

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencia e Ingeniería

Trituradora de Biomasa

**David Alexander Bravo Jimenez
Shadén Valeria Haro Saltos
Cristina Mishell Montenegro Montalvo
Daniela Fernanda Yépez Rocha**

Ingeniería Mecánica

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero mecánico

Quito, 22 de diciembre de 2022

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
Colegio de Ciencia e Ingeniería

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA**

Trituradora de Biomasa

David Alexander Bravo Jimenez
Shadén Valeria Haro Saltos
Cristina Mishell Montenegro Montalvo
Daniela Fernanda Yépez Rocha

Nombre del profesor, Título académico

Juan Sebastián Proaño Avilés, PhD.

Quito, 22 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Cristina Mishell Montenegro Montalvo

Código: 00206997

Cédula de identidad: 1751524438

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Shadén Valeria Haro Saltos

Código: 00207887

Cédula de identidad: 1727064790

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: David Alexander Bravo Jiménez

Código: 00205319

Cédula de identidad: 1727036640

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2022

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Daniela Fernanda Yépez Rocha

Código: 00205401

Cédula de identidad: 1722889530

Lugar y fecha: Quito, 22 de diciembre de 2022

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

El objetivo principal del proyecto es el de realizar una máquina cizalladora de biomasa referente a residuos forestales para convertirlos en chips de madera, esto para solventar la necesidad de reutilizar los residuos de la reserva botánica a cargo de nuestro cliente y que no represente un desperdicio de recursos. Para ello se tomó en cuenta los requerimientos del cliente que se transformaron en criterios ingenieriles entre los cuales se destacan: la capacidad de cizallamiento de la máquina de ramas de hasta cincuenta milímetros de espesor para la potencia, transmisión, sistema de corte, almacenamiento interno de la tolva de entrada, implemento de sensores de revoluciones y horas de trabajo, la capacidad de maniobrabilidad y transporte de la máquina en el suelo de parterre a trabajar. Para ello se parte de un diseño por subsistemas que incluye el subsistema de potencia, transmisión, transporte, estructura metálica y sensores. Siguiendo el proceso de diseño, con cálculos y pruebas en laboratorio, se obtiene una resistencia en cortante a vencer de catorce mega pascales, una fuerza necesaria cortante de doscientos treinta y cinco newtons que requiere una potencia de tres coma siete caballos de fuerza. Usando una potencia de diseño de siete coma cuatro caballos de fuerza, con ello se obtiene las medidas de las poleas, ejes y volante de inercia, su distancia entre centros, número de bandas tipo B igual a cuatro y dimensiones de las planchas, placas y materiales adicionales a utilizar. Se corroboran los cálculos mediante dibujos técnicos y simulaciones obteniendo esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad necesarios con el software “Autodesk Inventor”. Se define el proceso de manufactura donde las operaciones principales incluyen corte, fresado, torneado, soldadura MIG, taladrado y temple para los distintos componentes mecánicos. Finalmente, se encuentra que la máquina cumple con los objetivos planteados, realizando pruebas físicas cizallando maderas secas y verdes, además de pruebas de transporte en parterre. Se adiciona criterios solicitados como agarradera ergonómica, horizontalidad de diseño y protección adecuada de Bandas. El presupuesto inicial de mil novecientos dólares se

mantuvo dentro de los márgenes aceptables, con una incidencia negativa del siete por ciento. Se mencionan mejoras a futuro como la reducción del peso general, implementación de más sensores, eje del sistema de corte desplazable, incorporación de tamiz y patas de sujeción regulables ergonómicas.

Palabras clave: picadora de biomasa, cizalladora de madera, potencia, máquina cortadora de madera, máquina procesadora de madera, esfuerzo cortante madera.

ABSTRACT

The main objective of the project is to create a biomass shearing machine referring to forest residues to convert them into wood chips, this to solve the need to reuse the residues of the botanical reserve in charge of our client so that it is not a waste of resources. For this, the client's requirements were considered, which were transformed into engineering criteria, among which the following stand out: the shearing capacity of the machine for branches up to fifty millimeters thick for power, transmission, cutting system, internal storage of the input hopper, implement of sensors for revolutions and work hours, the maneuverability and transport capacity of the machine on the grass floor to work. The design is built by subsystems that includes the subsystem of power, transmission, transport, metallic structure, and sensors. Following the design process, with calculations and laboratory tests, a shear resistance to be overcome, of fourteen megapascals is obtained, a necessary shear force of two hundred and thirty-five newtons that requires a power of three-point seven horsepower. Using a design power of seven-point four horsepower, with this the measurements of the pulleys, shafts and flywheel are obtained, their distance between centers, number of type B bands equal to four and dimensions of the metal plates, and additional materials to use. The calculations are corroborated through technical drawings and simulations obtaining necessary forces, displacements, and safety factors with the "Autodesk Inventor" software. The manufacturing process is defined where the main operations include cutting, milling, turning, MIG welding, drilling, and tempering for the different mechanical components. Finally, it is found that the machine meets the objectives set, performing physical tests by shearing dry and green wood, as well as transport tests in grass floor. Requested criteria such as ergonomic handle, horizontal design and adequate protection of Bands are added. The initial budget of a thousand- nine hundred dollars is within acceptable ranges, with a negative impact of seven percent. Future improvements are mentioned such as overall weight reduction, implementation of more

sensors, movable cutting system axis, incorporation of a sieve and ergonomic adjustable clamping feet.

Keywords: biomass chipper, wood shearing machine, power, wood cutting machine, wood processing machine, wood shear effort.

TABLA DE CONTENIDO

Resumen.....	8
Abstract.....	10
Tabla de Contenido	12
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras.....	18
Resumen Ejecutivo	21
Introducción	23
Declaración del problema y especificación del proyecto.....	23
Definición del problema.	23
Requerimientos del cliente.	24
Restricciones y objetivos ponderados en criterios ingenieriles.....	25
Términos de referencia.	30
Estado del arte.	31
Conceptualización y selección del diseño.....	33
Administración del Proyecto	33
Estándares de Ingeniería.....	37
ISO 4254-1:2013. Agricultural Machinery - Safety - Part 1: General Requirements.	37
ISO 3767 – 1: 1998. Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1: Common symbols.....	38
ANSI Z535.4 – 2011 (R2017). American National Standard for Product Safety Signs and Labels.....	38
ISO 13061-6:2014. Physical and mechanical properties of wood — Test methods for small clear wood specimens — Part 6: Determination of ultimate tensile stress parallel to grain.	39
Materiales y Métodos.....	40
Selección de materiales y componentes	40

Subsistema de corte.	40
Subsistema de transmisión.....	41
Subsistema de estructura.	41
Subsistema de transporte.	42
Subsistema de sensores.....	42
Diseño para manufactura.....	43
Resultados y Discusión	45
Análisis de ingeniería	45
Plan de testeo del prototipo	48
Seguridad por diseño	51
Conclusiones	52
Resultados	52
Discusión.....	52
Conclusiones	54
Pasos Futuros.....	55
Referencias.....	57
Anexo A: Planos de ingeniería	63
Anexo B: Cálculos detallados	113
Ensayos de tracción en madera	113
Cálculo estático de las cuchillas	116
Cálculos estáticos para las poleas.....	121
Cálculos estáticos para la banda.....	126
Cálculos estáticos para el diámetro del eje de transmisión	128
Diseño del disco de cuchillas	133
Estructura metálica	134
Estimación de vida útil	137
Anexo C: Administración del proyecto	142

Diagrama de Gantt	142
Presupuesto.....	142
Anexo D: Tablas de selección de diseño	145
Subsistema de corte.....	145
Subsistema de transmisión.....	146
Subsistema de estructura.....	149
Subsistema de transporte.....	151
Subsistema de sensors.....	152
Anexo E: Proceso de manufactura.....	154
Proceso de Construcción	154
Control del proceso	157
Anexo F: Manual de operación y mantenimiento.....	160
Uso de este manual.....	160
Acerca del funcionamiento de la máquina	160
Lista de Partes	160
Sistema de Potencia.....	162
Motor Honda GX200.....	162
Sistema de Corte.....	163
Disco de Inercia.....	163
Chumaceras	163
Cuchillas.....	163
Eje.....	164
Sistema de Transmisión	164
Bandas	164
Poleas	165
Estructura Metálica	165
Base de la máquina.....	165

Soportes de eje y base	166
Bóveda o Carcasa de Disco de Corte	166
Tolva de entrada	167
Sistema de transporte	167
Llantas	167
Seguridad.....	168
Procedimiento de Operación	170
Encendido	170
Operación.....	174
Apagado.....	174
Almacenamiento y Transporte.....	175
Almacenamiento.....	175
Transporte.....	175
Mantenimiento y Servicio	177
Programa de Mantenimiento	177
Mantenimiento por Subsistemas.....	177
Transmisión	177
Motor HondaGX200.....	177
Sistema de Corte.....	178
Chumaceras	178
Cuchillas	178
Sistema de Transmisión	179
Bandas	179
Estructura Metálica	181
Sistema de transporte	181

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Criterios de ingeniería.....	25
Tabla 2 Trituradoras de biomasa en el mercado	31
Tabla 3 Resumen de gastos del prototipo	37
Tabla 4 Resultados de Cálculos para el Diseño de las Cuchillas.....	45
Tabla 5 Resultados de Cálculos para la Potencia del Sistema	46
Tabla 6 Resultados de los Cálculos para el Diseño del Sistema de Transmisión	46
Tabla 7 Resultados de los Cálculos para el Eje y Cuchillas	47
Tabla 8 Resultados de las Simulaciones sobre los Perfiles de la Base	47
Tabla 9 Diámetro de la madera de ensayo - Prueba 1.....	48
Tabla 10 Diámetro de las ramas de ensayo - Prueba 2	49
Tabla 11 Terrenos de prueba de transporte.....	50
Tabla 12 Matriz de riesgos y decisiones	51
Tabla 13 Matriz de prioridad	51
Tabla 14 Esfuerzos de cortante paralelo en (kg/cm ²).....	114
Tabla 15 Esfuerzos de tensión en paralelo en (kg/cm ²)	114
Tabla 16 Comparación de elementos	115
Tabla 17 Cálculo de velocidad conducida con diferentes diámetros estándar.....	124
Tabla 18. Valores de las variables para el eje de transmisión	128
Tabla 19. Reacciones encontradas para el eje de transmisión	129
Tabla 20 Listado temporal de actividades	142
Tabla 21 Soluciones discutidas para el subsistema de corte.....	145
Tabla 22 Criterios ponderados de selección para el subsistema de corte	146
Tabla 23 Soluciones discutidas para el motor del subsistema de transmisión.....	146
Tabla 24 Criterios ponderados de selección para el motor del subsistema de transmisión ...	148

Tabla 25 Soluciones discutidas para las bandas del subsistema de transmisión.....	148
Tabla 26 Criterios ponderados de selección para las bandas del subsistema de transmisión	149
Tabla 27 Soluciones discutidas para el subsistema de estructura	150
Tabla 28 Criterios ponderados de selección para el subsistema de estructura	151
Tabla 29 Soluciones discutidas para el subsistema de transporte.....	151
Tabla 30 Criterios ponderados de selección para el subsistema de transporte	152
Tabla 31 Soluciones discutidas para el subsistema de sensores	152
Tabla 32 Criterios ponderados de selección para el subsistema de sensores.....	153
Tabla 33 Control del proceso de manufactura para las cuchillas.....	157
Tabla 34 Control del proceso de manufactura para el disco	158
Tabla 35 Control del proceso de manufactura para el eje.....	159
Tabla 36 Pasos para el Encendido de la Picadora de Biomasa	171
Tabla 37 Pasos para la Operación de la Máquina	174
Tabla 38 Pasos para apagar la Picadora de Biomasa	175
Tabla 39 Explicación del Sistema de Frenos	176
Tabla 40 Programa de Mantenimiento de la Picadora de Biomasa	177
Tabla 41 Pasos para el cambio de cuchillas.....	178
Tabla 42 Pasos para el cambio de bandas	180

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Subsistemas del prototipo	33
Figura 2 Cuadro conceptual de administración de proyecto	36
Figura 3 Formato de Señalización (ANSI Z353, 2017).....	39
Figura 4 Diagrama de flujo del proceso de diseño	40
Figura 5 Leyenda para los diagramas de flujo de proceso	43
Figura 6 Diagramas de flujo de proceso de manufactura	44
Figura 7 Prototipo Final	47
Figura 8 Madera de ensayo de menor a mayor diámetro – Prueba 1.....	48
Figura 9 Madera de ensayo triturada - Prueba 1	49
Figura 10 Madera de ensayo - Prueba 2.....	49
Figura 11 Madera de ensayo triturada - Prueba 2	50
Figura 12 Esfuerzo (MPa) vs Tiempo (min).....	113
Figura 13 Diagrama de fuerzas en las cuchillas.....	117
Figura 14 Factor de servicio para bandas tipo V (Mott, 2004).....	122
Figura 15 Selección del tipo de banda (Mott,2004).....	122
Figura 16 Longitudes estándar para bandas tipo V.....	125
Figura 17 Diagrama del sistema de poleas	125
Figura 18 Diagrama de cuerpo libre para el eje de transmisión	128
Figura 19 Diagrama de cortante y momento para el plano x-y del eje	130
Figura 20 Diagrama de cortante y momento para el plano x-z del eje	130
Figura 21 Diseño CAD de la polea de mayor diámetro (6.5 in) para 4 bandas	133
Figura 22 Diseño CAD de la polea de menor diámetro (4.5 in) para 4 bandas	133
Figura 23 Diseño CAD del disco para cuchillas	133
Figura 24 Diseño CAD del disco de cuchillas para el sistema de corte	134

Figura 25 Esfuerzos de Von Misses para perfil 40x4	134
Figura 26 Desplazamiento para perfil 40x4	135
Figura 27 Factor de seguridad para perfil 40x4	135
Figura 28 Esfuerzos de Von Misses para perfil 25x4	136
Figura 29 Desplazamiento para perfil 25x4	136
Figura 30 Factor de seguridad para perfil 25x4	136
Figura 31 Concentradores de esfuerzo teóricos para placa cargada a tensión por un pin	138
Figura 32 Sensibilidad a la concentración	139
Figura 33 Diagrama de Gantt.....	142
Figura 34 Fresado del disco	154
Figura 35 Taladrado del disco.....	154
Figura 36 Mecanizado del eje	155
Figura 37 Rolado de la bóveda	155
Figura 38 Posicionamiento del motor	155
Figura 39 Soldadura y ensamble.....	156
Figura 40 Perfilar y cortar las cuchillas	156
Figura 41 Asegurar las cuchillas al disco	156
Figura 42 Diagrama de la Picadora de Biomasa	161
Figura 43 Diagrama de la Picadora de Biomasa con detalles	161
Figura 44 Diagrama de la Picadora de Biomasa	162
Figura 45 Motor Honda GX200.....	162
Figura 46 Disco de Inercia	163
Figura 47 Chumacera	163
Figura 48 Cuchilla.....	163
Figura 49 Eje.....	164

Figura 50 Bandas tipo B	164
Figura 51 Poleas.....	165
Figura 52 Bóveda.....	166
Figura 53 Tolva de Entrada.....	167
Figura 54 Definición de Pictogramas Empleados en este Manual	168
Figura 55 Avisos de peligro ante algunos componentes de la máquina	169
Figura 56 Avisos de peligro ante algunos componentes de la máquina	170
Figura 57 Recomendaciones de Seguridad para el Encendido de la Máquina	170
Figura 58 Recomendaciones de Seguridad para el Uso de la Máquina.....	174
Figura 59 Recomendaciones de Seguridad para el Apagado de la Máquina	174
Figura 60 Alerta de Seguridad respecto a Retiro de Cuchillas	178
Figura 61 Alerta de Seguridad respecto a Cambio de Bandas.....	180

RESUMEN EJECUTIVO

Estudiantes de ingeniería mecánica de la Universidad San Francisco de Quito plantean un proyecto que nació de la necesidad de crear una máquina capaz de generar chips de madera de ramas y residuos forestales, con el objetivo de producir biomasa denominada “hummus”, que sirva como abono para la reserva de bosque Andino ubicada en la urbanización “Jardines del Este”, en Cumbayá. De esta manera se creó una máquina a través de todo el conocimiento impartido en la carrera, capaz de cortar trozos de maderas duras y blandas de dimensiones de cinco centímetros de diámetro, con una capacidad en condiciones óptimas de operación de ochenta y cinco kilogramos por hora, con ramas de hasta cincuenta milímetros de espesor, esto tomando en cuenta los tiempos del trabajador en introducir la madera en la tolva y tiempo de corte de la máquina.

El objetivo de la máquina es convertir ramas de madera en chips de madera de dimensiones de hasta tres milímetros de espesor, como requerimiento de nuestro cliente estos chips serán utilizados para la elaboración de hummus, mientras se recorre la reserva en busca de residuos forestales. Sin embargo, la materia final puede ser utilizada para diversas aplicaciones como es:

- La elaboración de pasta celulosa para la confección de cualquier tipo de papel o cartón,
- La elaboración de tableros de madera para interiores
- La alimentación de calderas, mediante combustión de los chips de madera
- El secado de granos por las propiedades absorbentes de los chips de madera
- Usos decorativos para jardines, rellenos de macetas, senderos y caminos.

Entre muchas otras diversas aplicaciones. Todo esto tiene un impacto ambiental positivo ya que se están utilizando los residuos forestales naturales para aplicaciones importantes a nivel industrial.

Para la realización de este producto, cálculos analíticos utilizando bibliografías fiables para la elección de componentes y simulaciones que corroboraran estas elecciones y diseño fueron necesarias. De allí se diseñó la máquina para que funcionara con cuchillas especiales para cortar madera en cizalla con acero “K353”, sujetas a un disco de corte esta gira impulsando por un motor “HONDA GX200” especial para trabajos pesados de seis comas cinco caballos de fuerza a tres mil seiscientas revoluciones por minuto y este se conecta mediante un sistema de transmisión de poleas de hierro fundido, de cuatro canales para bandas tipo B. Toda la estructura fue diseñada pensando en un sistema ergonómico para el operador en cuanto a la operabilidad y el transporte de la máquina. Además, los materiales, espesores y dimensiones utilizadas aseguran una vida útil adecuada y pareja de sus componentes. Todo esto agrega valor agregado al diseño de la máquina en comparación a la competencia ofertando un producto de calidad y fiabilidad, además de ser sencillo el reemplazo de cualquiera de sus componentes, encontrados fácilmente en el mercado ecuatoriano.

Por lo tanto, la máquina presentada puede solucionar el problema del cliente, convirtiendo así la materia prima que antes era considerada un desperdicio y gasto económico el deshacerse de ella, en abono para la reserva. De esta manera nuestro cliente estaría contribuyendo al medio ambiente y teniendo un ahorro económico al no tener que pagar por deshacerse de los residuos ni comprar abono para la reserva. Cabe recalcar que la máquina presentada como se mencionó anteriormente no solo tiene esta aplicación directa, sino que puede ser utilizada en otras aplicaciones industriales, trayendo así los beneficios explicados anteriormente. Dicho esto, existe una gran oportunidad de negocio con este producto ya que puede ser adaptado para distintos requerimientos de trabajo.

INTRODUCCIÓN

Declaración del problema y especificación del proyecto

Definición del problema.

En la urbanización ‘Jardines del Este’ se encuentra una reserva de bosque andino en la cual, diariamente, se generan desechos de las ramas de los árboles que pueden ser aprovechados para hacer hummus que sirvan de abono para la misma reserva; no obstante, para ello se requiere triturar dichas ramas en partes mucho más finas. La solución es el diseño y construcción de una picadora de biomasa que realice el trabajo. Previamente, en diciembre de 2021, otro grupo realizó el mismo trabajo en el que se fabricó un prototipo como requisito para la obtención del título de Ingeniero Mecánico

La motivación nace de la necesidad de poder reutilizar las ramas y hojas de un terreno de bosque de una hectárea ubicada en el sector de Cumbayá. Este consta de varios árboles nativos que por su naturaleza botan ramas y hojas, todos esos residuos generados son una molestia en el lugar donde se plantea el proyecto por lo que el encargado del terreno desea convertir esos residuos en biomasa, mediante la mezcla de este tipo de residuos con tierra húmeda se genera biomasa o “hummus” mencionado anteriormente, lo cual ayudaría a que esas ramas y hojas se reincorporen a la tierra proveyendo de energía y alimento a las plantas y árboles de este.

Se desea convertir los residuos del mantenimiento del bosque andino en Biomasa. Sin embargo, para que estos se conviertan de manera más eficiente en esta deben mezclarse con tierra en pedazos muy pequeños de lo contrario se demoraría mucho tiempo. Por lo tanto, se necesita una máquina que pique en trozos pequeños desechos orgánicos como hojas, lienzas y ramas finas. Además, esta máquina se debe movilizar a través de un terreno de 1 hectárea de césped. Se utilizará como punto de partida el prototipo de la tesis “Picadora de bambú y otras especies de jardín”.

Requerimientos del cliente.

De manera general se requiere un prototipo funcional que sea capaz de picar o cizallar el material orgánico en trozos finos y a buena velocidad, debe poder picar un volumen grande de biomasa, ser de fácil maniobrabilidad y carga a través del terreno accidentado.

El cliente, Carlos Ruales, de la urbanización “Jardines del Este”, requiere de una máquina que corte en trozos pequeños de madera las ramas y semejantes, que se cayeron de los árboles del terreno que cuida como se mencionó anteriormente. Entre los requerimientos específicos, Carlos nos pide una máquina que pueda picar tallos ramas y troncos, inclusive hojas verdes, es decir no secos de un diámetro de hasta 5 centímetros. Entre los requerimientos incluidos frente al prototipo anterior que el utilizaba de la tesis planteada anteriormente “Picadora de bambú y otras especies de jardín”, se nos comenta que la máquina es muy pesada por lo que se requiere una máquina liviana capaz de maniobrar en la hectárea de terreno y facilidad de traslado. Es incómodo el transporte a lo largo del terreno por la forma de agarrar de la máquina, por su peso y por las llantas no apropiadas para el terreno con pequeñas inclinaciones y superficie de césped. Por lo que se requiere de unas llantas apropiadas y un diseño más ergonómico para traslado. Por otra parte, se encontró que las bandas estaban desgastadas, demasiado temprano en comparación con su vida útil por lo que se pidió encontrar una solución a este problema. Se nos comentó que desea una tolva de entrada de ramas con mayor capacidad de volumen ya que no entran las ramas suficientes y el proceso se ve afectado por la cantidad de veces que deben ingresar el material en la tolva de entrada.

Adicional a estos requerimientos por el cliente directo, se realizó una entrevista a los trabajadores que son los encargados de operar la máquina para realizar el trabajo deseado y nuestro cliente accedió a que sus requerimientos formen parte de la orden, entre estos estaban el realizar una agarradera más alta que la del prototipo por temas ergonómicos, mejorar el

sistema de tensores de banda en cuanto a la forma de hacerlo sin que requiera atrancar o realizar mucha fuerza. Coincidieron en que las llantas eran muy pequeñas y necesitaban unas más grandes y comentaron que desean protecciones de banda más adecuadas ya que las actuales se soltaban por la vibración.

Finalmente, de manera general pidieron que no se modifique de manera sustancial la capacidad de corte de las cuchillas ya que estaban satisfechos con ella, es decir su potencia y torque además de los sistemas utilizados. Se pidió que tampoco se modifique la forma horizontal de la máquina ya que se planteó una alternativa de diseño vertical.

Como requerimientos adicionales se tiene la propuesta de emplear sensores en el motor que ayuden a medir la gasolina que le queda al tanque de este.

Restricciones y objetivos ponderados en criterios ingenieriles.

