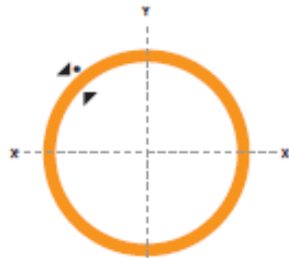
Especificaciones Generales

Norma	AISI 304
Largo Normal	6 mts.
Otros largos dimensiones	previa consulta Desde 5/8" a 2 7/8"
Espesor	Desde 0,8 mm a 2,0 mm



NOMENCLATURA

- A**= Área de la sección transversal del tubo, cm²
- I**= Momento de inercia de la sección, cm⁴
- W**= Módulo resistente de la sección, cm³
- i**= Radio de giro de la sección cm



DIÁMETRO EXTERIOR (D)	ESPESOR	PESO	PROPIEDADES				
			e	P	A	I	W
Pulg	mm	mm	kg/6m	cm	cm ⁴	cm ³	cm
5/8	15.90	0.60	1.44	0.29	0.08	0.11	0.54
		0.75	1.86	0.36	0.10	0.13	0.53
		0.95	2.28	0.44	0.12	0.15	0.51
		1.10	2.64	0.51	0.14	0.18	0.52
		1.50	3.54	0.68	0.18	0.22	0.51
3/4	19.05	0.60	1.74	0.35	0.15	0.16	0.65
		0.75	2.16	0.43	0.19	0.19	0.65
		0.95	2.70	0.54	0.22	0.23	0.64
		1.10	3.18	0.62	0.25	0.26	0.63
		1.50	4.20	0.83	0.32	0.34	0.62
7/8	22.22	0.60	2.04	0.41	0.24	0.21	0.76
		0.75	0.52	0.50	0.29	0.28	0.76
		0.95	3.18	0.63	0.36	0.32	0.75
		1.10	3.66	0.73	0.41	0.37	0.75
		1.50	4.92	0.98	0.53	0.47	0.74
1	25.40	0.60	2.28	0.47	0.36	0.28	0.88
		0.75	2.88	0.58	0.44	0.35	0.87
		0.95	3.60	0.73	0.55	0.43	0.87
		1.10	4.20	0.84	0.62	0.49	0.86
		1.50	5.64	1.13	0.81	0.64	0.85
1 1/4	31.75	0.95	4.50	0.92	1.09	0.69	1.18
		1.10	5.22	1.06	1.24	0.78	1.08
		1.50	7.08	1.43	1.63	1.03	1.07
1 1/2	38.10	0.95	5.40	1.11	1.91	1.00	1.31
		1.10	6.24	1.28	2.19	1.15	1.31
		1.50	8.46	1.72	2.89	1.52	1.30
1 3/4	44.45	0.95	6.24	1.30	3.07	1.38	1.54
		1.10	7.26	1.50	3.52	0.16	1.53
		1.50	9.84	2.02	4.67	2.10	1.52
1 7/8	47.63	0.95	6.78	1.40	3.80	1.60	1.65
		1.10	7.80	1.61	4.35	1.83	1.64
		1.50	10.26	2.17	5.79	2.43	1.63
2	50.80	0.95	7.20	1.49	4.62	1.82	1.76
		1.10	8.34	1.72	5.30	2.09	1.76
		1.50	10.80	2.32	7.06	2.78	1.74
2 3/8	60.33	1.50	13.20	2.77	12.00	3.98	2.08
2 1/2	63.50	1.50	14.04	2.92	14.05	4.42	2.19

ANEXO B. Eje de Acero AISI 1018



COMPOSICIÓN QUÍMICA				
%C	%Si	%Mn	%P	%S
0 - 0,20	0 - 0,25	0 - 0,70	0 - 0,04	0 - 0,05

PROPIEDADES MECÁNICAS			
RESISTENCIA MECÁNICA (N/mm ²)	PUNTO DE FLUENCIA (N/mm ²)	Elongación % Min.	DUREZA ROCKWELL B
410 - 520	235	20	143

DIMENSIONES

DIÁMETRO
3/8"
1/4"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1-1/4"
1-1/2"
1-3/4"
2"
2-1/4"
2-1/2"
2-3/4"
3"
3-1/2"
4"
4-1/2"
5"
6"

ANEXO C. Plancha de acero AISI 304

PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

Norma: AISI 304

Especificaciones Generales:

ESPEORES	desde 0,40-1,5mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	IS	AISI 304
	ASTM	304
	RN	304



Descripción: Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se lo puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)								
C. Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros
0,08	1	2	0,04	0,03	8 - 10,5	18 - 20	XX	XX

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm ²	Psi	Kg/mm ²	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

Norma: AISI 201

Especificaciones Generales:

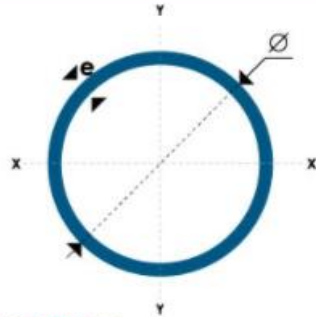
ESPEORES	desde 0,70-3mm
DIMENSIONES	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	IS	AISI 201
	ASTM	201
	RN	300



Es un acero al cromo, manganeso, níquel con excelentes propiedades de tensión. Ofrece buena resistencia a la corrosión y a muchos agentes corrosivos moderados.

ANEXO D. Tubo redondo de acero inoxidable AISI 304



Nomenclatura

A= Área de selección transversal del tubo, (Pig²).
e= Espesor (mm)

DIMENSIONES			PROPIEDADES	
DIÁMETRO Ø		ESPESOR (e)	PESO	ÁREA SECCIÓN
Pig.	mm	mm	Kg/mts	Pig ²
1"	25.4	1.2	0.7235	0.1414
1"	25.4	1.5	0.8391	0.1745
1"	24.4	2	1.1659	0.2278
1 1/4"	31.75	1.2	0.9148	0.1785
1 1/4"	31.75	1.5	1.1323	0.2209
1 1/2"	38.1	1.5	1.3677	0.2673
1 1/2"	38.1	1.2	1.1031	0.2156
2"	50.8	1.2	1.4828	0.2898
2"	50.8	1.5	1.8423	0.3600
2"	50.8	2	2.4315	0.4752

ANEXO E. Platina de acero ASTM A 36



PERFILES LAMINADOS PLATINAS

Especificaciones Generales

Calidad	ASTM A 36 SAE 1008
Otras calidades	Previa Consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa Consulta
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES		PESO		AREA
	mm		kg/m	kg/6m	cm2
	a	e			
PLT 12X3	12	3	0.28	1.70	0.36
PLT 12X4	12	4	0.38	2.45	0.48
PLT 12X6	12	6	0.57	3.40	0.72
PLT 19X3	19	3	0.45	2.68	0.57
PLT 19X4	19	4	0.60	3.58	0.76
PLT 19X6	19	6	0.89	5.37	1.15
PLT 25X3	25	3	0.59	3.53	0.75
PLT 25X4	25	4	0.79	4.71	1.00
PLT 25X6	25	6	1.18	7.07	1.50
PLT 25X12	30	3	0.71	4.24	0.90
PLT 30X4	30	4	0.94	5.65	1.20
PLT 30X6	30	6	1.41	8.47	1.80
PLT 30X9	30	9	2.12	12.71	2.70
PLT 30X12	30	12	2.83	16.95	3.60
PLT 38X3	38	3	0.89	5.37	1.15
PLT 38X4	38	4	1.19	7.16	1.52
PLT 38X6	38	6	1.79	11.40	2.28
PLT 38X9	38	9	2.69	16.11	3.42
PLT 38X12	38	12	3.58	21.48	4.56
PLT 50X3	50	3	1.18	7.08	1.50
PLT 50X4	50	4	1.58	9.42	2.00
PLT 50X6	50	6	2.26	14.16	3.00
PLT 50X9	50	9	3.53	21.20	4.50
PLT 50X12	50	12	4.71	28.26	6.00
PLT 65X6	65	6	3.06	18.37	3.90
PLT 65X9	65	9	4.59	27.55	5.85
PLT 65X12	65	12	6.12	36.73	7.80
PLT 75X6	75	6	3.53	21.20	4.50
PLT 75X9	75	9	5.30	31.80	6.75
PLT 75X8	75	8	7.07	28.26	9.00
PLT 75X12	75	12	7.07	42.39	9.00
PLT 100X6	100	6	4.71	28.26	6.00
PLT 100X8	100	8	7.07	37.68	9.00
PLT 100X9	100	9	7.07	43.00	9.00
PLT 100X12	100	12	9.42	58.00	12.00
PLT 120X12	120	12	67.82	67.82	14.40
PLT 150X15	150	15	105.88	105.88	22.50
PLT 150X20	150	20	145.44	145.00	30.00

ANEXO F. Tubo cuadrado de acero ASTM A-513



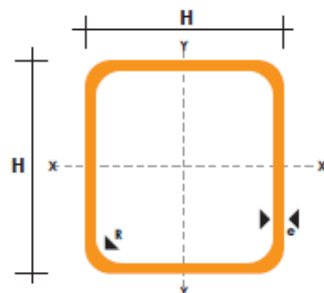
TUBO MECANICO CUADRADO

Especificaciones Generales

Norma	ASTM A-513
Recubrimiento	Negro o Galvanizado
Largo normal	6mts
Otros largos	Previa consulta
Dimensiones	Desde 1/2" a 2"
Espesor	Desde 0.6 a 1.5 mm



DIMENSIONES		PESO Kg/m	AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm		AREA cm ²	I cm ⁴	W cm ³	i cm
12	0,8	0,30	0,37	0,09	0,14	0,48
12	1,0	0,37	0,50	0,11	0,18	0,47
15	0,8	0,36	0,45	0,15	0,20	0,58
15	1,0	0,45	0,61	0,20	0,26	0,57
20	0,8	0,49	0,61	0,38	0,38	0,79
20	1,0	0,60	0,83	0,50	0,50	0,77
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
25	0,8	0,61	0,77	0,76	0,61	0,99
25	1,0	0,76	1,05	1,00	0,80	0,98
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
30	0,8	0,74	0,93	1,33	0,89	1,19
30	1,0	0,92	1,27	1,77	1,18	1,18
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,85	2,19	1,47	1,15
40	0,8	0,99	1,25	3,21	1,61	1,60
40	1,0	1,23	1,71	4,32	2,16	1,59
40	1,2	1,47	1,88	4,68	2,34	1,59
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
50	1,2	1,84	2,34	9,30	3,72	1,99
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97



NOMENCLATURA	
A =	Area de la selección transversal del tubo, cm ²
I =	Momento de inercia de la sección, cm ⁴
W =	Módulo resistente de la sección, cm ³
i =	Radio de giro de la sección cm

ANEXO G. Rodamiento RLS 6-2RS1 y Chumacera F2B_012_RM



RLS 6-2RS1 Rodamientos rígidos de bolas

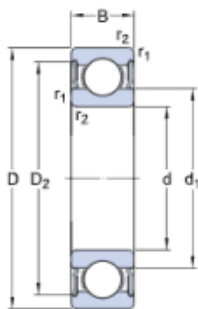
Rodamientos rígidos de bolas

Datos de los rodamientos

Tolerancias,
Normal (métrica), P6, P5, Normal (en pulgadas),
Juego radial interno,
Pares de rodamientos apareados,
Acero inoxidable $d < 10$ mm, Otros rodamientos

Interfaces del rodamiento

Tolerancias de los asientos para condiciones estándares,
Tolerancias y ajustes resultantes



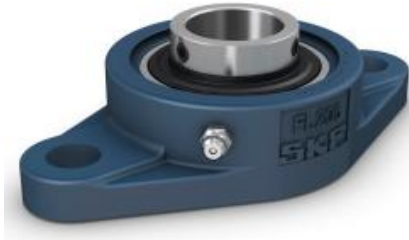
DIMENSIONES

d	19.05 mm
D	47.625 mm
B	14.288 mm
d ₁	≈ 28.8 mm
D ₂	≈ 40.59 mm
r _{1,2}	min. 1.6 mm

DATOS DEL CÁLCULO

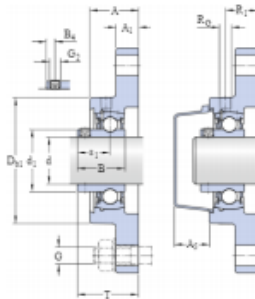
Capacidad de carga dinámica básica	C	12.7 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	6.55 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.28 kN
Velocidad límite		10 000 r/min
Factor de cálculo	k _r	0.025
Factor de cálculo	f ₀	13

ANEXO H. Chumacera ovalada F2B 012-RM



F2B 012-RM Unidades de rodamientos de bolas con pestaña ovalada

Unidades de rodamientos de bolas con pestaña ovalada



DIMENSIONES

d	19.05 mm
d ₁	≈ 28.2 mm
A	29 mm
A ₁	11.1 mm
A ₅	20.5 mm
B	25.5 mm
B ₄	4.5 mm
D _{b1}	60.3 mm
H	113 mm
J	89.7 mm
L	60.3 mm
N	11.11 mm

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	12.7 kN
Capacidad de carga estática básica	C ₀	6.55 kN
Carga límite de fatiga	P _u	0.28 kN
Velocidad límite		8 500 r/min
(con tolerancia de eje h6)		

MASA

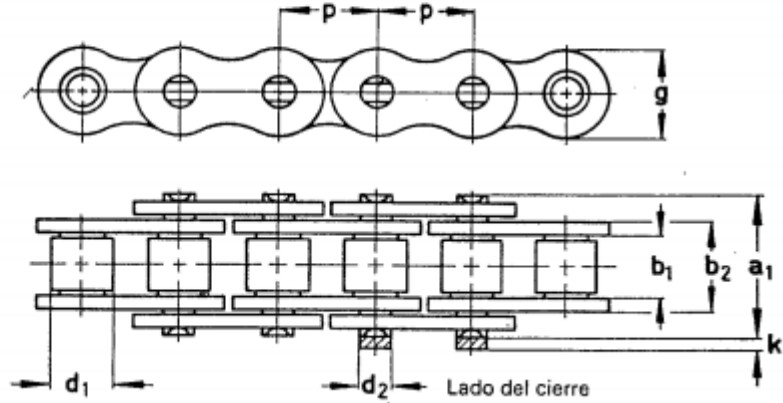
Unidad de rodamientos de masa	0.45 kg
-------------------------------	---------

ANEXO I. Cadenas de rodillos simples DIN 8187

COTRANSA

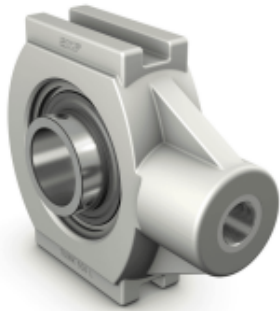
Cadenas de rodillos simples según DIN 8187

(Ejecución europea) en correspondencia con ISO/R 606-1967 y B.S. 228:1962



Cadena		Paso	Ancho interior	Ancho eslabón interior	Rodillo	Bulón	Ancho de malla	Sobre-medida	Ancho sobre remache	Superficie de trabajo	Carga rotura mínima	Peso	Elementos de unión y accesorios	
Nr.	DIN ISO	p	b_1 min.	b_2 max.	d_1 max.	d_2 h9	g max.	k max.	a_1 max.	f	F_B min.	q ≈	Nr.	
Nr.	Nr.	mm	in.	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	N	kg/m	Nr.	
440	03	5	—	2,5	4,15	3,2	1,49	4,1	2,5	7,4	0,06	2000	0,08	4, 7, 11, 15
445	04	6	—	2,8	4,1	4,0	1,85	5,0	2,9	7,4	0,07	3000	0,12	
450	05 B	8	—	3,0	4,77	5,0	2,31	7,1	3,1	8,6	0,11	4600	0,18	
453	—	9,525	3/8	3,3	5,45	6,0	2,78	9,0	3,1	9,6	0,15	8000	0,26	4, 7, 11, 15
454	—	9,525	3/8	3,94	6,7	6,35	3,28	9,0	3,3	11,6	0,22	9100	0,36	
455 ¹	06 B	9,525	3/8	5,72	8,53	6,35	3,28	8,3	3,3	13,5	0,28	9100	0,41	
331	081	12,7	1/2	3,3	5,8	7,75	3,66	9,9	1,5	10,2	0,21	8200	0,28	4, 7, 11, 121, 15
332	—	12,7	1/2	4,88	7,2	7,75	3,66	9,9	1,5	11,2	0,28	8200	0,33	
110	082	12,7	1/2	2,38	4,6	7,75	3,66	9,9	—	8,2	0,16	10000	0,26	
17	083	12,7	1/2	4,88	7,9	7,75	4,09	10,3	1,5	12,9	0,32	12000	0,42	4, 7, 11, 12, 15
41	085	12,7	1/2	6,38	9,07	7,77	3,58	9,9	2,0	14,0	0,32	6800	0,38	
385	—	12,7	1/2	6,4	9,78	7,75	3,97	11,5	3,9	15,4	0,38	16000	0,50	
461	—	12,7	1/2	6,4	9,93	8,51	4,45	11,8	3,9	15,8	0,44	18200	0,66	4, 7, 11, 12, 15
462 ²	08 B	12,7	1/2	7,75	11,3	8,51	4,45	11,8	3,9	17,0	0,50	18200	0,70	
500	—	15,875	5/8	6,48	10,08	10,16	5,08	14,7	4,1	16,4	0,51	22700	0,78	
501 ^{2,3}	10 B	15,875	5/8	9,65	13,28	10,16	5,08	14,7	4,1	19,6	0,67	22700	0,91	4, 7, 11, 12, 15
513 ^{2,3}	12 B	19,05	3/4	11,68	15,62	12,07	5,72	16,1	4,6	22,7	0,89	29500	1,18	
548 ^{2,3}	16 B	25,4	1	17,02	25,45	15,88	8,28	21,1	5,4	36,1	2,10	58000	2,50	
552	—	30	—	17,02	25,45	15,88	8,28	21,1	5,4	36,1	2,10	58000	2,35	4, 7, 11, 12, 15
563 ³	20 B	31,75	1 1/4	19,56	29,01	19,05	10,19	26,4	6,1	43,2	2,95	95000	3,50	
596 ³	24 B	38,1	1 1/2	25,4	37,92	25,4	14,63	33,4	6,6	53,4	5,54	170000	6,8	
613	28 B	44,45	1 3/4	30,99	46,58	27,94	15,9	37,1	7,4	65,1	7,40	200000	8,5	4, 7, 11, 12
652	32 B	50,8	2	30,99	45,57	29,21	17,81	42,3	7,9	67,4	8,11	260000	10,5	
671	40 B	63,5	2 1/2	38,1	55,75	39,37	22,89	53,0	10,2	82,6	12,76	360000	16,4	
679	48 B	76,2	3	45,72	70,56	48,26	29,24	63,9	10,5	99,1	20,63	560000	25,0	

ANEXO J. Soporte tensor de rodamientos de bolas

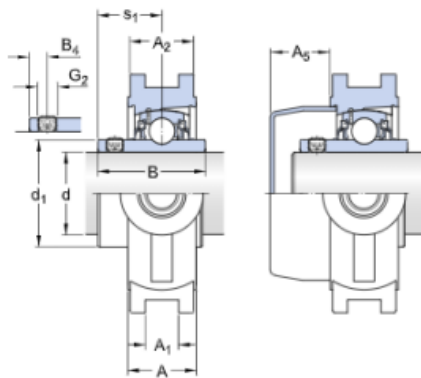


TUWK 3/4 LTHR Soportes tensores con rodamientos de bolas

Soportes tensores con rodamientos de
bolas

Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	No estandarizados
Purpose specific	For food and beverage applications
Material del soporte	Material compuesto para la línea de procesamiento de alimentos SKF
Sealing solution	Sellos múltiples



DIMENSIONES

d	19.05 mm
d ₁	≈ 28.2 mm
A	27.5 mm
A ₁	12 mm
A ₂	24.5 mm
A ₅	20.3 mm
B	31 mm
B ₄	4.5 mm
H	89 mm
H ₁	76 mm
H ₂	36 mm
L	99 mm

ANEXO K. Sensor de temperatura con infrarrojo

Miniature Fixed Infrared Temperature Sensor with Touch Screen Display.

OS-MINI Series
OS-MINI Model



Optional

Models with Display Only

- ✓ 4 to 20 mA or RS485 MODBUS® Outputs
- ✓ Screen Color Change Indicates Alarm Mode
- ✓ Data Logging to MicroSD Card on Touch Screen Models
- ✓ Alarm Relay, Outputs Rated 24 Vdc—No Need for Separate Trip Amplifier
- ✓ Maximum, Minimum, Average and Instantaneous Readings, Peak or Valley Hold, Reflected Energy Compensation

Standard Features for Models with or without Display

- ✓ High-Ambient Sensing Head Withstands Up to 180°C (356°F) Without Cooling Setting—Suitable for a
- ✓ Adjustable Emissivity Materials Such as Paper, Plastics, Food, Painted Surfaces and Many More
- ✓ Temperature Ranges from -20 to 1000°C (-4 to 1832°F)
- ✓ Resistant to Interference from Movement of Sensing Head Cable—Ideal for Mounting on Robot Arms
- ✓ Sensing Head Sealed to IP65

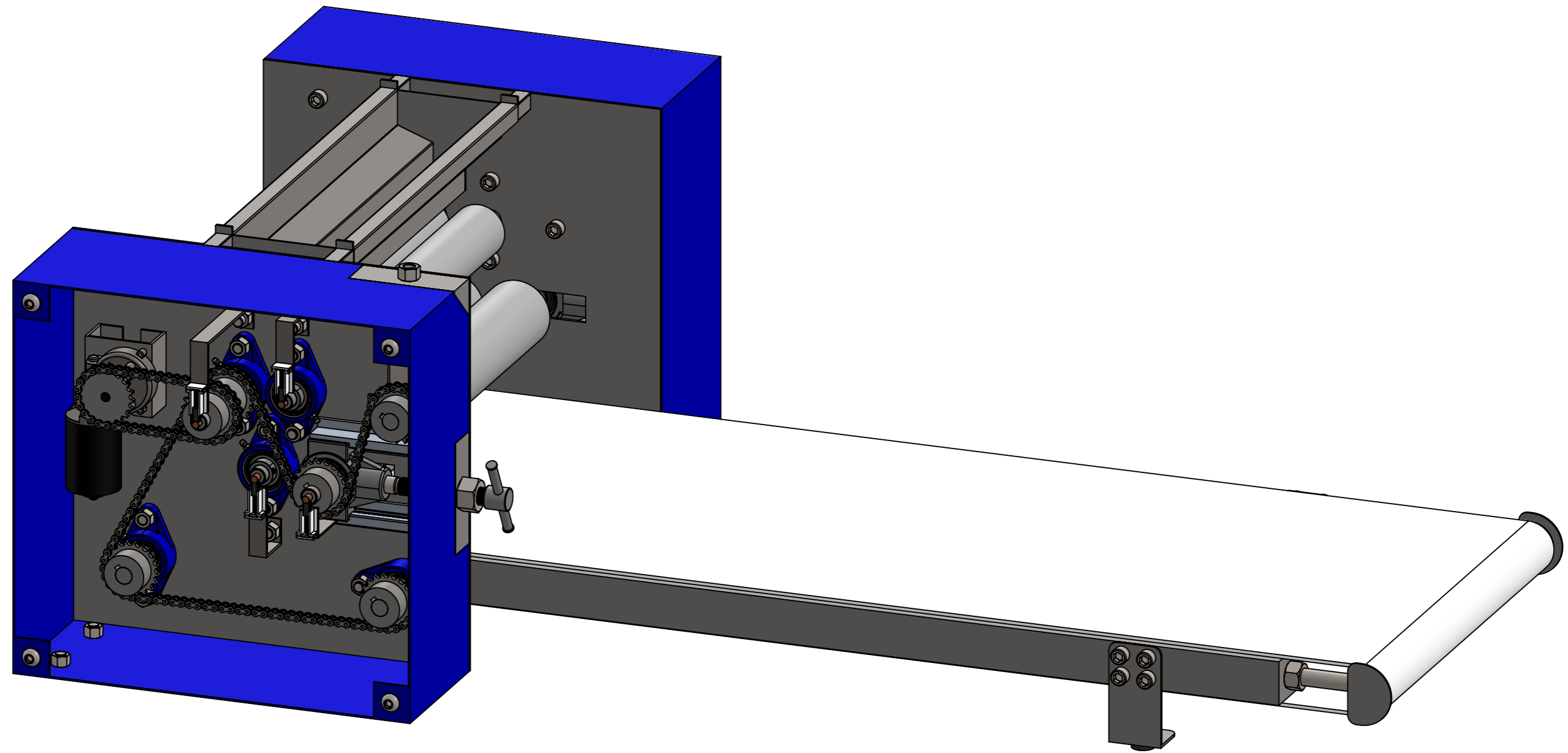


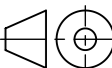
The new OMEGA® mini infrared pyrometer is packed full of exciting new features. Its miniature sensing head measures just 18 x 45 mm (0.71 x 1.8"), making it ideal for mounting in tight spaces. A high ambient version is capable of withstanding temperatures of up to 180°C (356°F) without water or air-cooling, allowing significant energy and cost savings to be made. Manufactured from 316 stainless steel and sealed to IP65, the OMEGA mini sensing head is ideal for food and pharmaceutical applications among many others.

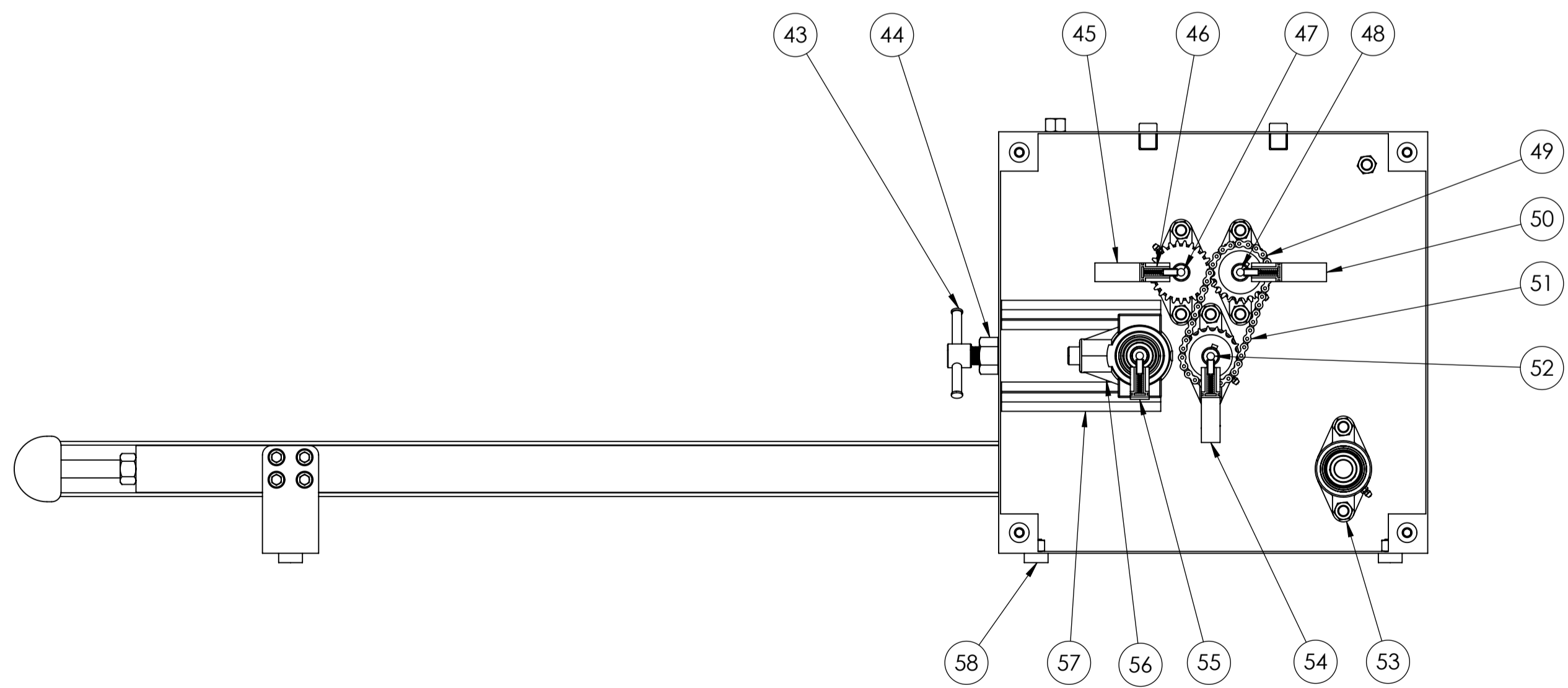
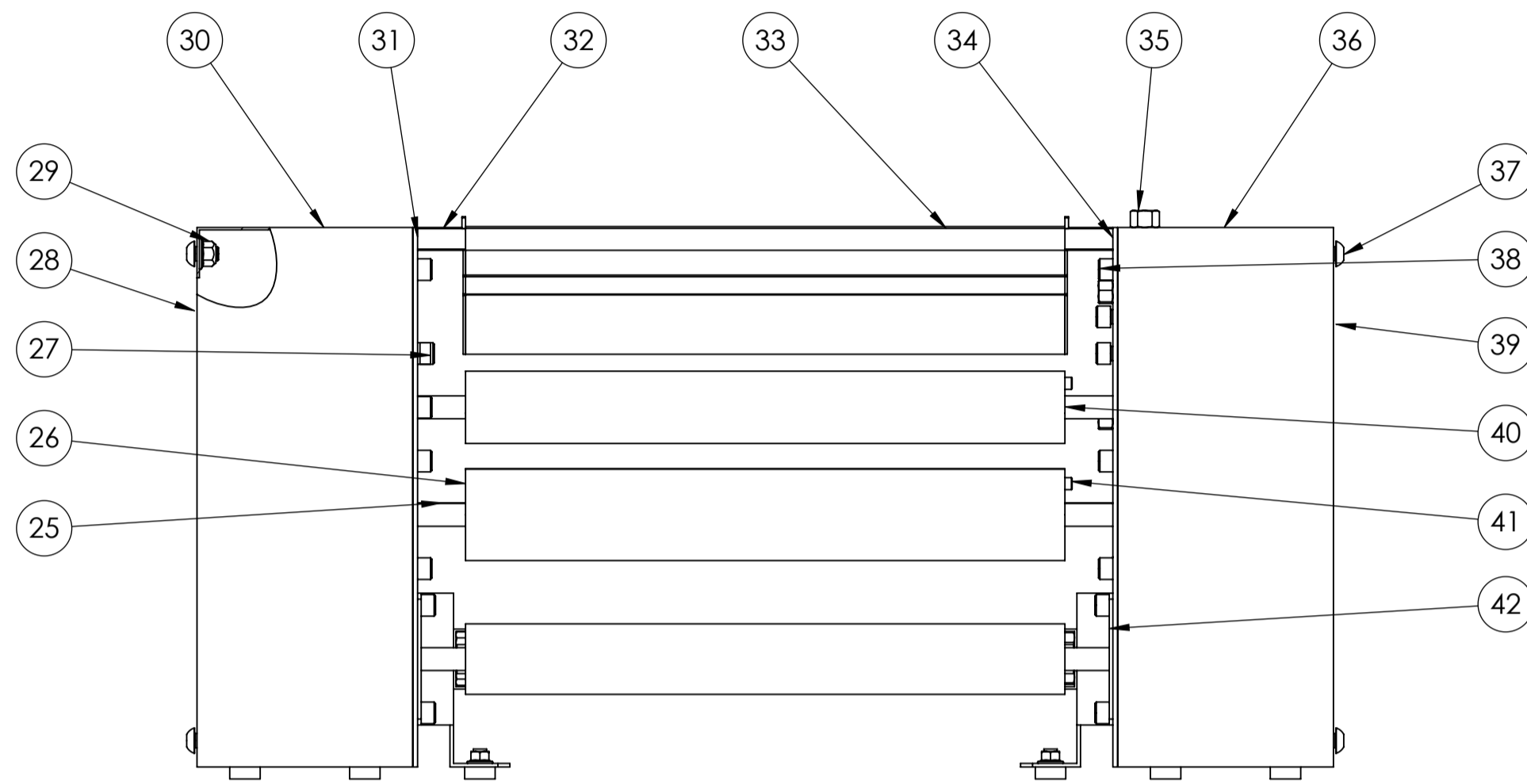
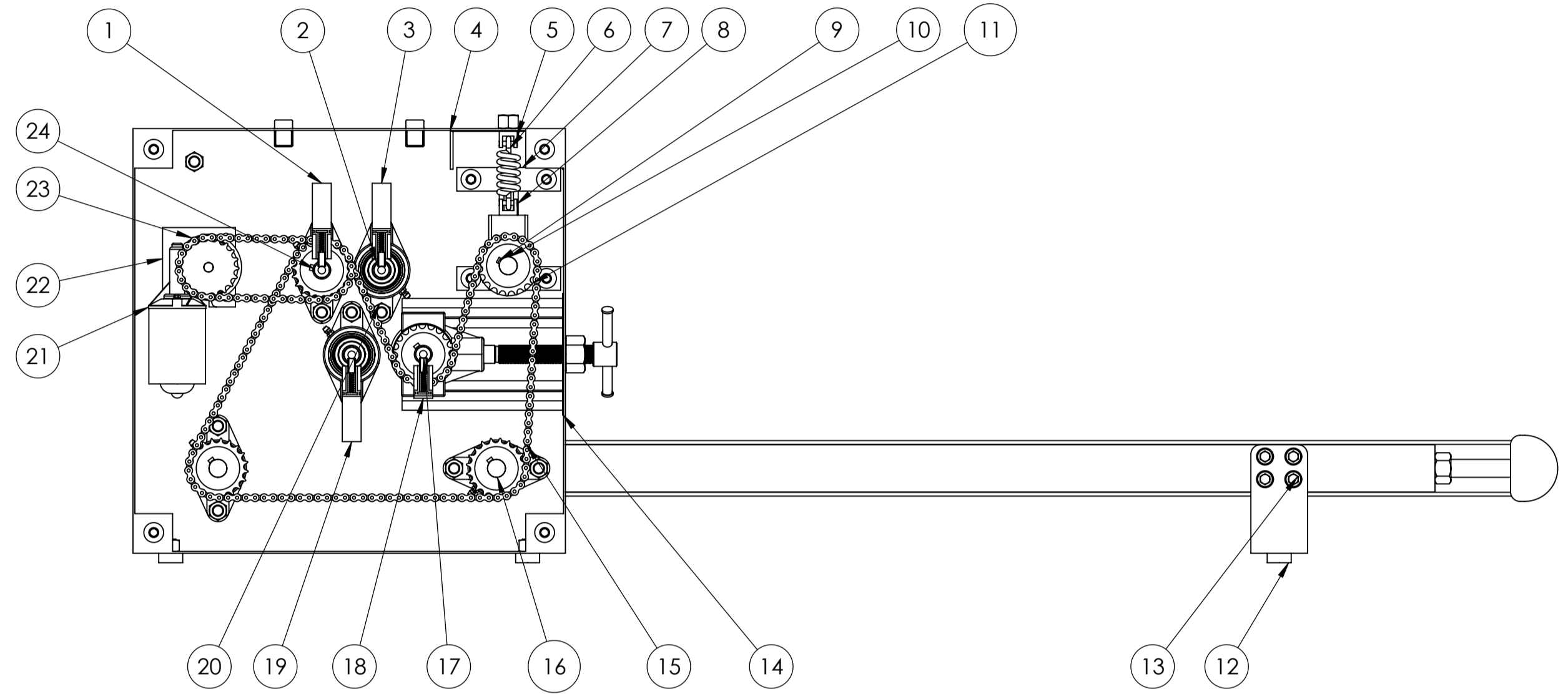
A wide selection of optics allows the OMEGA mini to focus on small or large targets at short or long distances.