Tabla 1 Criterios de ingeniería

Indicador o criterio ingenieril	Valor actual (Prototipo anterior)	Valor por lograr	Cómo se realizará	Cómo se va a medir el criterio
Disminuir peso de la máquina en por lo menos un 20%	≈125 kg	≤100Kg	Mediante ingeniería de diseño se plantea reducir el peso del prototipo original sin afectar las propiedades estructurales optimizando el espacio utilizado.	Se realizará el pesaje del equipo completo a ver si efectivamente se redujo el peso del original comparándolo y viendo si llega al valor que se planteó.
Máquina capaz de cortar troncos de hasta	Motor Toromax 6.5hp	Motor de 6.5 hp, 1,35Kgf Honda	Se realizaron cálculos para encontrar la fuerza necesaria de corte	Se realizarán pruebas de corte de ramas de hasta la dimensión de

5 cm de diámetro			y la potencia requerida del motor.	ramas de diámetro de hasta 5 cm para corroborar que se corten sin presentar ningún tipo de problema técnico en el motor o la máquina como tal.
Diseño de agarradera más ergonómico (Agarradera más elevada)	Altura de 50 cm sobre el nivel del suelo	Agarradera de por lo menos 100 cm a nivel del suelo diseño a altura de trabajadores.	Mediante ergonomía determinar la altura ideal promedio a la que situar la agarradera de tal manera que resulte cómodo empujar la máquina para el operador.	Comparándolo con el anterior diseño se realizará una encuesta de satisfacción en cuanto facilidad de transporte de la máquina, midiendo así un incremento en la facilidad de transporte de esta.
Elección de llantas adecuadas al peso de la máquina (Aumentar el diámetro)	Diámetro ≈20cm, Labrado estándar	Diámetro llantas principales =25cm labrado todo terreno	Realizar investigación en el mercado para encontrar llantas adecuadas que soporten el peso de la máquina y	Mediante pruebas de campo se realizará una comparación entre la máquina de prototipo

elegido para facilitar el traslado dentro del área requerida y buscar labrado ideal para césped.			tengan un labrado NO LISO, de esto obtener un diámetro y labrado ideal.	anterior y la actual para corroborar la mejoría en facilidad de transporte.
Incrementar capacidad de almacenamiento en la tolva de entrada porcentualmente en volumen interno de la tolva y en capacidad de tenencia de ramas por lo menos un 25%.	Volumen interno Tolva de entrada anterior: $0.010360m^3$	Volumen interno Tolva de entrada propuesto: $0.013m^3$	Se realizó una ingeniería de diseño en la tolva de entrada con forma de trapezoide, tronco de pirámide, mucho más abierta para colocar ramas, con brida seguida de un prisma rectangular de tal manera que en la tolva se pueda dejar más material y este se siga acomodando mientras entra en la cortadora.	Se corroborará que entren más ramas que en el diseño interior por inspección visual, además de corroborar que el volumen sea mayor al del anterior modelo mediante cálculos usando las fórmulas pertinentes para sacar el volumen interno de cada geometría en la tolva.
Se realizará una mejora de los sistemas de transmisión de bandas poleas	Canales polea: 2 Bandas:2	Canales polea: 4 Bandas (tipo B): 4	Se realizarán cálculos desde el sistema de potencia hasta el sistema de	Se realizarán pruebas de funcionamiento para que no exista juego entre

para extender su vida útil y que no se dañen en un solo uso como sucedía.			transmisión para determinar el tipo de poleas, los canales y dimensiones que se requieran para que soporten las cargas y el trabajo a realizar de mejor manera	las poleas y bandas, además de registrar si las bandas llegasen a presentar desgastes visuales en periodo de pruebas.
Mejorar el sistema de protección de sistema de transmisión para evitar que se salga mientras la máquina está trabajando y se desacople en menos tiempo cuando se requiera realizar mantenimiento o corroborar el estado de las poleas.	Carcasa con malla metálica delgada, 8 puntos de sujeción	Carcasa metálica de protección con dos puntos de sujeción desacoplable fácilmente	Se diseño una carcasa metálica mucho más sencilla de desacoplar y menos propensa a desacoplarse en uso mediante dos tornillos de sujeción más grandes empernados a la base de la máquina.	Se verificará mientras la máquina este en uso que la carcasa de transmisión no se desacople ni afloje, además se verificará en tiempo la facilidad de desacoplarla, reduciendo el tiempo de desacople.
Mantener dimensiones en cuanto a diseño horizontal de la máquina	Relación aproximada de 2 a 1 en cuanto a su largo frente a su altura	Relación aproximada de 2 a 1 en cuanto a su largo frente a su altura sin	Asegurarse que el modelo siga teniendo mayor extensión de manera horizontal que su altura total	Medir el largo en comparación con la altura, sin contar la tolva que es desarmable por la

		contar agarradera y tolva	para facilitar ergonomía,	brida y determinar si este sigue guardando una relación cercana de 2:1.
Mantener diseño de corte preliminar optimizando el corte.	Corte actual: disco giratorio con cuchillas	Corte deseado: Disco giratorio con cuchillas y medidas en ángulos de corte optimizados (30 grados), selección de cuchillas óptimas (diseño, material, tratamiento)	Se realizará un diseño similar al anterior prototipo ya que el cliente se encontraba satisfecho, pero se optimizarán los ángulos de corte y se diseñará un volante de inercia más eficaz. Además, se utilizará acero k353 para realizar las cuchillas mecanizado y tratado térmicamente específicamente para cortar madera en cizallamiento.	Se probará el sistema de corte que funcione adecuadamente, de la misma manera que el sistema anterior, esto comparando el material cortado de la anterior máquina con el sistema mejorado. Para ello se realizarán pruebas de corte de ramas del lugar donde se trabajará.
Implementación de sensores	N/A	Implementar de un medidor de revoluciones del motor y	Se seleccionará un sensor en el mercado ecuatoriano que provea la capacidad de	Revisar si los sensores funcionan de manera correcta marcando valores reales mediante

		horas de uso de la máquina.	medir las revoluciones de la máquina y las horas que esta está prendida para realizar los mantenimientos preventivos debidos	la corroboración visual de las revoluciones a las que gira el motor y las horas de trabajo.
--	--	-----------------------------	--	---

Términos de referencia.

A continuación, se incluyen definiciones de palabras a utilizar a lo largo del proyecto que se consideran importantes para el entendimiento global de este:

Potencia: Es la capacidad de realizar una acción o efecto determinado en la mecánica es la cantidad de trabajo realizad por una unidad de tiempo utilizada comúnmente en watts por James Watt o hp, que corresponde a caballos de fuerza (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021).

Velocidad: Es otra magnitud física que expresa la relación entre el espacio que ha recorrido un objeto y el tiempo en el que lo ha recorrido, un claro ejemplo son los metros sobre segundo a los que viaja un vehículo (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021).

Torque: Es una fuerza que se aplica para que algo gire en términos simples, un claro ejemplo es la capacidad que tiene un objeto para hacer que otro se mueva por ejemplo un motor tiene determinado torque o fuerza para que empiece a moverse el eje (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021) .

Vida útil: Es el tiempo para el cual está diseñada la duración de un determinado objeto, por ejemplo, la vida útil de un estuche de teléfono puede ser de 2 años, luego de eso los materiales y otros componentes con los que está diseñado ya no ofrecerán las mismas propiedades que al principio (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021).

Diseño Mecánico: Es una actividad que tiene por fin el que un objeto sea útil o estético, en la mecánica por ejemplo es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento a una máquina para que cumpla ciertas funciones o resuelva ciertos problemas (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021).

Simulaciones: Hablando de la mecánica estas herramientas de análisis permiten predecir distintos modos de fallo de un sistema permitiendo optimizarlo antes de gastar más recursos en él, ahorrando la construcción de varios prototipos no funcionales. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021).




Biomasa: Son los restos de materia orgánica como la madera o desechos agrícolas que producen energía respetuosa con el medioambiente. (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, 2021)

Estado del arte.

Tras una profunda investigación realizada tanto a nivel comercial se encontraron que las siguientes opciones son las que encajan de mejor forma a los requerimientos planeados anteriormente para la construcción de la máquina, además en estas opciones se encontraron proyectos de titulación similares con los cuales comparar nuestro proyecto y el mercado actual por lo que se coloca en esta sección los más parecidos al proyecto a realizar de entre varias propuestas encontradas:

Tabla 2 Trituradoras de biomasa en el mercado

Nombre del producto	Productor	Características principales	Especificaciones técnicas	Precio [\$]	Imagen
---------------------	-----------	-----------------------------	---------------------------	-------------	--------

<p>Chipeador a jardinera para Ramas</p>	<p>EcuMulch</p>	<p>Máquina chipeadora trituradora de madera.</p>	<p>--Potencia: 6.5 hp --Peso: >100kg --Motor: Toro Max -- Material: acero A36</p>	<p>\$2000</p>	
<p>Chipeador a trituradora de tambor 6.5hp 3" r900 madera jardín doméstica</p>	<p>Power Classic</p>	<p>Trituradora de tambor para madera.</p>	<p>Potencia de motor: 6.5HP / 196cc /3600rpm -- Sistema de arranque: arranque de retroceso -- Capacidad de astillado: 3 " / 76 mm -- Velocidad de la hoja: 2600 rpm -- Tipo de motor: OHV de 4 tiempos -- Capacidad del tanque de combustible: 3.6L -- Capacidad de aceite: 0.6L -- Tipo de combustible: gasolina sin plomo -- N.W./G. W.: 95 / 110KGS -- Tamaño del embalaje: 88 * 48 * 76 [cm]</p>	<p>\$975 (sin coste de importación)</p>	
<p>Diseño y construcción de una trituradora de residuos producto de la poda de árboles</p>	<p>Escuela Politécnica Nacional del Ecuador</p>	<p>Trituradora de tambor para madera.</p>	<p>-- Capacidad de trituración de 63,28 kg madera/h --Potencia del motor: 6.5 hp -- Modo de corte: dos cuchillas de acero -- Máximo diámetro de broces para triturar: 7cm -- Máxima rotación del motor: 3500 RPM -- Material: Acero AISI 4340</p>	<p>\$1785</p>	

y desbroces					
----------------	--	--	--	--	--

Conceptualización y selección del diseño.

A partir de los productos actuales en el mercado, se identificaron los componentes con mayor importancia para el prototipo. Estos subsistemas se muestran en la siguiente figura, donde consideramos a los sensores como un plus al diseño.

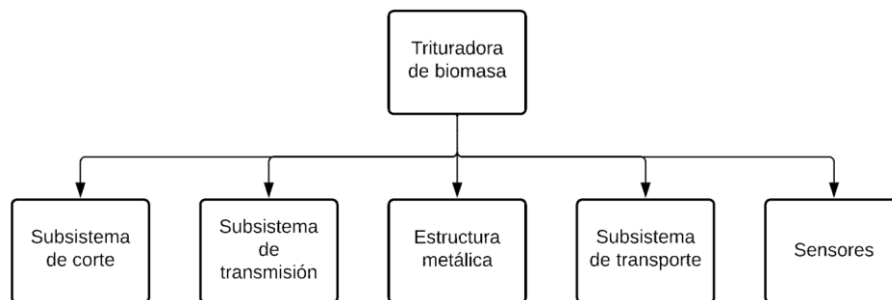


Figura 1 Subsistemas del prototipo

Se debe recalcar que de manera preliminar se realizaron una serie de ponderaciones en relación a las tablas mostradas en el anexo D. Así se lograron resultados preliminares de diseño para cada subsistema, enfocándonos en precio, accesibilidad y otros criterios arbitrarios. Por lo tanto, se consideró oportuno partir de un sistema de corte con cuchillas ensamblado a un disco de inercia. Respecto a la unidad de potencia para el subsistema de transmisión se recomienda un motor a diésel en combinación con bandas en forma V. Además, se escogió el material con mejores propiedades para el ensamblaje de la estructura metálica. Finalmente, se analizaron varias opciones para el sistema de transporte al igual que los sensores a utilizar.

Administración del Proyecto

La ejecución del proyecto se llevó a cabo bajo la guía del Syllabus de la clase de Proyecto Integrador, por lo que se tuvieron que fijar fechas de entrega de avances durante el desarrollo, sin embargo, al tratarse de un proyecto que requiere trabajos en acero como corte,

soldadura, torneado, fresado, barolado, tratamiento térmico, entre otros procesos; fue necesario dividir el proceso en cinco etapas, empezando por la etapa inicial en la que se fijaron los objetivos que debía cumplir la picadora de masa de acuerdo a los requerimientos del cliente para posteriormente realizar una investigación exhaustiva de temas como: comparación de otros equipos en el mercado, estudio de la biomasa, estudios de corte de ramas, funcionalidad de las picadoras de madera, etc. A continuación, se establecieron subsistemas para organizar los componentes de manera más estandarizada y bajo criterios de comparación entre cada subsistema se pueden elegir las opciones más viables para ser aplicadas en el prototipo.

La siguiente fase es la de planeación en la que se realizaron ensayos de laboratorio tomando muestras de las ramas que se pretendía triturar, estas ramas fueron sometidas a ensayos para determinar sus propiedades mecánicas como por ejemplo la tensión, para de esta manera calcular la fuerza de cizallamiento necesaria para su fractura. También se realizaron prototipos de cartón para simular la tolva y definir el mejor ángulo de entrada de la madera e incrementar su capacidad.

Obtenidos los datos de los ensayos y la información de la investigación se procedió a realizar los cálculos basados en criterios de diseño mecánico tanto para el sistema de corte, en el que se determinó el ángulo de inclinación adecuado de las cuchillas para cizallar la madera al igual que la potencia necesaria para realizar esa acción. En cuanto al sistema de transmisión se incluyen cálculos de la capacidad del motor, el diámetro de las poleas, la distancia entre centros de poleas y el número de bandas necesarias para garantizar la transmisión de potencia. También se calculó mediante iteraciones el diámetro mínimo que debería tener el eje del sistema de corte. Por último, se llevó a cabo el diseño y modelado de los todos los componentes en el software Inventor para obtener los planos de fabricación.

Una vez obtenidos los planos, se inició la etapa de ejecución que comenzó con la compra de la materia prima que fue sometida a diferentes procesos mecánicos a fin de obtener las piezas principales que componen el sistema que más adelante fueron ensambladas en el taller mecánico. El proceso de manufactura final de la máquina consistió en el montaje del motor, el sistema de corte y el sistema de transmisión, asegurando el ajuste y la lubricación adecuados.

Cuando la estructura se había terminado de montar se realizaron pruebas de corte con ramas de diferentes diámetros y con diferentes volúmenes de ingreso de material, esto permitió poner a prueba el sistema de corte y la calidad de las cuchillas. También se realizaron pruebas de funcionamiento del motor para determinar la configuración de encendido y el consumo de combustible. Luego, se realizaron pruebas de transporte de la máquina para medir su facilidad de maniobrabilidad en diferentes terrenos como pavimento, adoquines y principalmente en césped. Como punto final de esta etapa, se realizaron correcciones como el cambio de llantas, agrandar la agarradera de movilización, mejorar el sistema de tensión, entre otros.

Finalmente, con el prototipo ya construido y las correcciones efectuadas, se procedió a realizar el manual de uso y mantenimiento de la máquina, así como el desarrollo del portafolio final que incluye todos los detalles del proceso de manufactura del dispositivo. Cabe destacar que el siguiente cronograma de actividades se cumplió en un 90% habiendo que realizar pequeños cambios en las fechas por demoras en entrega de materiales o modificaciones mecánicas del prototipo mientras se encontraba en construcción. El diagrama de Gantt de la ejecución de este proyecto se puede observar en la sección de Apéndice C.

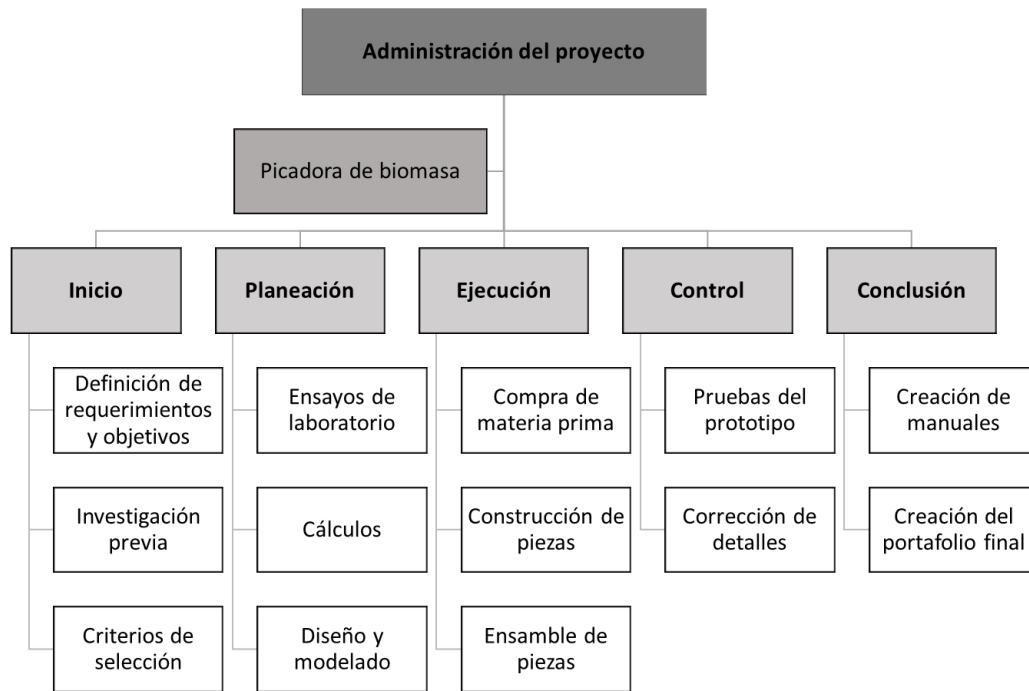


Figura 2 Cuadro conceptual de administración de proyecto

En cuanto al presupuesto, este se ha dividido en 4 categorías. Materiales, donde se detallan los metales comprados para las estructuras. Metalmecánica, mecanizado y tratamiento térmico que incluye los procesos de manufactura para la estructura metálica, el mecanizado del sistema de corte y las cuchillas. Sistema de transmisión que contiene la compra del motor, las poleas y las bandas. Finalmente, se encuentran los accesorios como lo son la pintura anticorrosiva, las chumaceras, las llantas, etc. Se puede encontrar la tabla detallando cada uno de los gastos en el Apéndice C.

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las categorías descritas con anterioridad al igual que su incidencia en el total de gastos. Se puede apreciar que la mayor incidencia de gastos recae en los servicios de metalmecánica, mecanizado y tratamiento térmico con un 51% del total de gastos. Esto se debe a la gran cantidad de procesos de manufactura que embarca la categoría. También, se debe tener en cuenta que el valor final de construcción del prototipo es de \$2042,02 y cabe mencionar que inicialmente se tenía un

presupuesto de \$1900. Por lo que existe un valor adicional de alrededor del 7% que fue utilizado para realizar correcciones y detalles adicionales.

Tabla 3 Resumen de gastos del prototipo

TOTAL DE GASTOS TRITURADORA DE BIOMASA			
Sistema	Detalle	Precio	Incidencia
Categoría: Materiales			17%
Estructura metálica	Planchas, ejes y perfiles	\$157,85	8%
Sistema de corte	Ejes, chavetas, plancha y placas	\$149,15	7%
Elementos de sujeción	Pernos, prisioneros, bisagras y tornillos sin fin	\$37,05	2%
Categoría: Metalmecánica, mecanizado y tratamiento térmico			51%
Metalmecánica	Corte, soldadura y posicionamiento	\$400,00	20%
Mecanizado	Portacuchillas, eje sistema de corte, poleas, chavetas, soldadura de paletas, barolado de bóveda, corte láser de ranuras, maquinado cuchillas	\$634,00	31%
Tratamiento térmico	Distensionado, precalentado, temple y revenido	\$10,78	1%
Categoría: Componetes de transmisión			25%
Componentes de transimisión	Motor, poleas y bandas	\$514,22	25%
Categoría: Accesorios			7%
Accesorios	Pintura anticorrosiva, thinner, discos de corte, llantas, chumaceras, regatón de patas, tacómetro y horómetro	\$138,97	7%
TOTAL		\$2.042,02	100%

Estándares de Ingeniería

ISO 4254-1:2013. Agricultural Machinery - Safety - Part 1: General

Requirements.

El alcance de este documento es señalar los requisitos de seguridad y las formas de verificar que el diseño y construcción de maquinaria empleada salvaguardan la seguridad del operario considerando los típicos peligros de la mayoría de estos dispositivos, esto se complementa en el manual del usuario con otras fuentes debido a la falta de acceso a la norma completa. Sin embargo, sí permite conocer la información básica que debe contener el manual del usuario en cuanto a operación y servicio.

Se especifica que el manual del operario incluya los siguientes contenidos: montaje y desmontaje de la máquina, movimiento de los componentes en posición de trabajo,

suplementación requerida por la máquina para su funcionamiento (hilo, fertilizante, agua, combustible), adaptación y ajuste de la máquina para el acoplamiento de piezas y accesorios. En cuanto al servicio, se menciona que se debe indicar las actividades que requiere el dispositivo para el mantenimiento y el intervalo de tiempo en el que debe realizarse. Tales actividades incluyen: abastecimiento de combustible, limpieza, engrasado, ajuste y reemplazo de partes. Además, se debe incorporar imágenes de señalización sobre seguridad en la máquina que se expliquen en el manual.

ISO 3767 – 1: 1998. Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment – Symbols for operator controls and other displays – Part 1: Common symbols.

Este documento establece la simbología a emplearse para indicar los controles de operación de maquinaria agrícola y forestal, además de jardinería motorizada. La tabla de contenidos de la norma incluye: símbolos generales, símbolos del motor, símbolos de transmisión, de frenos, de combustible e iluminación.

Como parte de simbología básica en el uso de maquinaria, para este proyecto esta norma se complementa con la de ANSI Z35.5 – 2011 que se explica en la siguiente sección.

ANSI Z535.4 – 2011 (R2017). American National Standard for Product Safety Signs and Labels.

Esta norma señala la presentación que ha de tener la simbología de seguridad empleada para la prevención de accidentes con el uso de maquinaria. Indica los enfoques gráficos necesarios para conseguir presentar los posibles peligros con el dispositivo de manera coherente y clara de tal manera que el operario reconozca las señales y los peligros.

Debido a la falta de acceso a la norma completa, se complementa la información obtenida mediante su vista previa con la información obtenida del portal web de ‘Safety Sign’

de ‘Brimar Industries’ (s.f), en donde se indica el formato que establece ANSI para la señalización de seguridad y se basa en la norma ANSI Z535 – 2011 (R2017).

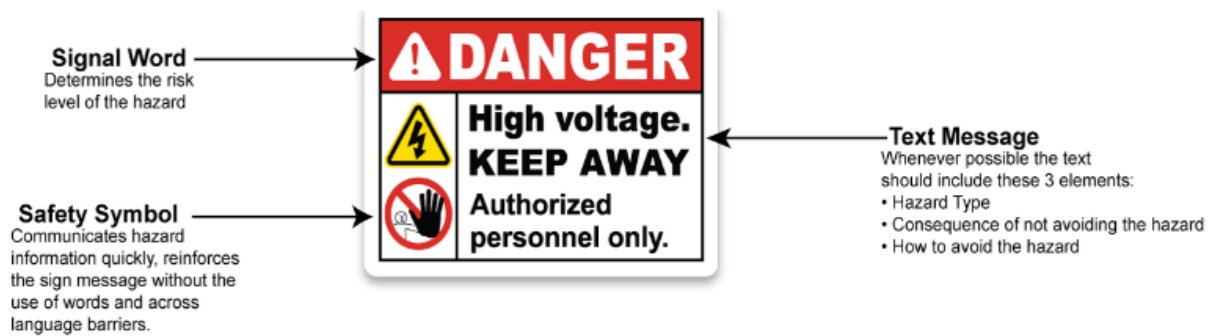


Figura 3 Formato de Señalización (ANSI Z353, 2017)

En primer lugar, se establece un formato en el que, se indique en primer lugar con una palabra de señal el nivel del riesgo, posteriormente un símbolo que comunique el peligro con rapidez sin la necesidad de usar palabras y, en caso de incluir texto, se requiere que este contenga el tipo de peligro, la consecuencia de no evitarlo y cómo hacerlo.

La señalización incluye alerta ante peligros, prohibición e imperativos. En cuanto a los símbolos de seguridad se dividen en dos: alerta del peligro y evasión de este, en el que un gráfico denota el peligro y sus consecuencias; mientras que, el otro orienta en cómo evitarlo.

ISO 13061-6:2014. Physical and mechanical properties of wood — Test methods for small clear wood specimens — Part 6: Determination of ultimate tensile stress parallel to grain.

Esta norma brinda las instrucciones para la determinación del esfuerzo de tensión máximo paralelo a la dirección del grano mediante la aplicación de carga axial aplicada a la muestra de madera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de materiales y componentes

En base a los requerimientos del cliente y tomando como ejemplo varios productos existentes en el mercado, se dividió el proyecto en distintos subsistemas con sus respectivos componentes. Esto se puede visualizar en el siguiente gráfico. Se debe recalcar que en la imagen se presentan los subsistemas en el orden en que fueron diseñados, ya que sin ciertos componentes no se puede proseguir con el siguiente.

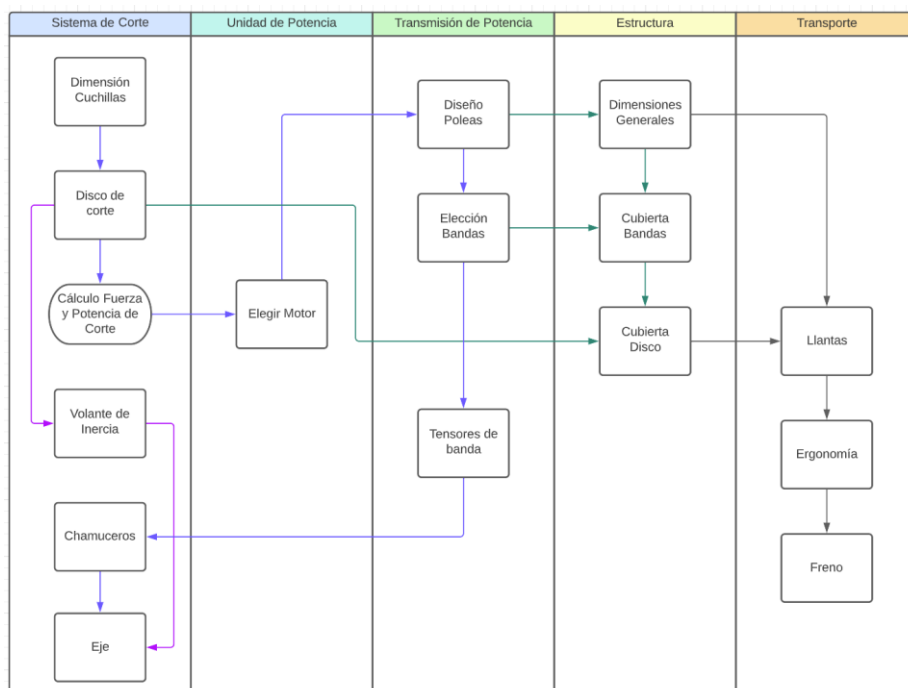


Figura 4 Diagrama de flujo del proceso de diseño

Subsistema de corte.

El primer paso fue diseñar el sistema de corte ya que es una parte fundamental del funcionamiento del prototipo. Las cuchillas fueron diseñadas en base a ciertas opciones de mercado al igual que la referencia de otros trabajos de titulación. De igual manera, se eligió el diseño del disco que sostiene las cuchillas. En este caso el ángulo de inclinación de la cuchilla debe ser de 30° ya que, según la experiencia carpintera (Labois, 2016), facilita el corte a través de las fibras de la madera. Se debe recalcar que el componente pasó por un

tratamiento térmico de temple para aumentar su dureza y uno de revenido para reducir tensiones superficiales. También, se debe mencionar la inclusión de un volante de inercia, lo que ayuda a mantener el torque de la operación una vez haya arrancado el motor. Al igual que se debe hablar de la utilidad de las paletas. Estas producen una corriente de aire, cuando está en funcionamiento el motor, que permite expulsar los trozos de biomasa triturados.

Para todos los componentes estructurales mencionados se utilizó una plancha de acero de alto espesor para poder proveer con la resistencia necesaria da la fractura dentro de esta pieza. Se debe recalcar la importancia funcional de este subsistema, por lo que su manufactura tiene una extrema importancia.

Subsistema de transmisión.

En el caso de este subsistema el primer paso es determinar el motor a usar. Según los cálculos preliminares de torque necesario y la potencia. En base a esto y en las opciones del mercado, se escogió un motor Honda de 6.5 hp, el cual incluye garantía. Luego se definió la relación y distancia entre las poleas. Para esto se realizaron cálculos de relación de velocidades y otras especificaciones según (Mott, 2004). A partir de los diámetros preliminares, se buscó las opciones disponibles en el mercado para definir la distancia entre poleas. Esto justifica la longitud del prototipo.

También, se definió la cantidad de bandas en base a cálculos. Tras una extensa investigación se encontró que las bandas en V tipo B son utilizadas en aplicaciones de baja potencia, pero con un torque considerable. Conociendo este dato y tras las ecuaciones, mostradas en el apéndice B (Budynass & Nisbett, 2012), se definió la necesidad de 4 bandas para evitar el desgaste excesivo de las poleas.

Subsistema de estructura.

Para este subsistema el proceso de diseño requirió varias subdivisiones. Primero se modeló y simuló la base metálica para definir las dimensiones de los perfiles de acero A36.

En este caso el de mayor espesor tendrá una mayor resistencia a la vibración a futuro alargando la vida de la estructura. Además, se monta en esta zona el mecanismo de tensión de la banda, el cuál consiste en una placa que puede desplazar radialmente el motor controlada por una tuerca y un tornillo. También se diseñó la bóveda, la cual se encarga de evitar que los trozos de biomasa triturados salgan volando en cualquier dirección. Su función principal es de protección durante la operación y también permite direccionar la salida de los trozos de biomasa. Finalmente, se realizó un cobertor para las bandas. El diseño fue implementado por seguridad durante la operación del prototipo.

Subsistema de transporte.

Dado el peso del prototipo se añadieron 3 llantas, 2 en la sección del subsistema de corte y 1 en el apoyo del motor. De esa forma aseguramos una forma fácil de movilizar el prototipo. En este caso se buscaron ruedas neumáticas para poder cursar de mejor forma terreno accidentado. Para este sistema elegido se añadieron también, 2 patas regulables buscando dar un seguro más sólido que una cuña en la rueda. En este caso, se componen por 2 tornillos sin fin que cruzan unas tuercas laterales. Así el mecanismo no molesta durante la operación y proporciona con una base sólida para la aplicación del prototipo.

Subsistema de sensores.

Para terminar, se decidió añadir un sistema de alertas y sensores al prototipo. Como consideración inicial se determinó la necesidad de conocer el nivel de gasolina, la velocidad del motor y las temperaturas de trabajo. Sin embargo, debido a ciertas consideraciones de garantía para el motor no se pudo realizar el diseño. En la versión final del prototipo, se colocó simplemente un sensor de velocidad y de contador de horas de operación. Este sensor es de tipo inductivo y funciona con señales de entrada desde la bujía del motor. Se debe recalcar que el tipo de sensor elegido incluye batería propia y es resistente a condiciones de intemperie.

Diseño para manufactura

Una vez definidos los componentes y sus materiales, se puede profundizar en el proceso de diseño de cada componente. En la siguiente serie de imágenes se detallan los procesos de manufactura de cada componente o subsistema complejo producido. Para la serie de diagramas de flujo realizados se debe aplicar la siguiente leyenda.

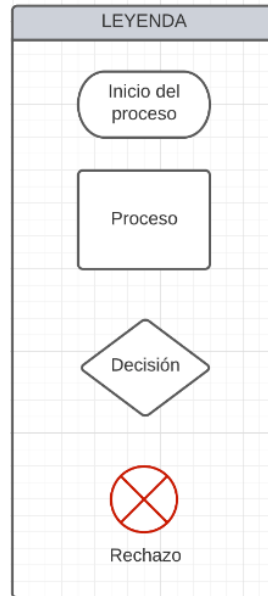
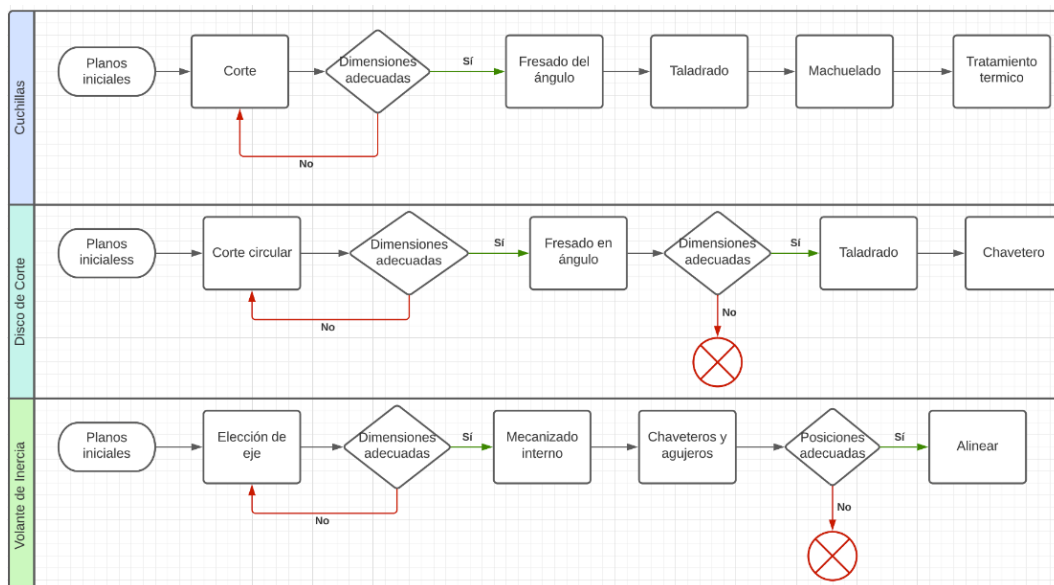


Figura 5 Leyenda para los diagramas de flujo de proceso



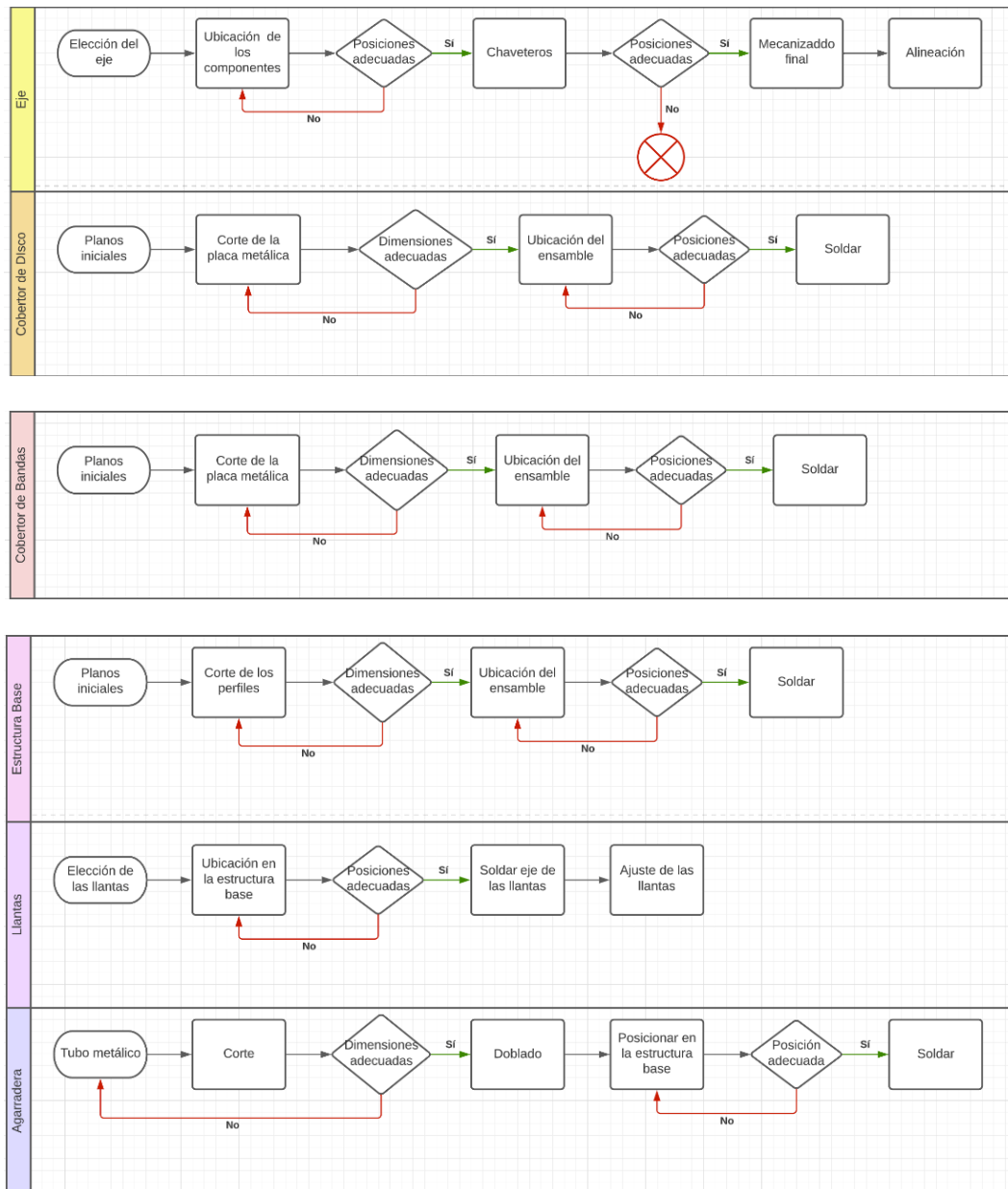


Figura 6 Diagramas de flujo de proceso de manufactura

Finalmente, se adjuntan las tablas de control del proceso para los componentes más críticos en el anexo E. En este caso las cuchillas debido a su tratamiento térmico y a todos los componentes manufacturados del eje, ya que estos deben alinearse a la perfección.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de ingeniería

En esta sección se presenta un resumen de los resultados obtenidos para los principales componentes de la máquina, los cálculos se detallan en el apéndice B, según la sección que se especifique para cada caso. Para iniciar el diseño del prototipo de la Picadora de Biomasa, se inicia por conocer la fuerza necesaria para cizallar madera. Para ello se realizaron ensayos de tracción sobre muestras tomadas de la reserva ecológica del cliente en el laboratorio de la USFQ. Con la ayuda de literatura y como se detalla en la sección 1.1, se encontró el esfuerzo cortante necesario. Se emplea para los demás cálculos la resistencia al cizallamiento del roble y se trabaja así con un factor de seguridad para las cuchillas de 2.15. Se determina mediante una investigación de bibliografía sobre carpintería que el ángulo de ataque óptimo para las cuchillas es de 30°.

Tabla 4 Resultados de Cálculos para el Diseño de las Cuchillas

Cálculo del esfuerzo cortante requerido [MPa]	6.51
Resistencia al cizallamiento del roble [MPa]	14.00
Factor de seguridad de cuchillas	2.15
Ángulo de ataque de las cuchillas (°)	30

Por otro lado, como se indica en el apéndice B (sección 6.1.2), mediante un análisis de fuerzas, se determina que la fuerza cortante necesaria para lograr el corte de la madera, con el factor de seguridad propuesto. Posteriormente, se calcula el torque que debe ser capaz de entregar la máquina a las cuchillas para un corte óptimo, gracias a lo cual se determinó la potencia requerida, siendo esta de 3.7. De tal manera que se eligió un motor de 6.5 hp siguiendo un factor de seguridad de 2.7.

Tabla 5 Resultados de Cálculos para la Potencia del Sistema

Fuerza cortante necesaria calculada [N]	235.12
Torque requerido [Nm]	10.99
Potencia necesaria [hp]	3.70

A continuación, se realizan los cálculos para el diseño del sistema de transmisión, compuesto por las bandas tipo V y las poleas mayor y menor. Mediante el uso de literatura y como se especifica en la sección 6.1.3, se determinó el uso de un factor de seguridad de 2 para el diseño de transmisión debido a que se trabaja con una máquina que puede ahogarse debido a la función que desempeña. En base a eso se encuentran los diámetros de las poleas, que corresponden con el tamaño empleado para el sistema. Posteriormente, se determina la distancia entre centros de las poleas, el número y tipo de bandas necesarios para obtener la transmisión de potencia deseada.

Tabla 6 Resultados de los Cálculos para el Diseño del Sistema de Transmisión

Potencia para el diseño de poleas [hp]	7.40
Diámetro de polea menor [in]	4.50
Diámetro de polea mayor [in]	6.50
Distancia entre centros [in]	11.18
Número necesario de bandas tipo V	4

Una vez que se conoce el peso de los componentes y el torque, se conoce las fuerzas a las que se encontrará sometido el eje, con lo que, mediante un análisis de fuerzas, se determina el grosor mínimo que debe tener el eje, por lo que para el diseño final se empleó un eje de 1 ½ pulgadas o 38mm. Finalmente, se realizaron cálculos sobre la fatiga a la que se encontrarán sometidas las cuchillas, con lo que se logró determinar su vida útil, por lo que en el manual de usuario se indica su cambio con cada mantenimiento que se le dé al motor, es decir cada 200 horas.

Tabla 7 Resultados de los Cálculos para el Eje y Cuchillas

Diámetro mínimo del eje [mm]	22.2
Vida útil de las cuchillas [h]	200

Finalmente, se realizaron simulaciones sobre la base metálica diseñada con diferentes espesores de los perfiles de los que esta se compone, de tal manera que se elige para el diseño final los espesores 40x4, debido a los resultados obtenidos en tales simulaciones, que se encuentran en detalle en la sección 6.7.

Tabla 8 Resultados de las Simulaciones sobre los Perfiles de la Base

	Perfil 25x4	Perfil 40x4
Esfuerzo de Von Misses [MPa]	27.42	25.62
Desplazamiento [mm]	0.025	0.05645

Así pues, siguiendo tales decisiones de diseño basadas en cálculos y simulaciones, se llega al siguiente prototipo final.



Figura 7 Prototipo Final

Plan de testeo del prototipo

Durante la etapa de pruebas del prototipo, se dividió el proceso en 4 análisis fundamentales. Primero, se realizó el sistema de corte mediante la trituración de una serie de ramas secas las cuales se listan en la siguiente tabla.

Tabla 9 Diámetro de la madera de ensayo - Prueba 1

N°	Diámetro mayor
1	8.06
2	10.23
3	10.64
4	12.8
5	13.12
6	14.7
7	15.97
8	21.7
9	23.6
10	25.8



Figura 8 Madera de ensayo de menor a mayor diámetro – Prueba 1

Se comprobó la capacidad de la máquina para cortar ramas secas a gran velocidad y con un alto torque. Se puede ver que el producto final tiene dimensiones bastante cercanas entre sí.



Figura 9 Madera de ensayo triturada - Prueba 1

La siguiente prueba involucró de igual manera el sistema de corte. En este caso se realizó el ensayo utilizando ramas verdes con los diámetros listados en la siguiente tabla.

Tabla 10 Diámetro de las ramas de ensayo - Prueba 2

N°	Diámetro mayor
1	12.13
2	18.76
3	25.32
4	38.8
5	46.5



Figura 10 Madera de ensayo - Prueba 2

Como resultado se obtuvieron trozos de madera de distintos tamaños, mostrando que el corte de ramas frescas resulta en resultados más erráticos.






Figura 11 Madera de ensayo triturada - Prueba 2

Para concluir con las pruebas del sistema de corte, se ingresaron cortezas y hojas en la máquina. Durante esta etapa del testeo surgieron algunos obstáculos, el principal de ellos la falta de corte. En el caso de la corteza, durante algunos segundos se sentía el bloqueo del sistema ya que existe demasiado espacio entre las cuchillas y el contra cuchilla para un trabajo adecuado en piezas delgadas. De manera similar, las hojas ingresadas no solían reducir su tamaño.

Para finalizar las pruebas se realizaron ensayos de transporte en los tipos de terreno listados en la tabla, donde se logró comprobar la facilidad de maniobra y transporte de la máquina. Como se puede deducir el transporte en cemento fue extremadamente fácil. En el caso del adoquín y el césped existía una mayor dificultad dado el aumento del coeficiente de fricción. Sin embargo, la adición de una tercera rueda facilita su movimiento increíblemente.

Tabla 11 Terrenos de prueba de transporte

Adoquín	Cemento	Césped
		

Seguridad por diseño

Como complemento a las decisiones de diseño realizadas mediante los cálculos y criterios de ingeniería previos, se realizó un análisis de los riesgos de operación y sus posibles soluciones. En la siguiente tabla se listan los riesgos generales identificados por cada componente y las medidas preventivas tomadas para su prevención.

Tabla 12 Matriz de riesgos y decisiones

Código	Descripción del riesgo	Prioridad = impacto x probabilidad	Responsable	Decisión	Estatus	Observaciones
1	Atrapamiento de extremidades o ropa durante el funcionamiento de las bandas	5 x 5 = 25	Cristina Montenegro	Diseñar un sistema que provea protección al operador.	Completa	La cubierta de las bandas es removible para poder realizar mantenimiento al sistema de transmisión.
2	Atrapamiento de extremidades o ropa durante el proceso de corte	6 x 5 = 25	David Bravo	Diseñar un sistema que provea protección al operador.	Completa	La cubierta del disco evita el atrapamiento durante el giro del componente.
3	Heridas cortopunzantes producidas por las cuchillas	5 x 4 = 20	David Bravo	Diseñar un sistema que provea protección al operador.	Completa	La entrada de la tolva dificulta el contacto directo con las cuchillas durante la operación.
4	Heridas cortopunzantes producidas por las cuchillas	4 x 4 = 16	Daniela Yépez	Utilizar equipo de protección personal al realizar el mantenimiento o cuando se encuentre descubierto el disco de corte.	Vigente	Especificar el EPP necesario para la manipulación de las cuchillas. Si es posible proveerlo.
5	Quemaduras durante el uso del motor	3 x 2 = 6	Shadén Haro	Asegurar que el escape del motor se encuentre lejos de la zona de operación. Incluir señalética de precaución.	Vigente	Dificultad en encontrar señalética durable en altas temperaturas.
6	Heridas debido a piezas sueltas	2 x 2 = 4	Shadén Haro	Chaveteros y espárragos para asegurar las piezas en el eje. Pernos y tuercas para asegurar los componentes sueltos	Completa	Se recomienda entregar un kit de herramientas o un listado de herramientas necesarias para aflojar las partes durante su mantenimiento.

Finalmente, en base a la prioridad se realizó la siguiente matriz. Donde el color rojo indica aquellas soluciones que es indispensable tomar y agregar al diseño, mientras que el color verde muestra los riesgos leves que pueden despreciarse.

Tabla 13 Matriz de prioridad

		RIESGOS encontrados				
IMPACTO	5				3	1 2
	4				4	
	3					
	2		6	5		
	1					
0		1	2	3	4	5
		PROBABILIDAD				

CONCLUSIONES

Resultados

Se logró obtener una máquina capaz de solventar el problema principal de nuestro cliente, la máquina cumple con los requerimientos de nuestro cliente y con los criterios ingenieriles establecidos de forma general. El diseño planteado por subsistemas arrojó los resultados esperados, partiendo desde una planificación de proyecto hacia el diseño preliminar y cálculos acompañados de simulaciones y gracias a la utilización de bibliografías como el libro de Shigley entre varias otras. Se logró obtener desde el planteamiento de poder cortar ramas de madera de hasta 50mm, las condiciones para cizallar las dichas ramas era de 235 N, 1.02 Kgf.m, y 3,7 hp con esa información se seleccionó el motor HONDA GX200, que tenía 1.35kgf.m y 6.5 HP lo que nos permitió trabajar con factores de seguridad mayores a 1,3 que es lo recomendable.

Posterior a ello se realizaron los cálculos para la selección de componentes de cada subsistema como en el de la potencia: transmisión de potencia, sistema de corte, estructura base transportable. De esta manera componentes como las poleas, bandas, espesores de materiales, ejes y diseño de cada sistema fue realizado ingenierilmente obteniendo así una máquina que una vez realizadas las pruebas físicas corroboró los cálculos efectuados sin presentar defectos ni carencias en diseño, de manera general la máquina se comportó correctamente llevándola al límite de los requerimientos planteados en un inicio. La máquina cortó de manera prevista ramas húmedas de hasta aproximadamente 50mm de espesor, que es el límite máximo planteado.

Discusión

Cabe recalcar que el resultado final obtenido tuvo varias complicaciones durante el proceso lo que implicó la realización de cambios que incluían rediseño, cambio de proveedores, reelección de materiales, entre otras cosas. Se realizó un diseño preliminar

investigando el mercado en cuanto a la competencia, disponibilidad de materiales y componentes. Una vez obtenida esa información se plantearon varias alternativas de diseño en cada subsistema teniendo en cuenta el presupuesto disponible y las restricciones planteadas. Sin embargo, mientras avanzaba el diseño se encontraron mejores alternativas como el posicionamiento de los materiales en la base, distintos mecanismos tensores y tomando en cuenta las restricciones que se tenían se tuvo que ajustar el diseño a estas.