The special low-noise interconnecting cable is resistant to interference from movement, making the sensing head ideal for mounting on robot arms. It can be supplied in lengths from 1 to 30 m (3.3 x 98').

The electronics module is also available with a number of different options: The backlit touch screen interface provides a large, bright display of the measured temperature in digital format and a graph view that shows the history of the measured temperature. It also enables full configuration of

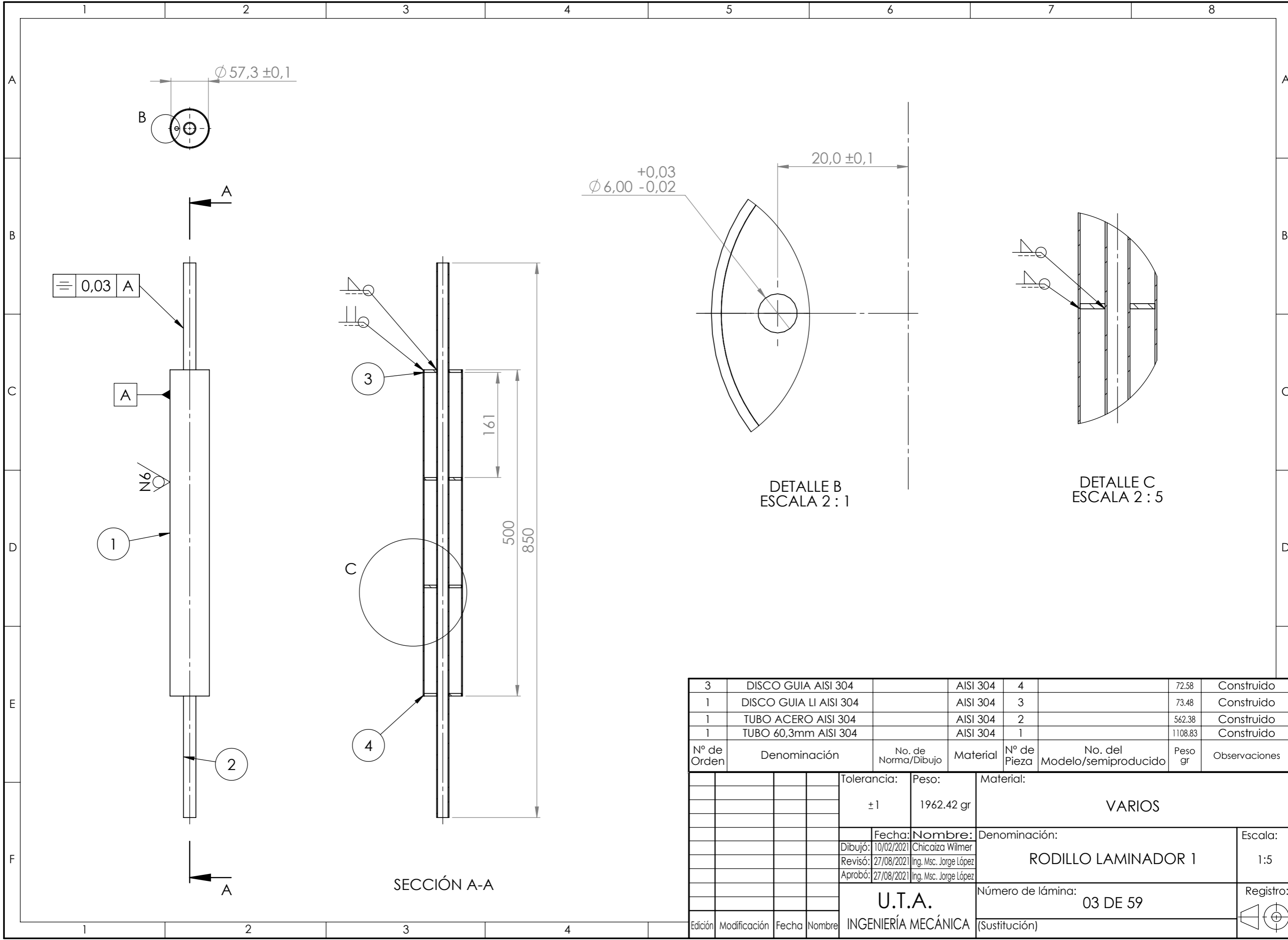


				Tolerancia:	Peso:	VARIOS	
				±0,1	25,4 Kg		
				Fecha	Nombre:	Título: LAMINADORA DE SOBREMESA PARA FILMS BIODEGRADABLES	Escala: 1:5
				Dibujó: 26/08/2021	Chicaiza Wilmer		
				Revisó: 26/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 26/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A		1 DE 59	
				INGENIERÍA MECÁNICA			
				Modificación	Fecha	Nombre	



Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/Semiproducido	Peso gr	Observaciones
8	PAPITAS DE CAUCHO		VARIOS	58		17.72	Adquirido
4	CORREDERA CHUMACERA DE BOLAS		Aleación 1060	57		173.62	Construido
2	SKF_TUWK_3_4_LTHR			56		260	Adquirido
1	SOPORTE ESCOBILLA LI R4		ASTM A36 Acero	55		14.68	Construido
1	SOPORTE ESCOBILLA LI R3		ASTM A36 Acero	54		102.75	Construido
9	F2B_012_RM			53		260	Adquirido
1	RESISTENCIA DE COBRE 3		Cobre	52		346.71	Construido
1	CADENA RODILLO A RODILLO		VARIOS	51		896.65	Adquirido
1	SOPORTE ESCOBILLA LI R1		ASTM A36 Acero	50		102.75	Construido
2	spur gear_am			49			Adquirido
1	RESISTENCIA DE COBRE 1		Cobre	48		389.21	Construido
1	RESISTENCIA DE COBRE 2		Cobre	47		326.57	Construido
8	ESCOBILLA		VARIOS	46		8.18	Adquirido
1	SOPORTE ESCOBILLA LI R2		ASTM A36 Acero	45		81.08	Construido
1	hex nut heavy_am.sldprt1			44			Adquirido
1	VARILLA ROSCADA NIVEL		VARIOS	43		357.54	Construido
1	BASE DE CINTA TRANSPORTADORA		VARIOS	42		27788.74	Construido
4	socket head cap screw_am			41			Adquirido
1	RODILLO LAMINADOR 1		VARIOS	40		1962.42	Construido
1	TAPA CAJA LADO DERECHO		AISI 304	39		3290.36	Construido
2	socket head cap screw_am			38			Adquirido
12	socket button head cap screw_am.sldprt2			37			Adquirido
1	CAJA DERECHA		AISI 304	36		5105.76	Construido
1	hex nut style 2_am.sldprt1			35			Adquirido
1	SOPORTE LADO DERECHO		AISI 304	34		6390.60	Construido
1	TOLVA		AISI 304	33		1269.97	Construido
2	TUBO DE SOPORTE TOLVA		AISI 304	32		411.27	Construido
1	SOPORTE LADO IZQUIERDO		AISI 304	31		6409.25	Construido
1	CAJA LADO IZQUIERDO		AISI 304	30		5295.99	Construido
8	prevailing torque hex flange nut_am			29			Adquirido
1	TAPA CAJA LADO IZQUIERDO		AISI 304	28		3290.36	Construido
21	socket head cap screw_am			27			Adquirido
1	RODILLO LAMINADOR 3		AISI 304	26		2666.80	Construido
1	RODILLO LAMINADOR 4		AISI 304	25		2585.63	Construido
8	EXTREMÓ TUBERIA CENTRAL		AISI 304	24		2.43	Construido
1	CADENA MOTOR - RODILLO		VARIOS	23		693.92	Adquirido
1	SOPORTE MOTOR		AISI 304	22		379.55	Construido
1	Wiper Motor 12VDC		VARIOS	21		367.23	Adquirido
47	hex nut style 2_am.sldprt1			20			Adquirido
1	SOPORTE ESCOBILLA LD R3		ASTM A36 Acero	19		68.36	Construido
1	SOPORTE ESCOBILLA LD R4		ASTM A36 Acero	18		28.81	Construido
1	RESISTENCIA DE COBRE 4		Cobre	17		332.39	Construido
1	EJE ACERO DE BAJO CARBONO AISI 1018 85mm		Acero al carbono fundido	16		177.85	Construido
1	SISTEMA DE CADENAS DE TRANSMISIÓN		VARIOS	15		2447.28	Adquirido
1	PLATINA GUIA DE VARILLA		AISI 304	14		122.69	Construido
12	socket head cap screw_am			13			Adquirido
2	SOPORTE PAPITAS CINTA TRANSPORTADORA		VARIOS	12		237.63	Construido
1	CHUMACERA DE TENSION		AISI 316L Acero inoxidable	11		486.66	Adquirido
1	Eje 19,05 mm 70 mm		AISI 304	10		159.61	Construido
1	RLS_6_2RS1		Acero inoxidable	9			Adquirido
2	Pasador		AISI 304	8		2.99	Adquirido
1	Corredera rodillo de temple		ASTM A36 Acero	7		234.29	Construido
1	RESORTE		ASTM A36 Acero	6		64.75	Adquirido
2	PIEZA DE TENSION PARA RESORTE		1,4000 (X6Cr13)	5		29.03	Construido
1	SOPORTE RESORTE		AISI 304	4		173.47	Construido
1	SOPORTE ESCOBILLA LD R2		ASTM A36 Acero	3		69.07	Construido
1	RODILLO LAMINADOR 2		VARIOS	2		1869.80	Construido
1	SOPORTE ESCOBILLA LD R1		ASTM A36 Acero	1		113.30	Construido

Tolerancia: ±1		Peso: 25,4 kg		Material: VARIOS	
Fecha: 10/08/2014		Nombre: Chicaiza Wilmer		Denominación: LAMINADORA DE SOBREMESA PARA FILMS BIODEGRADABLES	
Revisó: 18/08/2014		Ing. Mec. Jorge López		Escala: 1:5	
Aprobó: 18/08/2014		Ing. Mec. Jorge López		Registro: 02 DE 59	
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de Lámina: (sustitución)		Registro: 02 DE 59	



Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducido	Peso gr	Observaciones
3	DISCO GUIA AISI 304		AISI 304	4		72.58	Construido
1	DISCO GUIA LI AISI 304		AISI 304	3		73.48	Construido
1	TUBO ACERO AISI 304		AISI 304	2		562.38	Construido
1	TUBO 60,3mm AISI 304		AISI 304	1		1108.83	Construido
		Tolerancia:	Peso:	Material:			
		±1	1962.42 gr	VARIOS			
		Fecha:	Nombre:	Denominación:			Escala:
		Dibujó: 10/02/2021	Chicaiza Wilmer	RODILLO LAMINADOR 1			1:5
		Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López				
		Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López				
		U.T.A.		Número de lámina:		Registro:	
		INGENIERÍA MECÁNICA		03 DE 59			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

1

2

3

4

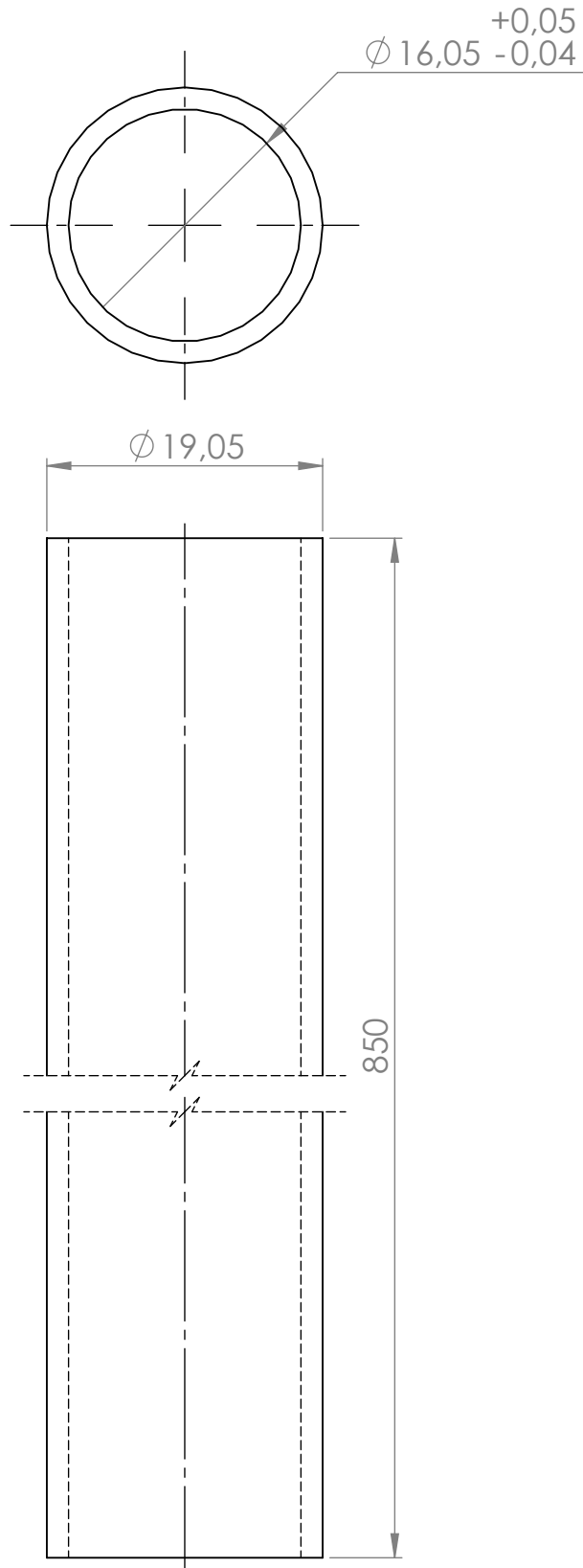
A

B

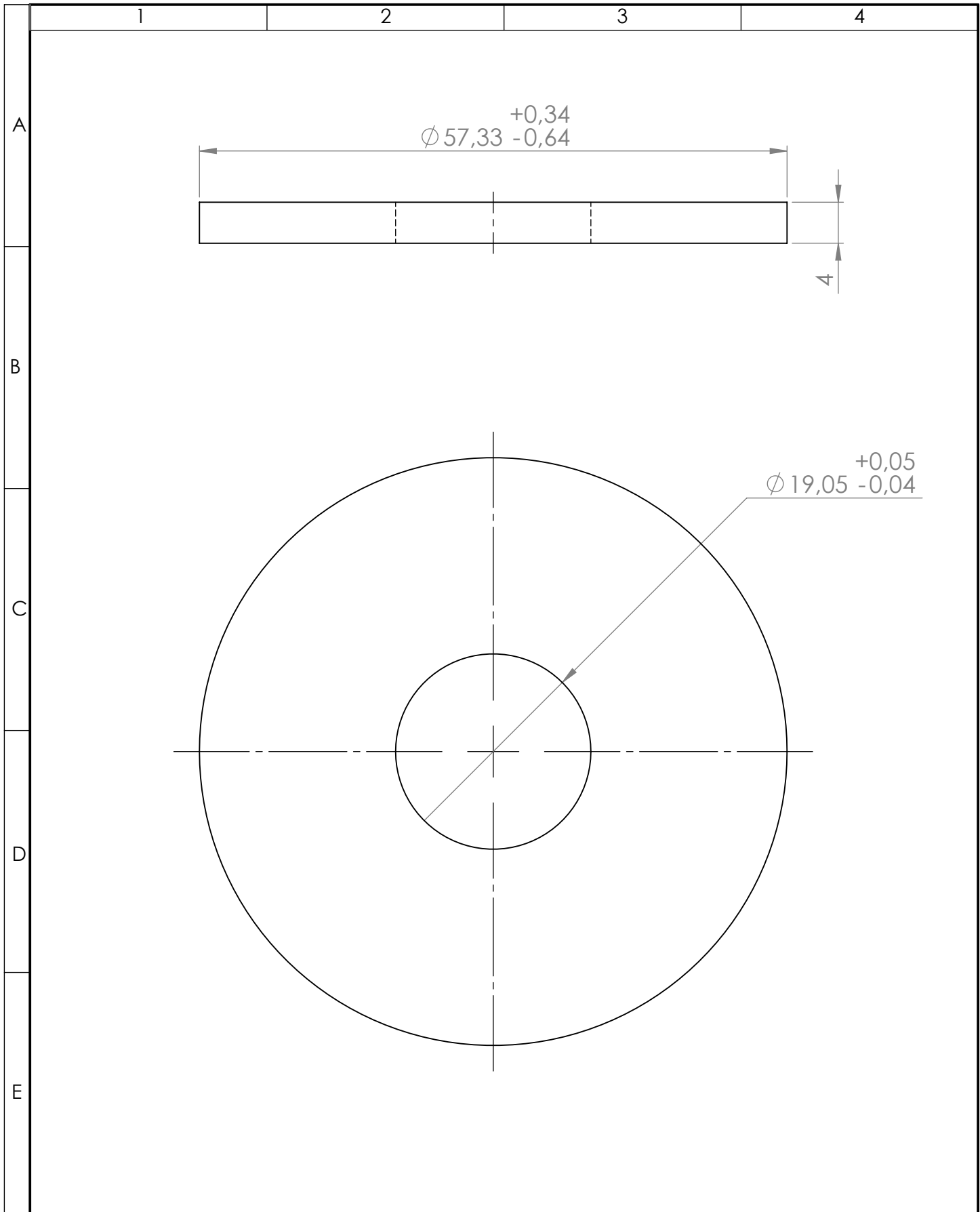
C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 562.38 gr	MATERIAL: AIISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	TUBO CENTRAL DE ACERO INOXIDABLE 1	2:1
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 4 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 73.48 gr	MATERIAL: AIISI 304	
						TÍTULO: DISCO GUIA DE RODILLO SUPERIOR	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

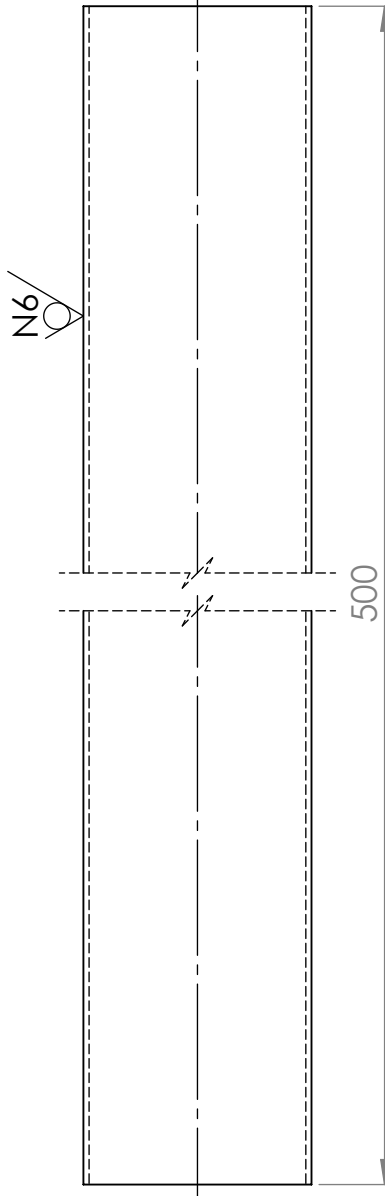
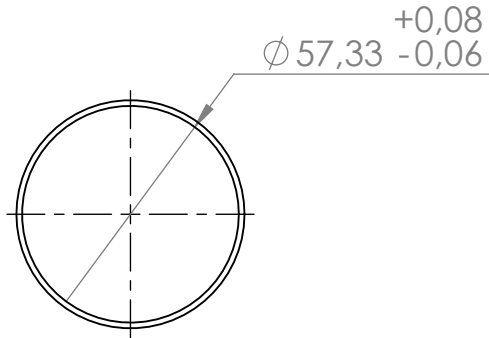
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1108.83 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: TUBO SUPERIOR DE LAMINADO	ESCALA: 1:2
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 6 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

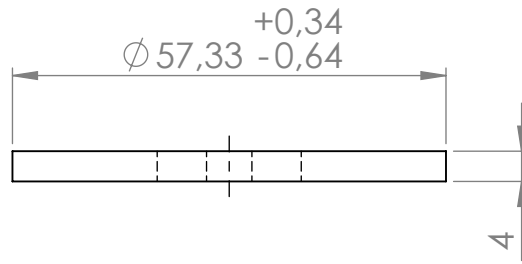
1

2

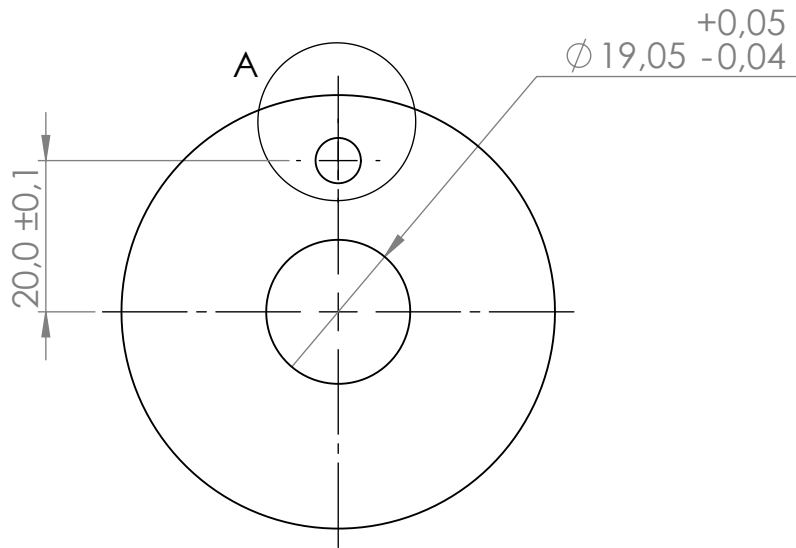
3

4

A

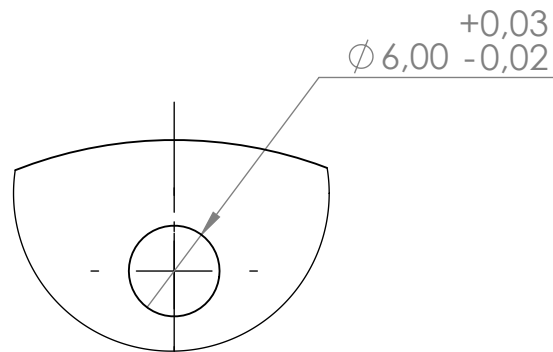


B



C

D



E

DETALLE A
ESCALA 2 : 1

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				± 1	72.58 gr	AISI 304		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		DISCO GUIA DE RODILLO SUPERIOR CON AGUJERO	1:1
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			REGISTRO:
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 7 DE 59		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		

1

2

3

4

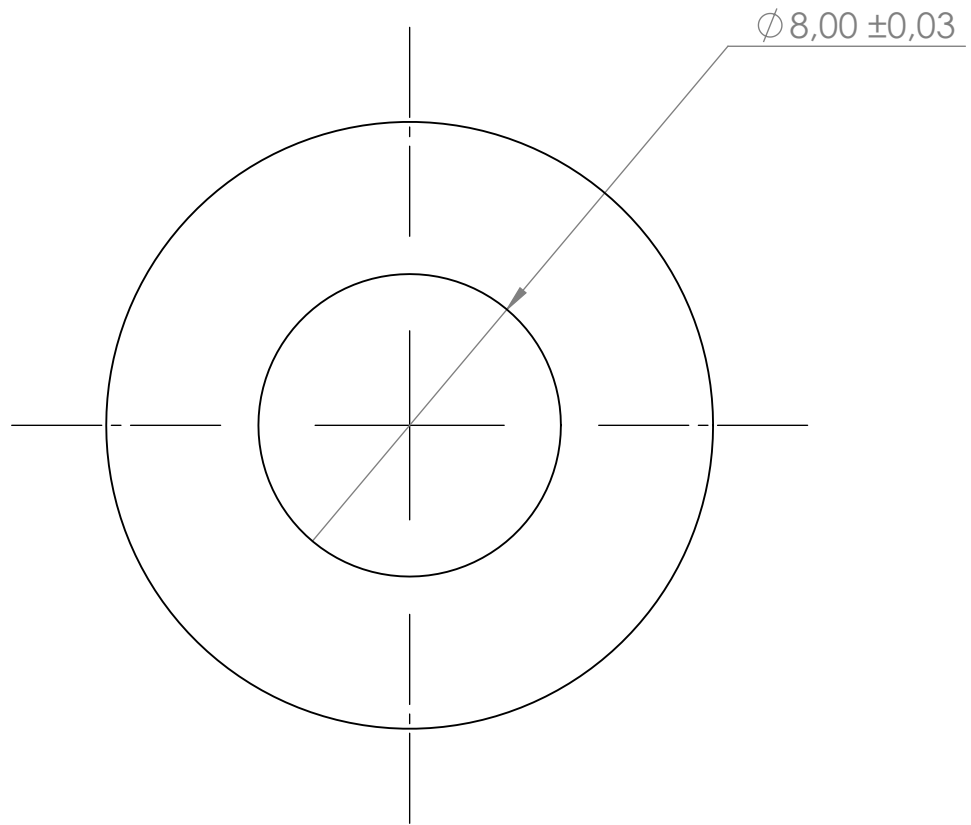
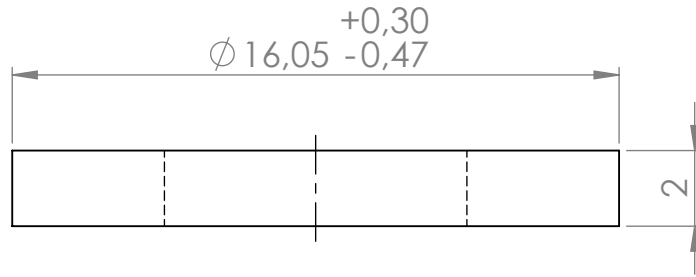
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 2.43 gr	MATERIAL: AI SI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	EXTREMO TUBERIA CENTRAL	
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	ESCALA: 5:1	
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	REGISTRO:	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	HOJA 8 DE 59
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