Por otro lado, el momento de la construcción del prototipo final se presentaron inconvenientes en cuanto a la disponibilidad de materiales con los proveedores iniciales por lo que se tuvo que buscar alternativas y ajustes de presupuesto en estas como por ejemplo en las planchas y perfiles iniciales, para abaratar costos no se podía comprar planchas y perfiles completos ya que se iba a desperdiciar material e iban a incrementar los gastos, por lo que se tuvo que encontrar proveedores que accedan a vender material en la cantidad necesitada. Así mismo en el sistema de transporte se planteó un diseño preliminar que se modificó para la mejoría del producto final una vez se tuvo avanzado el prototipo físico final. Es importante denotar que ciertos componentes se tuvieron que adquirir de manera urgente para no retrasar la construcción de la máquina lo que perjudicó en adquirir las cotizaciones más favorables ya que perjudicaban en los tiempos de entrega final del proyecto.

Además, por el tiempo tan corto de planificación y construcción se tuvo que organizar el plan de manufactura para que si existiese algún percance no impacte el avance del proyecto significativamente. Es por ello por lo que cuando se inició la etapa de construcción fue fundamental el plan de manufactura ya que nos permitió organizar los procesos a realizar en cuanto a tiempo e inversión económica para adaptar los cambios de manera oportuna sin que signifique el aumento de gastos significativamente. Pese a todos los inconvenientes, el proyecto culminó satisfactoriamente en el tiempo requerido, con todos los requerimientos y problemas planteados solucionados.

Conclusiones

De manera general se puede decir que se cumplió con los objetivos planteados en primera instancia, se logró la obtención de una máquina capaz de cortar madera y transformarla en chips que servirán en un futuro para la elaboración de hummus. Si nos adentramos más podemos concluir que fuimos capaces de construir una máquina capaz de cortar troncos de hasta 5cm de espesor ya que se realizaron pruebas con la máquina de una rama húmeda de esa dimensión y la corto sin problema alguno, es decir se midió y corroboró el criterio ingenieril, aumentamos una agarradera más ergonómica para direccionar y transportar la máquina la cual tuvo excelentes resultados en encuestas simples de comparación de transporte con el anterior sistema.

De igual manera se logró encontrar llantas de mayor dimensión que facilitó enormemente al traslado del equipo y resultó mucho más fácil este en pruebas de campo. De igual manera se logró un volumen de capacidad de almacenamiento de un 35% mayor del primer prototipo con $0,014m^3$ de almacenamiento. Esto se corroboró tomando las dimensiones finales y realizando el cálculo del volumen interno. Lo cual supero nuestras expectativas obteniendo un volumen interno mayor al planteado como criterio ingenieril.

En cuanto a la mejora del sistema de transmisión con las poleas y bandas utilizadas el sistema funciona de manera correcta, se confirmó con cálculos realizados que era adecuado el sistema y de manera física que el sistema trabaje correctamente con los límites alcanzados a 3600rpm y cortando troncos maderas de los espesores límite, visualmente no se notó ningún desgaste en el periodo de pruebas. En cuanto a las dimensiones requeridas por el cliente se mantuvo un diseño horizontal que realizando las mediciones pertinentes conserva mayor longitud horizontal que vertical por lo que se cumplió con ese requerimiento visual por parte del cliente.

Otro de los requerimientos ingenieriles era el de mantener el sistema de corte, pero mejorarlo, por ello se realizaron cálculos para corroborar el ángulo de corte a utilizar siendo 30 grados el óptimo, se seleccionó el material para las cuchillas k353 especial para cizallar madera y se terminó obteniendo un sistema que se sustentaba tanto en cálculos como en pruebas su capacidad de corte. Por consiguiente, se tiene la implementación de sensores que antes no se tenía ninguno en el prototipo que se nos entregó sin embargo en el prototipo construido por nosotros se incluyó un medidor de revoluciones por minuto del motor y un horómetro que controla el tiempo de encendido del motor para poder realizar mantenimientos preventivos.

Finalmente se habla de la disminución de la máquina en peso de un mínimo de 25%, este último punto no se logró ya que se mantuvo una cercanía a los 125 kg porque se debía conservar los espesores elegidos para una correcta duración de los componentes y desempeño de la máquina, este objetivo no se cumplió sin embargo el requerimiento del cliente de este era para poder ayudar al fácil traslado en el área de trabajo, al solventar esto mediante la implementación de llantas adecuadas y una llanta de apoyo, no es necesario que el operador levante la máquina parcialmente como se hacía previamente por lo que con esto en consideración el objetivo principal de facilitar el transporte se ha conseguido.

Pasos Futuros

En caso de requerir el rediseño del prototipo se realizarán algunas recomendaciones y expectativas no cumplidas del proyecto. El primer punto por tratar es la reducción del peso del prototipo, lo que no se logró en esta iteración. El espesor de la placa metálica es fundamental para una larga vida útil, por lo que reducir el espesor de las paredes de la bóveda resultó imposible. Sin embargo, se podría analizar si un material con menor densidad podría otorgar la misma capacidad de resistencia que el utilizado. También, se recomienda simular los efectos de la vibración y el desgaste a largo plazo en el material escogido.

Otro punto importante es considerar el rediseño del sistema de corte. Se debería analizar a mayor profundidad el efecto de cada posibilidad de corte dentro del diseño del prototipo. Esto se recomienda buscando mejorar la eficiencia de futuros proyectos o iteraciones. Así se espera reducir los concentradores de esfuerzo en un elemento crítico del diseño.

De igual forma, se invita a crear un sistema de parada más estético y fácil de aplicar. Por el momento se requiere de varios movimientos repetitivos por parte del operador para movilizar las patas regulables, a futuro se busca reducir la cantidad de movimientos innecesarios. Otra solución a este problema es añadir una manivela que evite que el operador se agache constantemente para ajustar las patas.

También, se recomienda añadir un sistema de escobillas que limpien la parte inferior de la bóveda de cualquier residuo. Así podemos evitar que se atore el disco en caso de residuos en la bóveda. Además, se recomienda incluir un tamiz para asegurarse que todos los trozos producidos sean del mismo tamaño. Para implementar estas recomendaciones se debe analizar el método de trituración al igual que el diseño de la bóveda.

Tomando en cuenta la ubicación del disco y las cuchillas, los materiales cortados deben tener cierto espesor para el correcto funcionamiento del prototipo. Por lo tanto, se recomienda marcar el eje a las distintas dimensiones de luz dependiendo de las dimensiones del material a triturar. Esto implica tener un eje más largo y un manual de operación con mayor detalle de alineación para poder desplazar el eje según la necesidad del operador.

Finalmente, se debe mencionar el subsistema de sensores, donde se busca expandir las variables controladas. Se esperaría aumentar conseguir sensores de temperatura y nivel de gasolina. También es recomendable incluir un sistema de botón de paro de emergencia para evitar accidentes con el operador o daño a los componentes del prototipo. El principal obstáculo con este tipo de sistemas es la dificultad de instalar una fuente de voltaje externa.

REFERENCIAS

- Adracare Team. (Diciembre de 2020). *Types of Healthcare Information Systems*. Obtenido de Adracare: <https://www.adracare.com/blog/types-of-healthcare-information-systems>
- Agri Expo. (s/f). *Neumáticos R3*. Obtenido de Agriexpo: <https://www.agriexpo.online/es/fabricante-agricola/neumatico-r-3-1035.html>
- Ahumada, I. G., Cerón Cardeña, M., & Solís Rodríguez, L. (2004). *Revista Ingeniería*. Obtenido de Esfuerzos cortante y de tensión paralelos a la fibra en madera tropical de crecimiento: <https://www.revista.ingenieria.uady.mx/volumen8/esfuerzos.pdf>
- Amazon. (s.f.). *Landworks*. Obtenido de Picadoras, Trituradoras y Sesgadoras: https://www.amazon.com/Landworks-Trituradora-trituradora-resistente-capacidad/dp/B08M5YZKTB?ref_=ast_sto_dp
- Amazon. (s.f.). *Superhandy*. Obtenido de Picadoras, Trituradoras y Sesgadoras: https://www.amazon.com/-/es/dp/B07N137XQN/ref=emc_b_5_t?th=1
- ANSI Z535.4-2011. (2017). American National Standard for Product Safety Signs and Labels.
- AOM Suministros Industriales. (s/f). *Neumático Advance R4*. Obtenido de AOM Suministros Industriales: <https://www.aom.com.pe/producto/neumatico-advance-r4/>
- Bricolemar. (2021). *Biotrituradoras*. Obtenido de Brico-Lemar: <https://www.bricolemar.com/biotrituradoras/18502-biotriturador-a-gasolina-196cc-garland-chipper-780-qg-v20.html>
- Brimar Industries. (s.f.). *ANSI Format for Safety Signs*. Obtenido de Safety Sign: <https://www.safetysign.com/ansi-format>
- Brimar Industries. (s.f.). *ANSI Z535 Safety Symbols*. Obtenido de Safety Sign: <https://www.safetysign.com/safety-symbols>

Budynass, R., & Nisbett, K. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. México D.F: McGraw-Hill Education.

Cepeda, J. (2016). *Diseño y Construcción de una Máquina Trituradora de Capacidad 2,5 kg de Polietileno de Baja Densidad*. Obtenido de Repositorio Universidad Técnica de Ambato:

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24314/1/Tesis%20I.M.%20354%20-%20Cepeda%20Lascano%20Jaime%20Esteban.pdf>

Conversión de durezas según ASTM E 140-97. (1999). Obtenido de http://www.kansert.es/conv_dur.htm

Deformaciones en la Deflexión. (2005). Obtenido de Capítulo 8: <http://ing.unne.edu.ar/pub/Capitulo08-A05.pdf>

DINCORSA. (2016). *GLP: principales ventajas y desventajas*. Obtenido de <https://www.dincorsa.com/blog/glp-principales-ventajas-desventajas/>

DRIV. (2022). *All About Diesel Engines* . Obtenido de DRIV.

Fran. (14 de Marzo de 2015). *Partes principales de un coche de bebé*. Obtenido de Bebé busca silla: <https://www.bebebuscasilla.com/componentes-principales-de-un-cohecito-de-bebe/>

Gasparini Industries. (2017). *Elimina los defectos de cizallamiento en 4 pasos*. Obtenido de <https://www.gasparini.com/es/blog/elimina-los-defectos-de-cizallamiento-en-4-pasos/>

GBRAND. (2022). *G GreatCircleUSA - Cuchillas de repuesto para trituradora de madera LCE01*. Obtenido de AMAZON: <https://www.amazon.com/-/es/GreatCircleUSA-Cuchillas-repuesto-trituradora-madera/dp/B079C3ZFQ1>

Groover, M. P. (2012). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems*. John Wiley & Sons Inc.

Grupo Tractomaq. (s/f). *Catálogo R1*. Obtenido de Grupo Tractomaq:

<https://www.grupotractomaq.com/catalogo/armour-r1/>

HB Machinery Co., Ltd. (s.f.). *Máquina Roladora de Placa*. Obtenido de HB Machinery Co.,

Ltd.: <http://www.rollingmachine.com.es/plate-rolling-machine.html>

Hernandez, J. (2015). *Diseño de un Prototipo de Triturador de Desechos Orgánicos*.

Obtenido de UNAM:

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/8836/1/TESIS.pdf>

Ihobe, Sociedad de Gestión Ambiental del Gobierno Vasco. (2016). *ECODISEÑO PARA LA PROLONGACIÓN DE LA VIDA ÚTIL*. Obtenido de Slideshare:

<https://es.slideshare.net/Ihobe/ecodiseo-para-la-prolongacin-de-la-vida-til>

ISO 13061-6. (2014). *Physical and mechanical properties of wood — Test methods for small clear wood specimens — Part 6*.

ISO 3767-1. (1998). Tractors, machinery for agriculture and forestry, powered lawn and garden equipment — Symbols for operator controls and other displays — Part 1: Common symbols.

ISO 4254-1. (2013). Agricultural machinery — Safety — Part 1: General requirements.

Kaifeng Rainbow Machinery . (s/f). *Trituradora profesional de ramas de árbol, máquina*

trituradora de corteza de madera, trituradora de hojas de palma. Obtenido de

Alibaba: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/Professional-Tree-Branch-Crusher-Machine-wood-1600454993985.html>

Labois. (2016). *Cómo preparar el cepillo de carpintero en 4 pasos*. Obtenido de Labois Blog:

<https://labois.com/madera/preparar-cepillo-de-carpintero-4-pasos/>

Leon, D. (2022). *TWIN Angle Grinder HACK - Make A Twin Angle Grinder Powered Wood Chipper / DIY*. Obtenido de Diamleon Diy Builds:

https://www.youtube.com/watch?v=2K3iNduRCyI&ab_channel=DiamleonDiyBuilds

Llantas Industriales Victoria. (s/f). *Neumáticos radiales y convencionales*. Obtenido de Llantas Industriales Victoria: <https://www.livsa.com.mx/neumaticos-radiales-y-convencionales.htm>

Magri.cl. (2022). *Chipeadora*. Obtenido de Maquinarias Agrícolas:

<https://www.magri.cl/chipeadora-trituradora-de-tambor-65hp-2-r720-madera>

Make it Extreme. (2022). *Project 0103 / Making a Wood Chipper*. Obtenido de YouTube:

https://www.youtube.com/watch?v=WEu01T3JcvA&t=586s&ab_channel=MakeitExtreme

Martínez, F. (s.f.). *Metodología para el cálculo de la templabilidad de piezas de acero*.

Obtenido de Metodología para el cálculo de la templabilidad de piezas de acero:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9355/1/P09.pdf>

Material Educativo. (s.f.). *Seguridad en máquinas*. Obtenido de

<https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/Laura/material/Mec%Elnico.pdf>

Mayén, J., Segura, J., Serna, S., Molina, A., Flores, O., & Campillo, B. (2010). Evaluación de propiedades mecánicas de dos aceros grado herramienta AISI-O1, AISID2 y obtención de la concentración de esfuerzos en la geometría de mordazas de sujeción de especímenes compactos de tensión. *Sociedad Mexicana de Ciencia y Tecnología de Superficies y Materiales A.C.*, vol. 23, pp. 10-14.

mecanizados garrigues. (s.f.). *Tornos CNC*. Obtenido de mecanizados garrigues:

<https://www.mecanizadosgarrigues.es/blog/tornos-cnc/>

Mott, R. (2004). *Machine Elements in Mechanical Design*. New Jersey: Pearson Education.

- Muñoz, C., Moliner, E., Vidal, R., Justel, D., & García, M. (2010). *ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE DISEÑO PARA EL FIN DE VIDA*. Obtenido de XIV INTERNATIONAL CONGRESS ON PROJECT ENGINEERING:
http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/2152/CIIP10_2369_2380.PDF?sequence=1&isAllowed=y
- Patricia, S. (2022). *El Universo* . Obtenido de Una nueva migración hacia el consumo de GLP taxis se registra por altos precios de las gasolinás.
- Qingdao Shengbo Industry And Trade. (s/f). *Carretilla grande decorativa para construcción de jardín, gran oferta, 3800*. Obtenido de Alibaba:
<https://spanish.alibaba.com/product-detail/Hot-selling-Heavy-Duty-Garden-Construction-1600502553152.html>
- Ramirez, G. (1990). *Diseño de una Cizalla para Corte de una Lámina*. Cali. Obtenido de <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/3592/T0001483.pdf;jsessionid=B0>
- Ramos, F., & Vega, K. (Marzo de 2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA TRITURADORA DE HOJAS SECAS DE GUAYUSA CON UNA CAPACIDAD DE 6.5 QUINTALES POR HORA*. Obtenido de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10287/3/CD-6137.pdf>
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2021). *DICCIONARIO*. Obtenido de ASOCIACIÓN DE ACADEMIAS DE LA LENGUA ESPAÑOLA: <https://dle.rae.es/diccionario>
- RODES. (2015). *RODES*. Obtenido de ¿Qué tipos de motores existen y cuáles son sus características?: <https://www.ro-des.com/blog/tipos-de-motores-y-sus-caracteristicas/#glp>

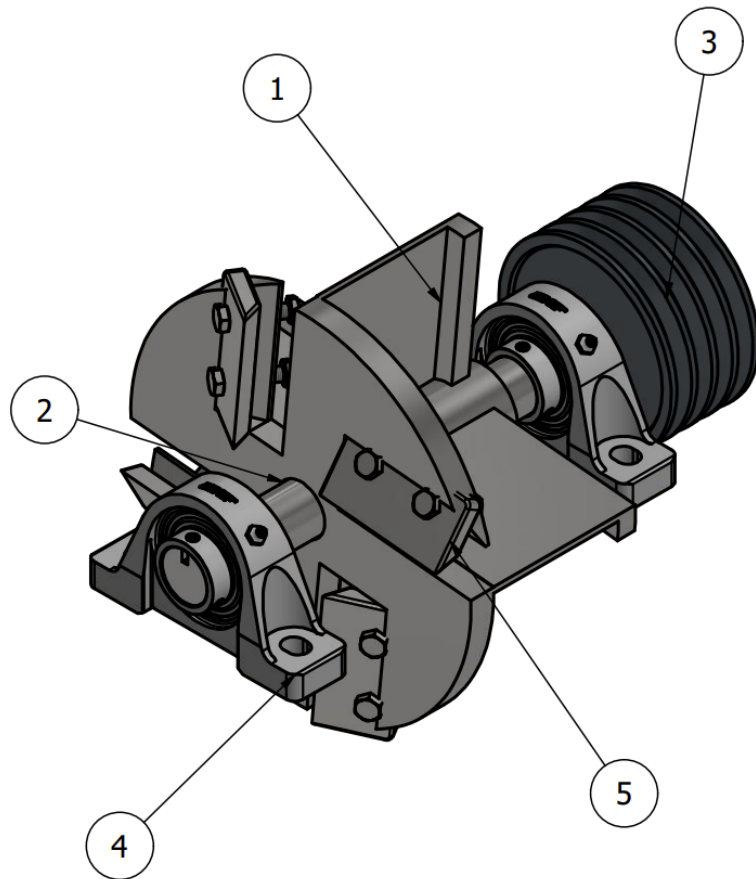
- ScrewFix. (2022). *The Handy THPDS65 208CC Petrol Drum Chipper Shredder*. Obtenido de https://www.screwfix.com/p/the-handy-thpds65-208cc-petrol-drum-chipper-shredder/248kt#product_additional_details_container
- Silvia, O. (2021). *Carnovo*. Obtenido de ¿Qué es el GNC? Ventajas e inconvenientes: <https://carnovo.com/es/guias/gnc-ventajas-inconvenientes/>
- SIMEC. (2022). *SINOVO MACHINERY ENGINEERING*. Obtenido de WOOD SHREDDER: <https://www.simecpellet.com/wood-shredder.html>
- SUIREZS, T. M. (2009). *editorial unam*. Obtenido de DESCRIPCIONES DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MADERA: https://editorial.unam.edu.ar/images/documentos_digitaes/f5_978-950-579-154-5.pdf
- Tefera, Olivia. (14 de Septiembre de 2020). *Bloqueos de ruedas: seguridad y función de desbloqueo*. Obtenido de Motion Composites: https://www.motioncomposites.com/en_intl/community/blog/tips-and-tricks/wheel-locks-unlocking-safety-and-function?__from_store=en_us
- Tonicomsa. (s/f). *Sistema De Brazo Pescante Advanced*. Obtenido de Tonicomsa: <https://tonicomsa.com/producto/sistema-de-brazo-pescante-advanced/>
- Villar, J. R., Corbacho, A. J., Moya, M., & Vidal, P. (2019). *Determinación de los coeficientes de rozamiento en piezas de madera de castaño de procedencia española y su aplicación estructural*. Obtenido de X Congreso Ibérico de Agroingeniería: <https://zaguan.unizar.es/record/84455/files/3409.pdf>
- Vyo Panamá. (s/f). *Chipper GTS600*. Obtenido de Vyo Panamá: <https://www.vyopanama.com/product/trituradoras/chipper-gts600/>


ANEXO A: PLANOS DE INGENIERÍA

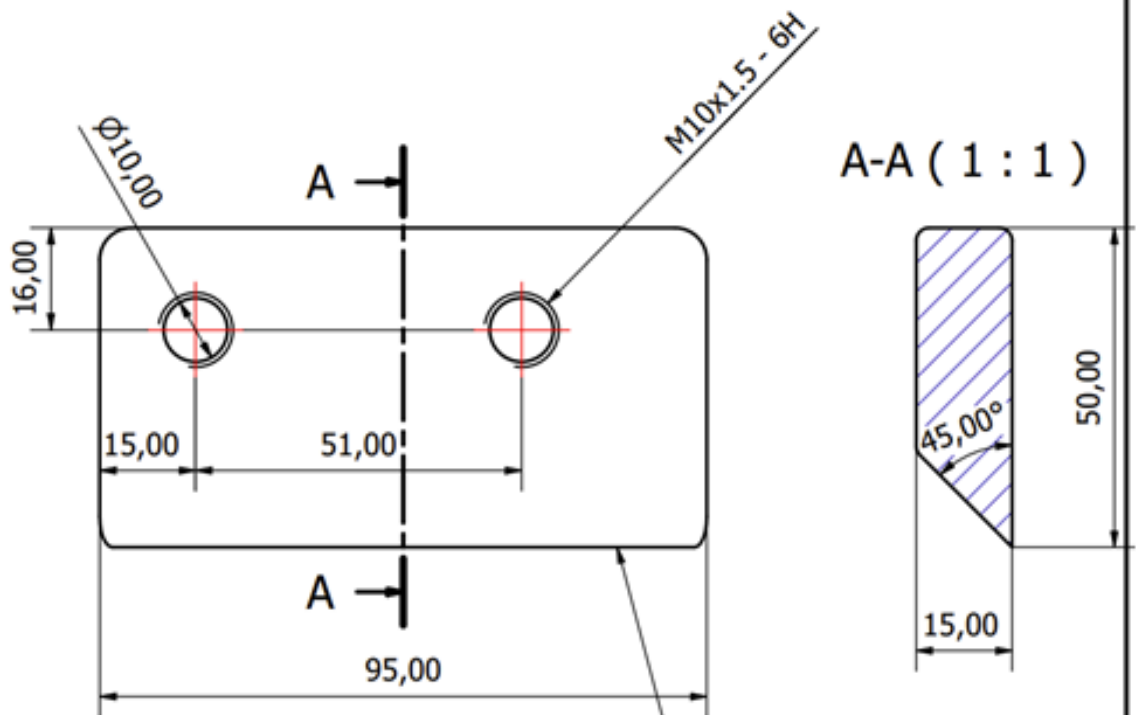
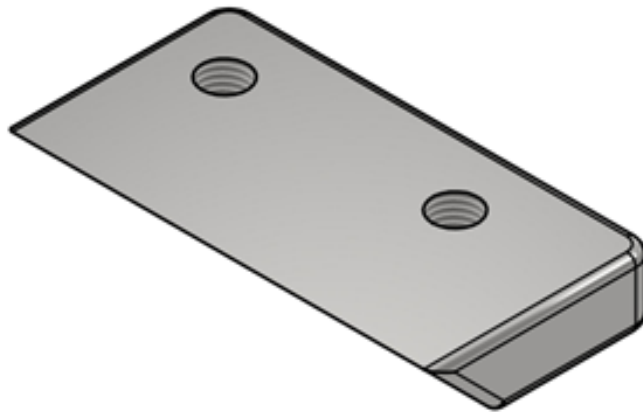
The diagram shows an exploded view of a biomass shredder. The main assembly includes a metal frame (10), a Honda G X 200 motor (11), a hopper (12), a drive pulley (9), a smaller pulley (2), a drive belt (4), and a roller assembly (15). The roller assembly consists of a roller (5) supported by a frame (16) with rollers (6) and a support structure (17). The machine is mounted on a chassis with pneumatic tires (7) and axles (8). A detailed view 'A' (1:10) shows the pulley assembly with a pulley (2), a roller (5), and various fasteners (13, 14, 16).

Lista de Partes			
Ítem	Cnt.	Nombre de Parte	Descripción
1	2	Prisioneros Eje	Prisioneros 1/2" x long 1/2"
2	1	Polea Menor	Polea PIX 10mm
3	1	Tolva de Entrada	TDB - SE - 00W
4	1	Cubierta de Banda	TCM - 001 - 000
5	2	Pernos y tuercas de Cubierta de Banda	Pernos y Tuercas de 3/8"
6	4	Bandas tipo B	Bandas tipo BB 55" RMA 17 mm
7	2	Llanta Neumática	Rueda Carretilla Neumática 4.10 /3.50 - 4
8	1	Eje Llantas	TSH - BS - 004
9	1	Polea Mayor	Polea PIX 17mm
10	1	Estructura Metálica	TCM 002- 000 - 001, 002
11	1	Motor	Motor Honda G X 200
12	1	Carcasa parate de Arriba	TDB - SE - 002 W
13	2	Chumaceras	AYP_001_HC_HH_HY
14	4	Tuercas, arandelas planas y de presión chumaceraas	1/2 " x 1 . 1/2"
15	1	Rueda de Poliuretano	Garrucha Giratoria 4" Poliuretano
16	4	Pernos y tuercas carcasa	Pernos y tuercas 5/16" x 1 . 1/2"
17	4	Pernos y tuercas tolva	Pernos y tuercas 5/16 x 1 1/4"
18	1	Disco con Cuchillas	TDY - SC - 002 - W
19	1	Eje	TDY SC 003

Tolerancias: ± 1 mm	Peso: N/A	Material:												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Dib.</th> <th>Fecha</th> <th>Nombre</th> </tr> <tr> <td>07/12/2022</td> <td>22/11/2022</td> <td>C. Montenegro</td> </tr> <tr> <td>15/12/2022</td> <td>07/12/2022</td> <td>D. Yepéz</td> </tr> <tr> <td></td> <td>15/12/2022</td> <td>S. Haro</td> </tr> </table>		Dib.	Fecha	Nombre	07/12/2022	22/11/2022	C. Montenegro	15/12/2022	07/12/2022	D. Yepéz		15/12/2022	S. Haro	Pieza: Ensamble Partes Picadora de Biomasa Escala: 1 : 12
Dib.	Fecha	Nombre												
07/12/2022	22/11/2022	C. Montenegro												
15/12/2022	07/12/2022	D. Yepéz												
	15/12/2022	S. Haro												
1		Código: TMC- 000 - 001 Proyecto:												




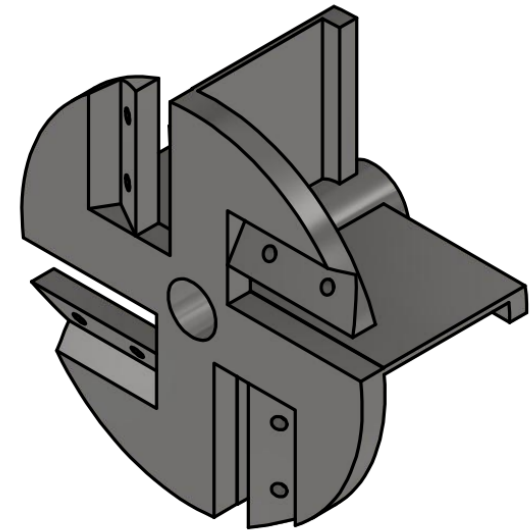
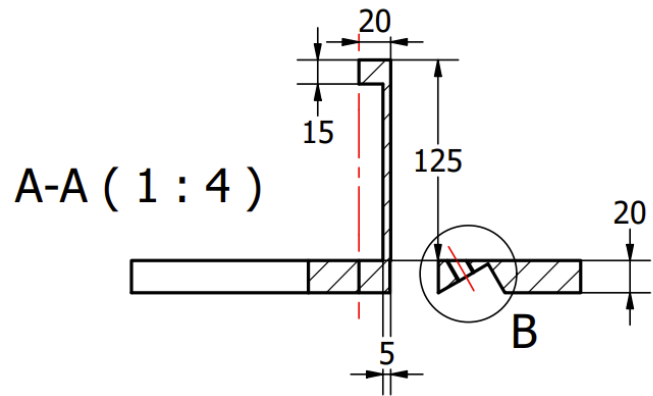
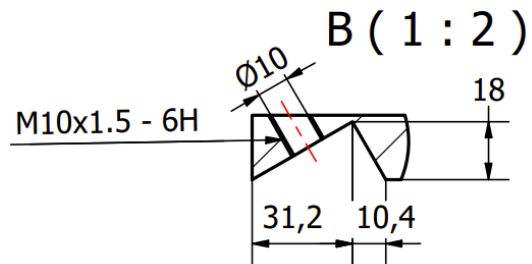
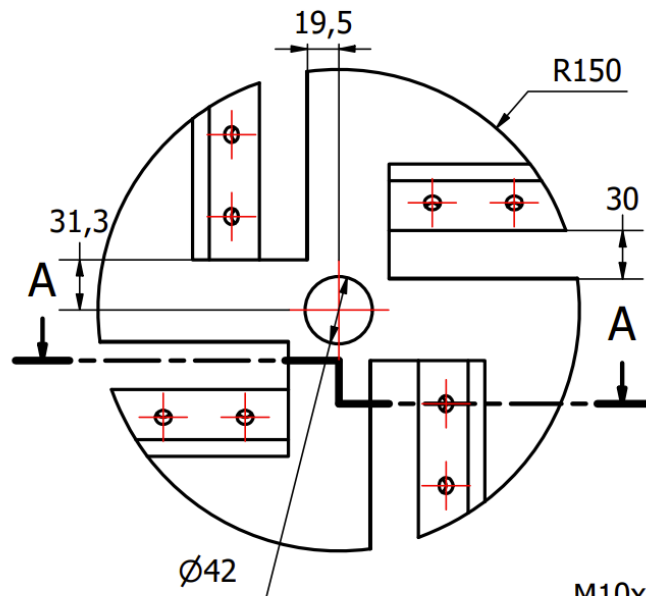
Lista de Partes			
Ítem	Cnt.	Parte	Descripción
2	1	Eje	Plano TDY - SC - 003
3	1	Polea Mayor	Polea PIX 17 mm (Ext) 6.1/2" PODAU 1065
4	2	Chamucera	AYP_001_HC_HH_HY
1	1	Disco para cuchillas	Plano TDY - SC - 002
5	1	Cuchilla	Plano TDY - SC - 001
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material:
	Fecha	Nombre	Pieza: Sistema de Corte
Dib.	13/11/2022	D. Yépez	
Rev.			
Aprb.			
2			Código: TDY - SC - 000
			Proyecto: TDY



Notas:

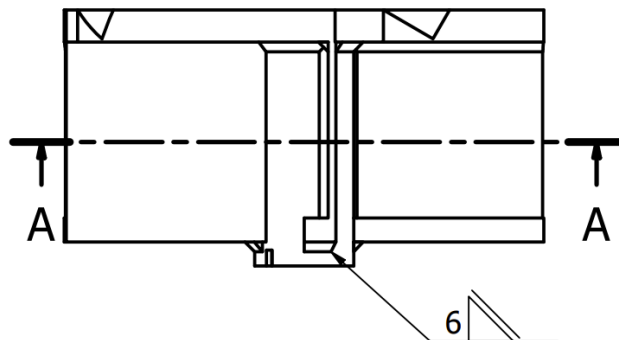
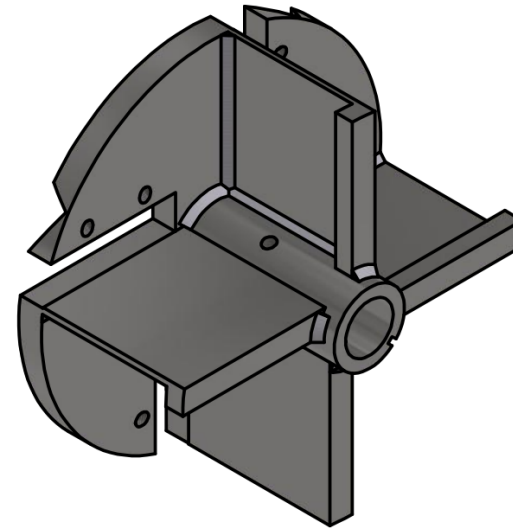
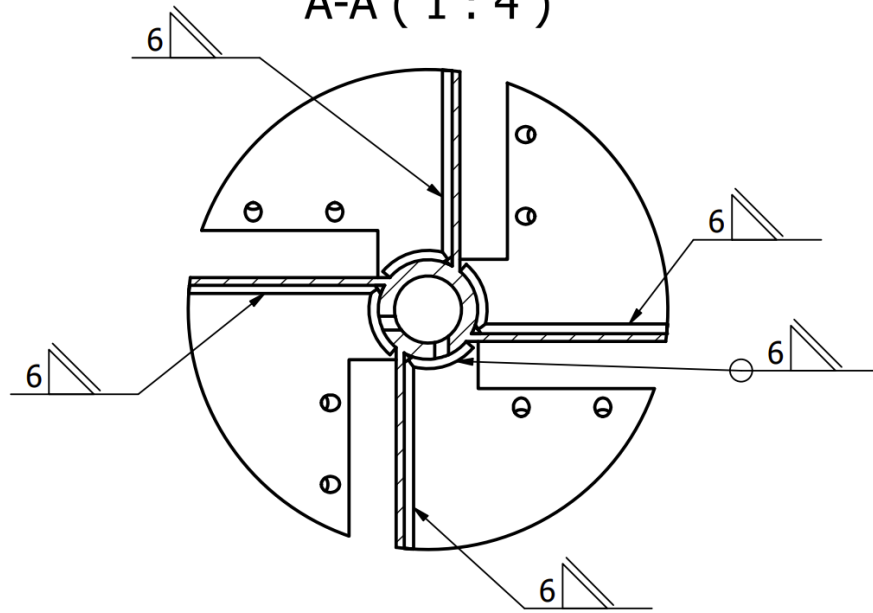
- Materia Prima: 4 pedazos de acero K110 98x54x15mm (+-1mm)
- Lados desiguales
- limar todos los lados excepto el filo de la cuchilla
- Cantidad de piezas a elaborar: 4
- Recomendación: maquinado (torno-fresa) lento, pieza para posterior tratamiento térmico de templado.

Tolerancias: ± 0.5 mm	Peso: N/A	Material: ACERO BOHLER K110	
Dib. 2/10/2022	Fecha	Nombre	Pieza: Cuchilla
Rev. 08/12/2022		D. Bravo	
Aprb.			Escala: 1 : 1
3			Código: TDY - SC - 001
			Proyecto: TDY

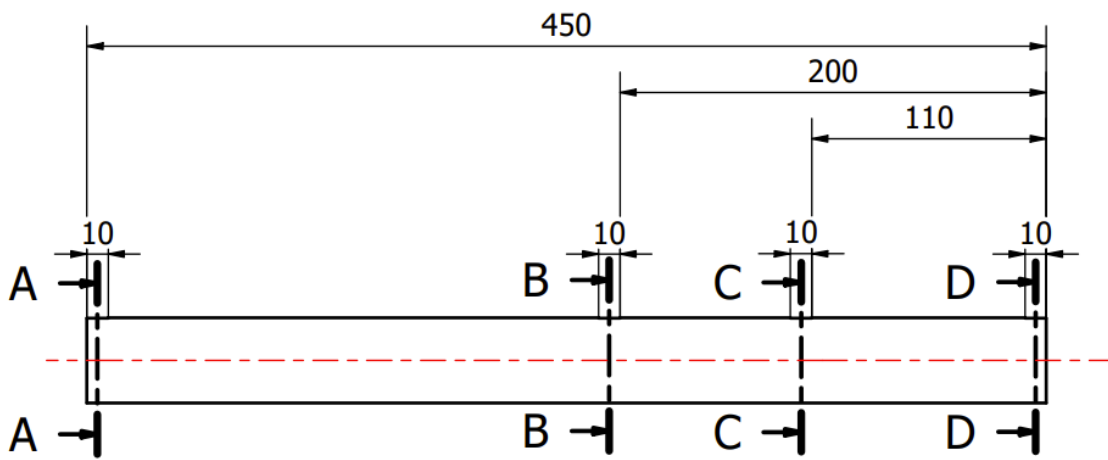
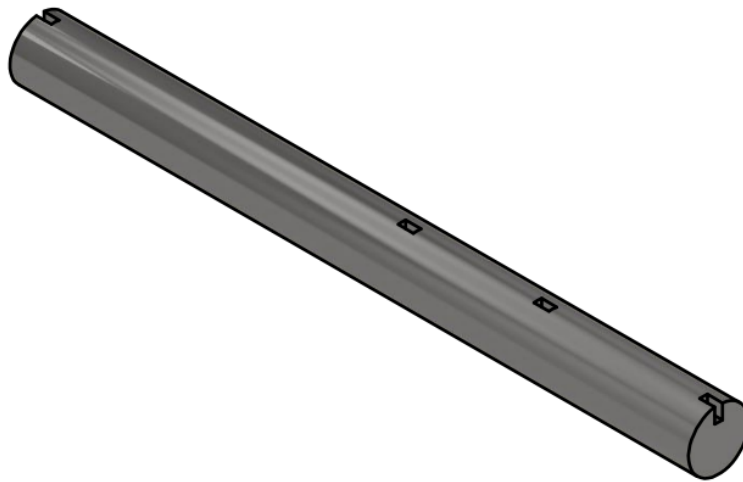


Tolerancias: ± 1,0 mm		Peso: N/A	Material: Acero A36	
Dib.	Fecha	Nombre	Pieza: Disco para cuchillas	Escala: 1 : 4
Rev.	2/10/2022	D. Yepez		
Aprb.				
4	 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Código: TDY - SC - 002	Proyecto: TDY

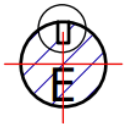
A-A (1 : 4)



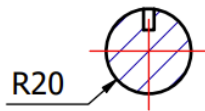
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: Acero A36 - Soldadura	
	Fecha	Nombre	Pieza: Disco para cuchillas	Escala: 1 : 4
Dib.	3/12/2022	D. Yepez		
Rev.				
Aprb.			Código: TDY - SC - 002 - W	Proyecto: TDY
5				



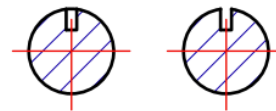
A-A (1 : 3)



B-B (1 : 3)

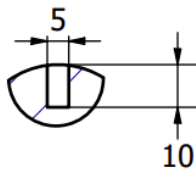



D-D (1 : 3)

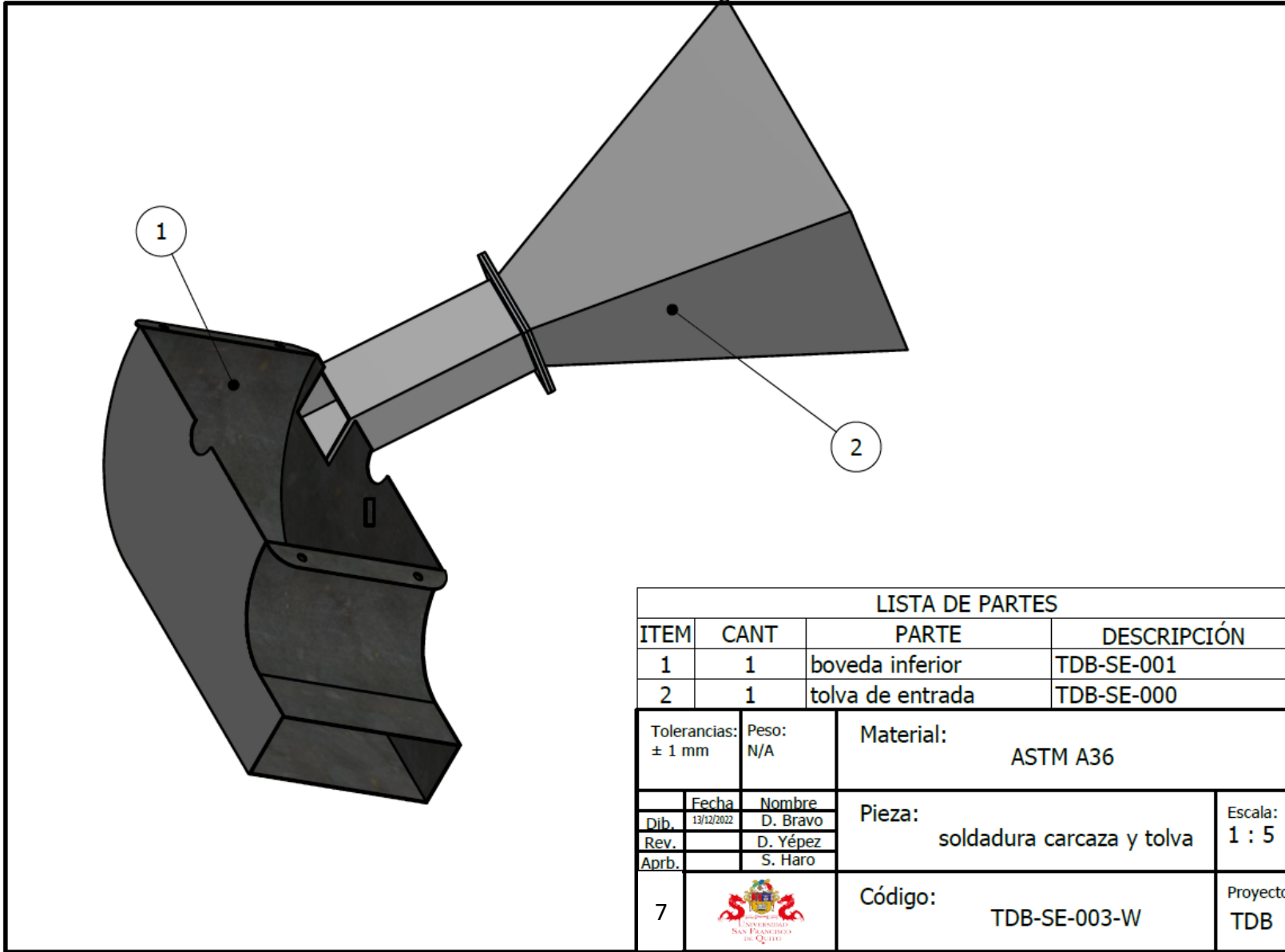


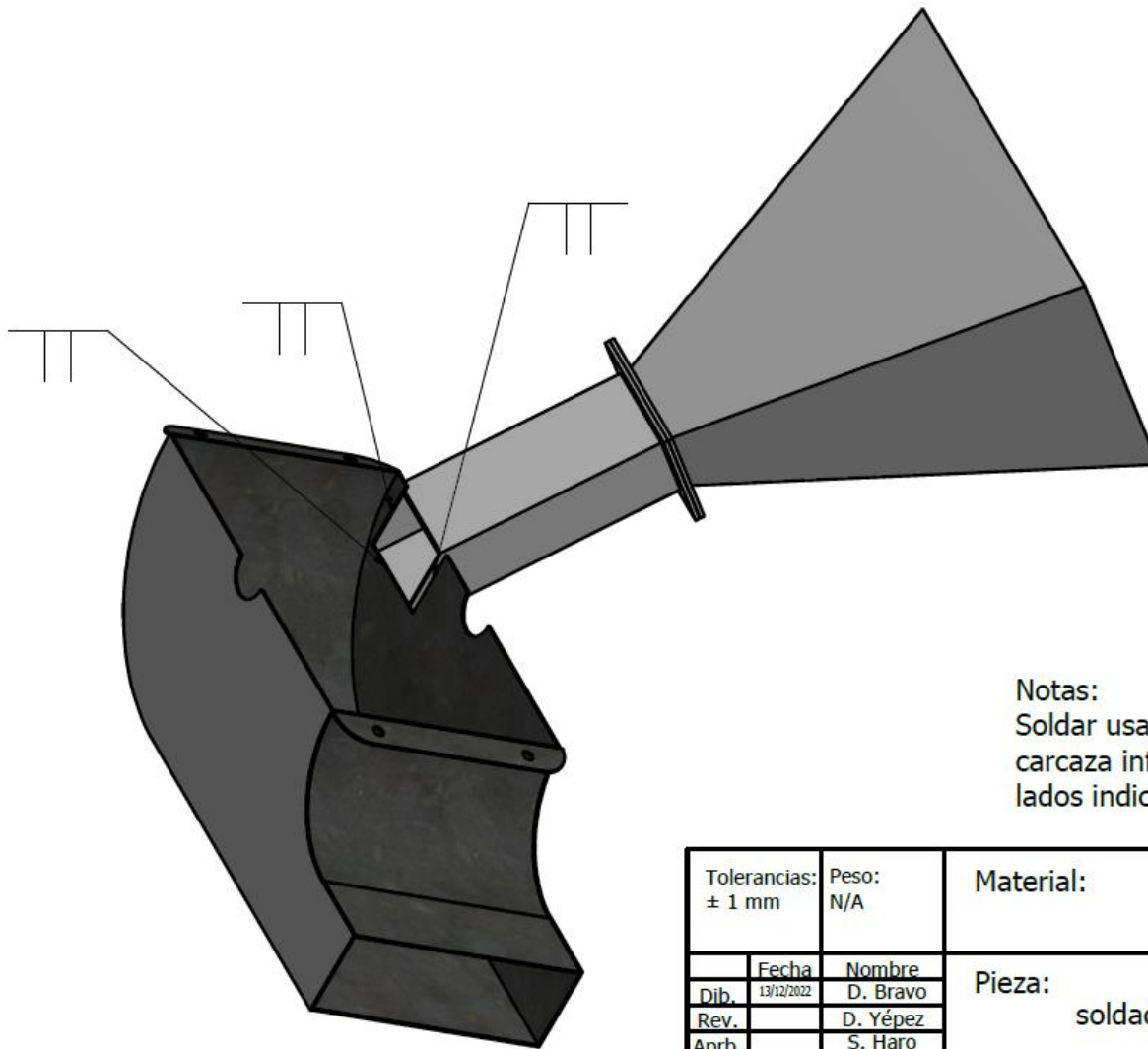
C-C (1 : 3)

E (2 : 3)




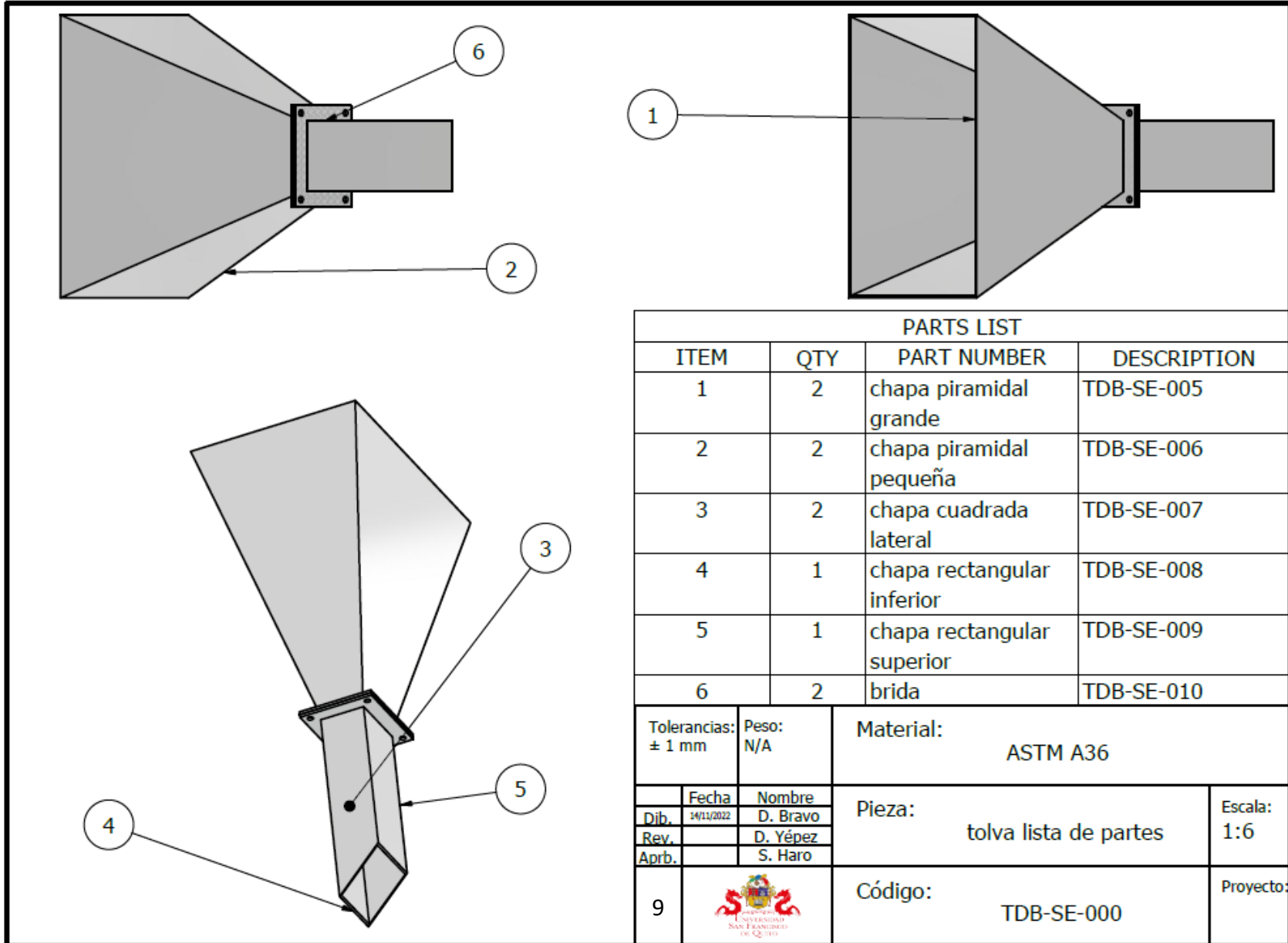
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: Steel, Galvanized	
Fecha Dib. 3/11/2022		Nombre D. Yepez		Pieza: Eje
Rev.				
Aprb.				Escala: 1 : 3
6			Código: TDY SC 003	
			Proyecto: TDY	