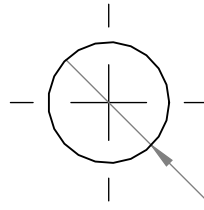
1

2

3

4

A


 $\phi 8,00 \begin{matrix} +0,28 \\ -0,43 \end{matrix}$

B

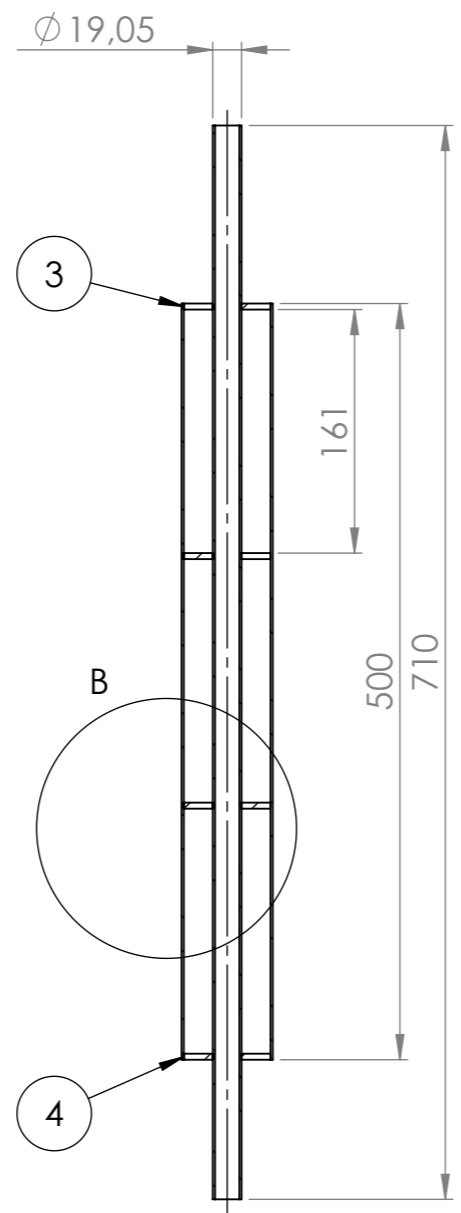
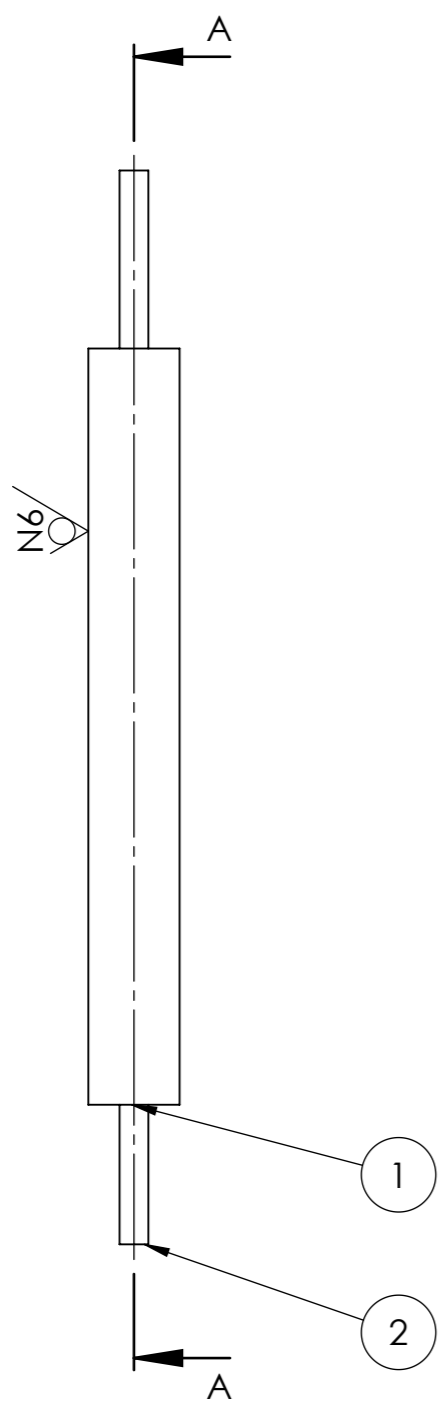
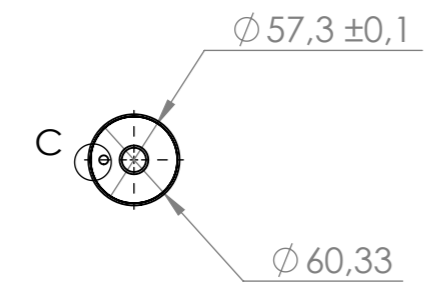
870

C

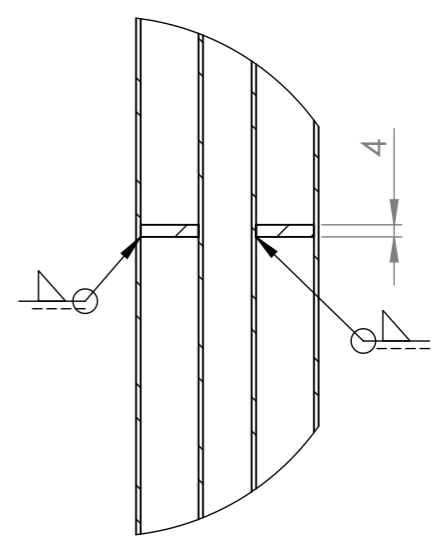
D

E

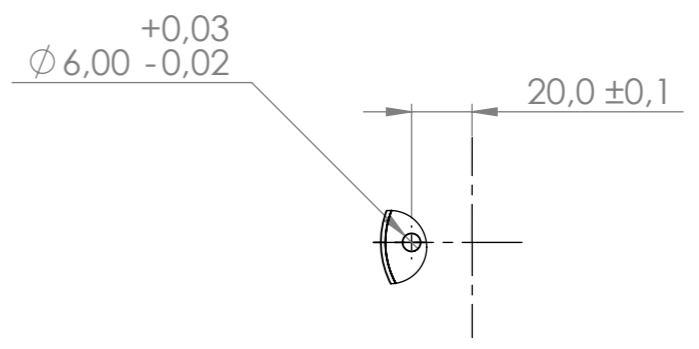
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 389.21 gr	MATERIAL: Cobre	
						TÍTULO: RESISTENCIA 1	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 9 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 5



DETALLE C
ESCALA 2 : 5

3	DISCO GUIA AISI 304		AISI 304	4		72.58	Construido
1	DISCO GUIA LI AISI 304		AISI 304	3		73.48	Construido
1	TUBO CENTRAL DE ACERO AISI 304 645 mm		AISI 304	2		469.75	Adquirido
1	TUBO 60,3mm AISI 304		AISI 304	1		1108.83	Construido
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducido	Peso gr	Observaciones
			Tolerancia: ±1	Peso: 1869.80 gr	Material: VARIOS		
			Fecha: 10/02/2021	Nombre: Chicaiza Wilmer	Denominación: RODILLO LAMINADOR 2		Escala: 1:5
			Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina: 10 DE 59		Registro:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

1

2

3

4

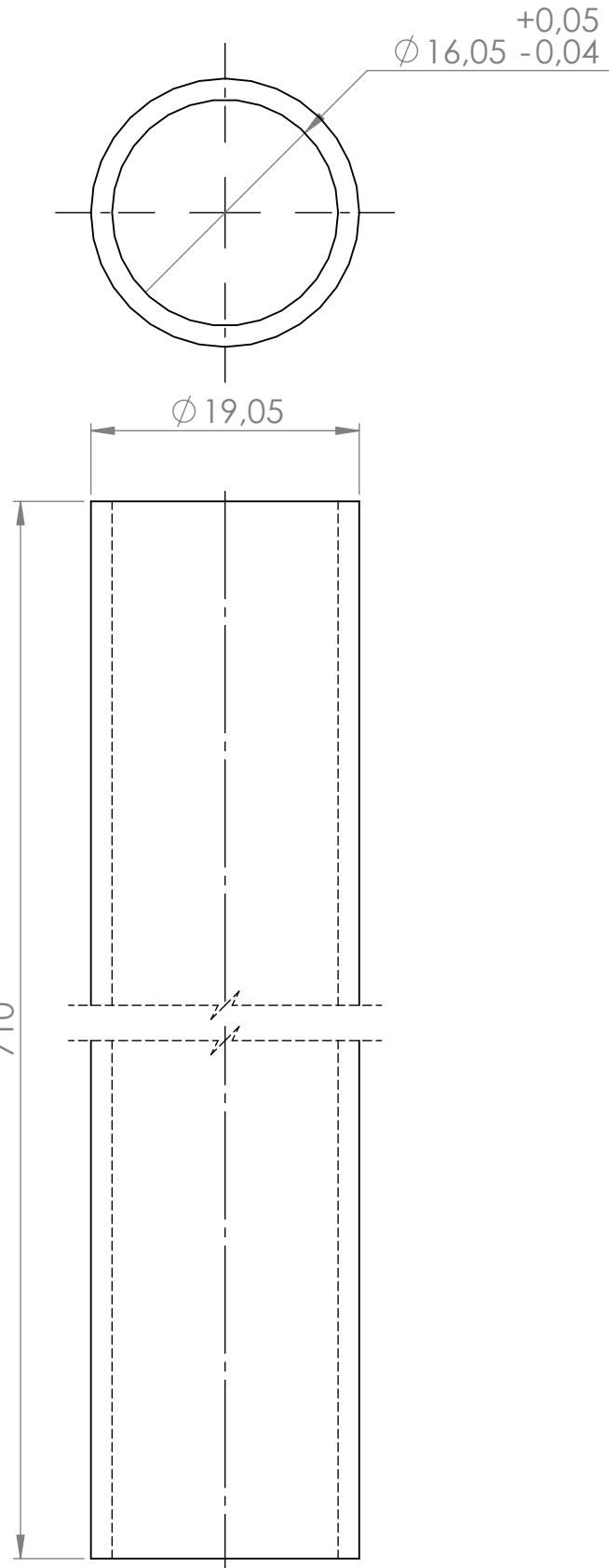
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 469.75 gr	MATERIAL: AISI 304	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
					DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	TUBO CENTRAL DE ACERO INOXIDABLE 2
					REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
					APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	ESCALA:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 11 DE 59	2:1
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	REGISTRO:

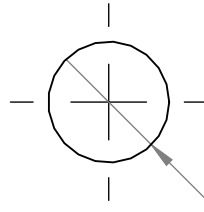
1

2

3

4

A


 $\phi 8,00 \begin{matrix} +0,28 \\ -0,43 \end{matrix}$

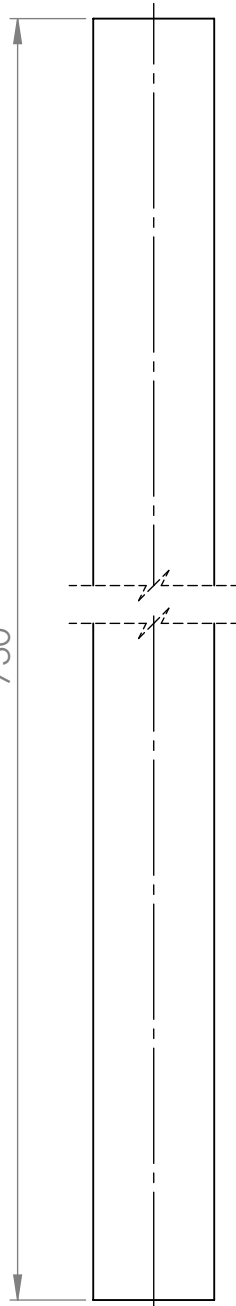
B

C

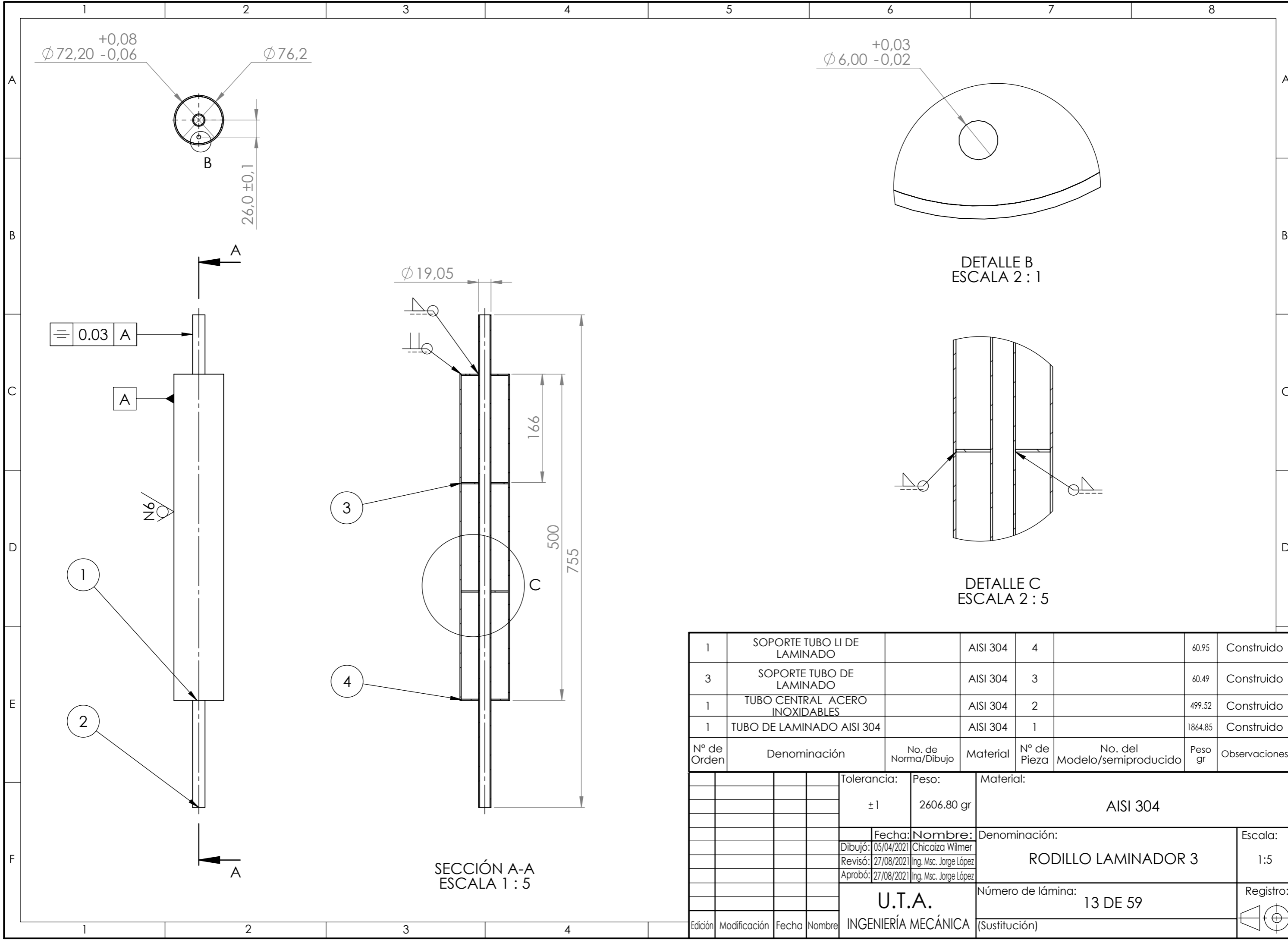
730

D

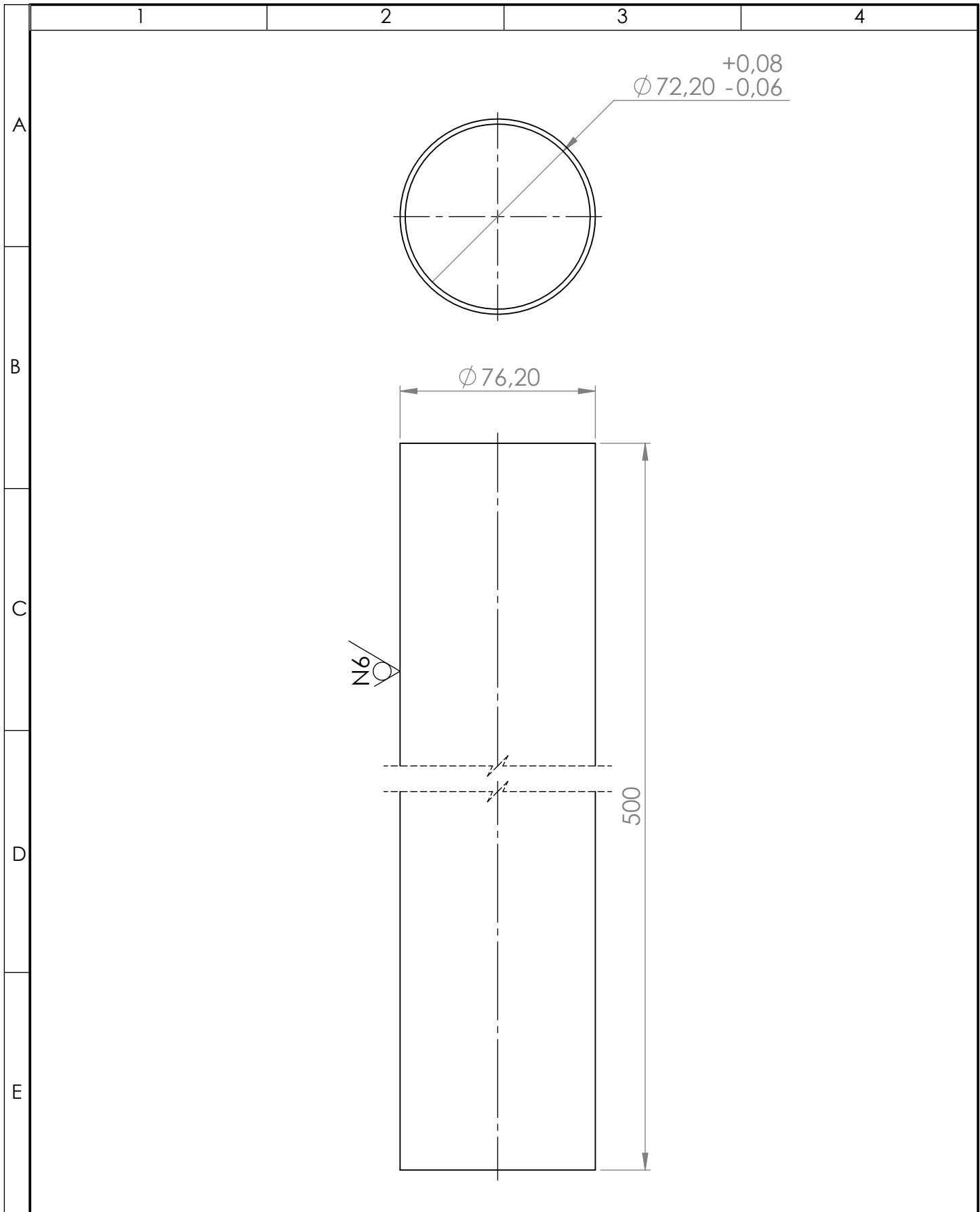
E



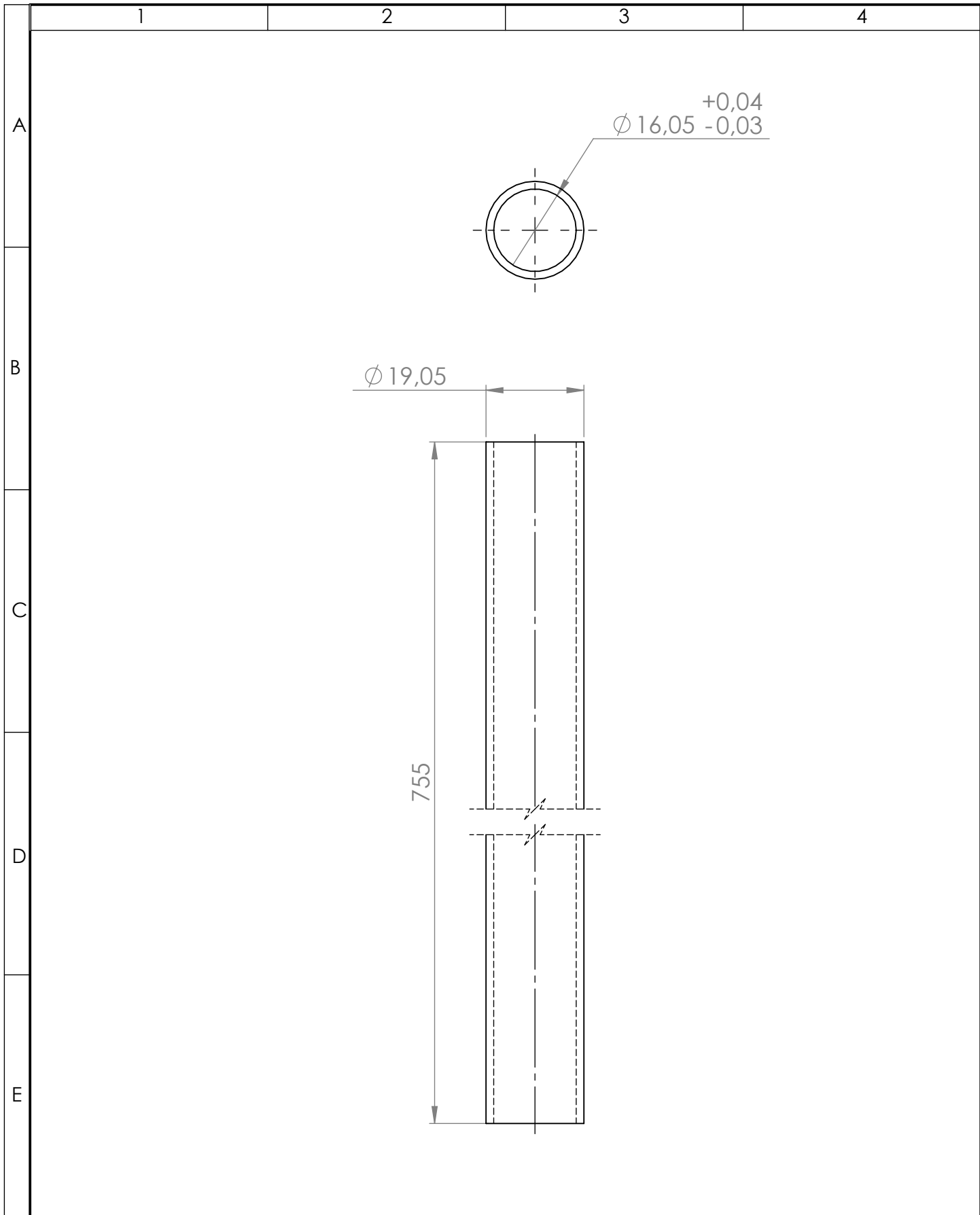
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 326.57 gr	MATERIAL: Cobre	
						TÍTULO: RESISTENCIA 2	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 12 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



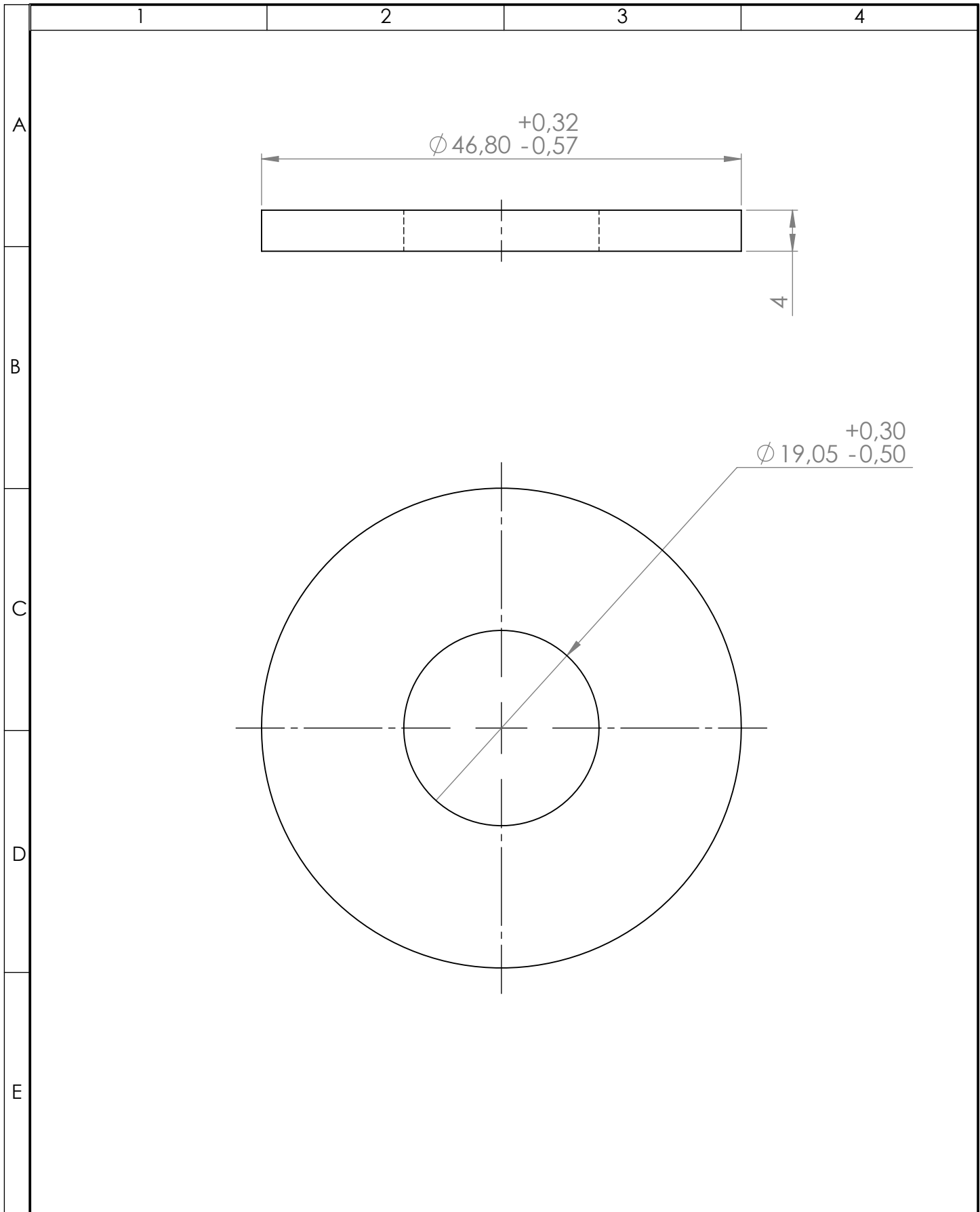
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducido	Peso gr	Observaciones
1	SOPORTE TUBO LI DE LAMINADO		AISI 304	4		60.95	Construido
3	SOPORTE TUBO DE LAMINADO		AISI 304	3		60.49	Construido
1	TUBO CENTRAL ACERO INOXIDABLES		AISI 304	2		499.52	Construido
1	TUBO DE LAMINADO AISI 304		AISI 304	1		1864.85	Construido
Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		2606.80 gr		AISI 304			
Fecha:		Nombre:		Denominación:			Escala:
Dibujó: 05/04/2021		Chicaiza Wilmer		RODILLO LAMINADOR 3			1:5
Revisó: 27/08/2021		Ing. Msc. Jorge López					
Aprobó: 27/08/2021		Ing. Msc. Jorge López					
U.T.A.				Número de lámina:		Registro:	
INGENIERÍA MECÁNICA				13 DE 59			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



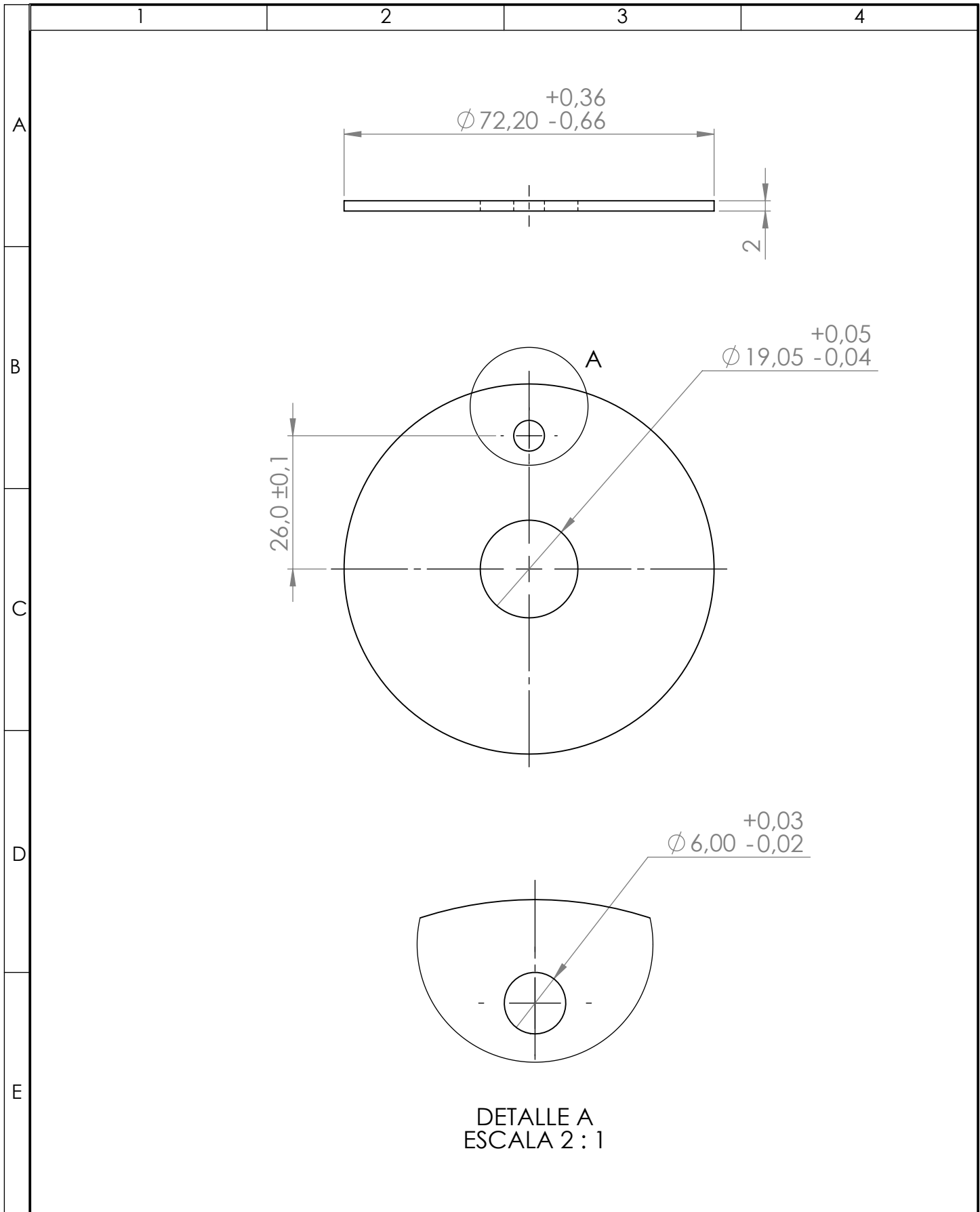
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1864.85 gr	MATERIAL: AIISI 304	
						TÍTULO: TUBO INFERIOR DE LAMINADO	ESCALA: 1:2
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 499.52 gr	MATERIAL: AI SI 304		
						TÍTULO:	ESCALA:	
				DIBUJO:	05/06/2021	Chicaiza Wilmer	TUBO CENTRAL 3 DE ACERO INOXIDABLE	1:1
				REVISO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 15 DE 59		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 45.93 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: GUIA DE RODILLO INFERIOR	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 16 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				±1	60.49 gr	AI SI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	GUIA DE RODILLO INFERIOR CON AGUJERO	2:1
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 17 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

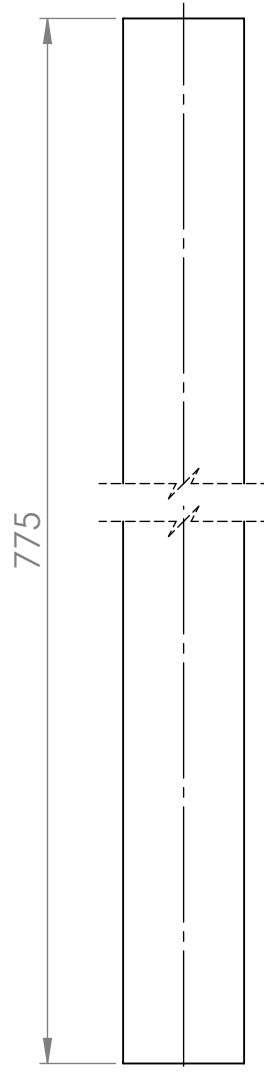
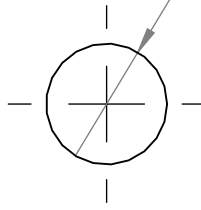
A