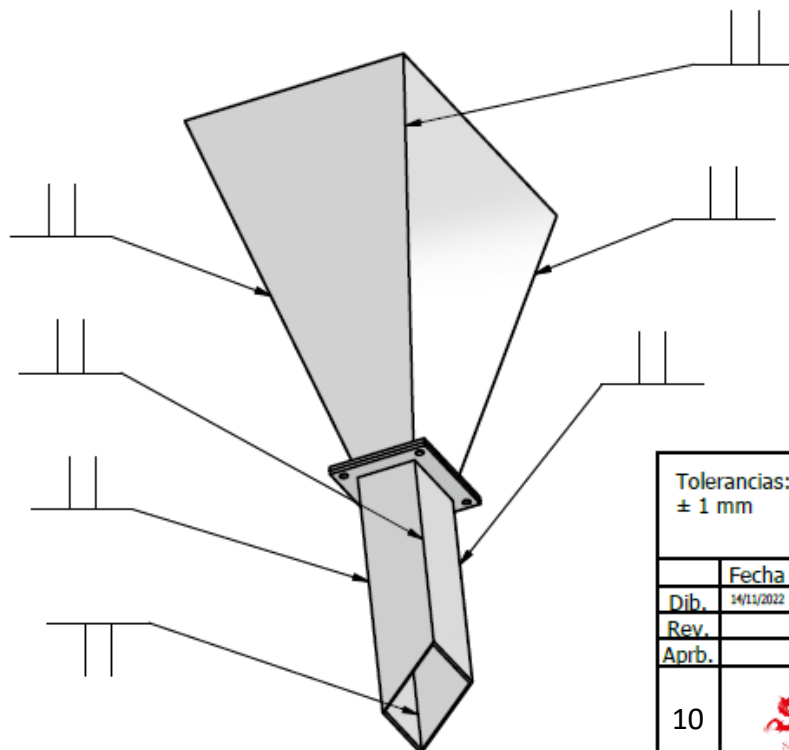
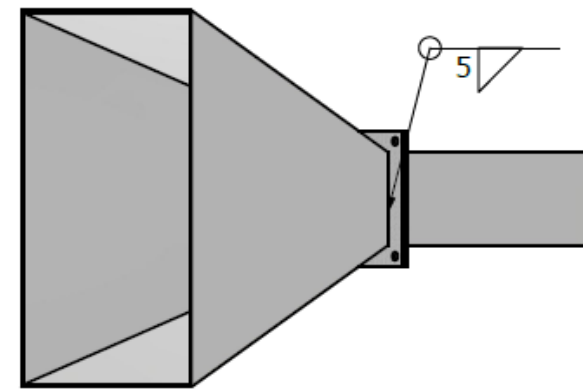
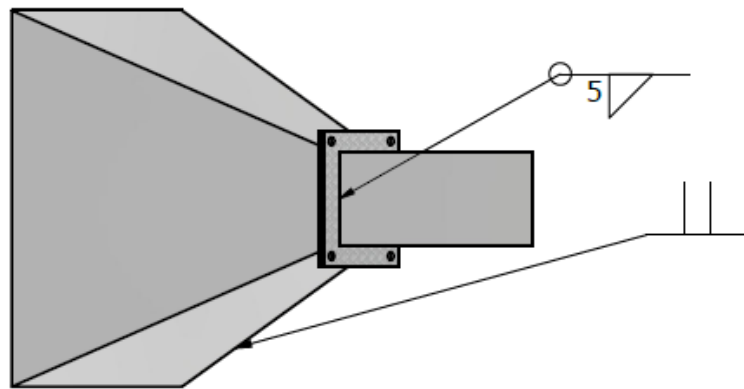
Notas:
Soldar usando MIG, solo se suelda la carcasa inferior con la tolva en los tres lados indicados a tope.

Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
Dib.	Fecha 13/12/2022	Nombre D. Bravo	Pieza: soldadura carcasa y tolva	Escala: 1 : 5
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
8			Código: TDB-SE-003-W	Proyecto: TDB




PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	chapa piramidal grande	TDB-SE-005
2	2	chapa piramidal pequeña	TDB-SE-006
3	2	chapa cuadrada lateral	TDB-SE-007
4	1	chapa rectangular inferior	TDB-SE-008
5	1	chapa rectangular superior	TDB-SE-009
6	2	brida	TDB-SE-010

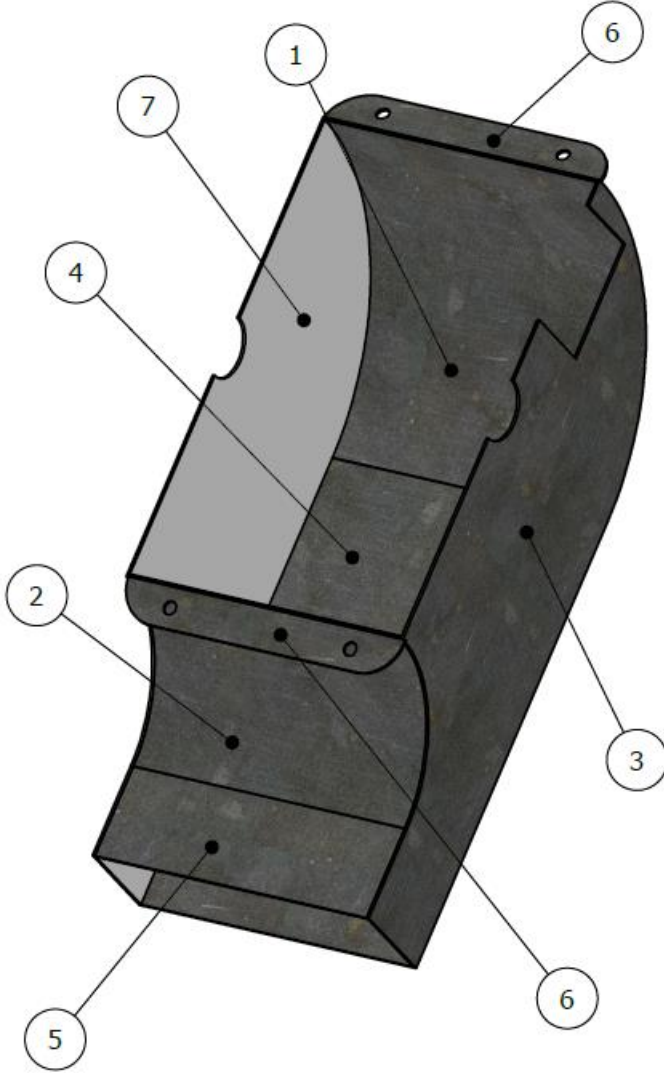
Tolerancias: ± 1 mm	Peso: N/A	Material: ASTM A36	
		Pieza: tolva lista de partes	Escala: 1:6
9		Código: TDB-SE-000	Proyecto:




Notas:

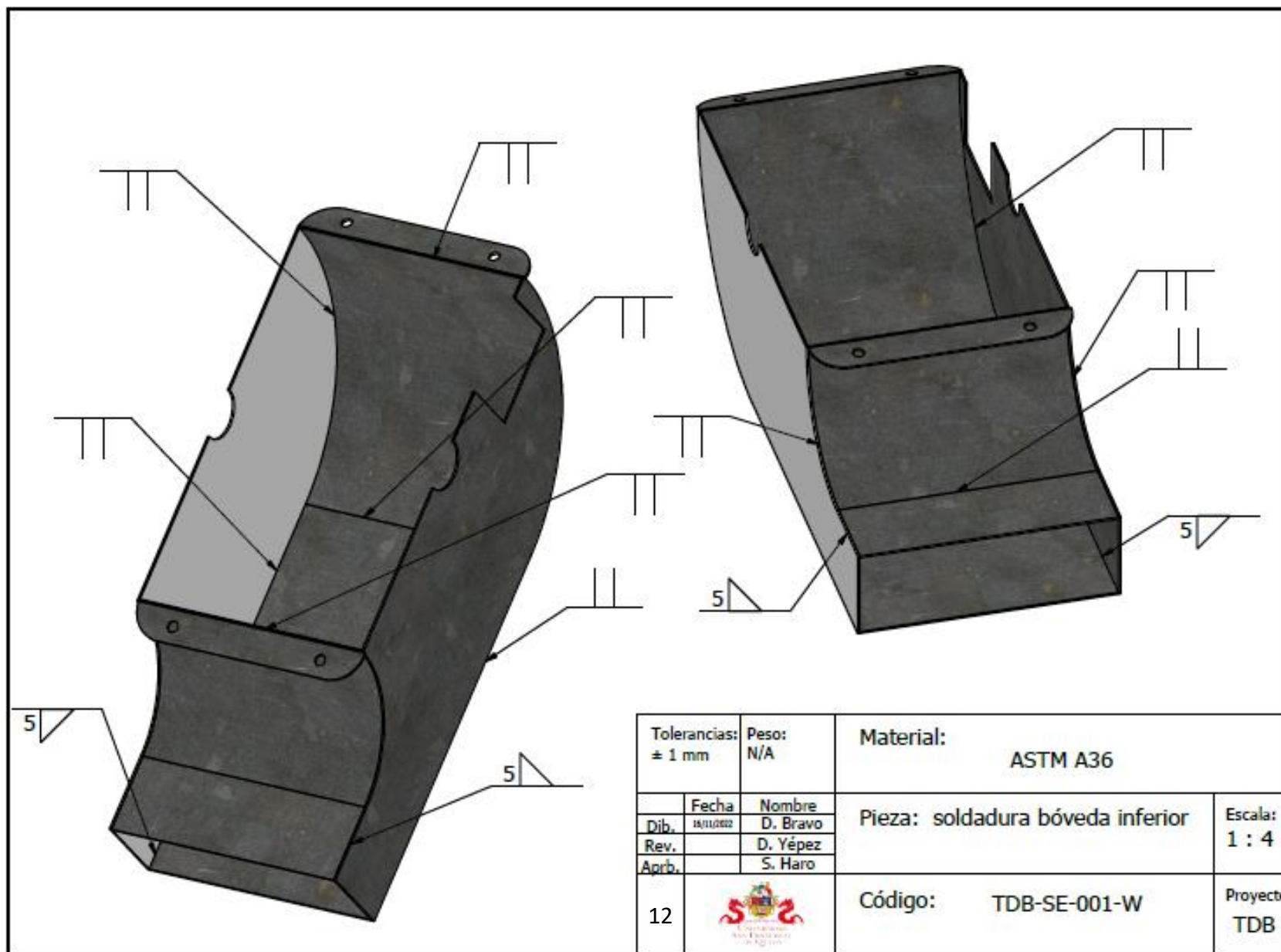
- Soldadura MIG, a baja corriente sobre todo el las planchas de 2mm.
- No existe ninguna soldadura entre bridas estas van con pernos.

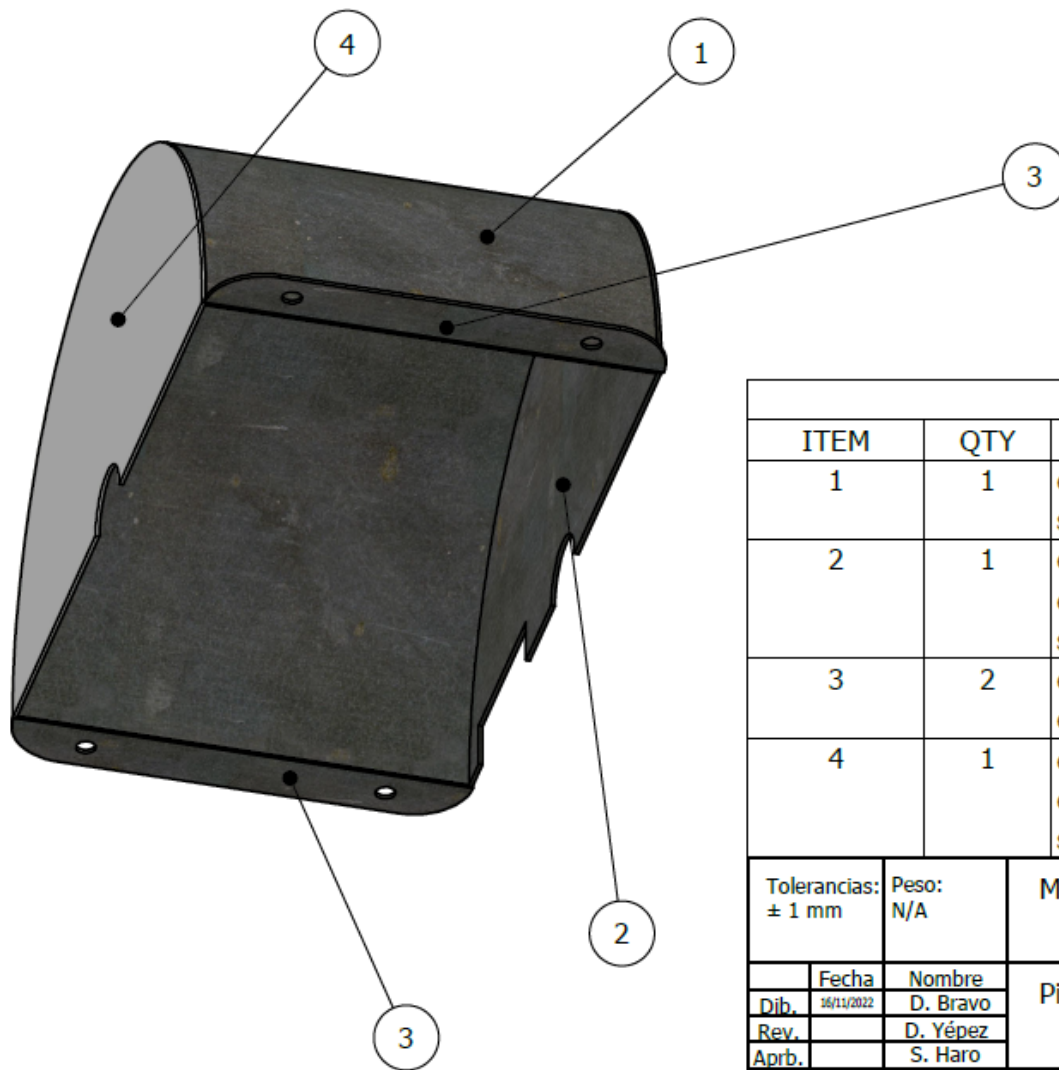
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
Dib.	Fecha	Nombre	Pieza: soldadura tolva de entrada	Escala: 1:6
Rev.	14/11/2022	D. Bravo		
Aprb.		D. Yépez S. Haro		
10			Código: TDB-SE-000-W	Proyecto: TDB



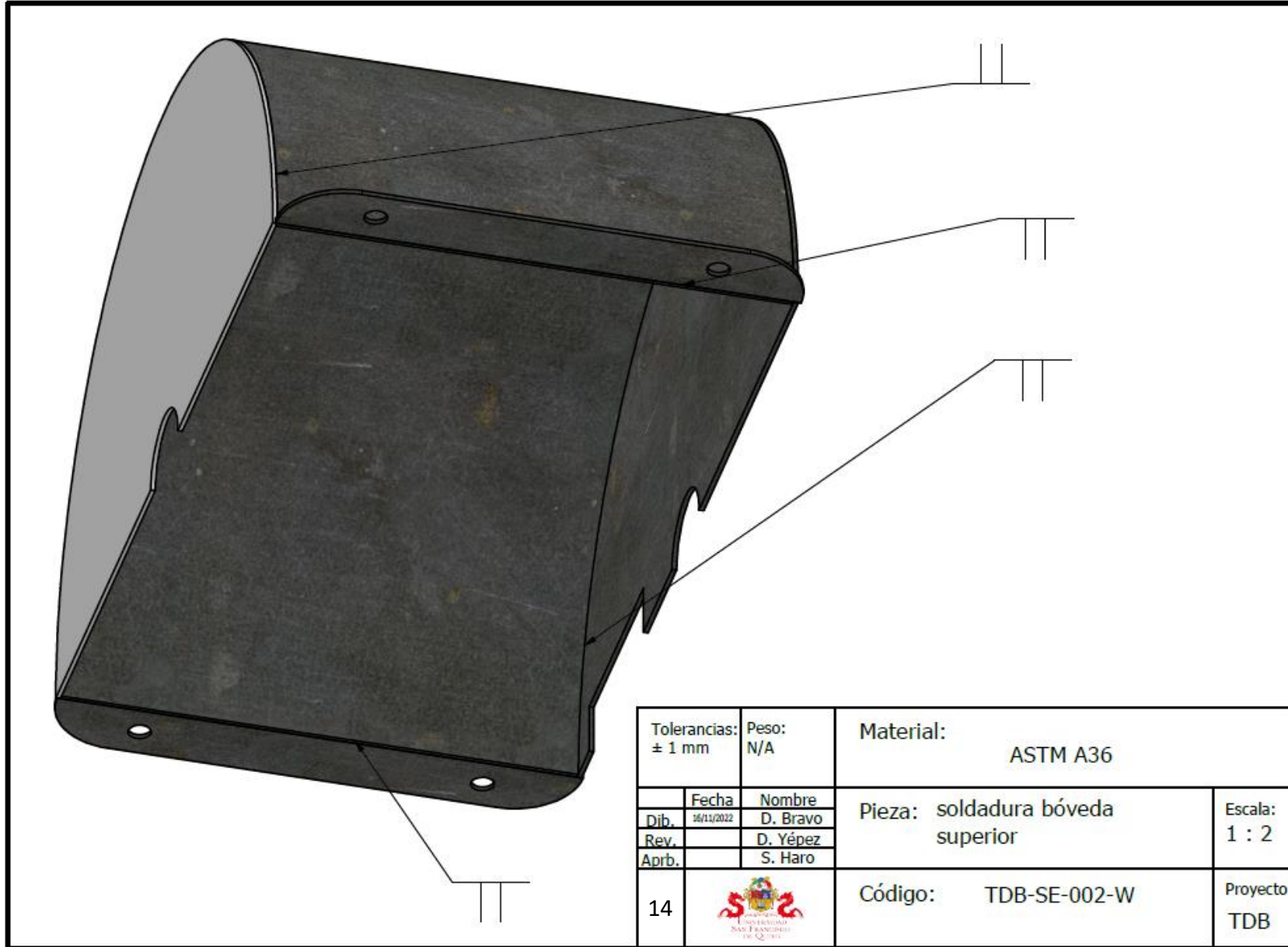
LISTA DE PARTES			
PARTE	CANT	PARTES	DESCRIPCION
1	1	chapa curvada cobertura inferior radio mayor	TDB-SE-011
2	1	chapa curvada cobertura inferior radio menor	TDB-SE-012
3	1	chapa medio circulo tapa inferior con corte	TDB-SE-013
4	1	chapa rectangular inferior tapa inferior	TDB-SE-014
5	1	chapa rectangular superior tapa inferior	TDB-SE-015
6	2	chapa seguro carcaza	TDB-SE-016
7	1	chapa medio circulo tapa inferior	TDB-SE-017

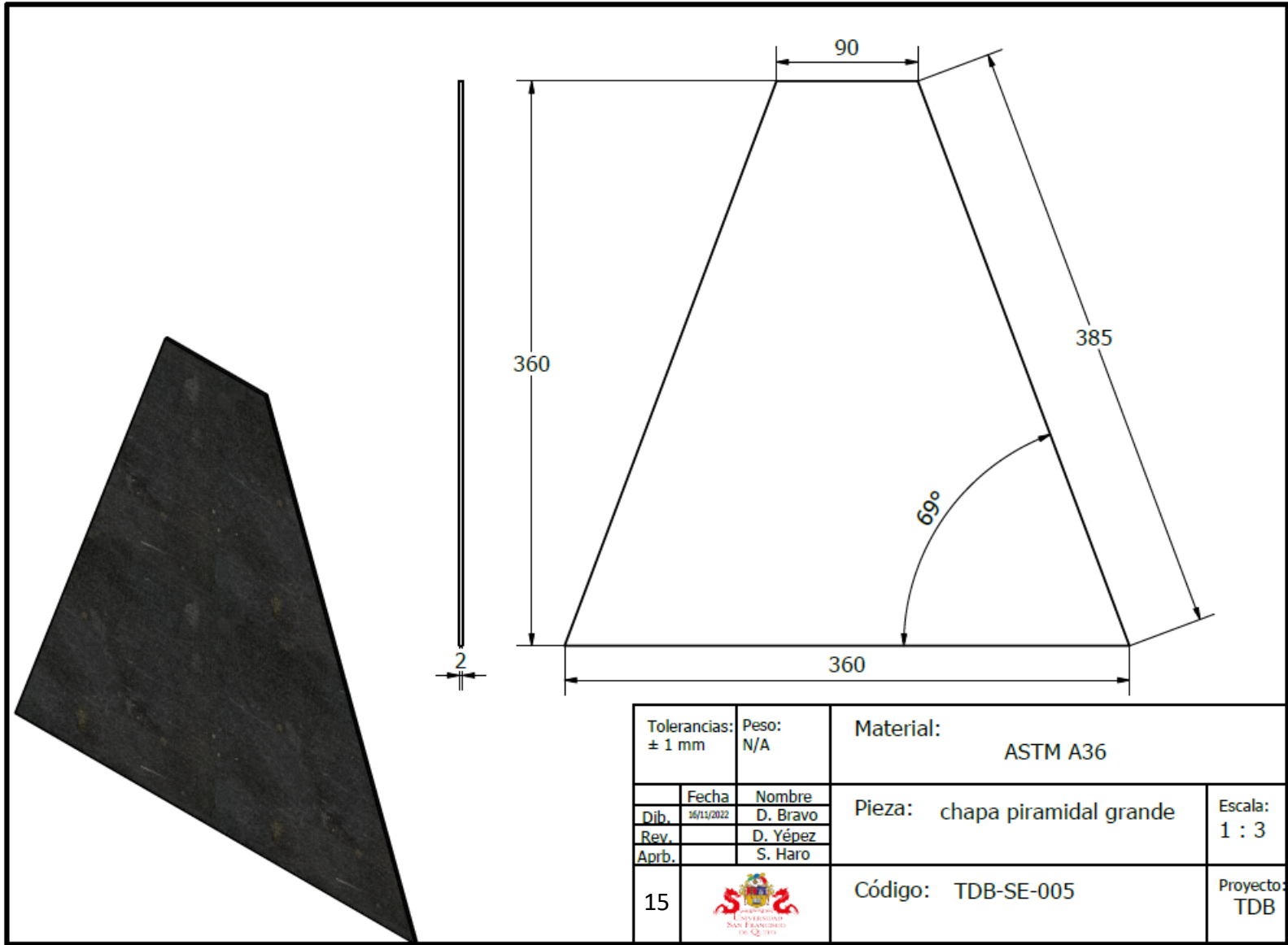
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: bóveda inferior lista de partes	Escala: 1 : 4
Dib.	16/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
11			Código: TDB-SE-001	Proyecto: TDB