B

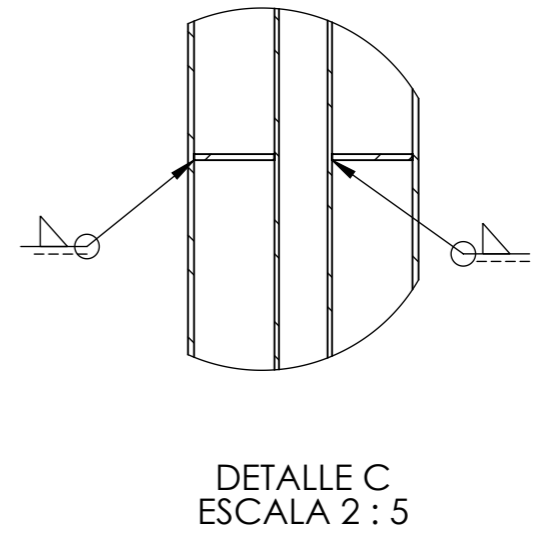
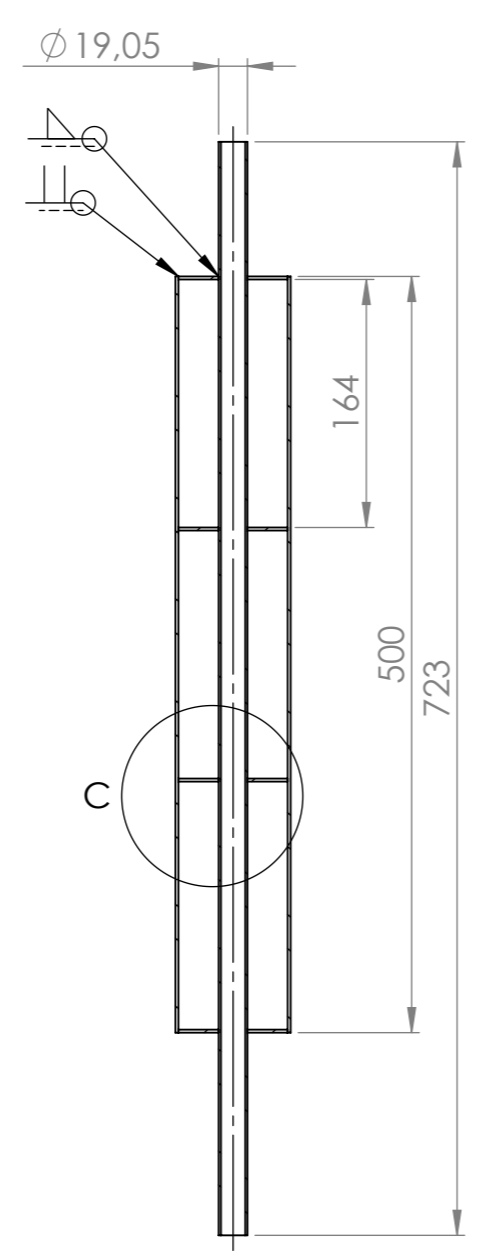
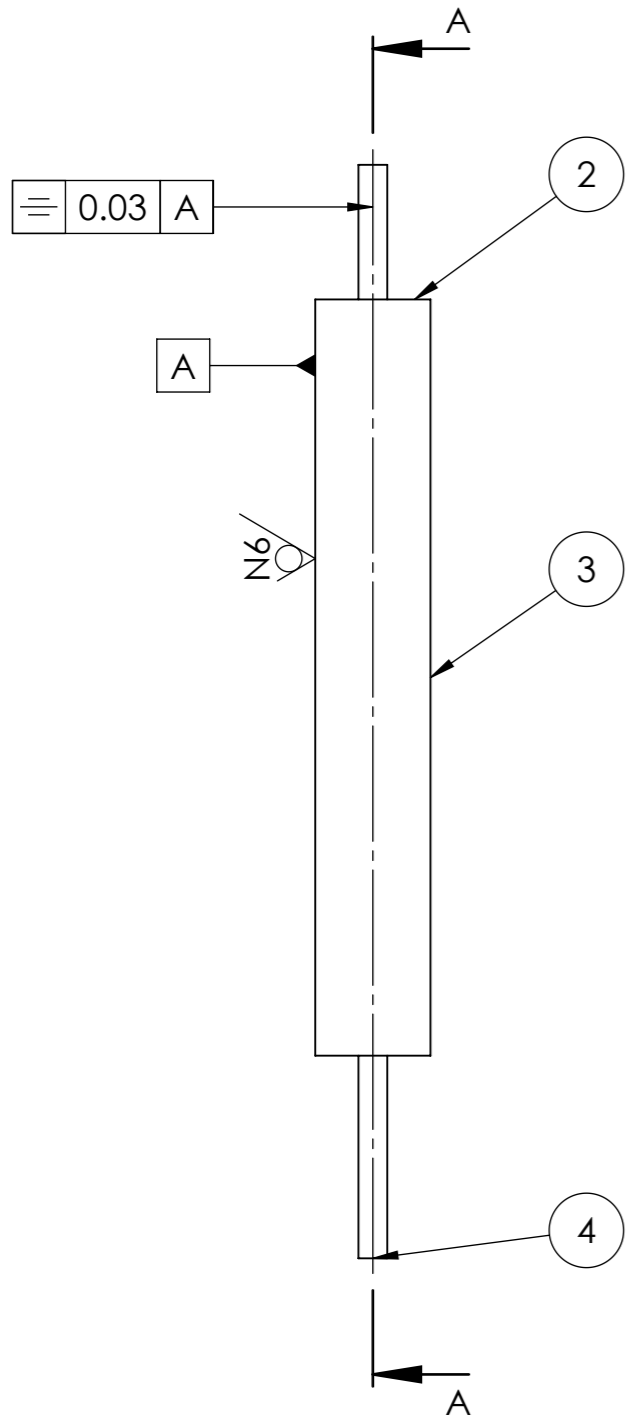
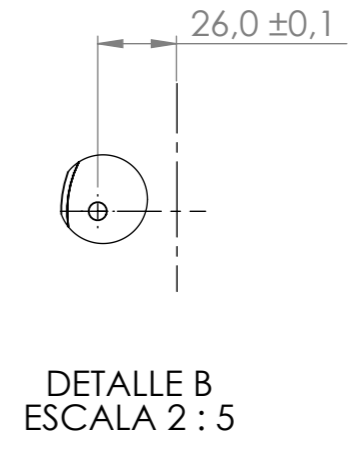
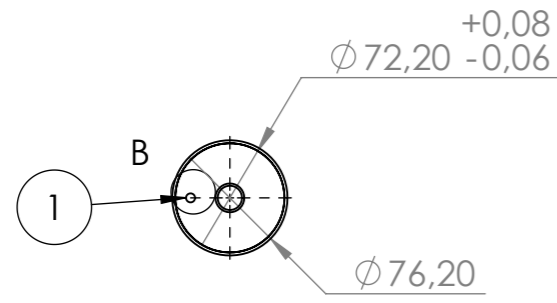
C

D

E

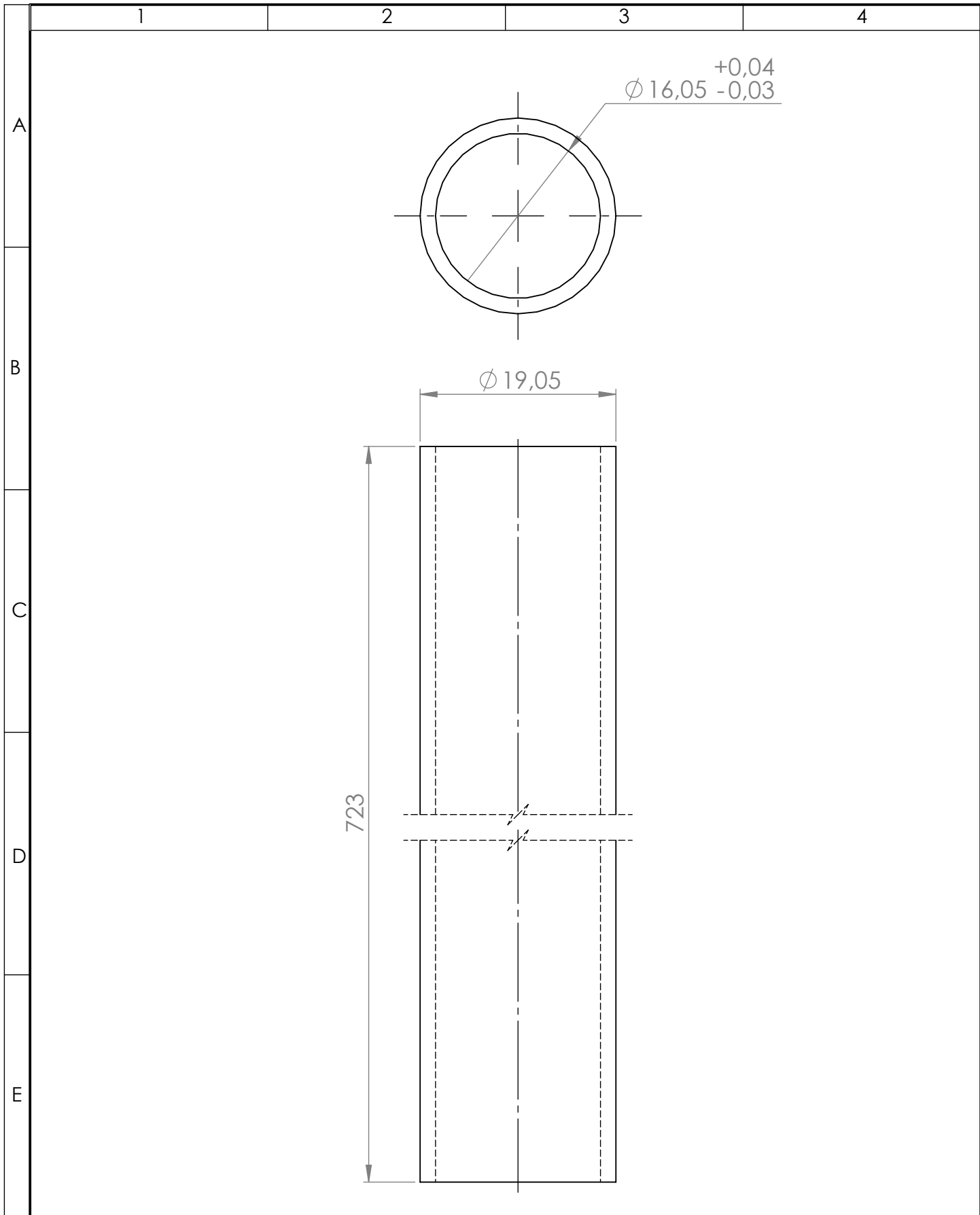
 $\phi 8,00 \begin{matrix} +0,03 \\ -0,04 \end{matrix}$


				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 346.71 gr	MATERIAL: Cobre	
						TÍTULO: RESISTENCIA 3	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 18 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



SECCIÓN A-A

1	TUBO CENTRAL ACERO INOXIDABLE 4		AISI 304	4		478.35	Construido
1	TUBO DE LAMINADO AISI 304			3			
1	SOPORTE TUBO LI DE LAMINADO		AISI 304	2		60.95	
3	SOPORTE TUBO DE LAMINADO		AISI 304	1		60.49	
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibuj	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones
			Tolerancia:	Peso:	Material:		
			±1	2585.63 gr	AISI 304		
			Fecha:	Nombre:	Denominación:		Escala:
			Dibujó: 05/04/2021	Chicaiza Wilmer	RODILLO LAMINADOR 4		1:5
			Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			U.T.A.		Número de lámina:	Registro:	
			INGENIERÍA MECÁNICA		19 DE 59		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 478.35 gr	MATERIAL: AI SI 304	
						TÍTULO: TUBO CENTRAL DE ACERO INOXIDABLE 4	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 20 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

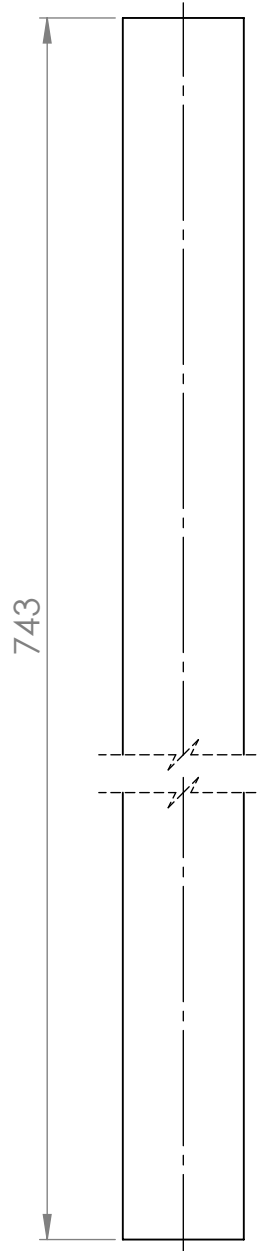
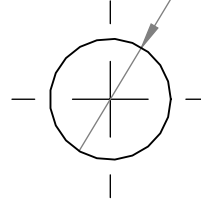
A

B

C

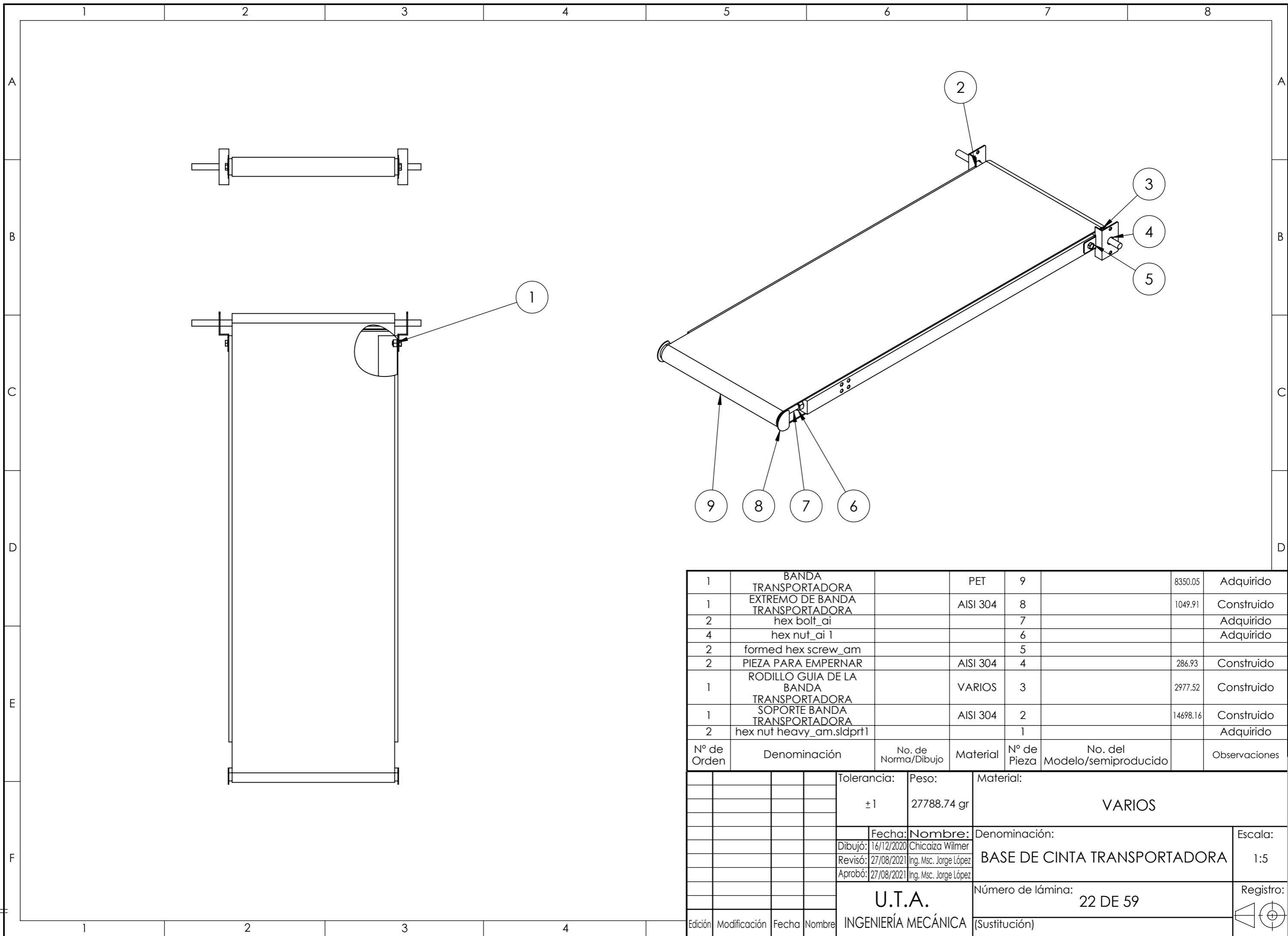
D

E

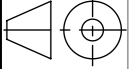
 $\phi 8,00 \begin{matrix} +0,28 \\ -0,43 \end{matrix}$


743

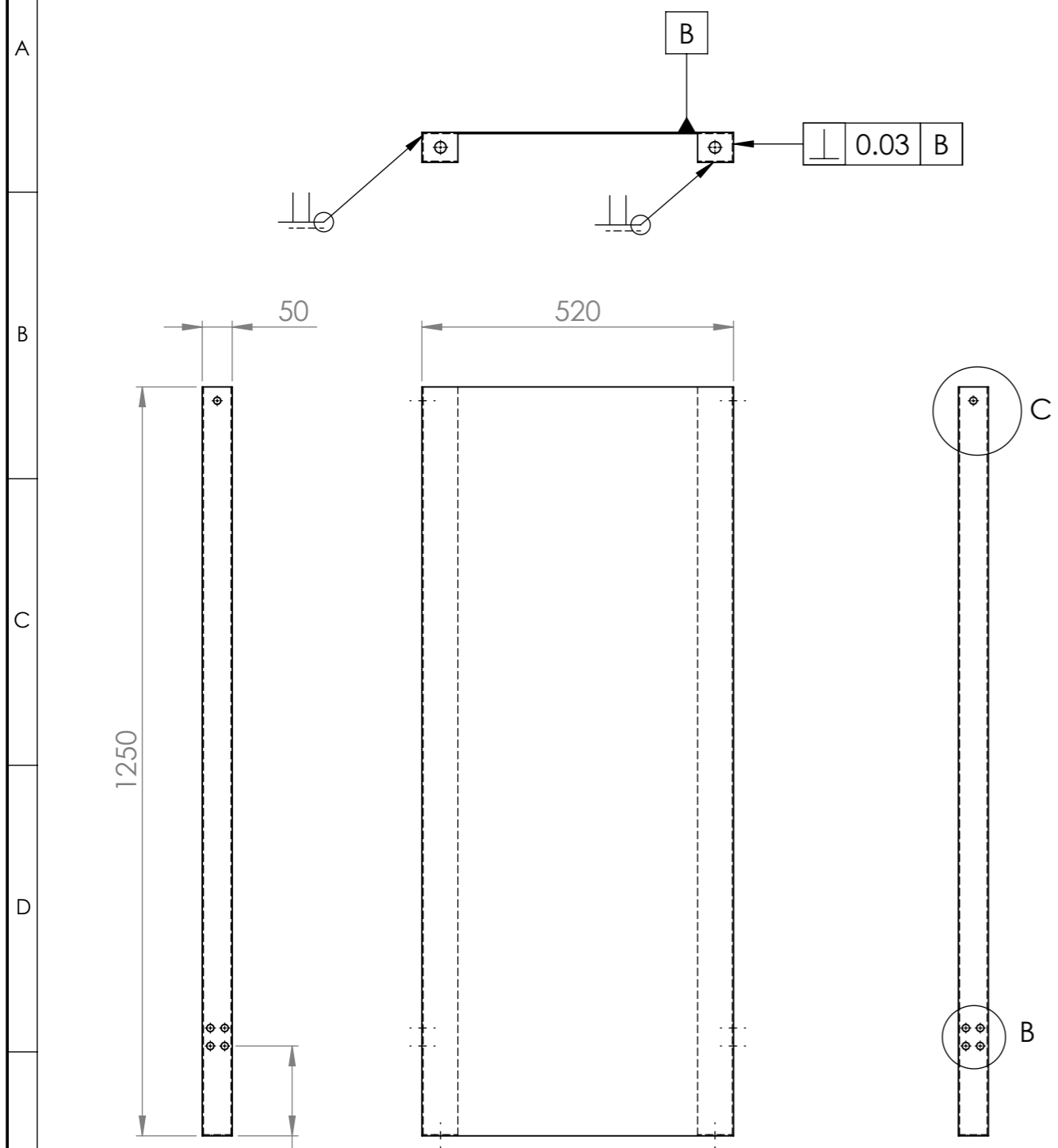
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 332.39 gr	MATERIAL: Cobre	
						TÍTULO: RESISTENCIA 4	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 21 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



1	BANDA TRANSPORTADORA		PET	9		8350.05	Adquirido
1	EXTREMO DE BANDA TRANSPORTADORA		AISI 304	8		1049.91	Construido
2	hex bolt_ai			7			Adquirido
4	hex nut_ai 1			6			Adquirido
2	formed hex screw_am			5			
2	PIEZA PARA EMPERNAR		AISI 304	4		286.93	Construido
1	RODILLO GUIA DE LA BANDA TRANSPORTADORA		VARIOS	3		2977.52	Construido
1	SOPORTE BANDA TRANSPORTADORA		AISI 304	2		14698.16	Construido
2	hex nut heavy_am.sldprt1			1			Adquirido
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducto		Observaciones

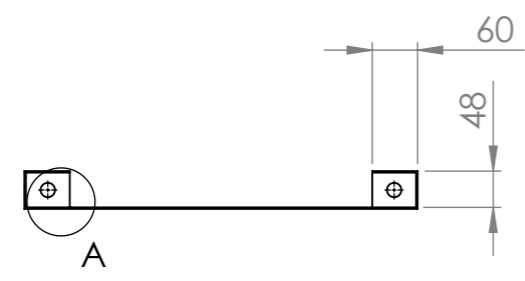
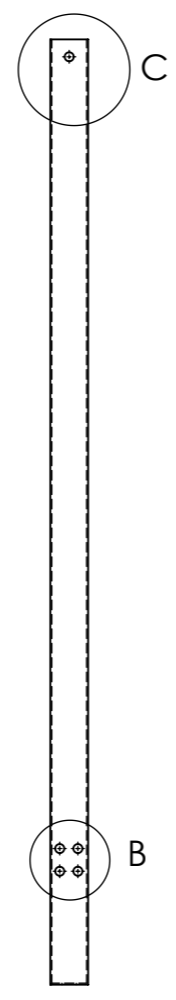
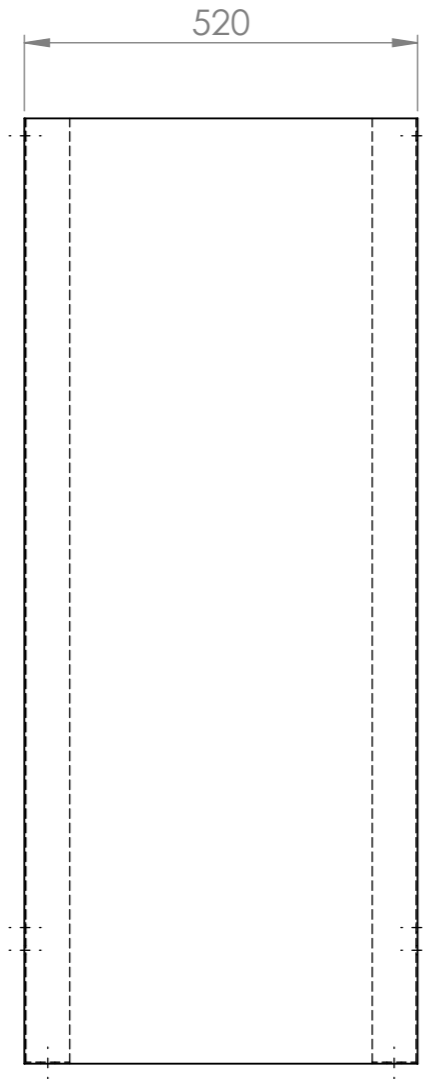
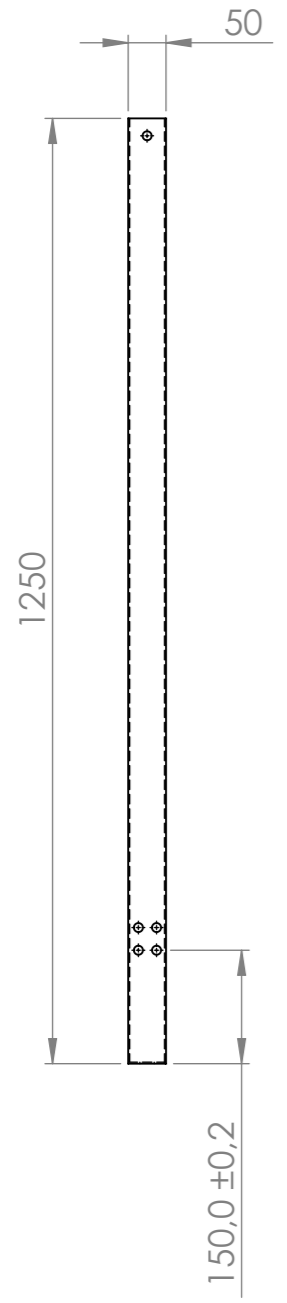
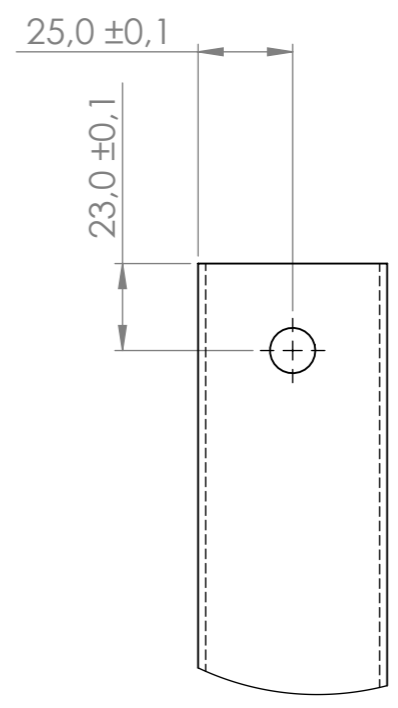
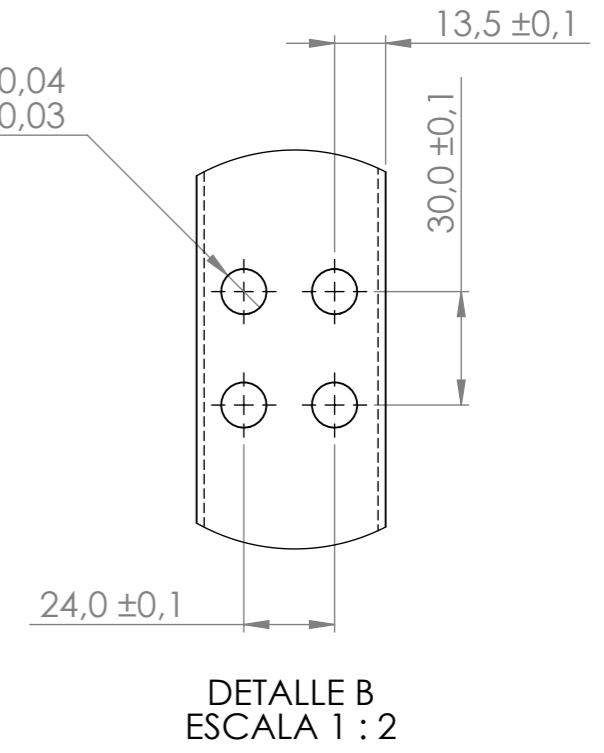
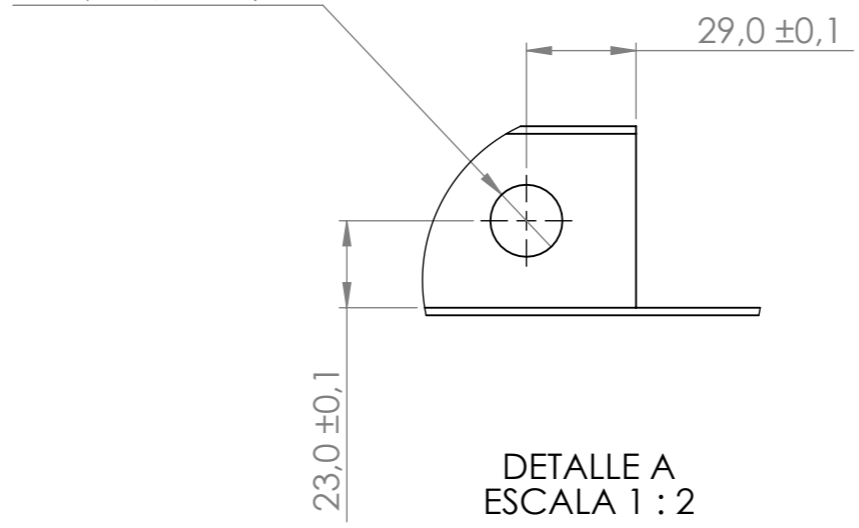
Tolerancia:		Peso:		Material:			
±1		27788.74 gr		VARIOS			
Fecha:		Nombre:		Denominación:		Escala:	
Dibujó: 16/12/2020		Chicaiza Wilmer		BASE DE CINTA TRANSPORTADORA		1:5	
Revisó: 27/08/2021		Ing. Msc. Jorge López					
Aprobó: 27/08/2021		Ing. Msc. Jorge López					
U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA				Número de lámina:		Registro:	
				22 DE 59			
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

Espesor de la plancha de 2mm



$2 \times \phi 19,05 \begin{matrix} +0,05 \\ -0,04 \end{matrix}$

$10 \times \phi 12,00 \begin{matrix} +0,04 \\ -0,03 \end{matrix}$

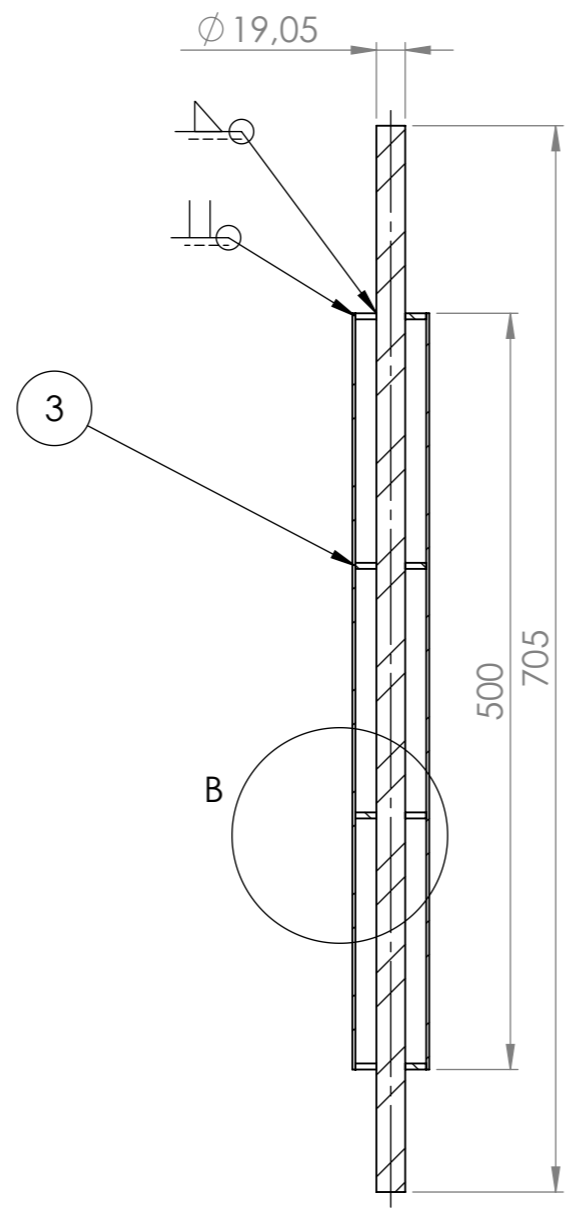
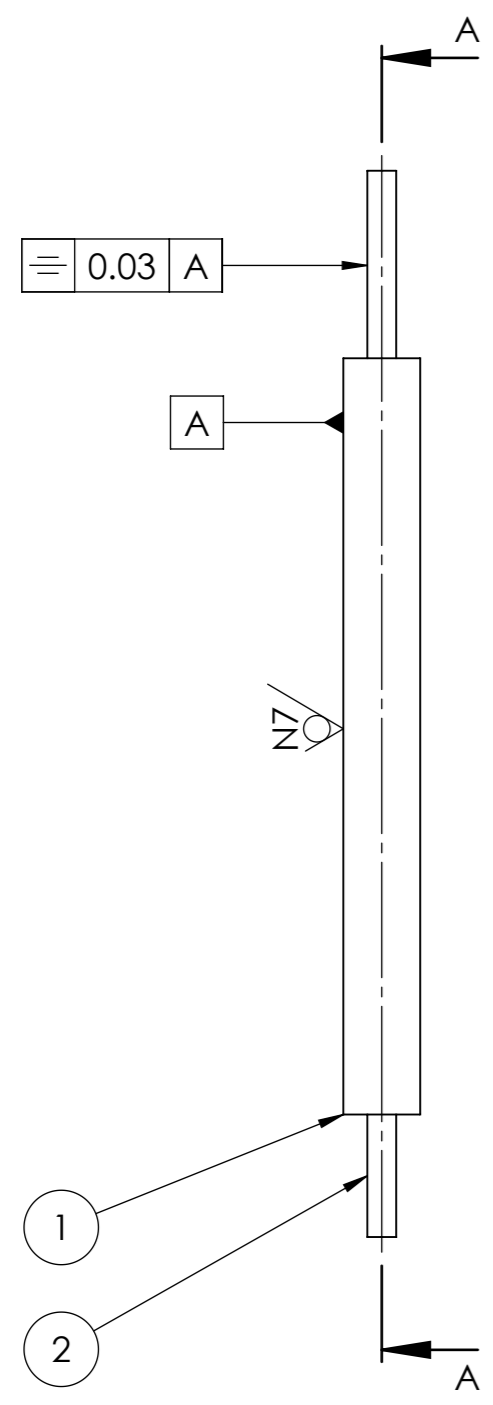
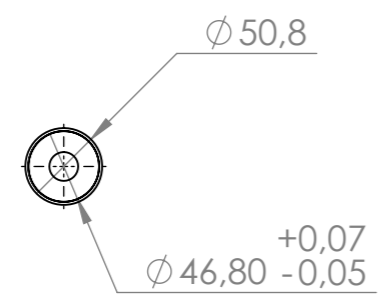


				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	14698.16 gr	AISI 304		
				Fecha:	Nombre:	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicaiza Wilmer	SOPORTE BANDA TRANSPORTADORA		1:10
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				U.T.A.		Número de lámina:		Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		23 DE 59		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)		

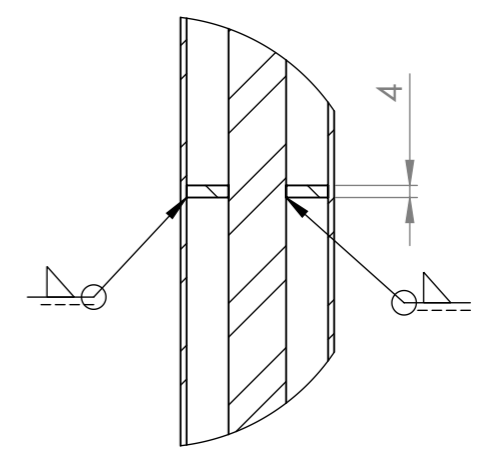
1 2 3 4 5 6 7 8

A
B
C
D
E
F

A
B
C
D
E
F



SECCIÓN A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 5

4	DISCO GUIA		AISI 304	3		45.93	Construido
1	EJE DE ACERO DE BAJO CARBÓN AISI 1018		Acero al carbono fundido	2		1567.34	Adquirido
1	TUBO GUIA BANDA TRANSPORTADORA		AISI 304	1		1226.48	Adquirido
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducto	Peso gr	Observaciones
			Tolerancia: ± 1	Peso: 2977.52 gr	Material: VARIOS		
			Fecha: 16/12/2020	Nombre: Chicaiza Wilmer	Denominación: RODILLO GUIA DE LA BANDA		Escala: 1:5
			Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. Jorge López			
			U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA		Número de lámina: 24 DE 59	Registro:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			

1 2 3 4

1

2

3

4

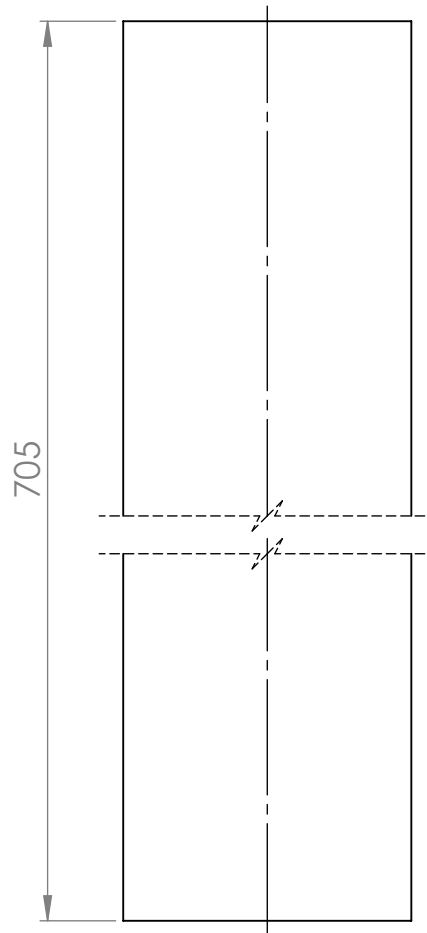
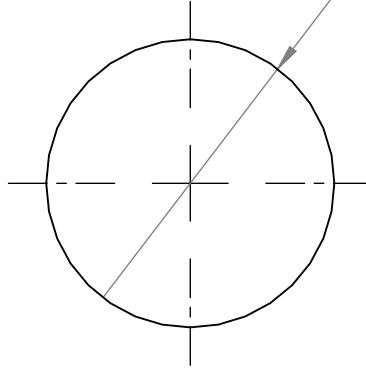
A

B

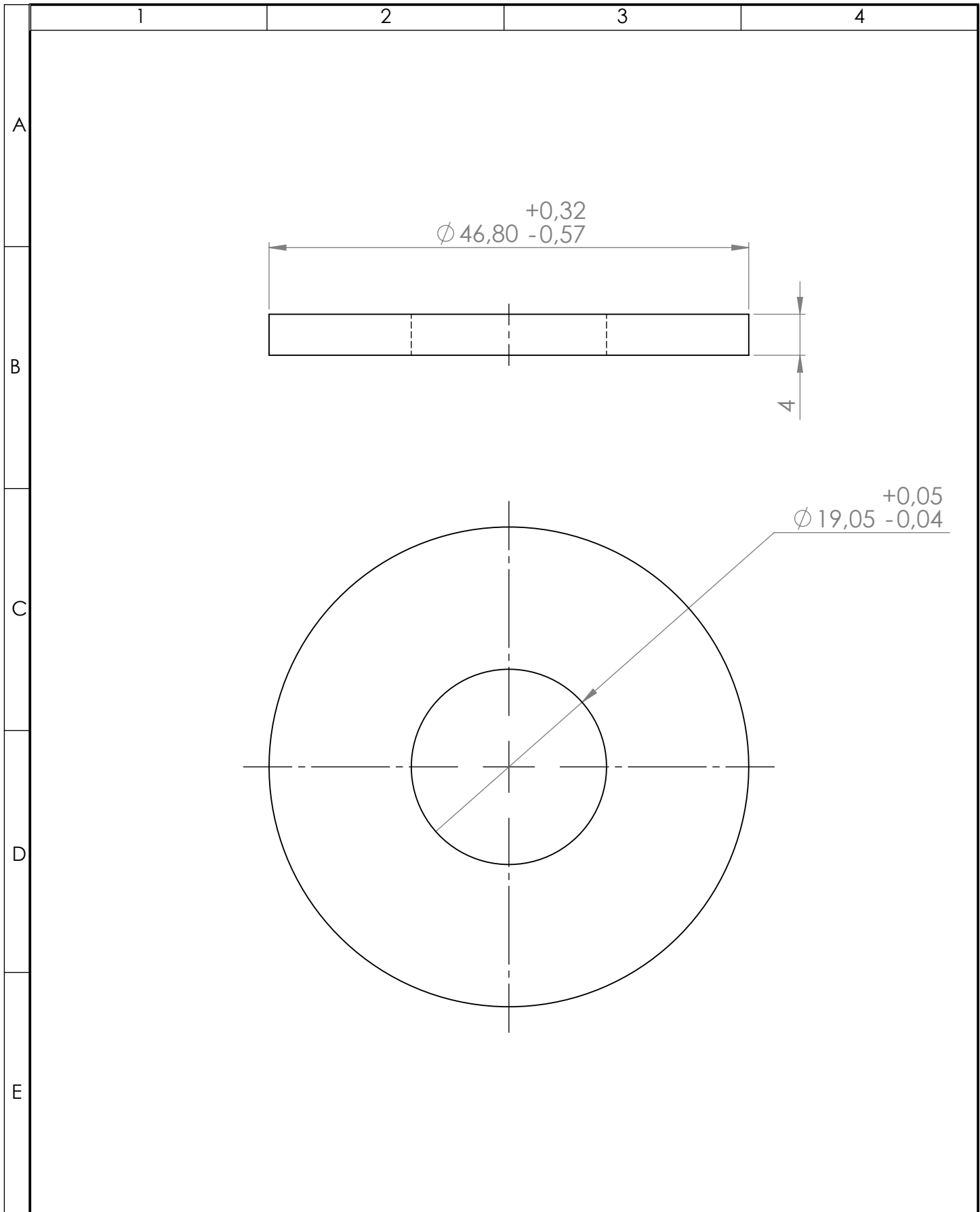
C

D

E

 $\phi 19,05 \begin{matrix} +0,30 \\ -0,50 \end{matrix}$


				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1567.34 gr	MATERIAL: Acero al carbono fundido	
						TÍTULO: EJE RODILLO BANDA TRANSPORTADORA	ESCALA: 2:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 25 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 45.93 gr	MATERIAL: AI SI 304	
						TÍTULO: GUIA DE RODILLO BANDA TRANSPORTADORA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO:	05/06/2021	Chicaiza Wilmer	
				REVISO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
				APROBO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 26 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

1

2

3

4

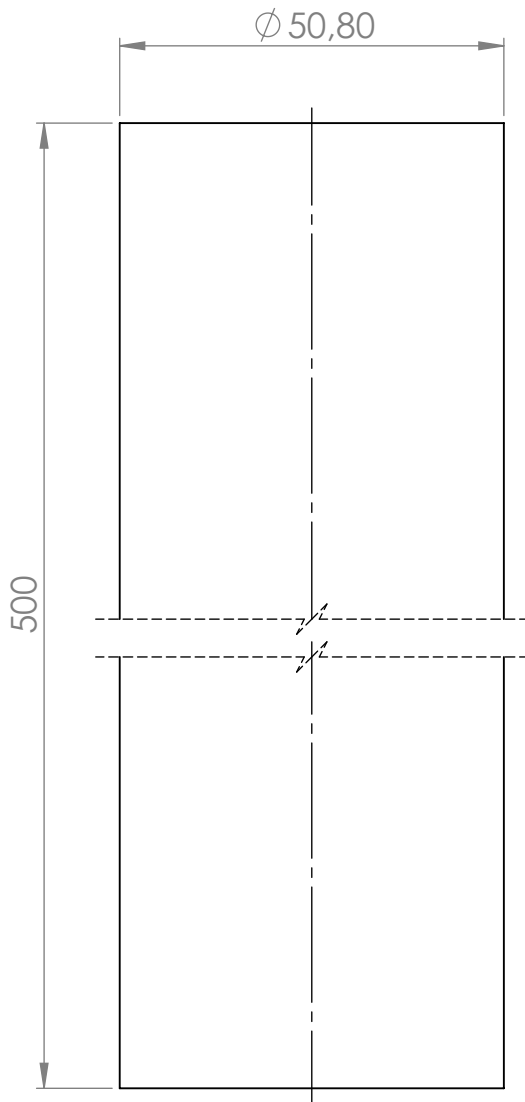
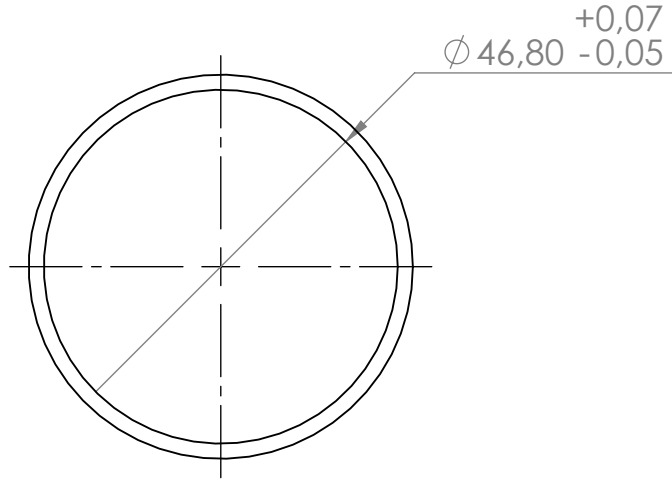
A

B

C

D

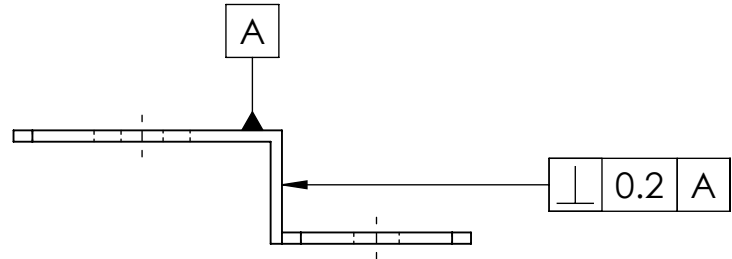
E



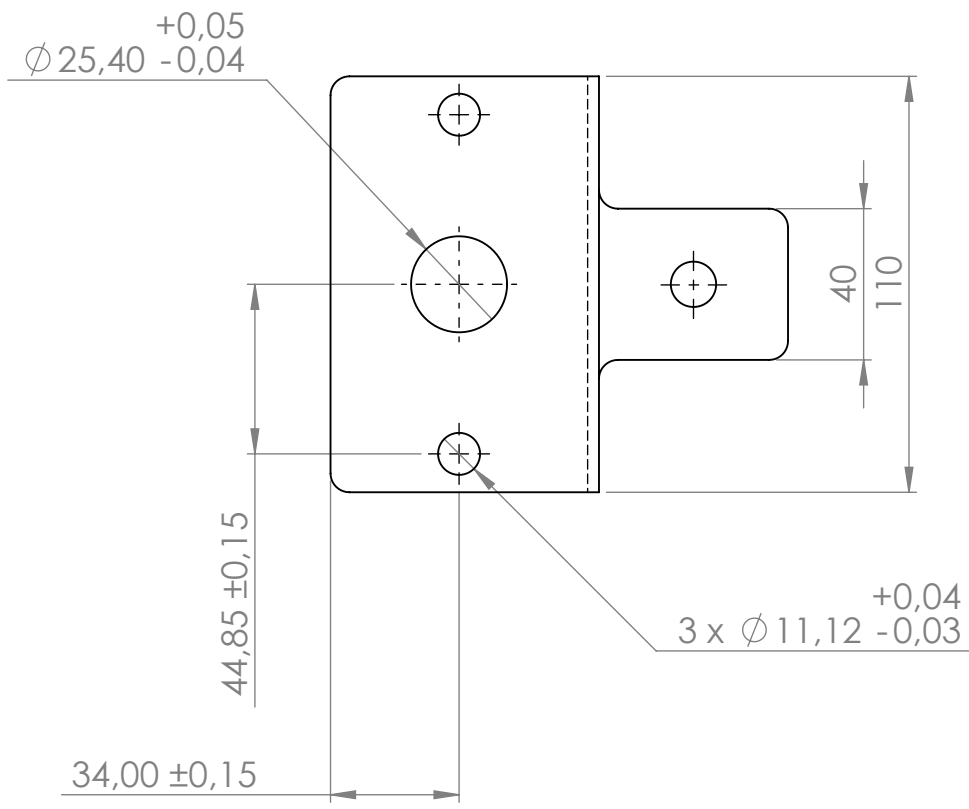
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 1226.48 gr	MATERIAL: AI SI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: RODILLO BANDA TRANSPORTADORA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 27 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

Redondeo R5 +0.5

A



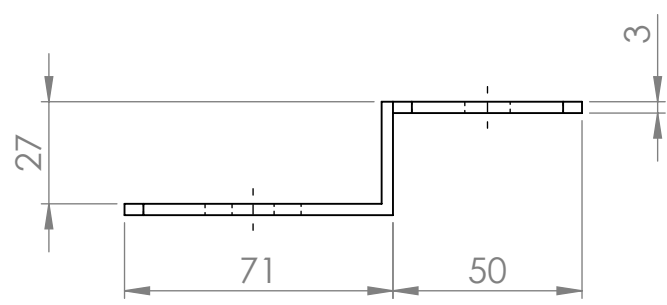
B



C

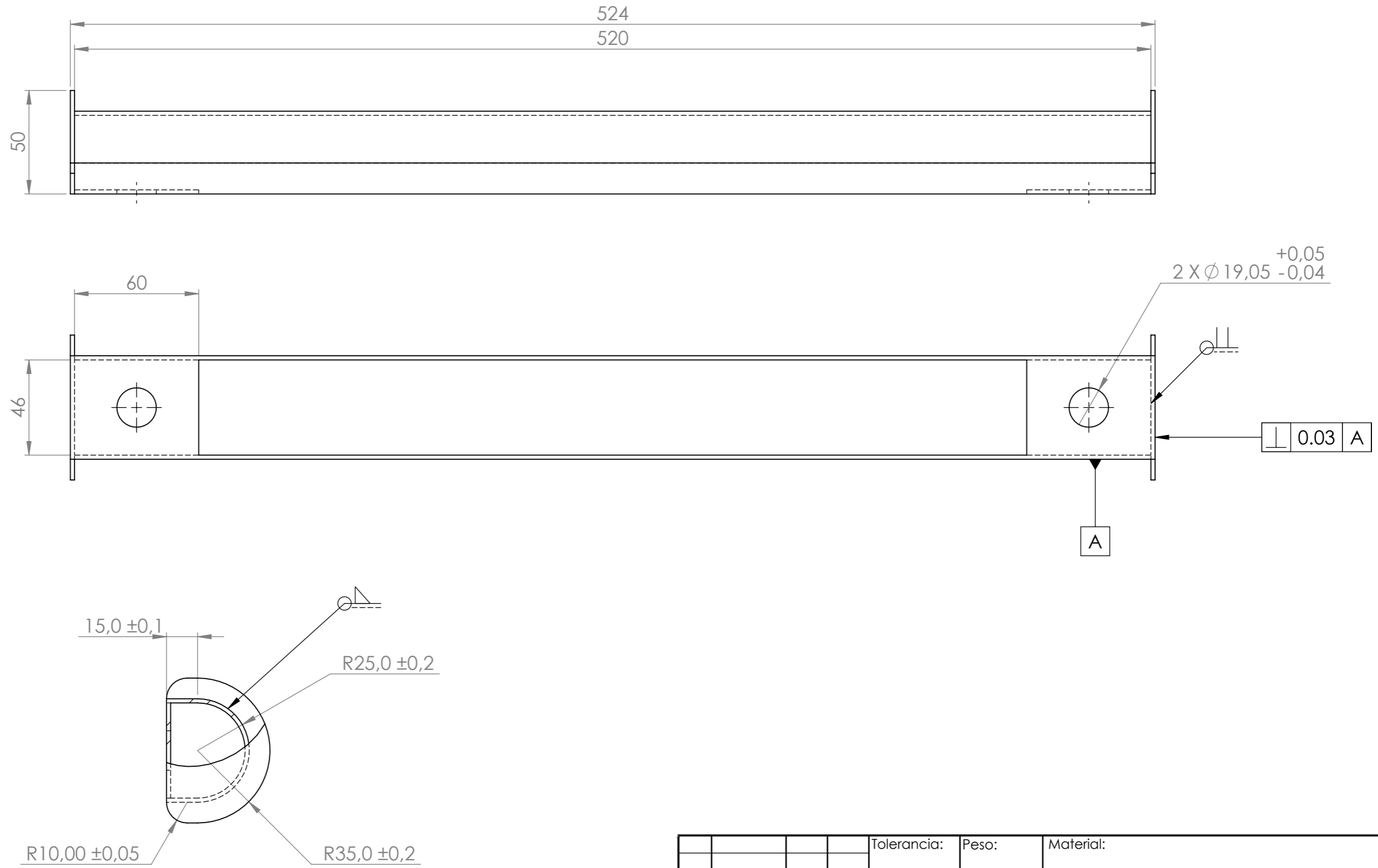
D

E



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 286.93 gr	MATERIAL: AI SI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: PIEZA PARA EMPERNAR	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 28 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

Espesor de la plancha de 2mm



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	1049.91 gr	AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicaiza Wilmer	EXTREMO BANDA TRANSPORTADORA	1:2
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		29 DE 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

1

2

3

4

Espesor de banda de 4 mm

A

R29,4

B

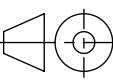
1442,8 ±0,5

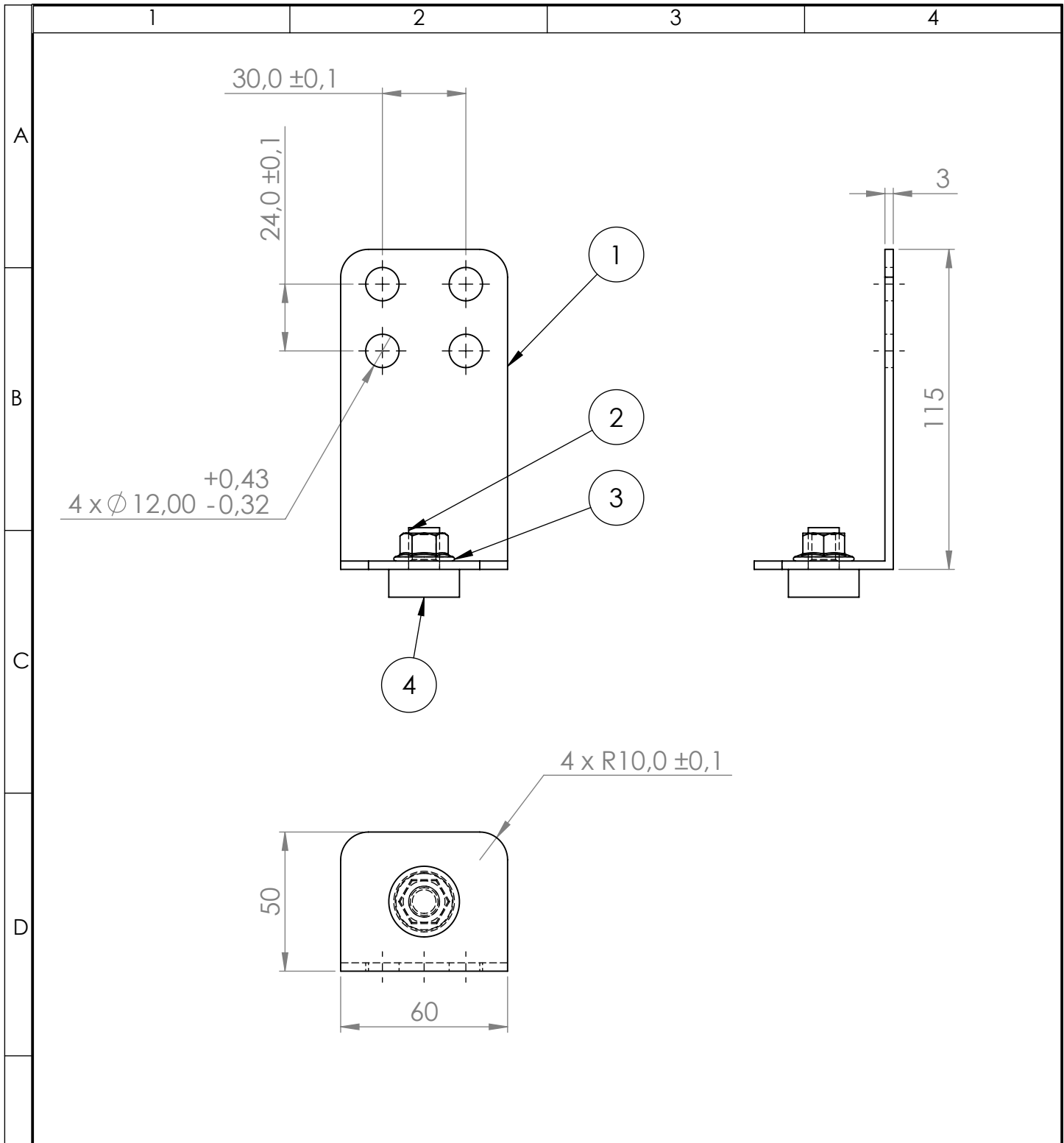
C

D

500

E

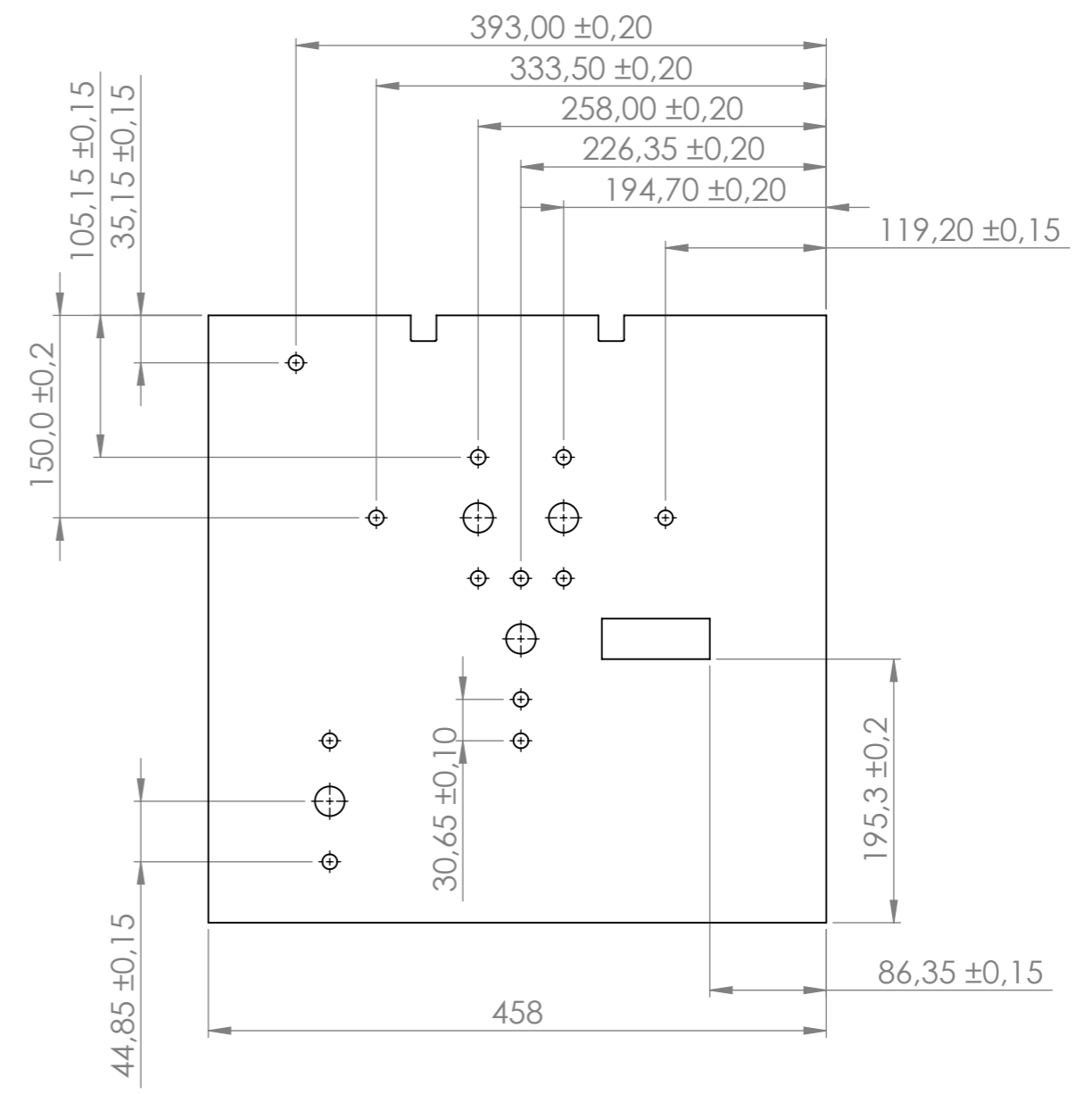
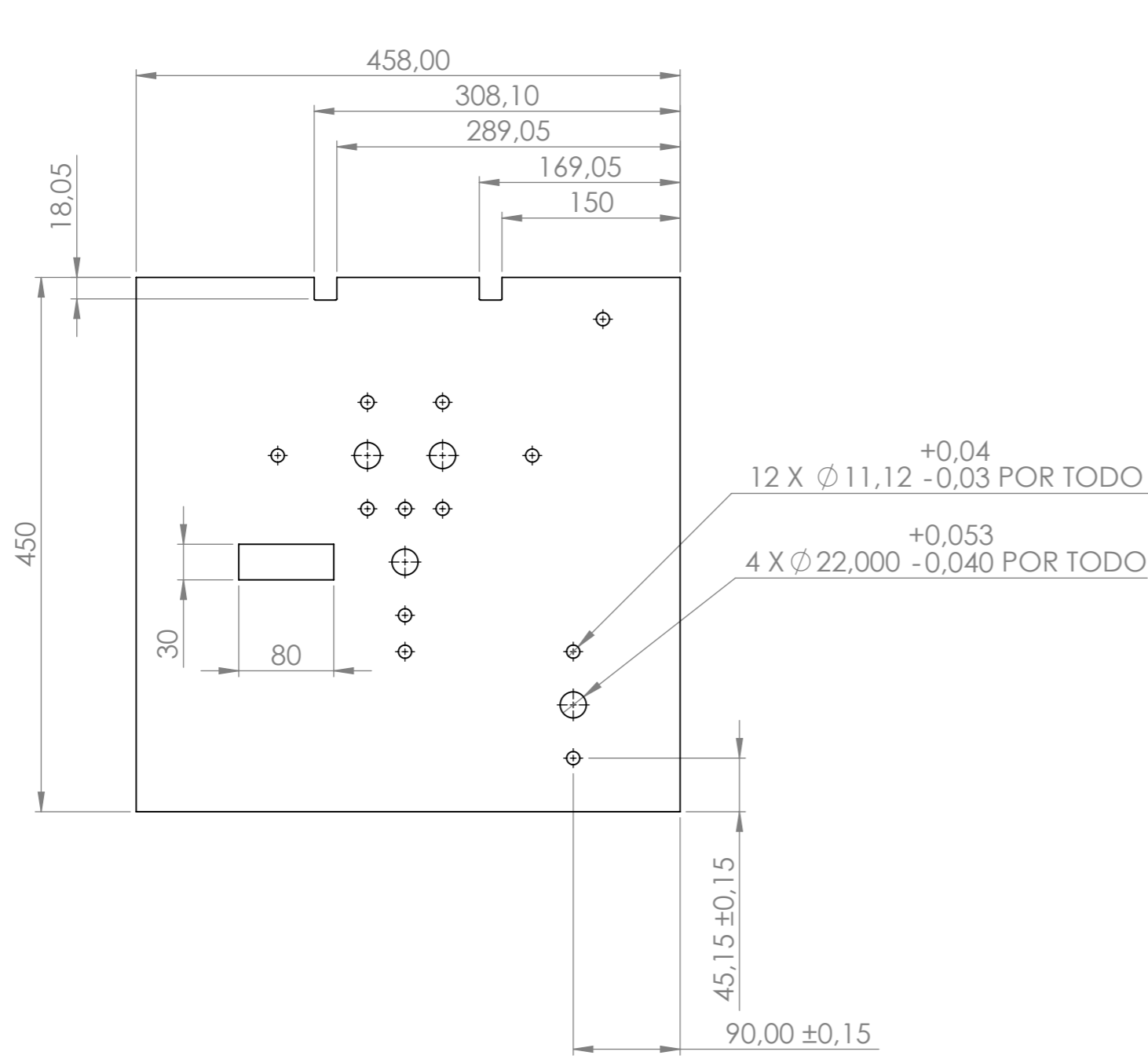
				TOLERANCIA: ±1	PESO: 8350.05 gr	MATERIAL: PET	
						TÍTULO: BANDA TRANSPORTADORA	ESCALA: 1:10
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 30 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	