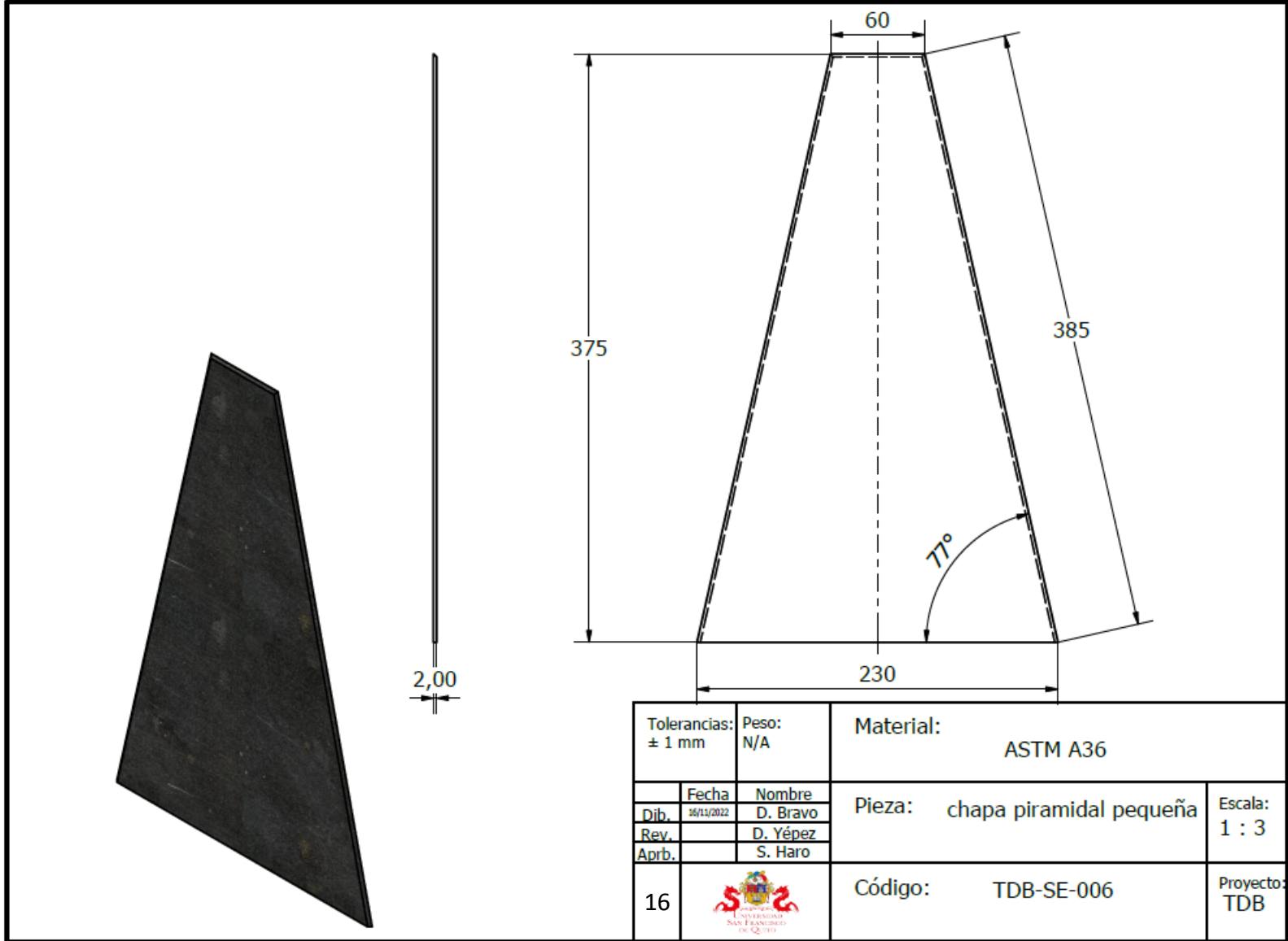


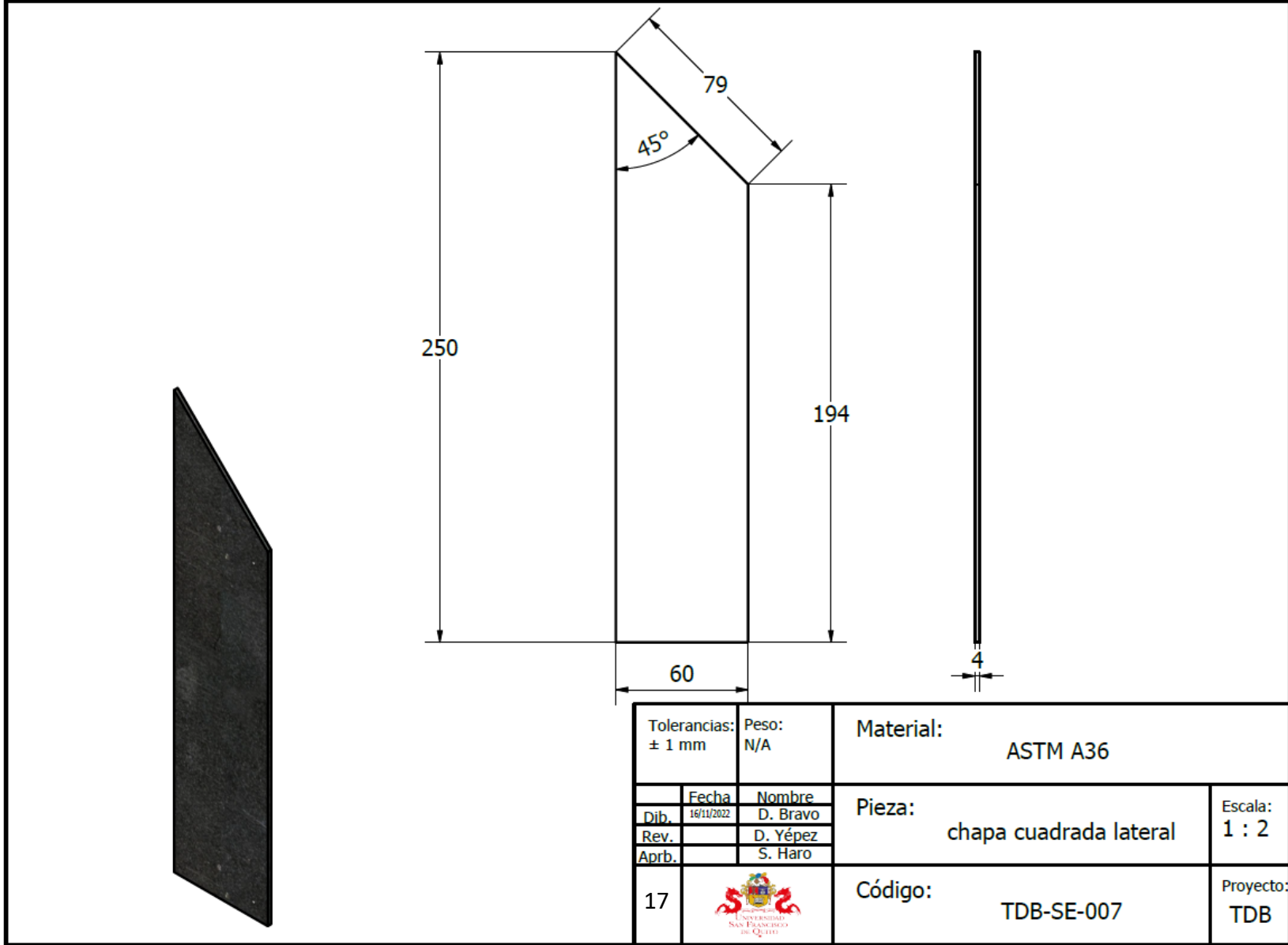


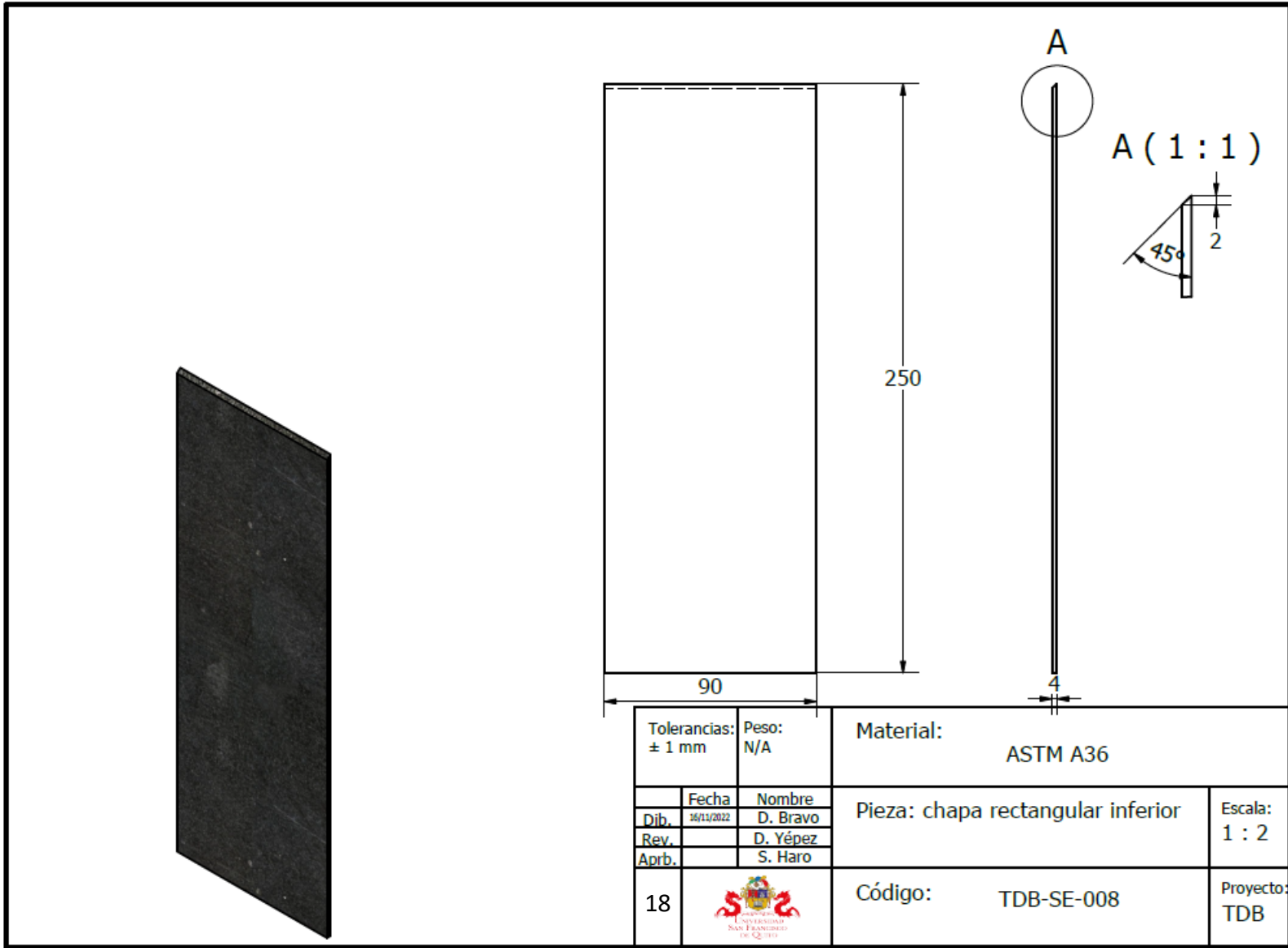
PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	chapa cobertura superior carcaza	TDB-SE-018
2	1	chapa medio circulo tapa superior con corte	TDB-SE-019
3	2	chapa seguro carcaza	TDB-SE-016
4	1	chapa medio circulo tapa superior	TDB-SE-020
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36
	Fecha	Nombre	Pieza: bóveda superior lista de partes
Dib.	16/11/2022	D. Bravo	
Rev.		D. Yépez	
	Aprb.	S. Haro	Escala: 1 : 3
13			Proyecto: TDB
		Código: TDB-SE-002	

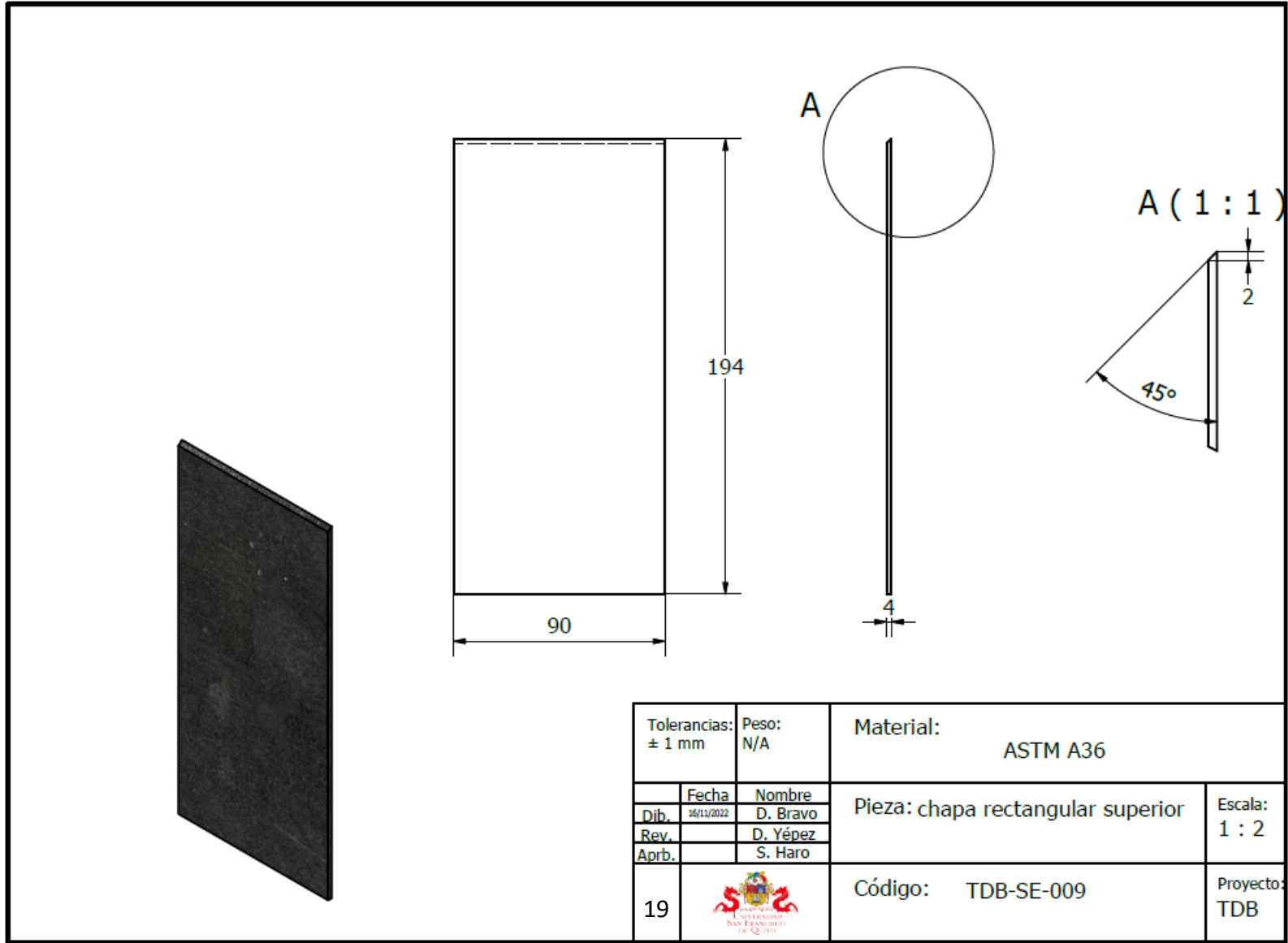


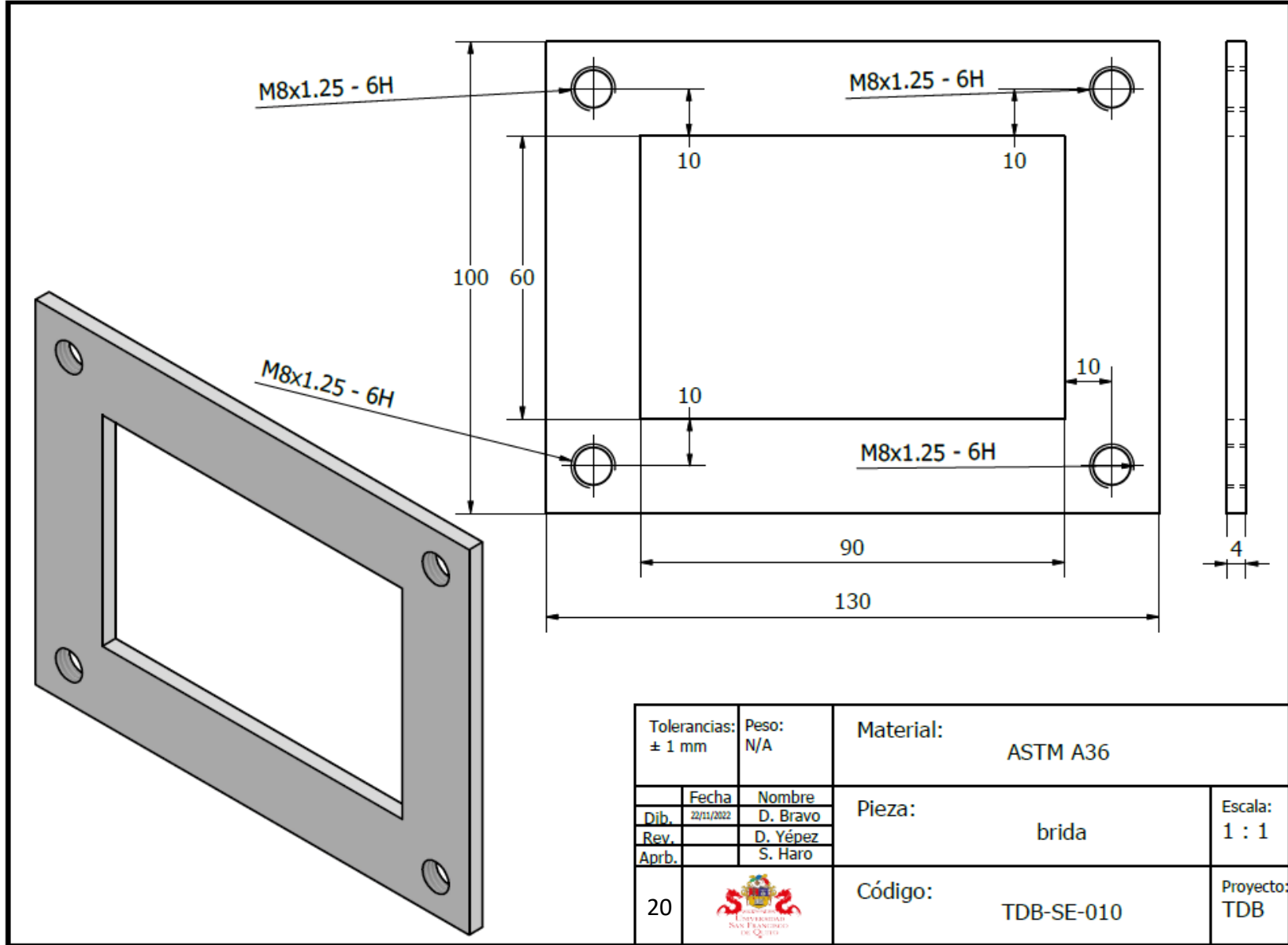


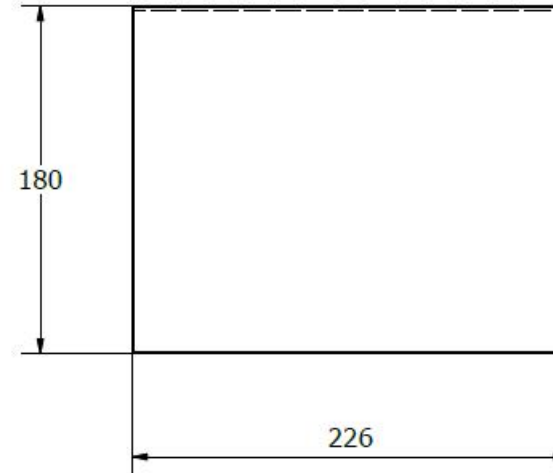
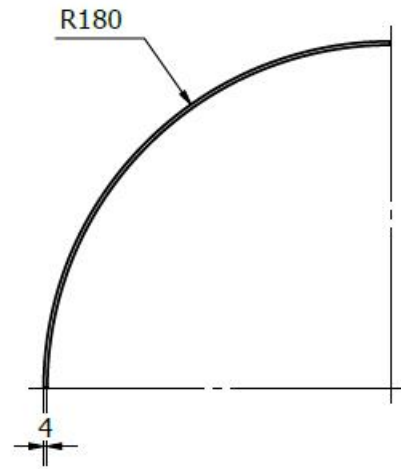





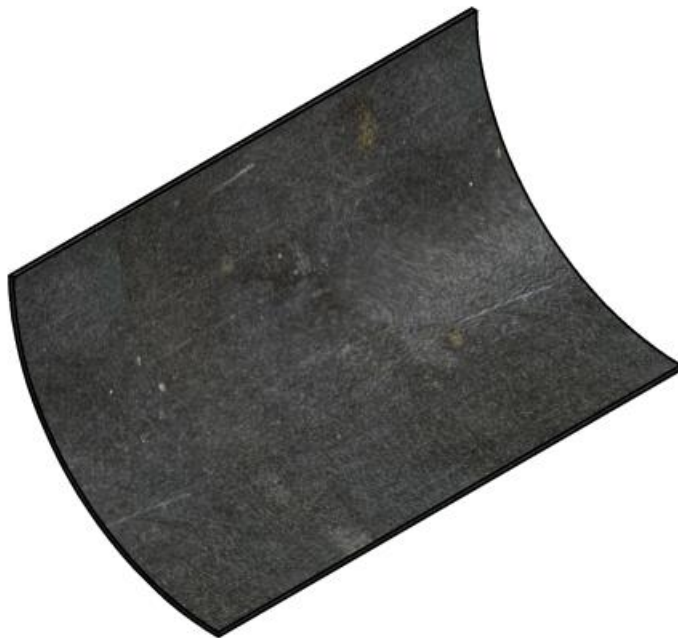
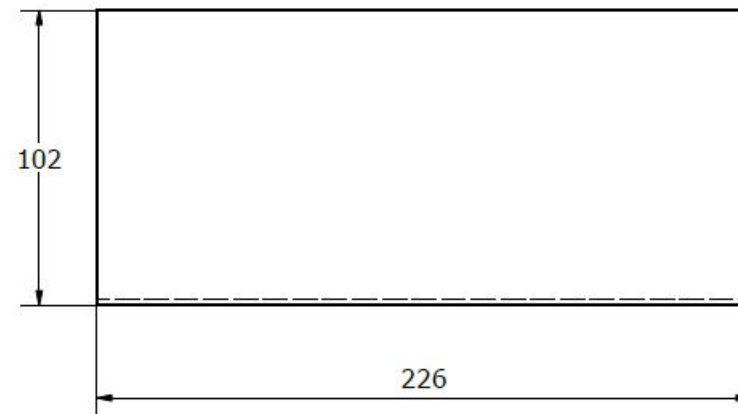
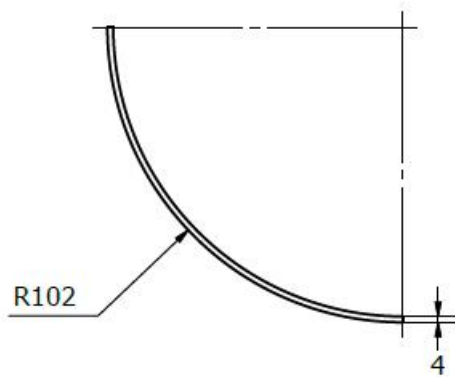