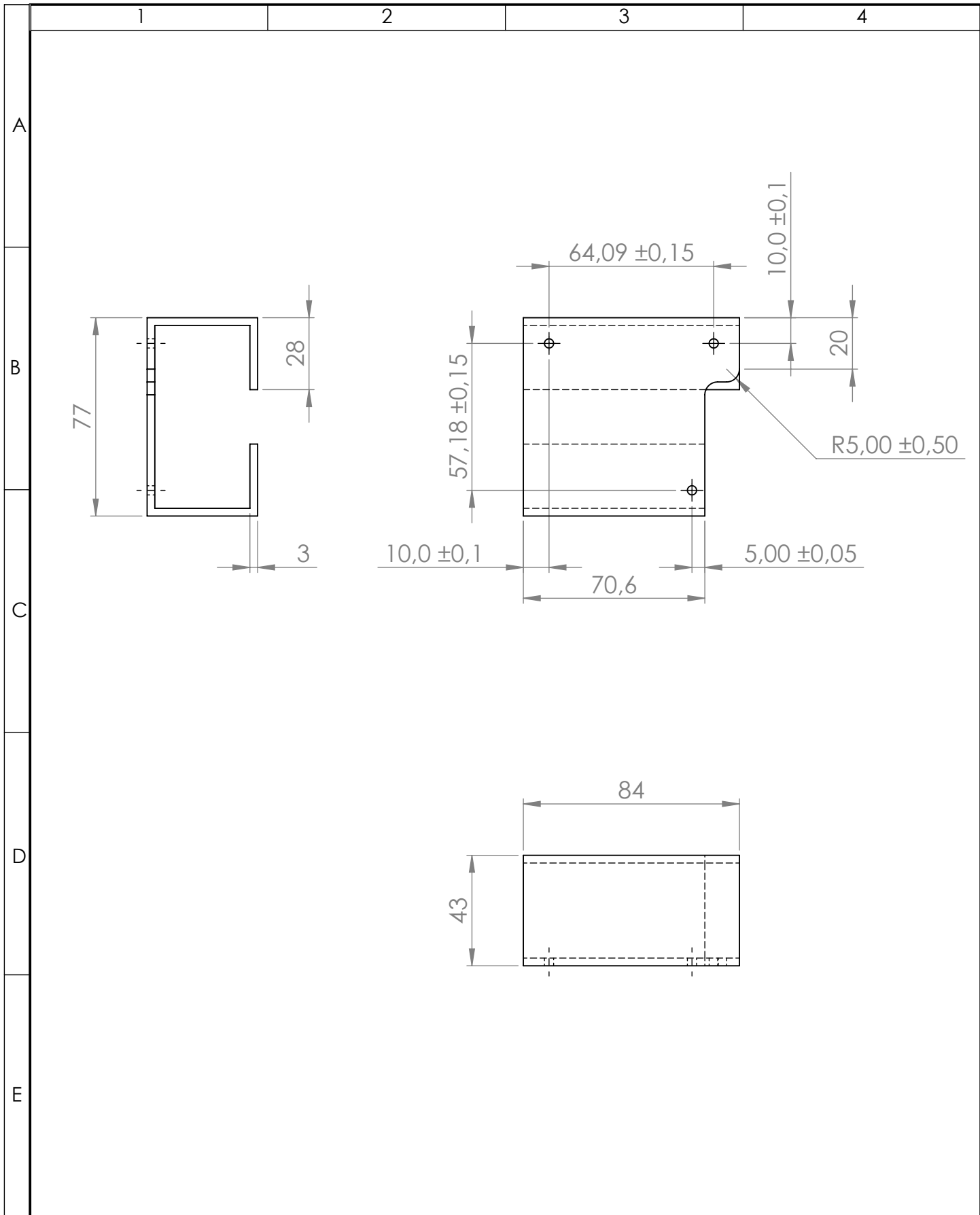
E	1	SOPORTE DE CAUCHO		POLIURETANO (11671)	4		6.21	Adquirido
	1	hex flange nut_am			3			Adquirido
	1	PERNO			2			Adquirido
	1	PIEZA SOPORTE		AIISI 304	1		218.03	Construido
	Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducido	Peso gr	Observaciones

				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:		
				±1	237.43 gr	VARIOS		
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:		ESCALA:
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	SOPORTE PATITAS CINTA TRANSPORTADORA		1:10
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:	
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 31 DE 59		
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:		

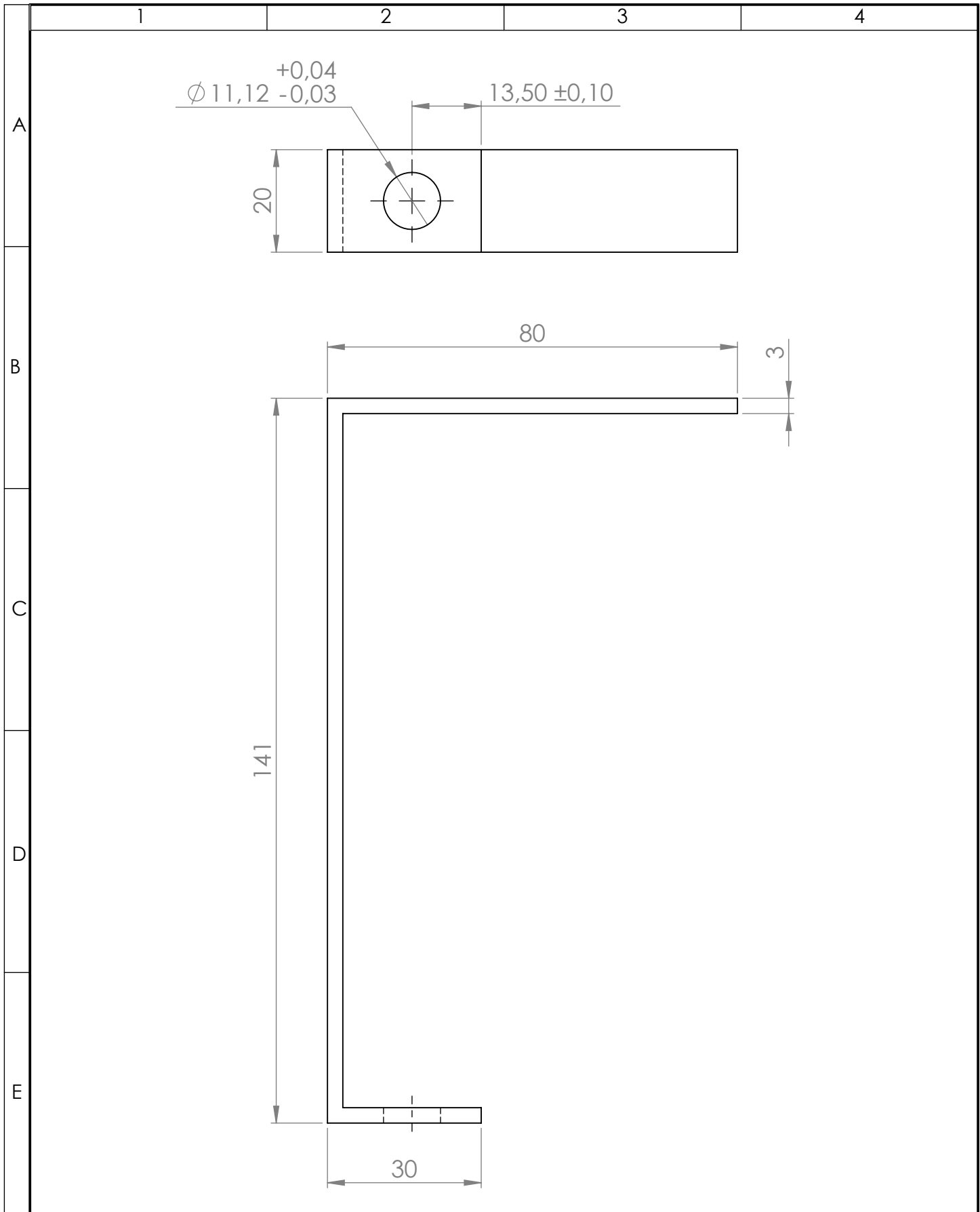
Espesor de la plancha de 4mm



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	6409.25 gr	AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chiccaza Wilmer	SOPORTE LADO DERECHO	1:5
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		32 DE 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 379.55 gr	MATERIAL: AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: SOPORTE MOTOR	
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	ESCALA: 1:2	
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 33 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	
						REGISTRO: 	



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 113.30 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LD R1	
							ESCALA: 1:10
						REGISTRO: 	
						N.º DE LAMINA HOJA 34 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

1 2 3 4

A

$\phi 11,12^{+0,04}_{-0,03}$

$13,5 \pm 0,1$

20

B

C

80

3

47,5

D

30

E

TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

± 1

69.07 gr

ASTM A36 Acero

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJO: 05/06/2021 Chicaiza Wilmer

SOPORTE ESCOBILLA LD R2

1:1

REVISO: 27/08/2021 Ing. Msc. López Jorge

APROBO: 27/08/2021 Ing. Msc. López Jorge

U.T.A.

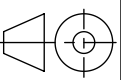
N.º DE LAMINA

REGISTRO:

INGENIERIA MECANICA

HOJA 35 DE 59

SUSTITUCION:



EDICIÓN: MODIFICACION: FECHA: NOMBRE:

1 2 3 4

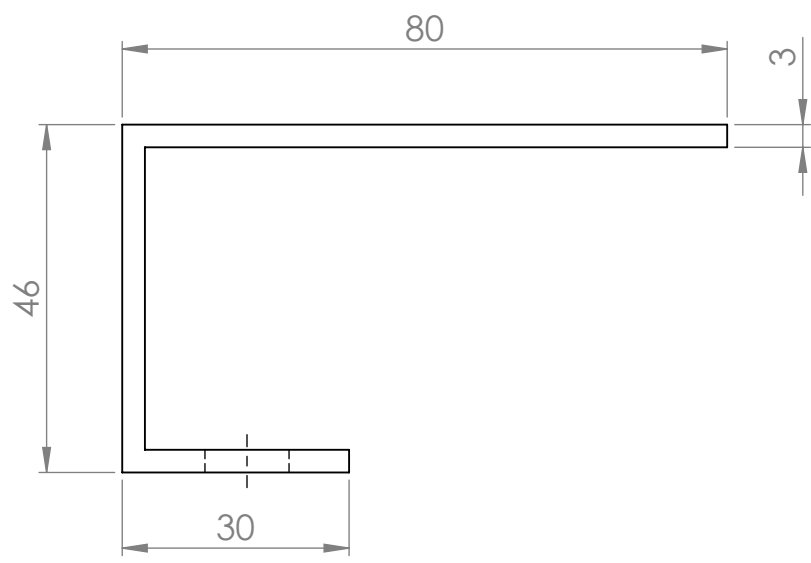
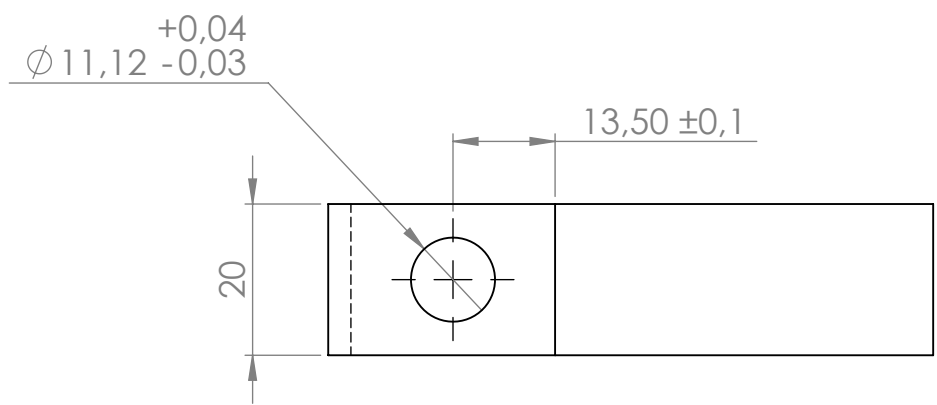
A

B

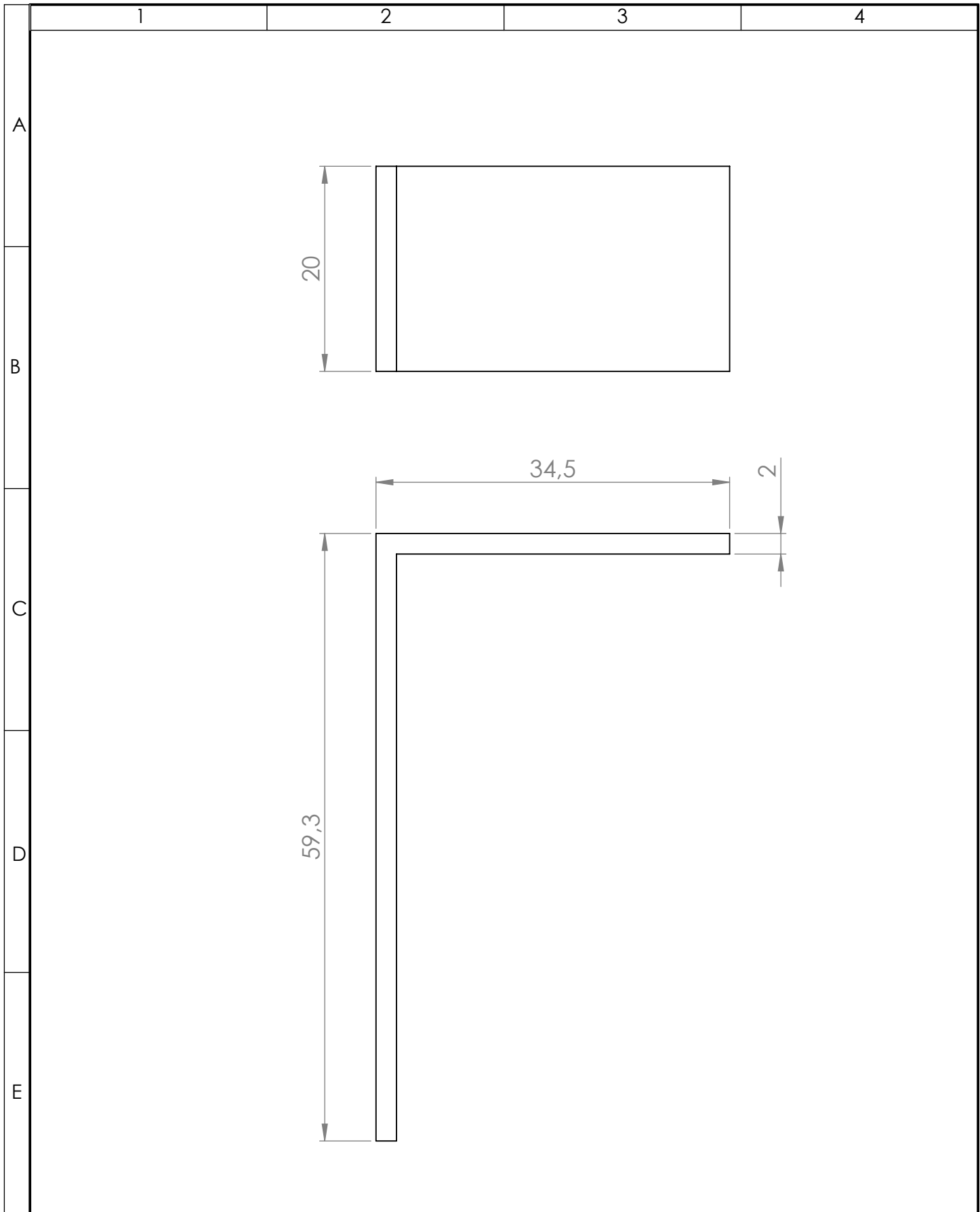
C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 68.36 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LD R3	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 36 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 28.81 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LD R4	ESCALA: 2:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 37 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

A

B

C

D

E

28,3 ±0,1

170,0 ±0,2



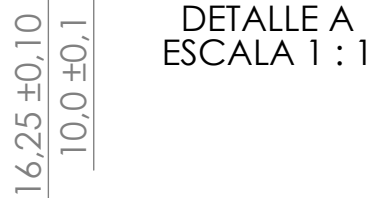
Fresado
Rzmax 0,3
3 ∇ =

23,3 ±0,1

18,3 ±0,1

12,0 ±0,1

R1,5 ±0,2

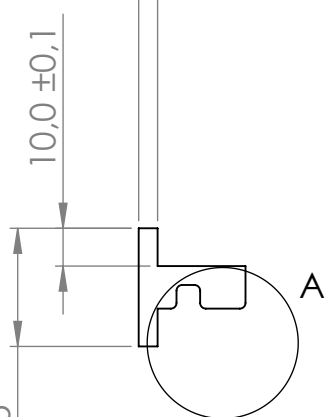


DETALLE A
ESCALA 1 : 1

5,00 ±0,05

10,0 ±0,1

31,25 ±0,15



TOLERANCIA:

PESO:

MATERIAL:

±1

173.62 gr

Aleación 1060

FECHA

NOMBRE

TÍTULO:

ESCALA:

DIBUJO: 05/06/2021 Chicaiza Wilmer

REVISO: 27/08/2021 Ing. Msc. López Jorge

APROBO: 27/08/2021 Ing. Msc. López Jorge

CORREDERA CHUMACERA DE BOLAS

1:2

U.T.A.

N.º DE LAMINA

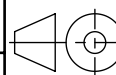
HOJA 38 DE 59

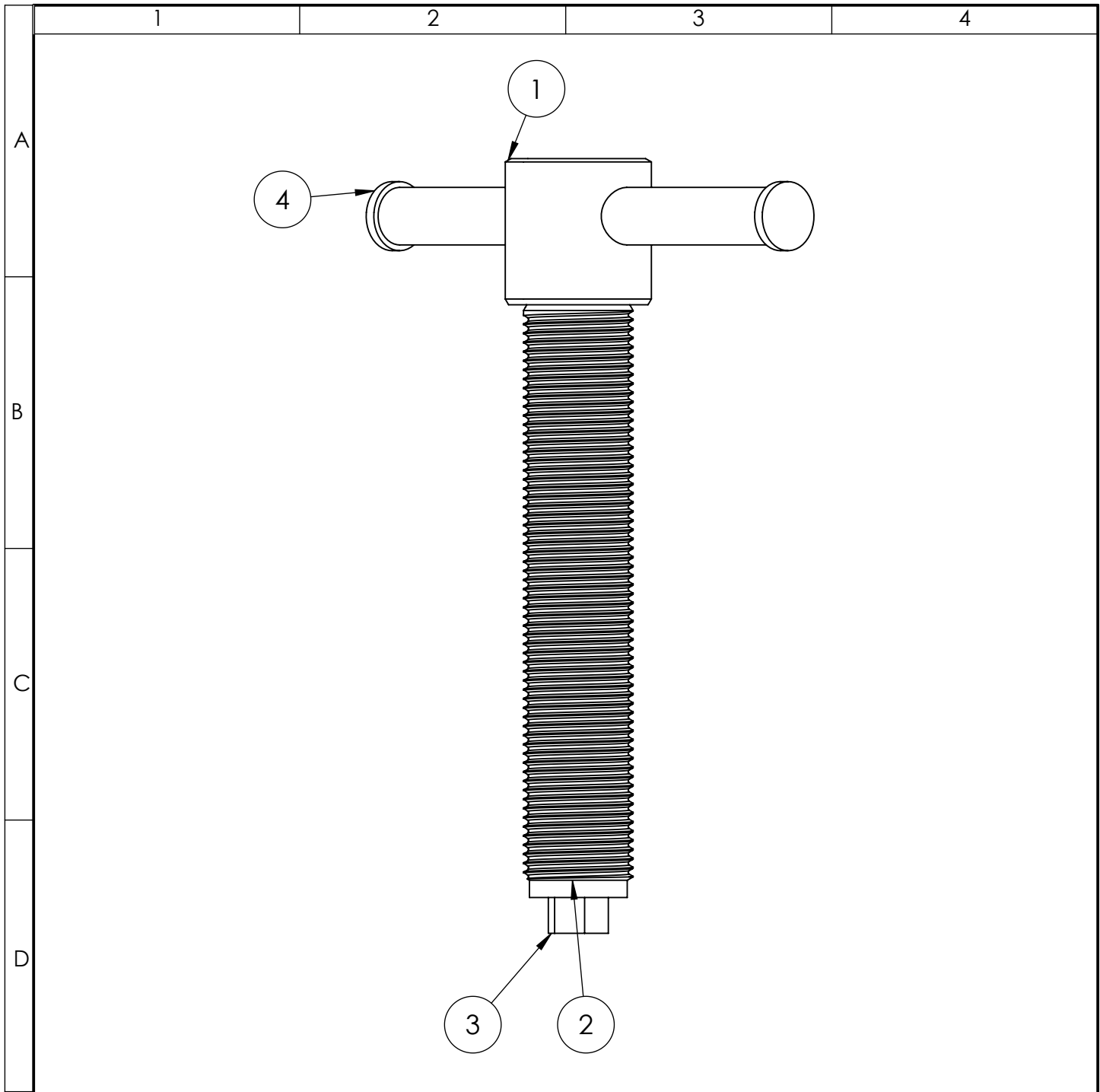
REGISTRO:

EDICIÓN: MODIFICACION: FECHA: NOMBRE:

INGENIERIA MECANICA

SUSTITUCION:





1	Barra 10 mm		AISI 304	4		66.45	Construido
1	Extremo hexagonal		1.4000 (X6Cr13)	3		9.01	Construido
1	Varilla roscada		1.4000 (X6Cr13)	2		198.38	Adquirido
1	Extremo de ajuste		1.4000 (X6Cr13)	1		83.70	Construido
Nº de Orden	Denominación	No. de Norma/Dibujo	Material	Nº de Pieza	No. del Modelo/semiproducido	Peso gr	Observaciones

TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:			
±1		357.54 gr		VARIOS			
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:			ESCALA:
DIBUJO: 05/06/2021		Chicaiza Wilmer		VARILLA ROSCADA PARA EL ESPESOR			1:1
REVISO: 27/08/2021		Ing. Msc. López Jorge		APROBO: 27/08/2021			REGISTRO:
APROBO: 27/08/2021		Ing. Msc. López Jorge		N.º DE LAMINA			
U.T.A.		INGENIERIA MECANICA		HOJA 39 DE 59			
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

1

2

3

4

Fresado
 $\frac{N7}{Ra\ 1.6}$
 1 ∇ =

A

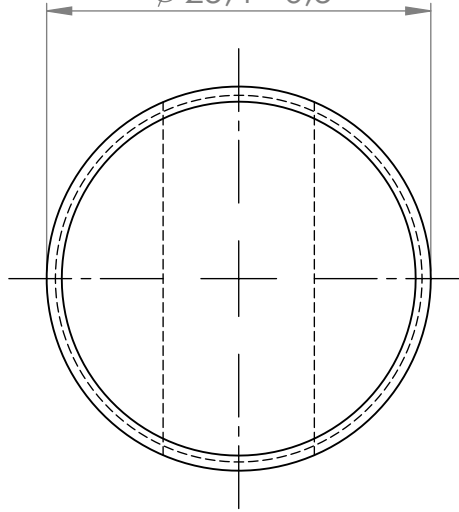
B

C

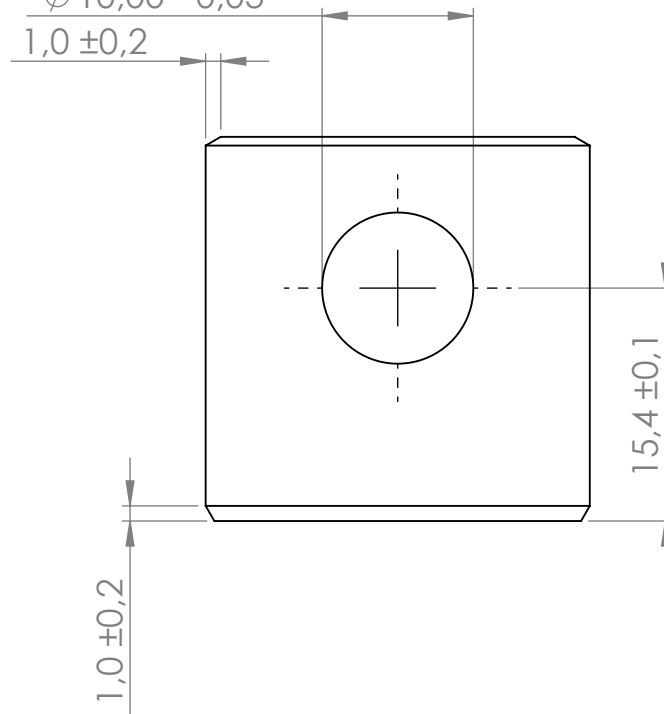
D

E

$\phi 25,4^{+0,3}_{-0,5}$



$\phi 10,00^{+0,04}_{-0,03}$
 $1,0 \pm 0,2$



TOLERANCIA:		PESO:		MATERIAL:	
±1		83.70 gr		1.4000 (X6Cr13)	
FECHA		NOMBRE		TÍTULO:	
DIBUJO: 05/06/2021		Chicaiza Wilmer		EXTREMO DE AJUSTE	
REVISO: 27/08/2021		Ing. Msc. López Jorge		ESCALA:	
APROBO: 27/08/2021		Ing. Msc. López Jorge		2:1	
U.T.A.				N.º DE LAMINA	
INGENIERIA MECANICA				HOJA 40 DE 59	
EDICIÓN:		MODIFICACION:		SUSTITUCION:	
FECHA:		NOMBRE:		REGISTRO:	

1

2

3

4

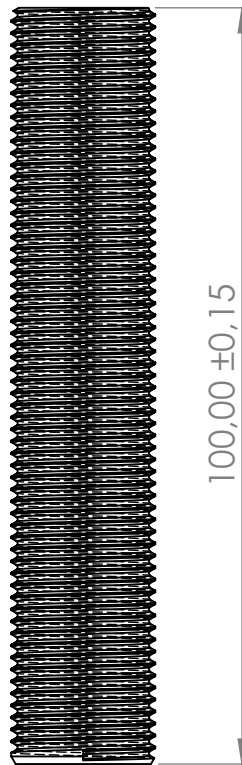
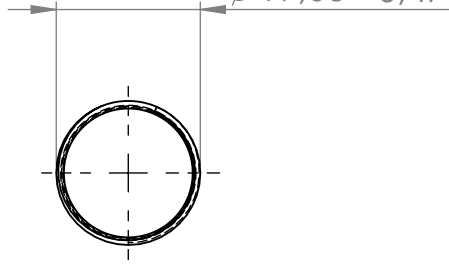
A

B

C

D

E

 $\phi 19,05 \begin{matrix} +0,29 \\ -0,47 \end{matrix}$

 $100,00 \pm 0,15$

				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 198.38 gr	MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: VARILLA ROSCADA	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 41 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

A

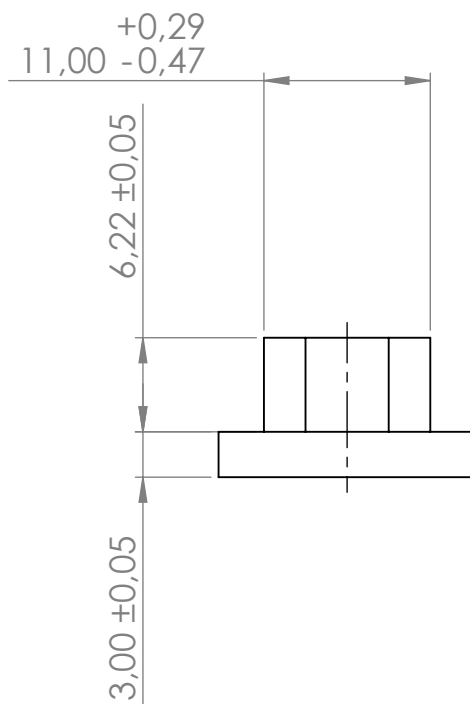
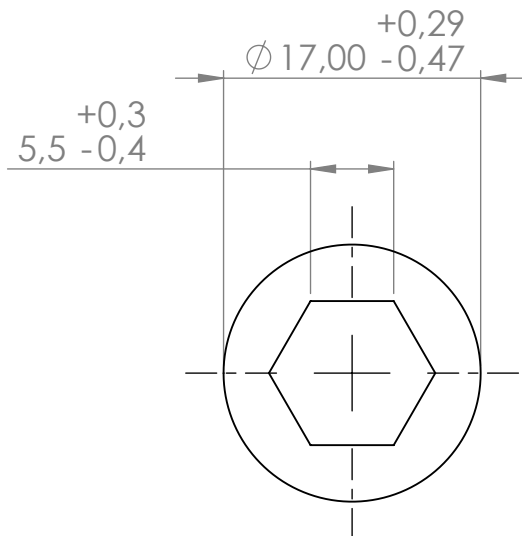
B

C

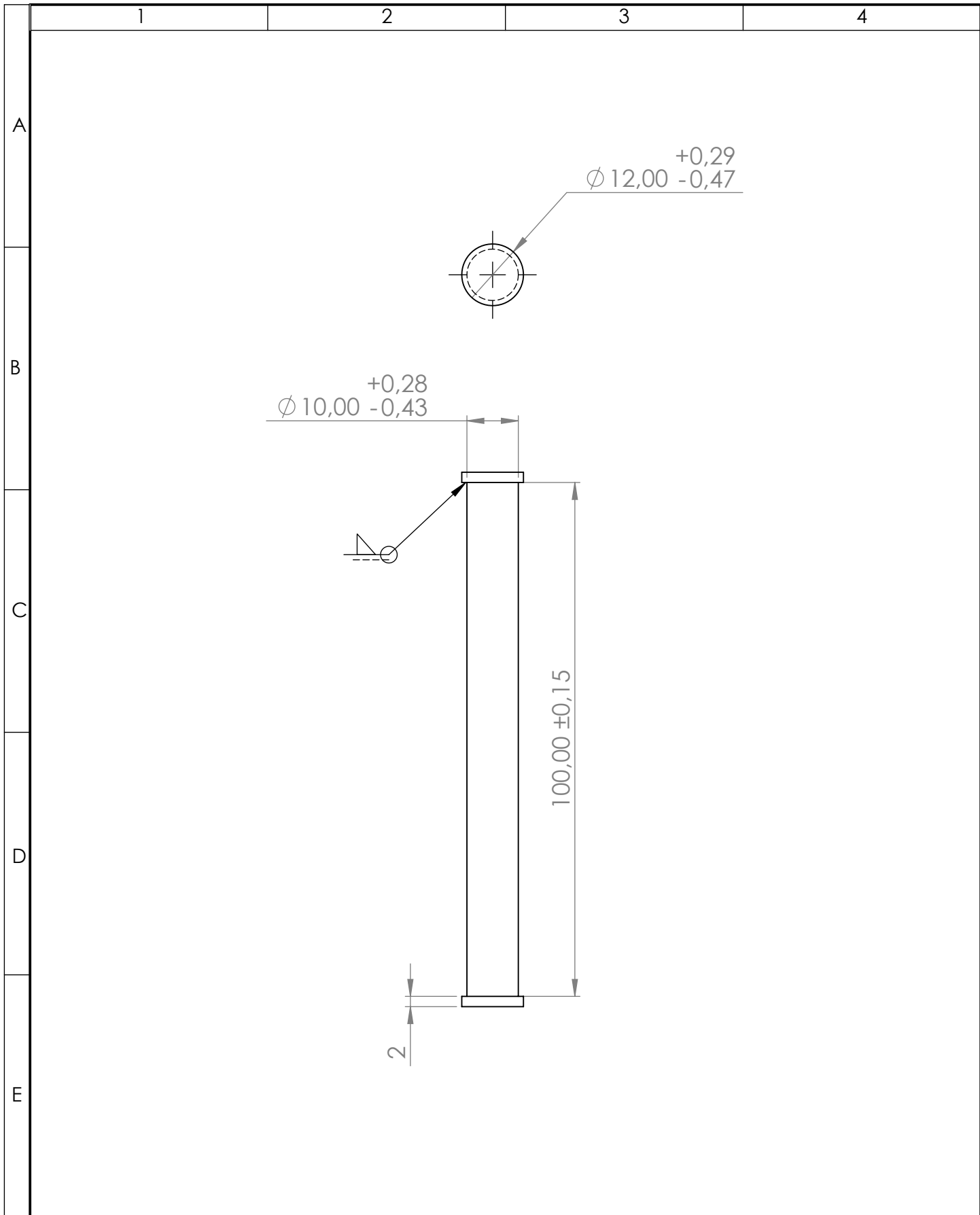
D

E

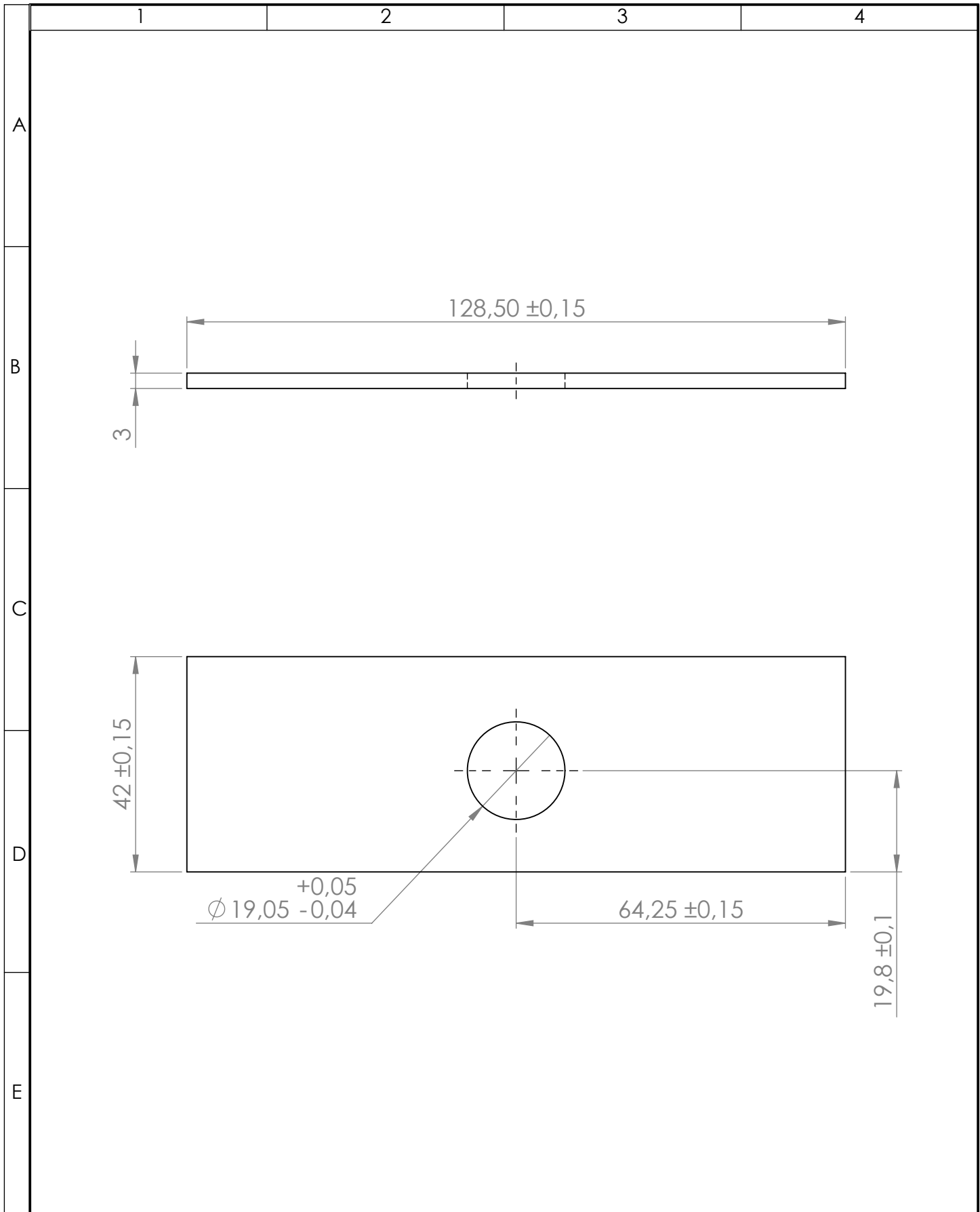
Fresado
Rzmax 0,3
3 ∇ =



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 9.01 gr	MATERIAL: 1.4000 (X6Cr13)	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	EXTREMO HEXAGONAL	
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	ESCALA: 2:1	
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	REGISTRO:	
				U.T.A.		N.º DE LAMINA HOJA 42 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

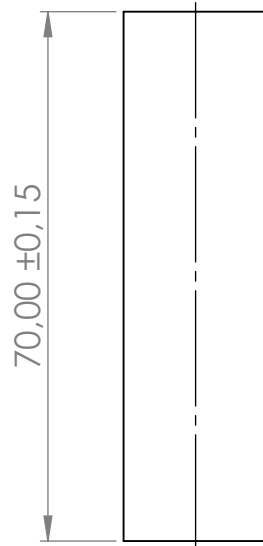
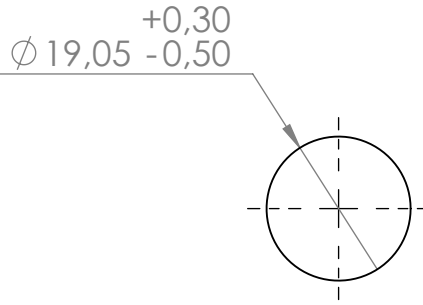


				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 66.45 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: BARRA DE 10 mm	ESCALA: 1:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 122.69 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: PLATINA GUIA DE VARILLA	ESCALA: 1:1
						N.º DE LAMINA HOJA 44 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	U.T.A. INGENIERIA MECANICA		SUSTITUCION:	

Eje para chumacera, sistema de transmisión



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 159.61 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: EJE 3/4 in	ESCALA: 1:1
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 45 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

A

B

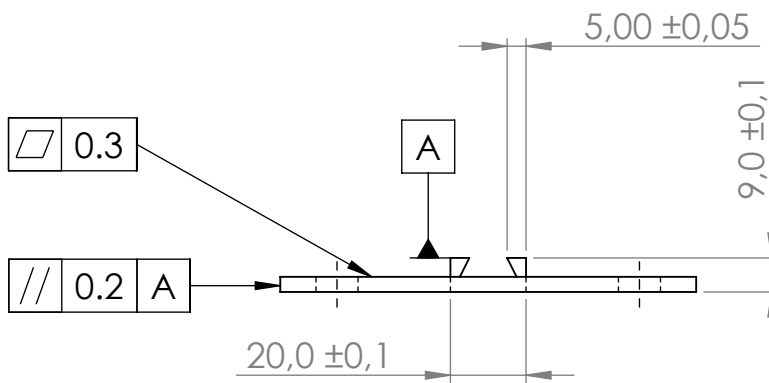
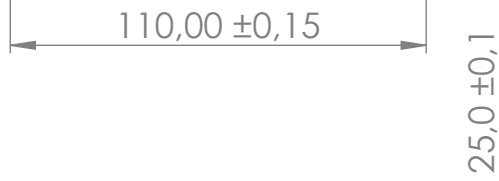
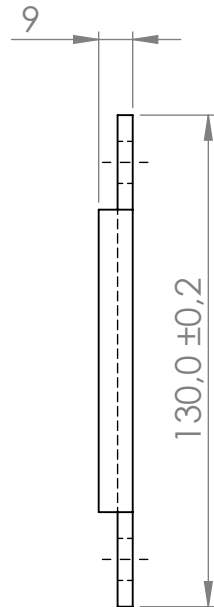
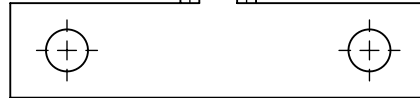
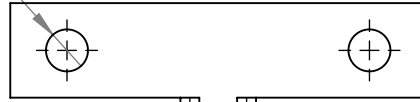
C

D

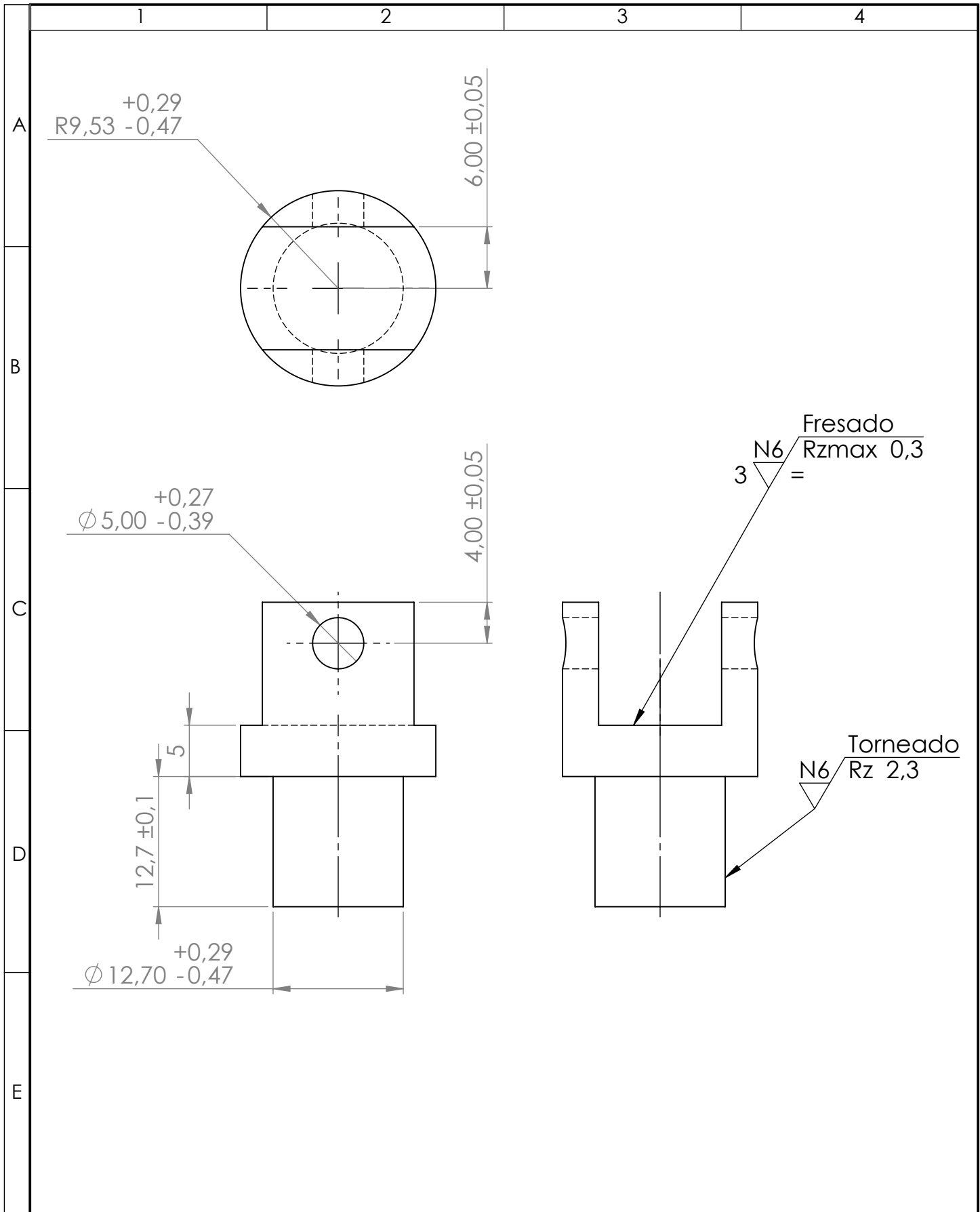
E

Fresado
 $3\sqrt{\text{Rzmax } 0.3} =$

$4 \times \varnothing 11,12 \begin{matrix} +0,29 \\ -0,47 \end{matrix}$



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 234.29 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: CORREDERA RODILLO DE TEMPLE	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 46 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA:	PESO:	MATERIAL:	
				± 1	29.03 gr	1.4000 (X6Cr13)	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO:	ESCALA:
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer	PIEZA DE TENSION PARA RESORTE	2:1
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
						INGENIERIA MECANICA	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:	SUSTITUCION:			

1

2

3

4

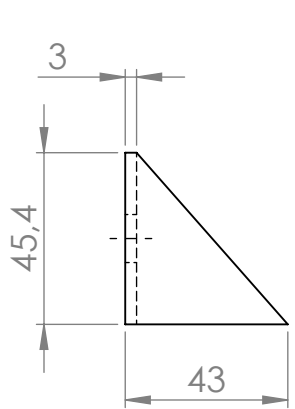
A

B

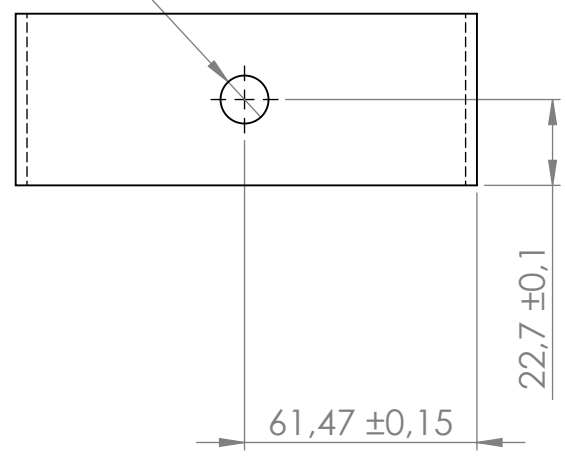
C

D

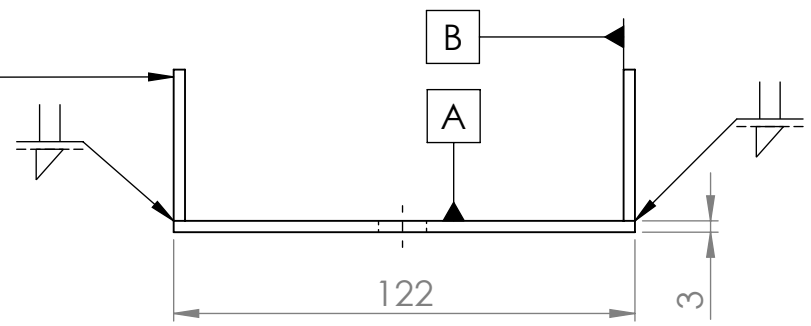
E



$\phi 12,70^{+0,04}_{-0,03}$

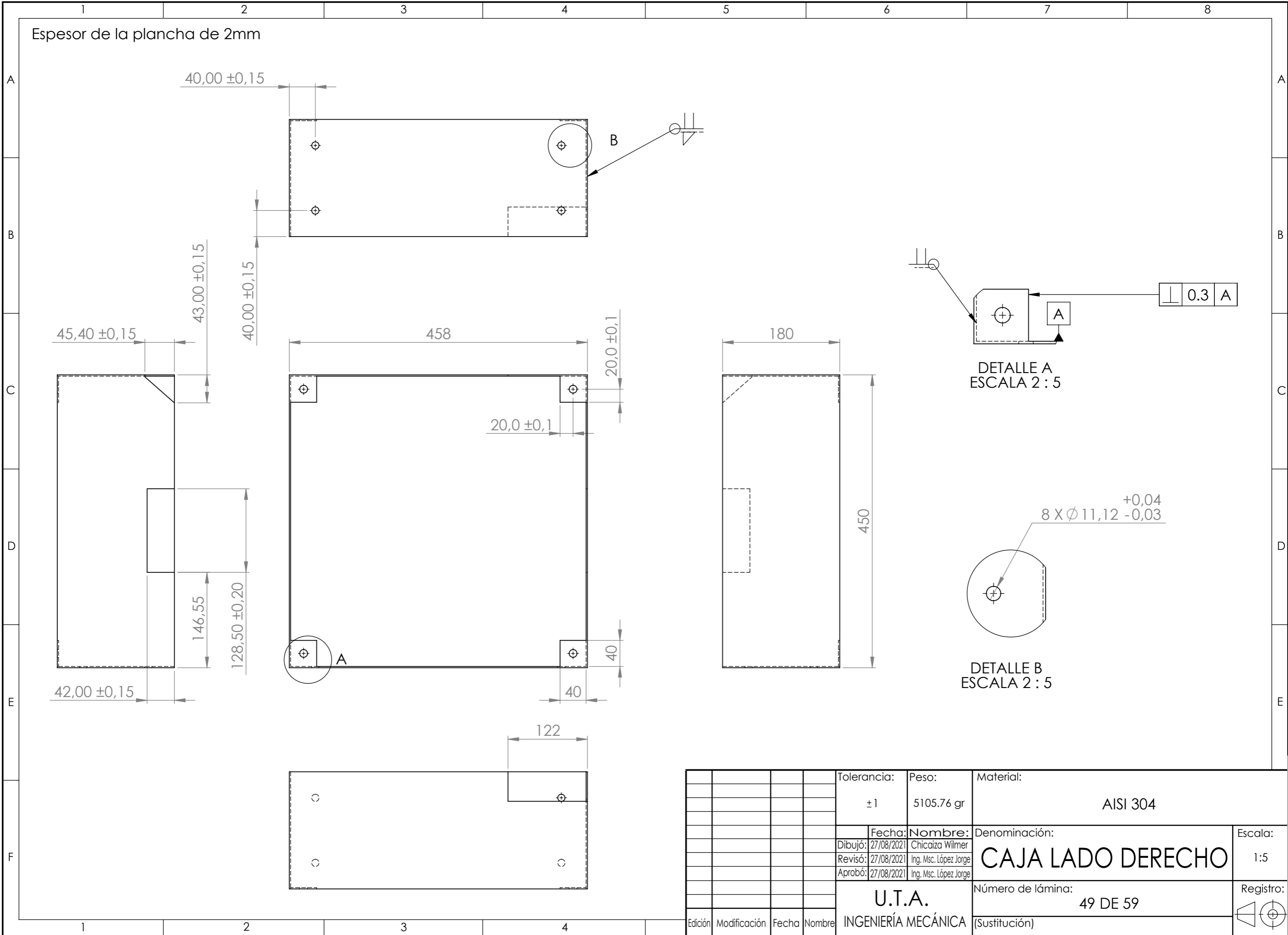


\perp	0.3	A
//	0.2	B



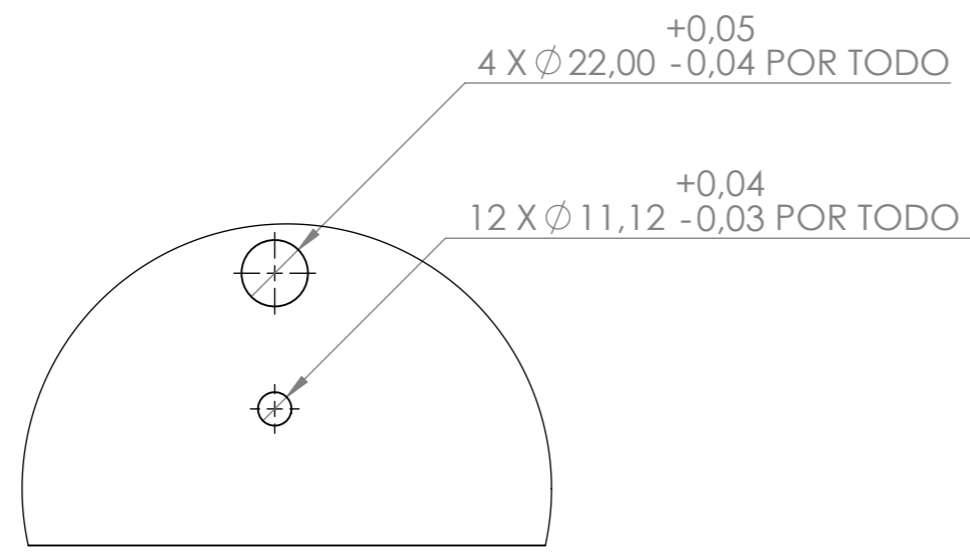
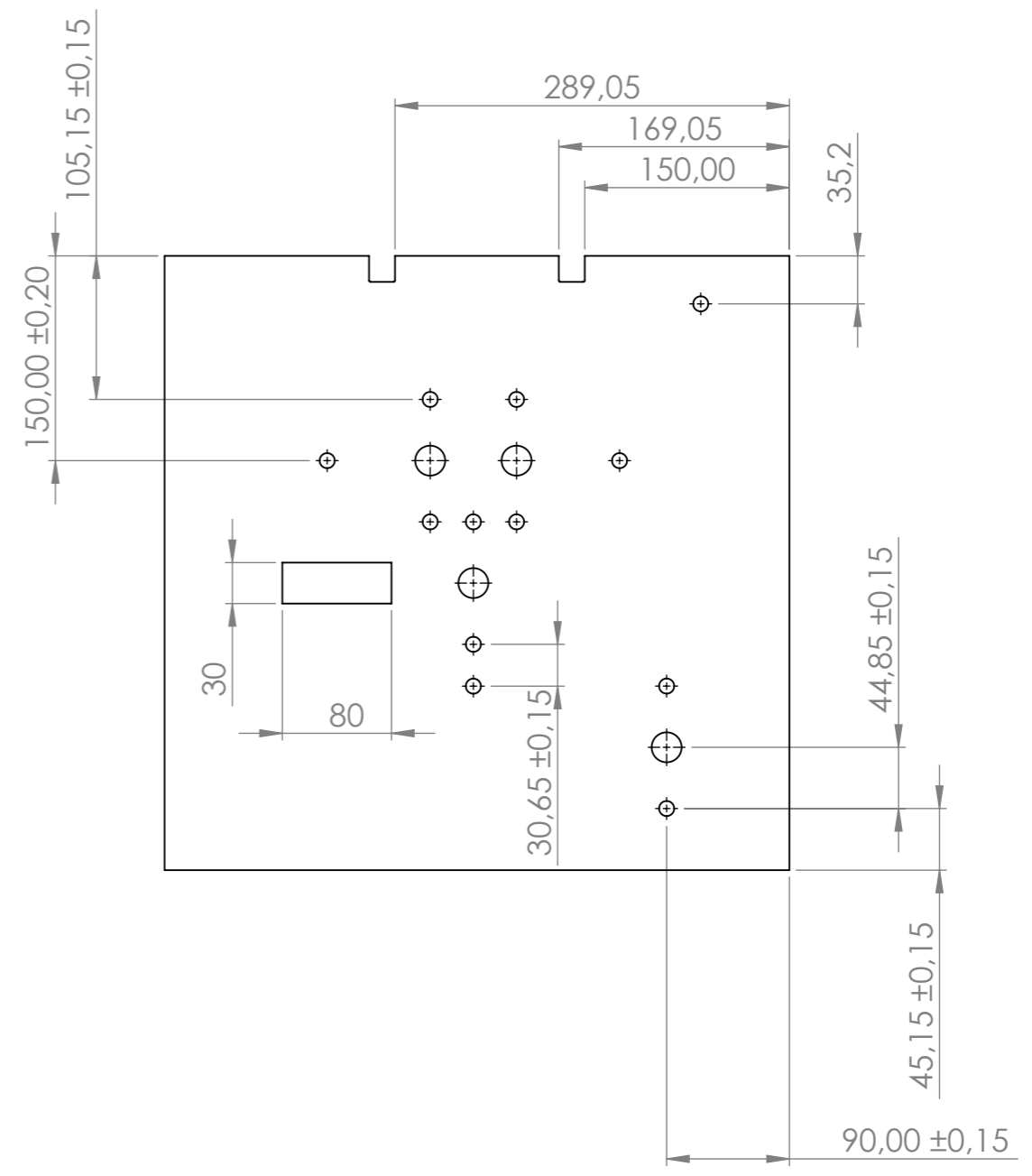
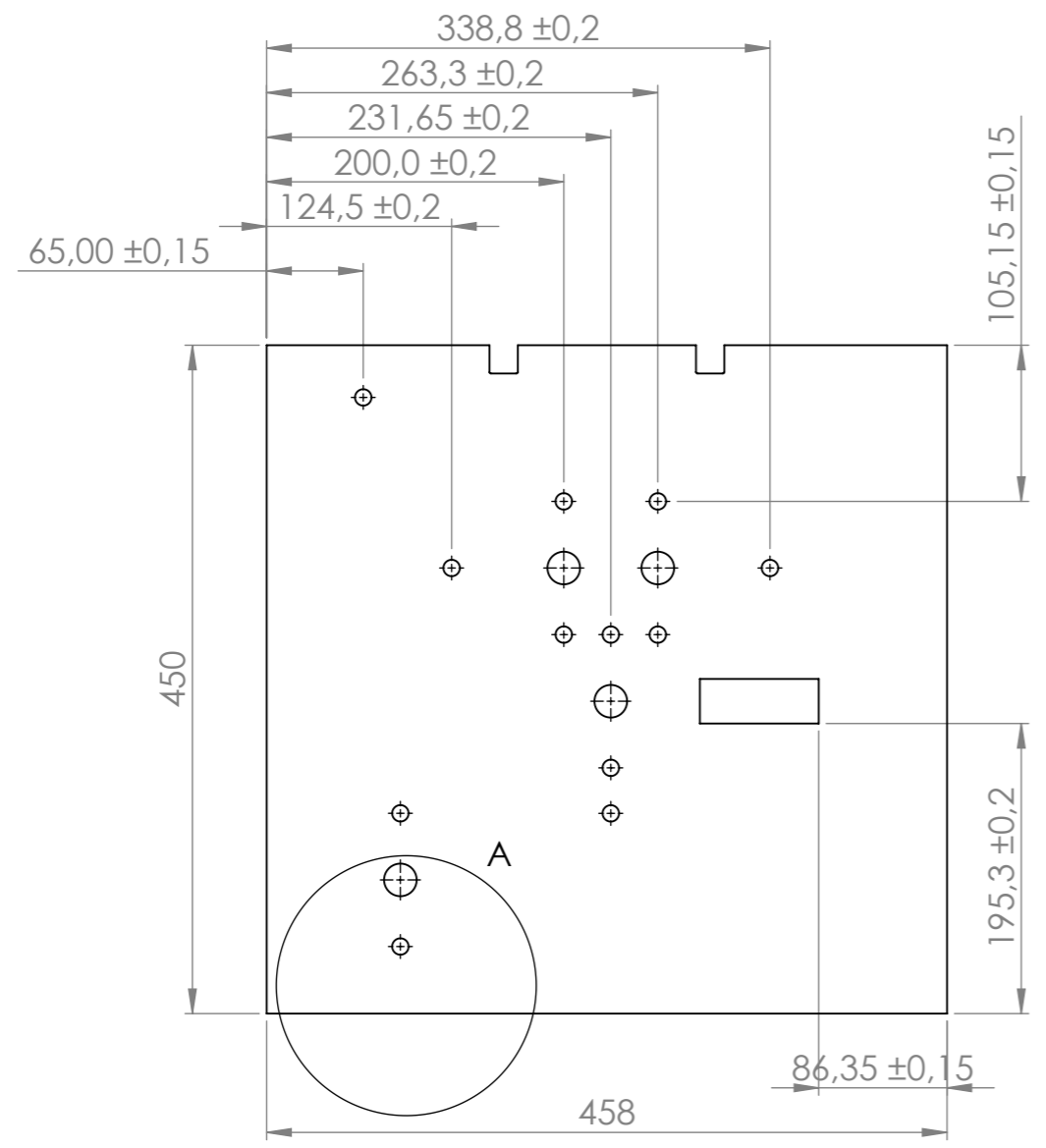
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 173.47 gr	MATERIAL: AISI 304	
						TÍTULO: SOPORTE RESORTE	ESCALA: 1:2
				FECHA	NOMBRE		
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 48 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

Espesor de la plancha de 2mm



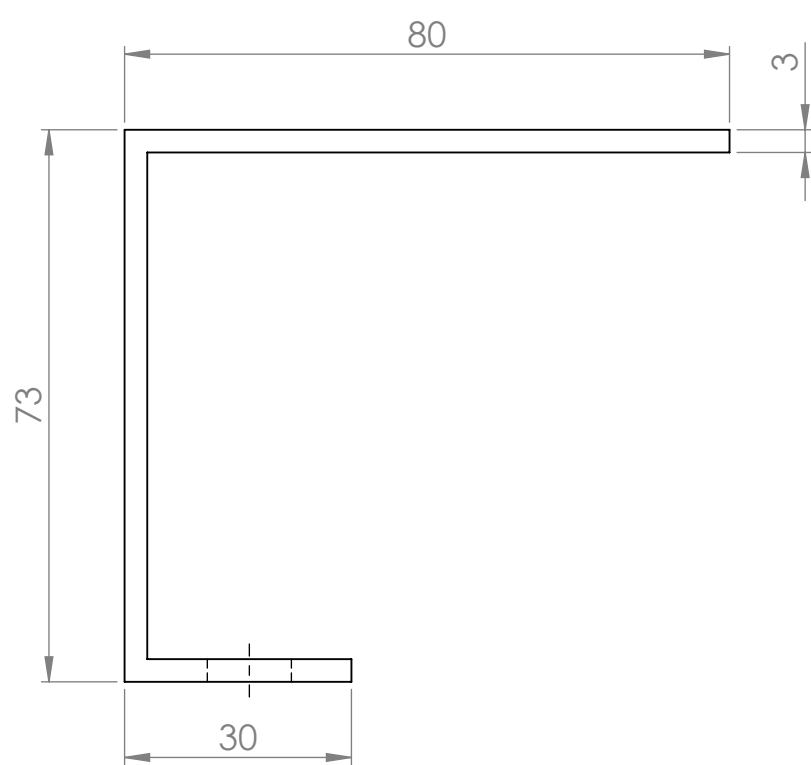
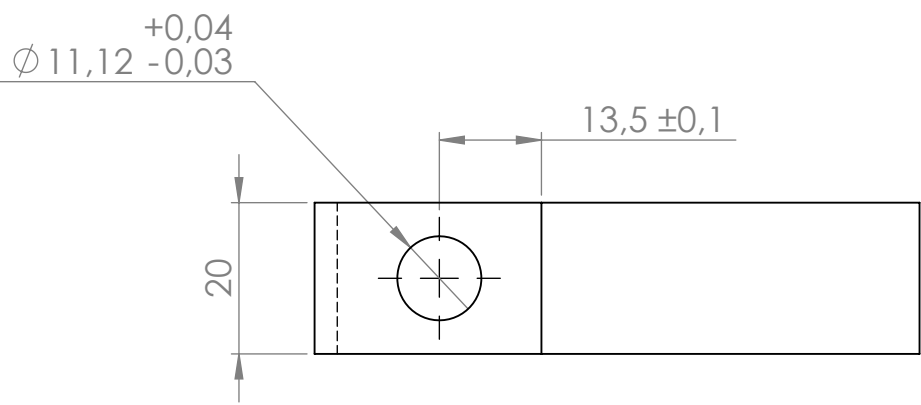
				Tolerancia:	Peso:	Material:		
				±1	5105.76 gr	AISI 304		
				Fecha:	Nombre:	Denominación:		Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicaiza Wilmer	CAJA LADO DERECHO		1:5
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge			
				U.T.A.		Número de lámina:		Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		49 DE 59		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)				

Espesor de la plancha de 4mm

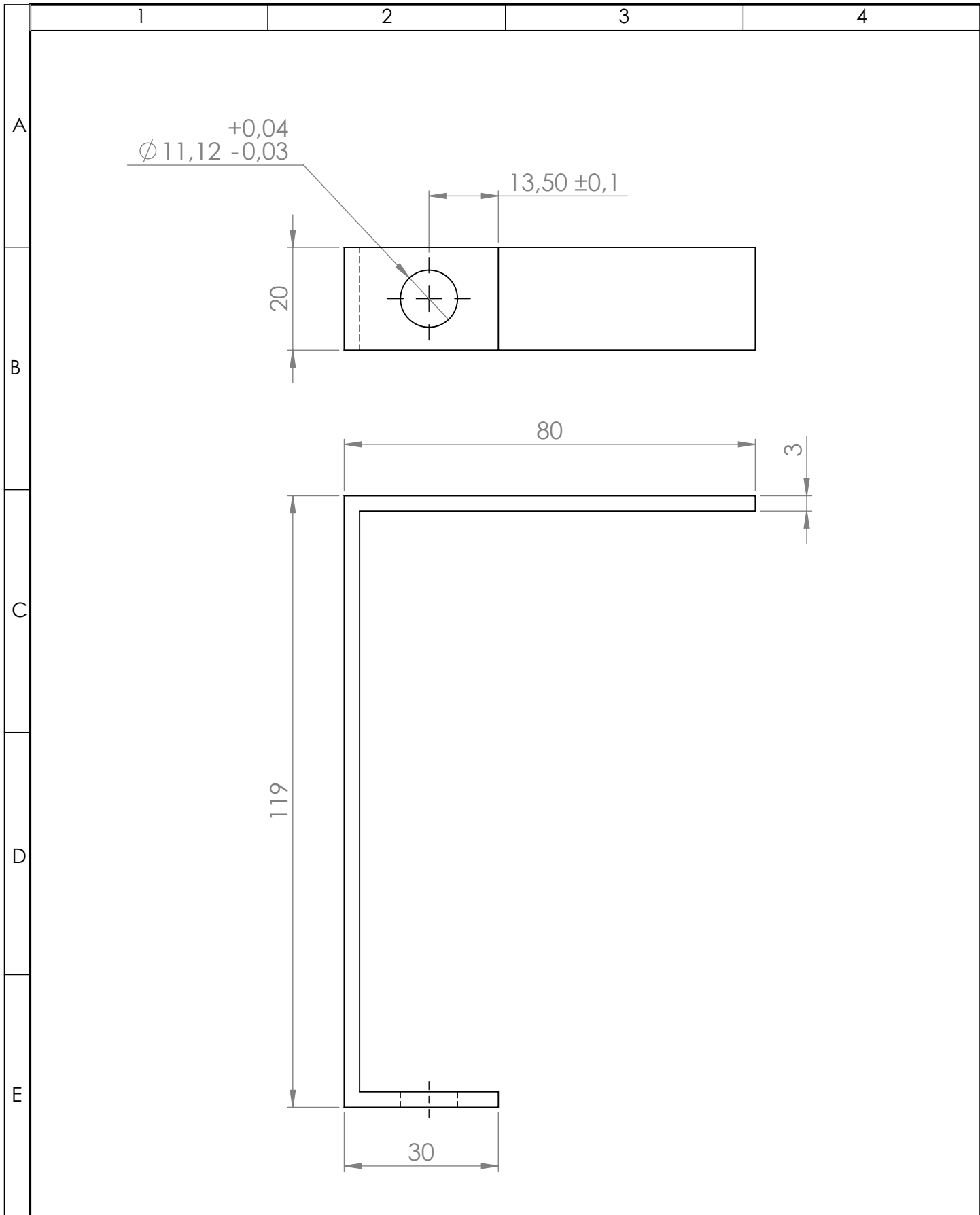


DETALLE A
ESCALA 2 : 5

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	6409.25 gr	AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicoiza Wilmer	SOPORTE LADO IZQUIERDO	1:5
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		50 DE 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	(Sustitución)			



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 81.08 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LI R2	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 52 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	



				TOLERANCIA: ±1	PESO: 102.75 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LI R3	ESCALA: 1:1
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 53 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

1

2

3

4

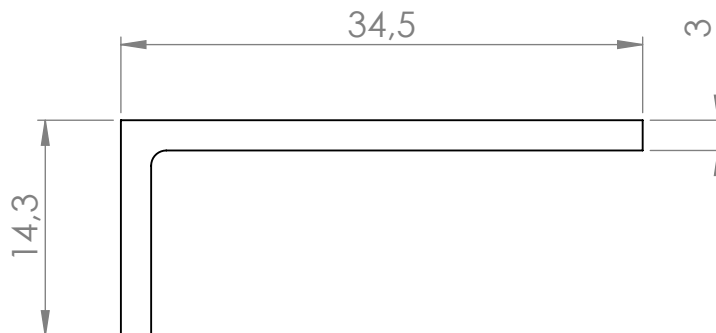
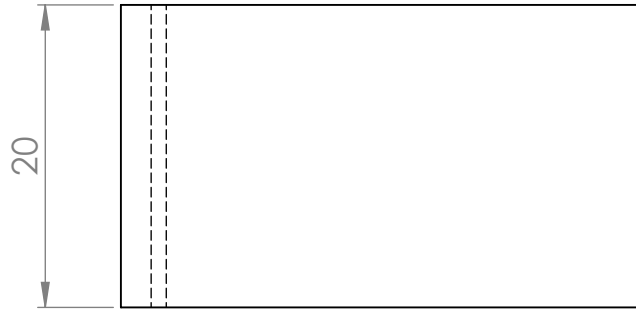
A

B

C

D

E



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 14.71 gr	MATERIAL: ASTM A36 Acero	
						ESCALA: 2:1	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: SOPORTE ESCOBILLA LI R4	
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		N.º DE LAMINA	REGISTRO:
				INGENIERIA MECANICA		HOJA 54 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

Eje sistema de transmissió para chumacera

A

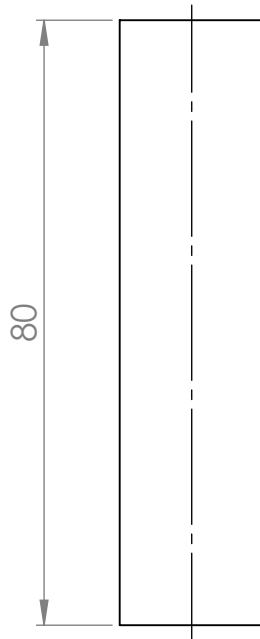
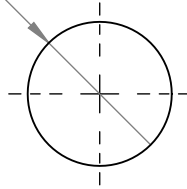
B

C

D

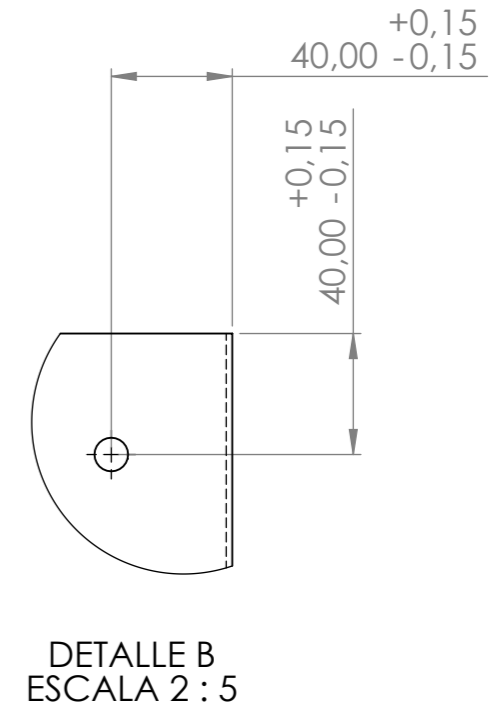
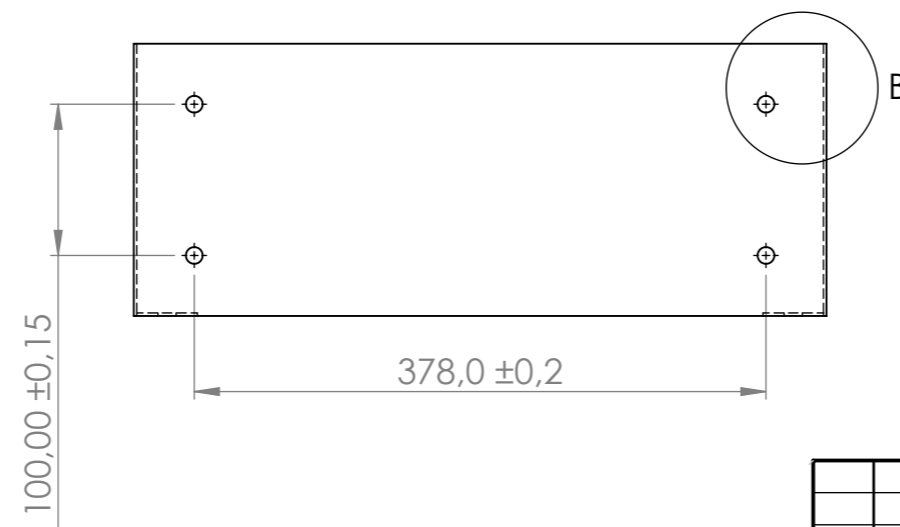
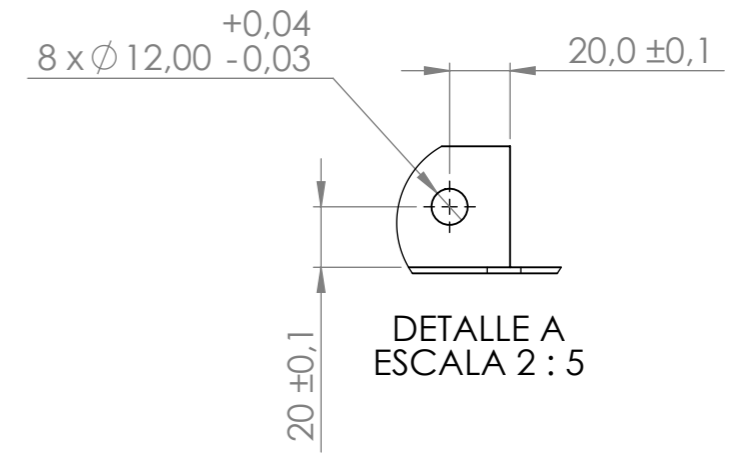
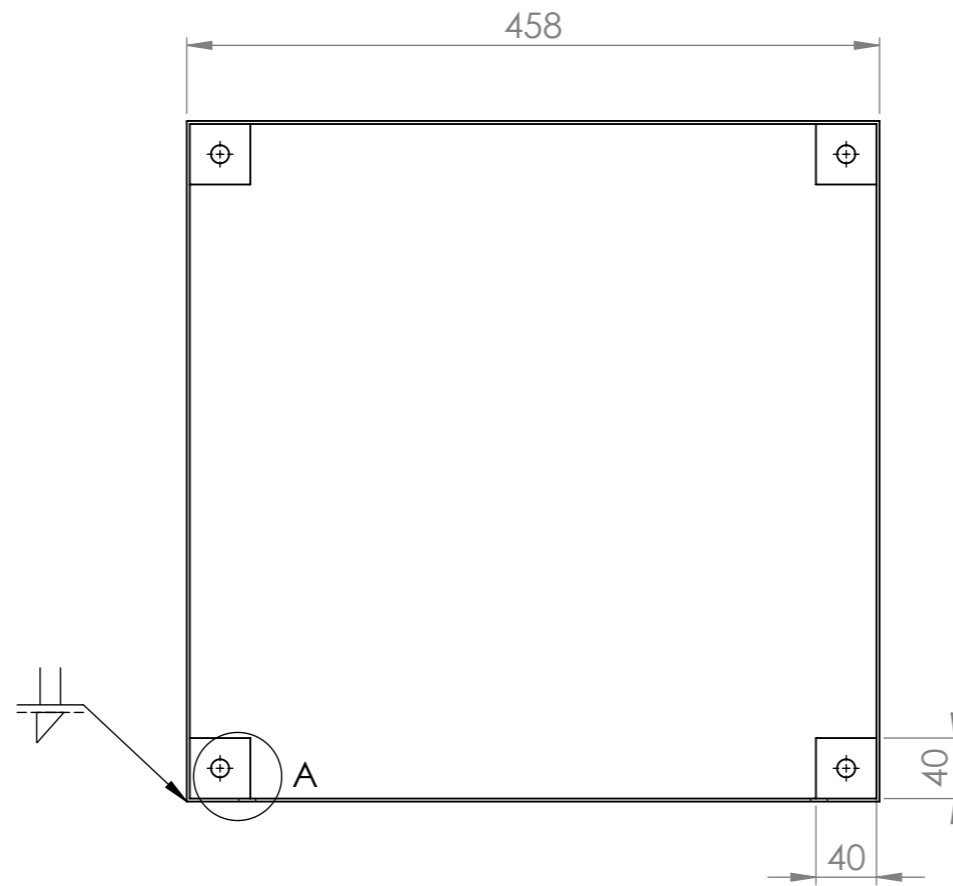
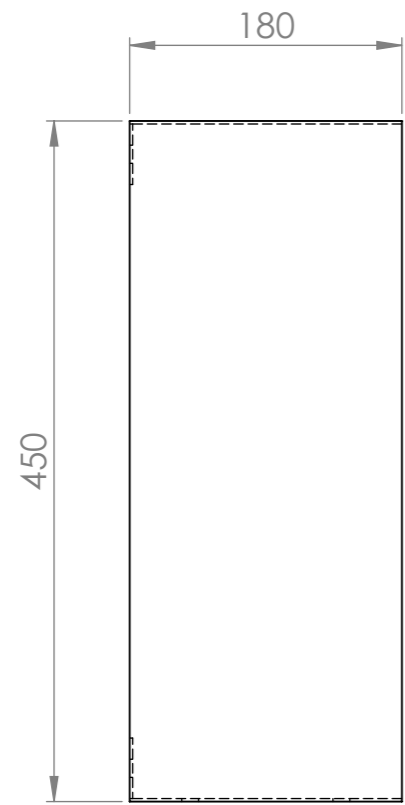
E

$\phi 19,05^{+0,30}_{-0,50}$



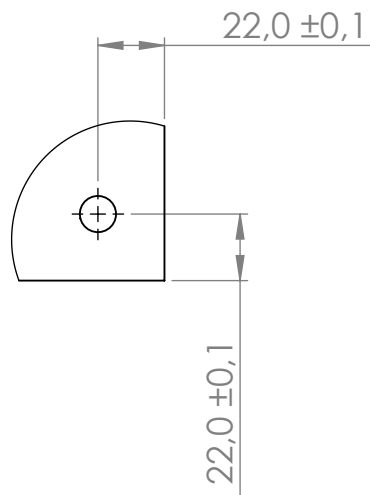
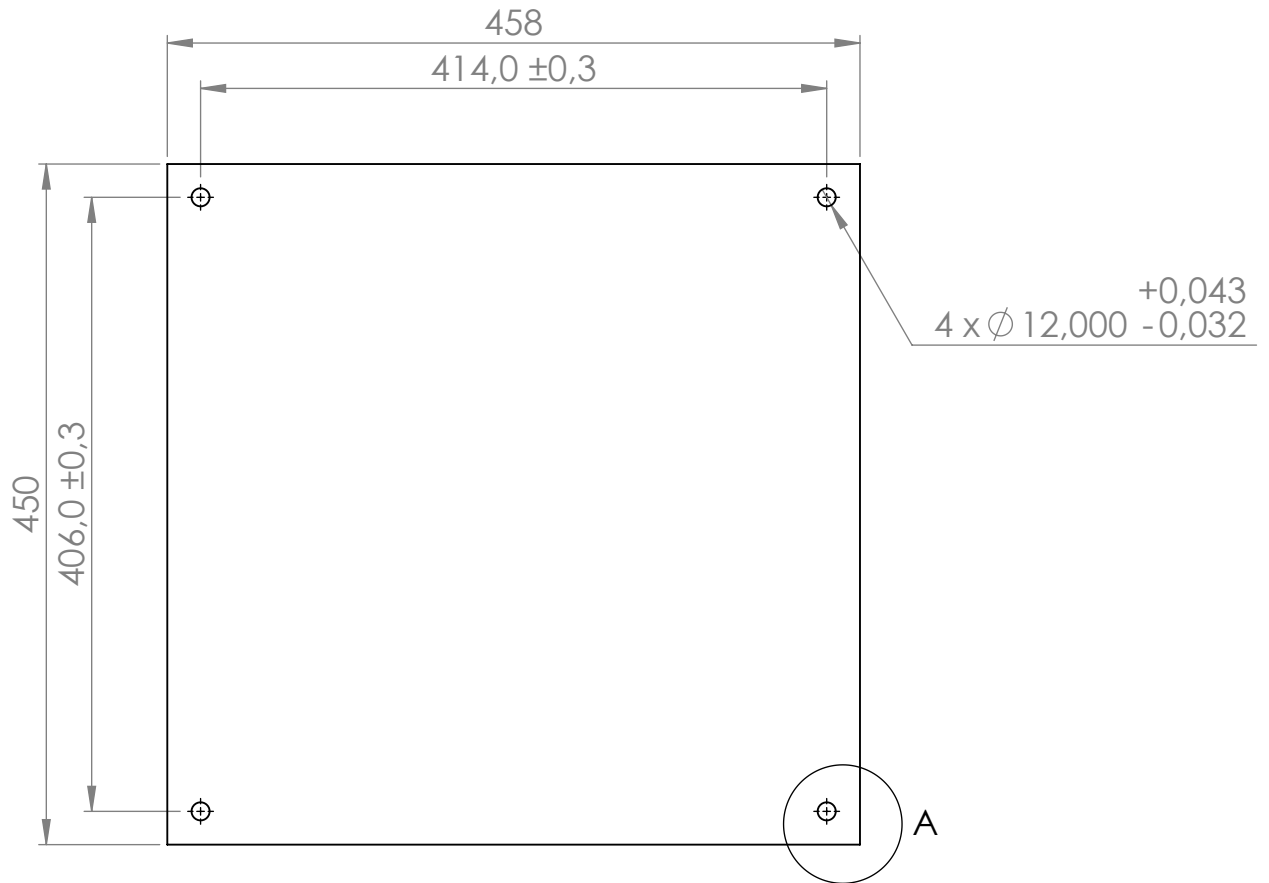
				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 177.85 gr	MATERIAL: Acero al carbono fundido	
					FECHA	NOMBRE	TÍTULO:
				DIBUJO:	05/06/2021	Chicaiza Wilmer	EJE DE BAJO CARBONO
				REVISO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
				APROBO:	27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge	
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA	ESCALA:
						HOJA 55 DE 59	
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	REGISTRO:

Espesor de la plancha de 2mm



				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				±1	5295.99 gr	AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicaiza Wilmer	CAJA LADO IZQUIERDO	1:5
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		56 DE 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	

Espesor de la placa de 2mm



				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 3290.36 gr	MATERIAL: AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: TAPA CAJA LADO IZQUIERDO-DERECHO	ESCALA: 1:5
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 57 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

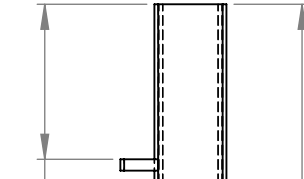
Tubo cuadrado de 3/4 in

Espesor de 1,2 mm

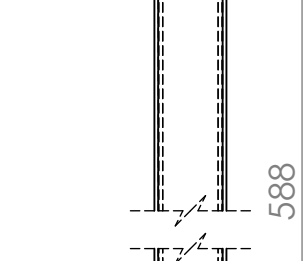
$R1,00 \pm 0,20$ $9,0 \pm 0,1$



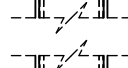
17,05



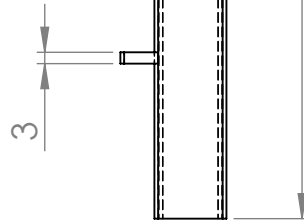
$41,00 \pm 0,15$



588



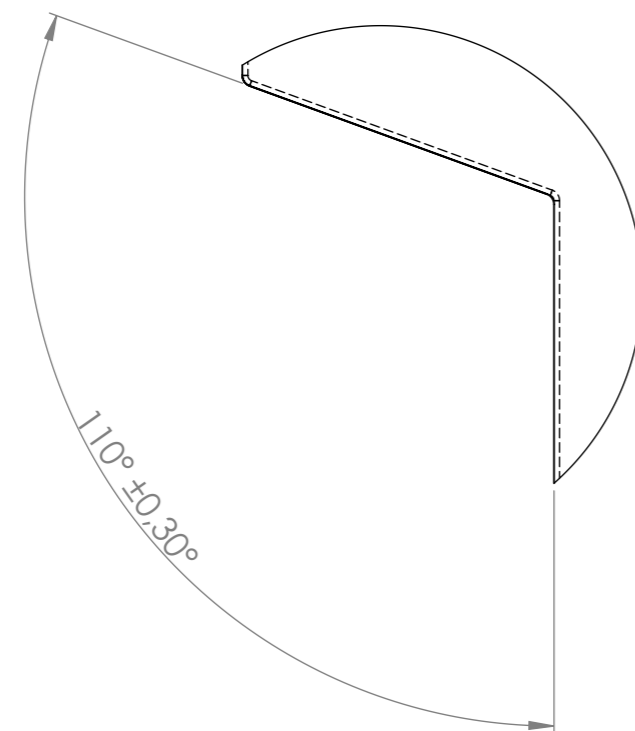
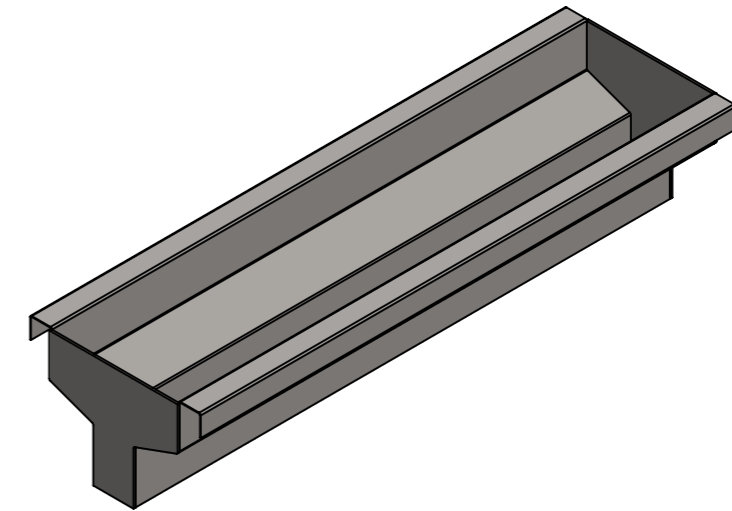
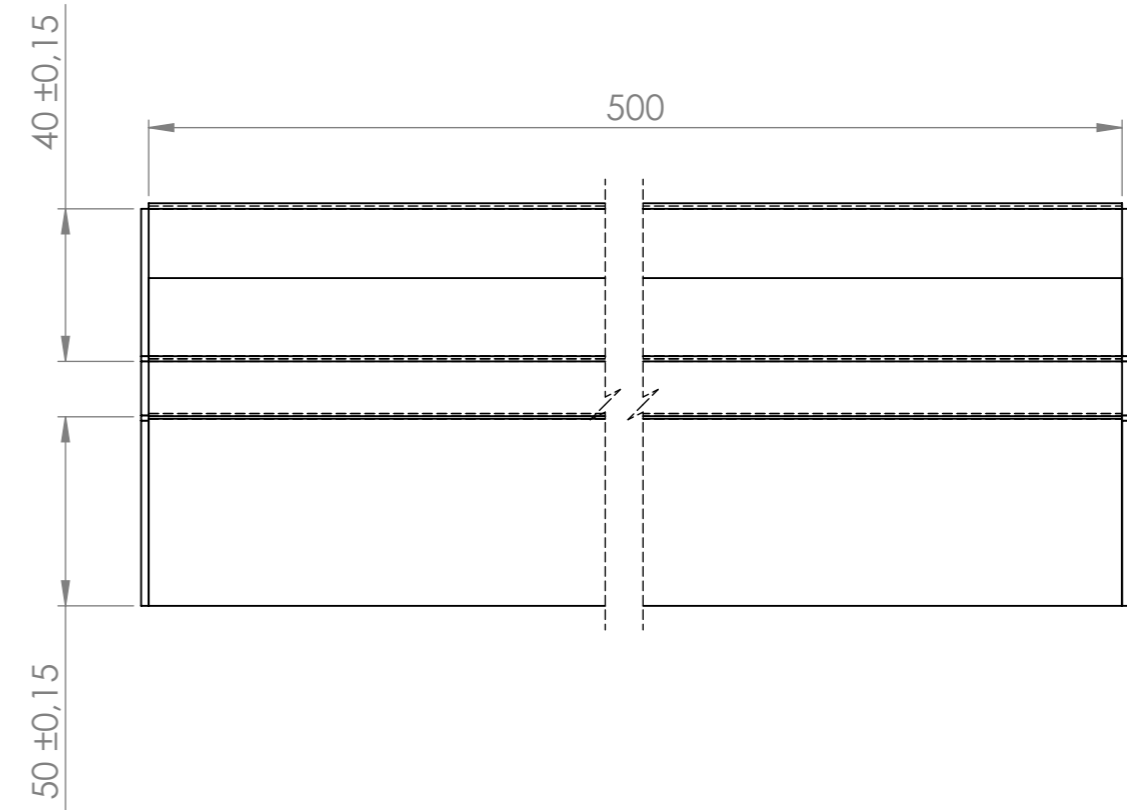
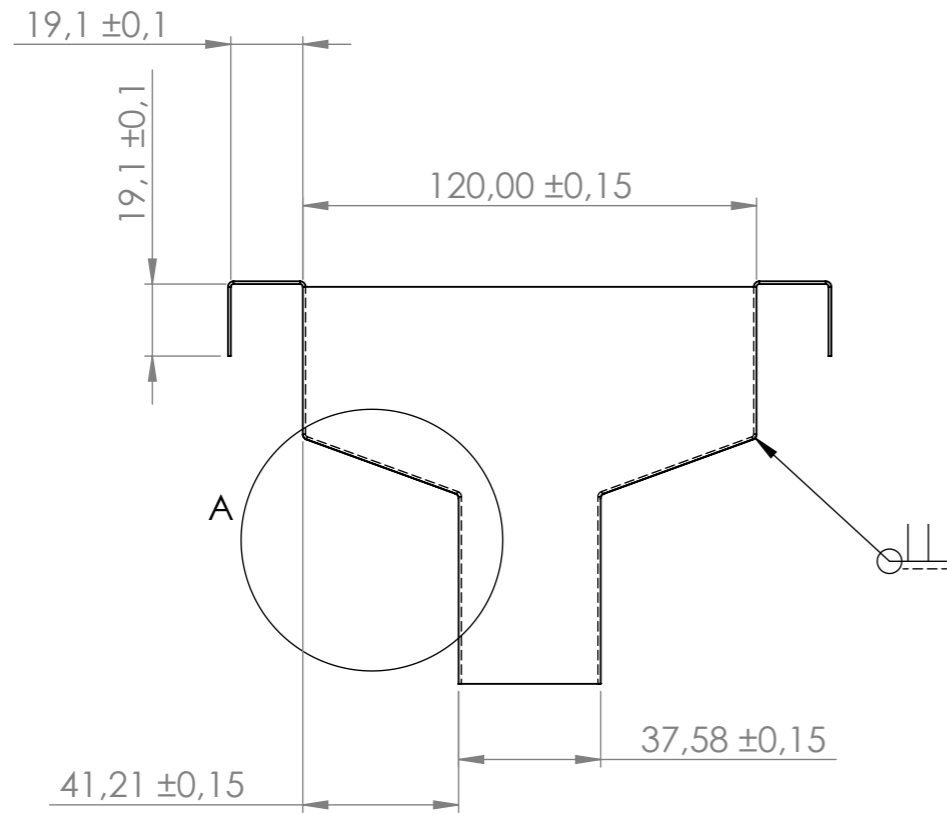
3



A
B
C
D
E

				TOLERANCIA: ± 1	PESO: 411.27 gr	MATERIAL: AISI 304	
				FECHA	NOMBRE	TÍTULO: TUBO DE SOPORTE TOLVA	ESCALA: 1:2
				DIBUJO: 05/06/2021	Chicaiza Wilmer		
				REVISO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				APROBO: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A. INGENIERIA MECANICA		N.º DE LAMINA HOJA 58 DE 59	REGISTRO:
EDICIÓN:	MODIFICACION:	FECHA:	NOMBRE:			SUSTITUCION:	

Espesor de la plancha de 2mm



DETALLE A
ESCALA 1 : 1

				Tolerancia:	Peso:	Material:	
				± 1	1269.97 gr	AISI 304	
				Fecha:	Nombre:	Denominación:	Escala:
				Dibujó: 27/08/2021	Chicoiza Wilmer	TOLVA	1:2
				Revisó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				Aprobó: 27/08/2021	Ing. Msc. López Jorge		
				U.T.A.		Número de lámina:	Registro:
				INGENIERÍA MECÁNICA		59 DE 59	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			(Sustitución)	