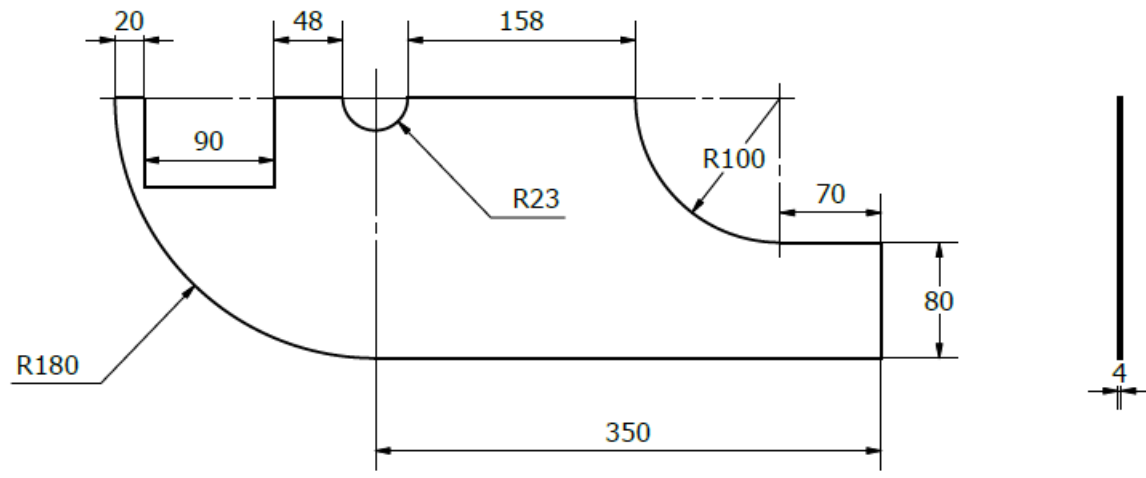





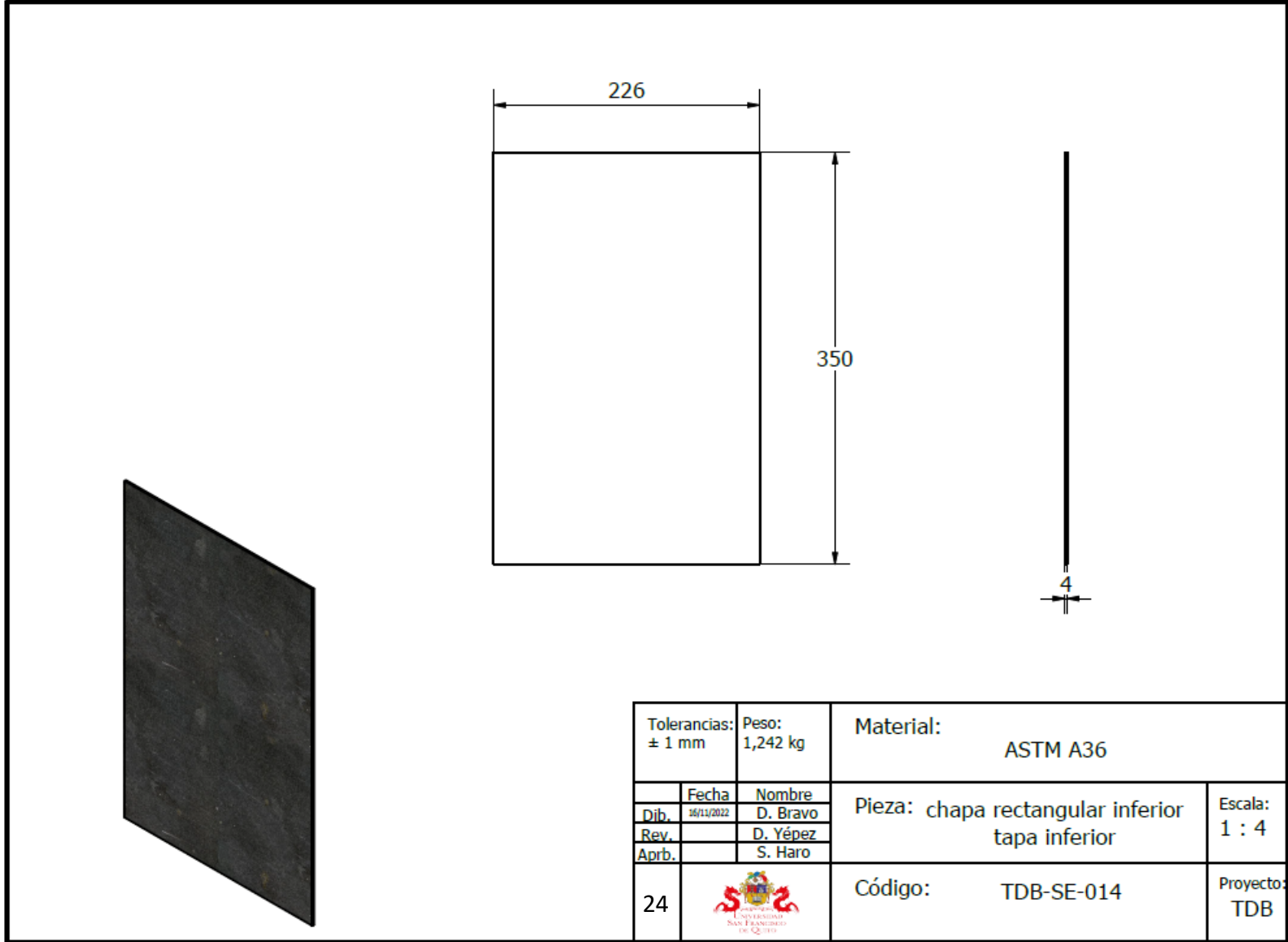
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 0,998 kg	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: chapa curvada cobertura inferior radio mayor	Escala: 1 : 3
Dib.	16/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
21			Código: TDB-SE-011	Proyecto: TDB

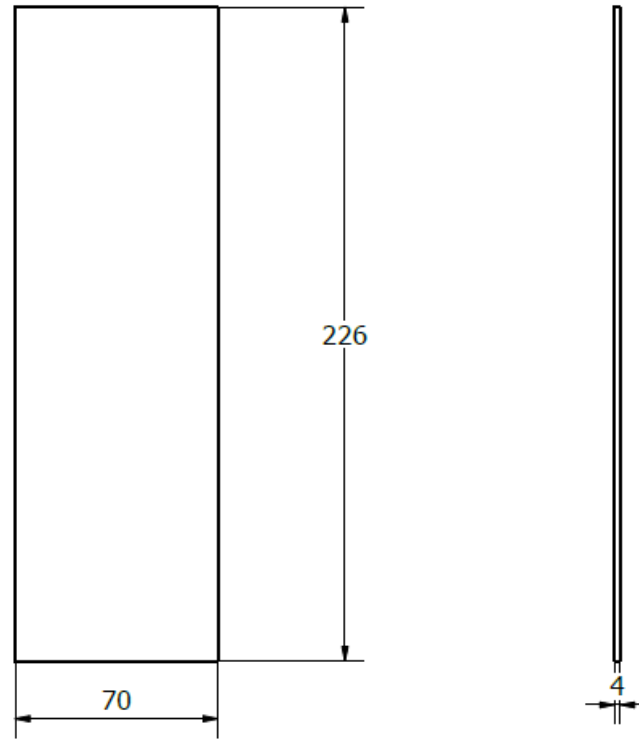



Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 0,563 kg	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: chapa curvada cobertura inferior radio menor	Escala: 1 : 2
Dib.	16/11/2012	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
22			Código: TDB-SE-012	Proyecto: TDB

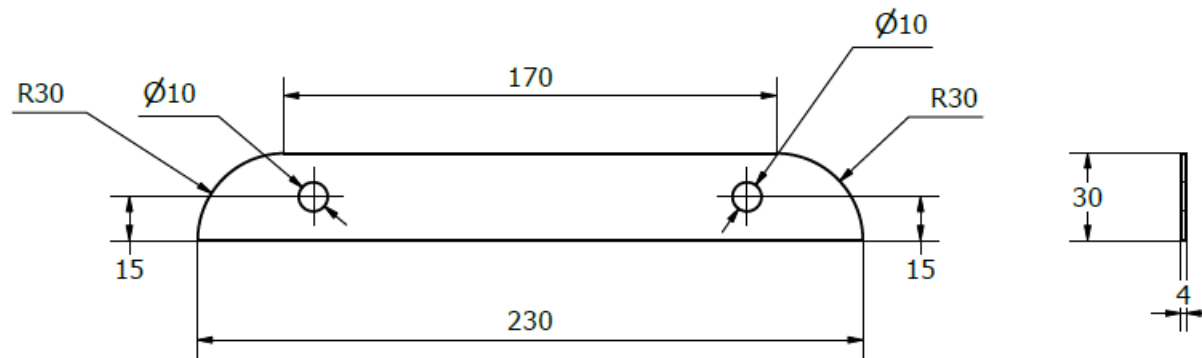



Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 1,055 kg	Material: ASTM A36	
Dib.	Fecha 16/11/2022	Nombre D. Bravo	Pieza: chapa medio circulo tapa inferior con corte	Escala: 1 : 4
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
23			Código: TDB-SE-013	Proyecto: TDB

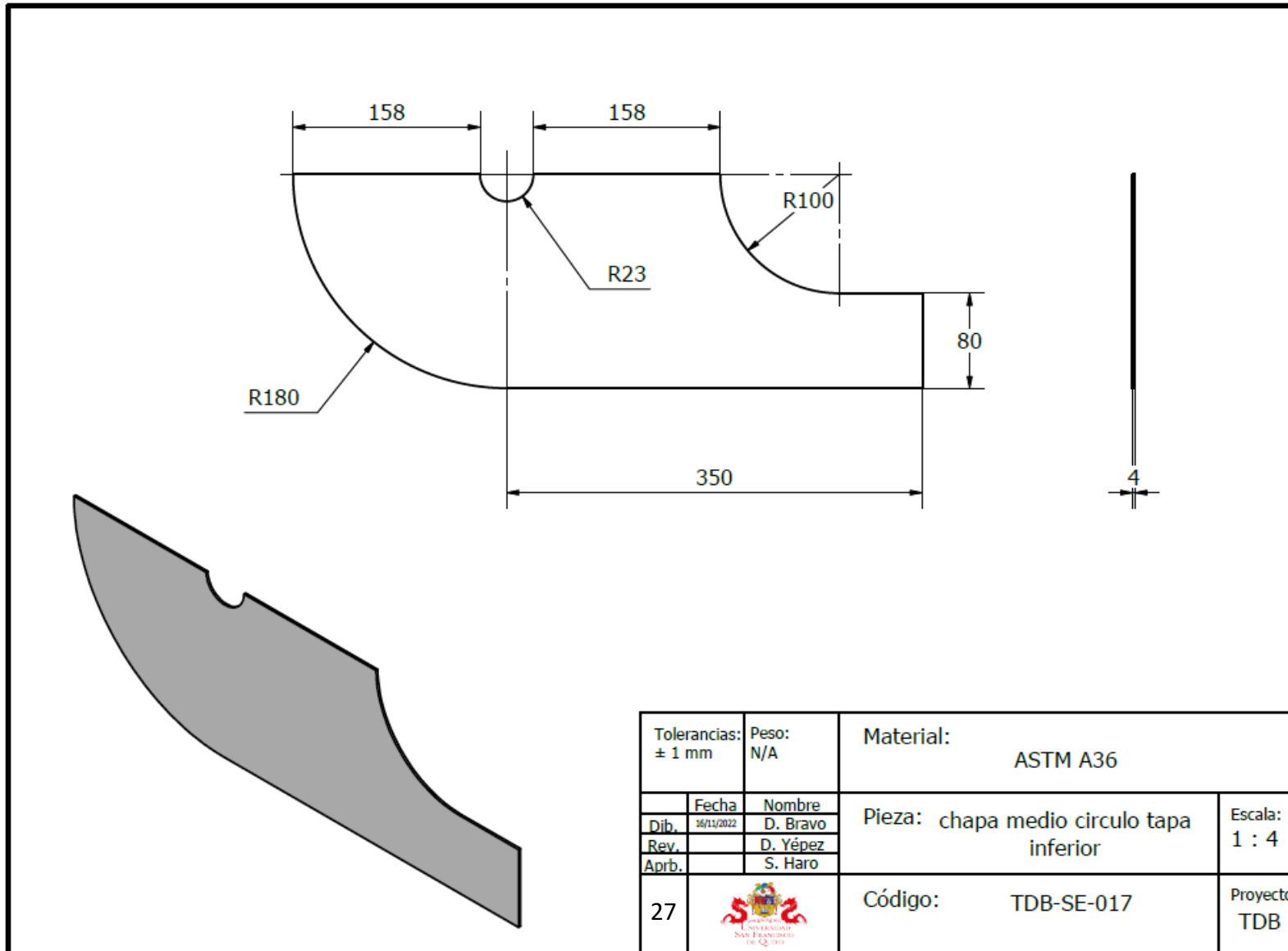




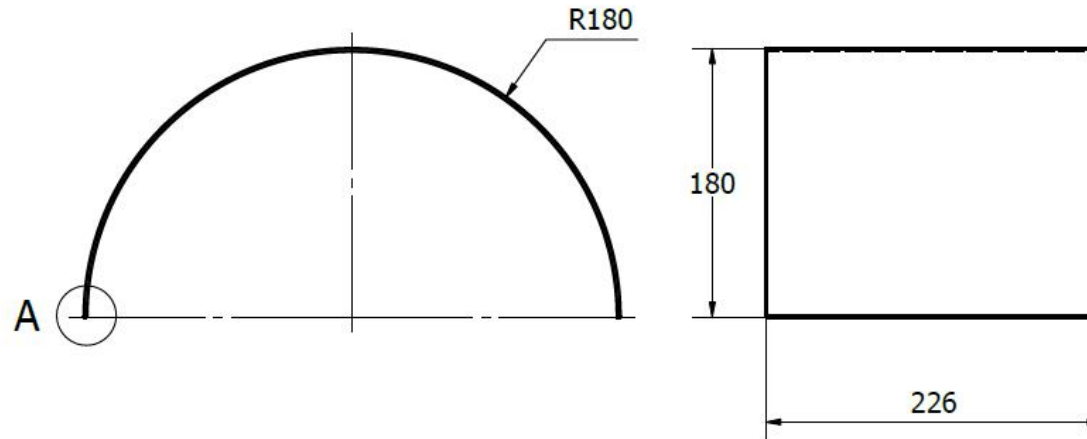
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 0,248 kg	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: chapa rectangular superior tapa inferior	Escala: 1 : 2
Dib.	16/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
25			Código: TDB-SE-015	Proyecto: TDB



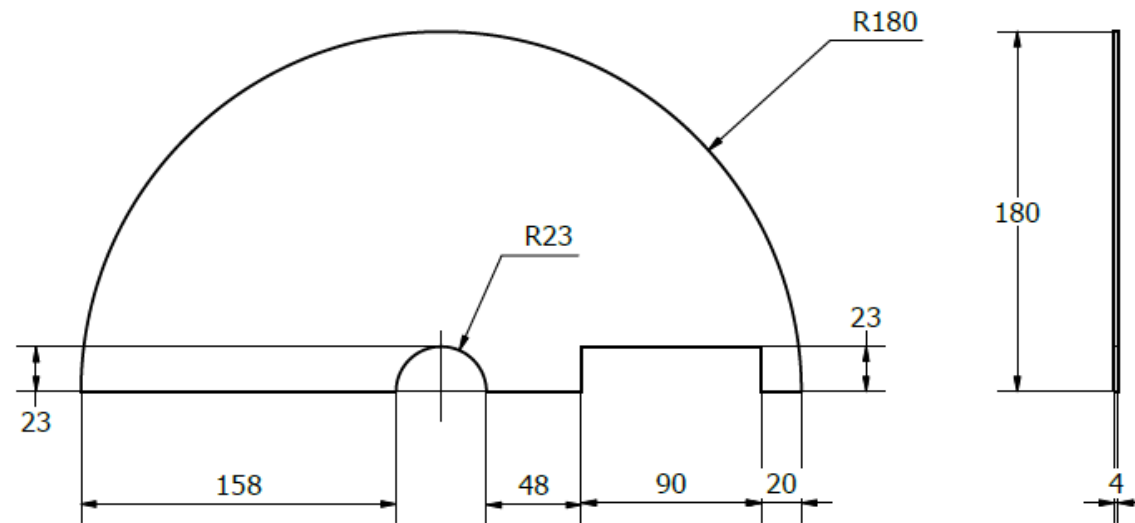
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: chapa seguro carcaza	Escala: 1 : 2
Dib.	16/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
26			Código: TDB-SE-016	Proyecto: TDB




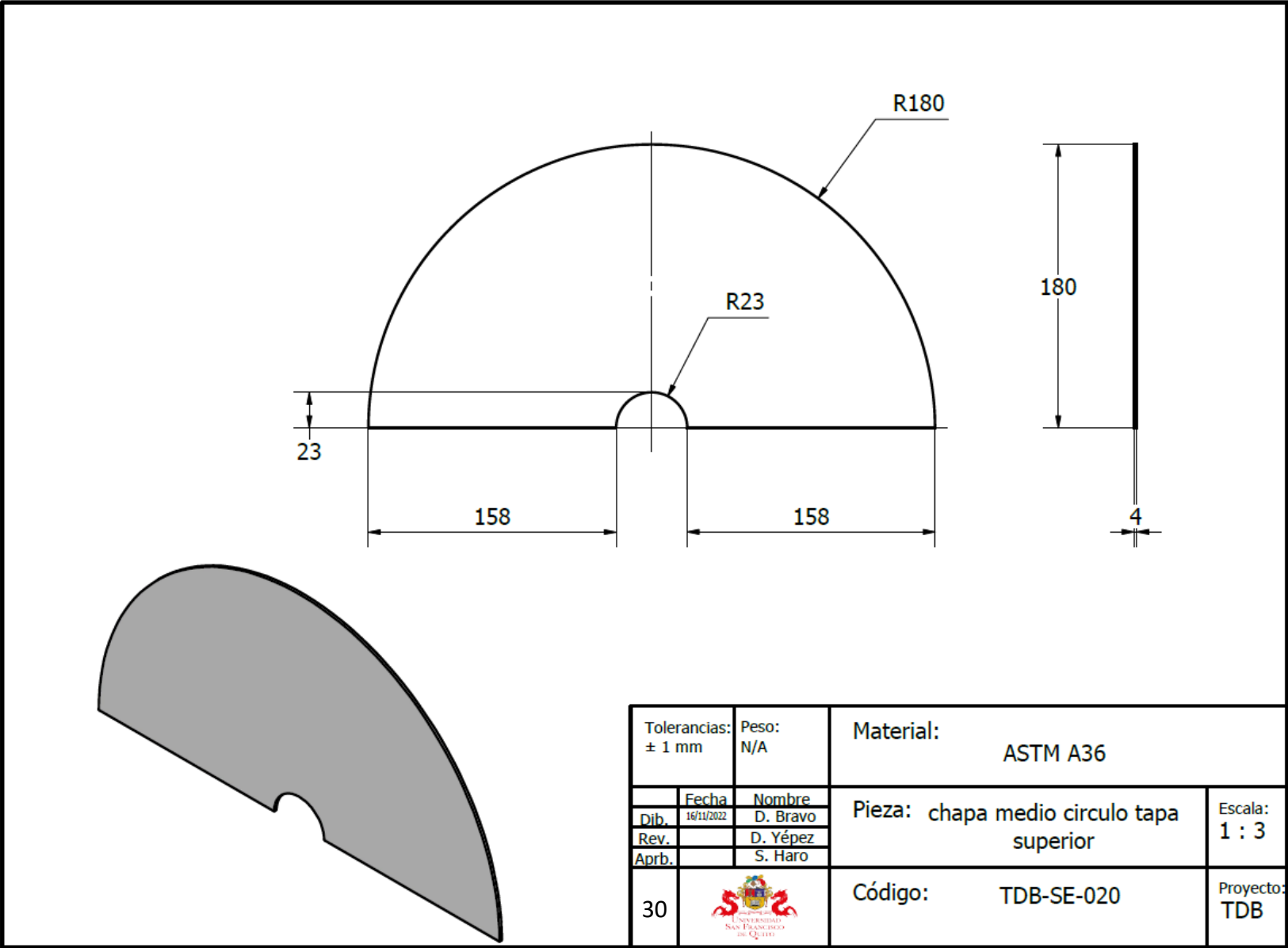
A (1 : 2)

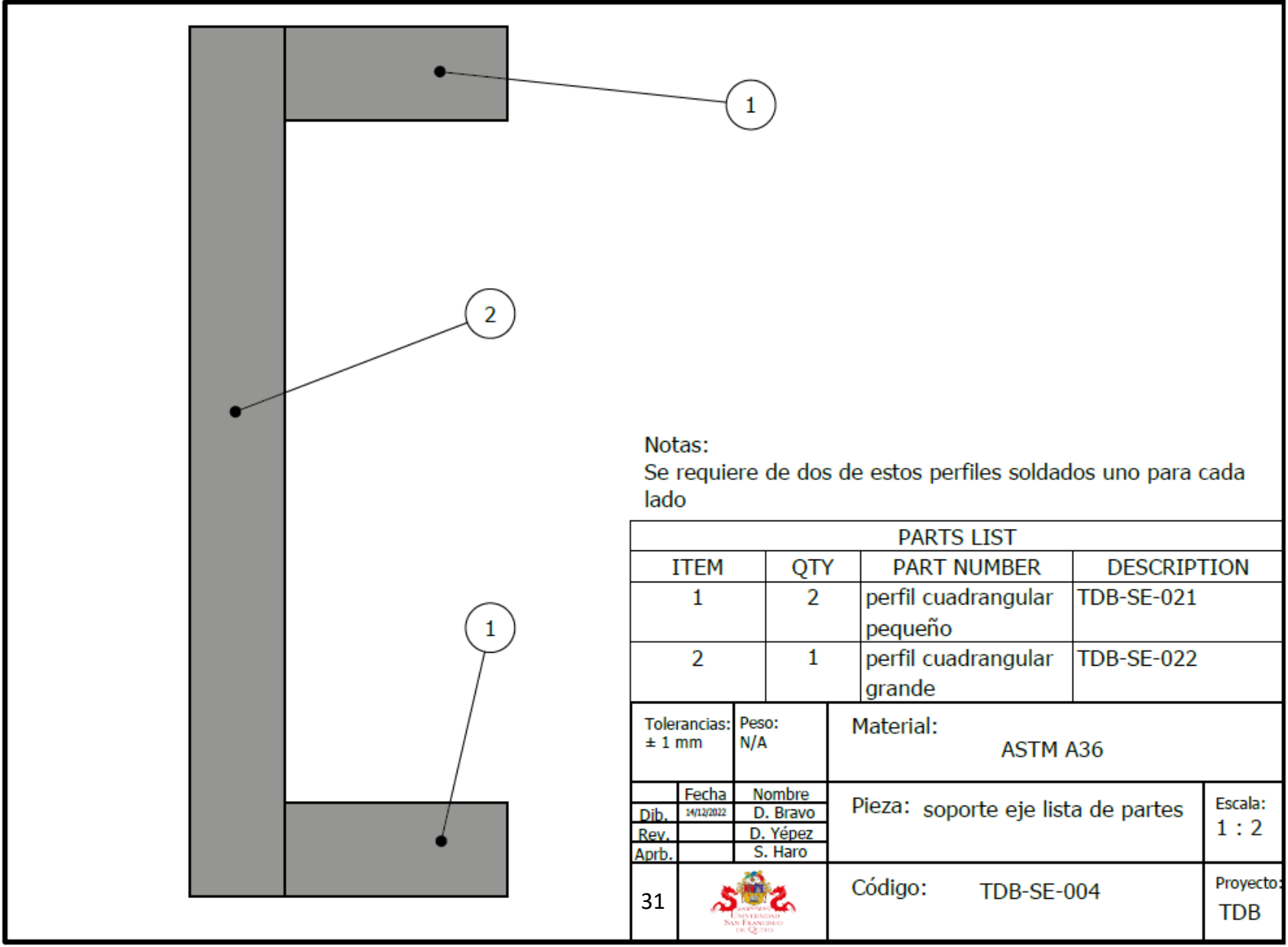


Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 1,995 kg	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: chapa cobertura superior carcaza	Escala: 1 : 4
Dib.	16/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
28			Código: TDB-SE-018	Proyecto: TDB



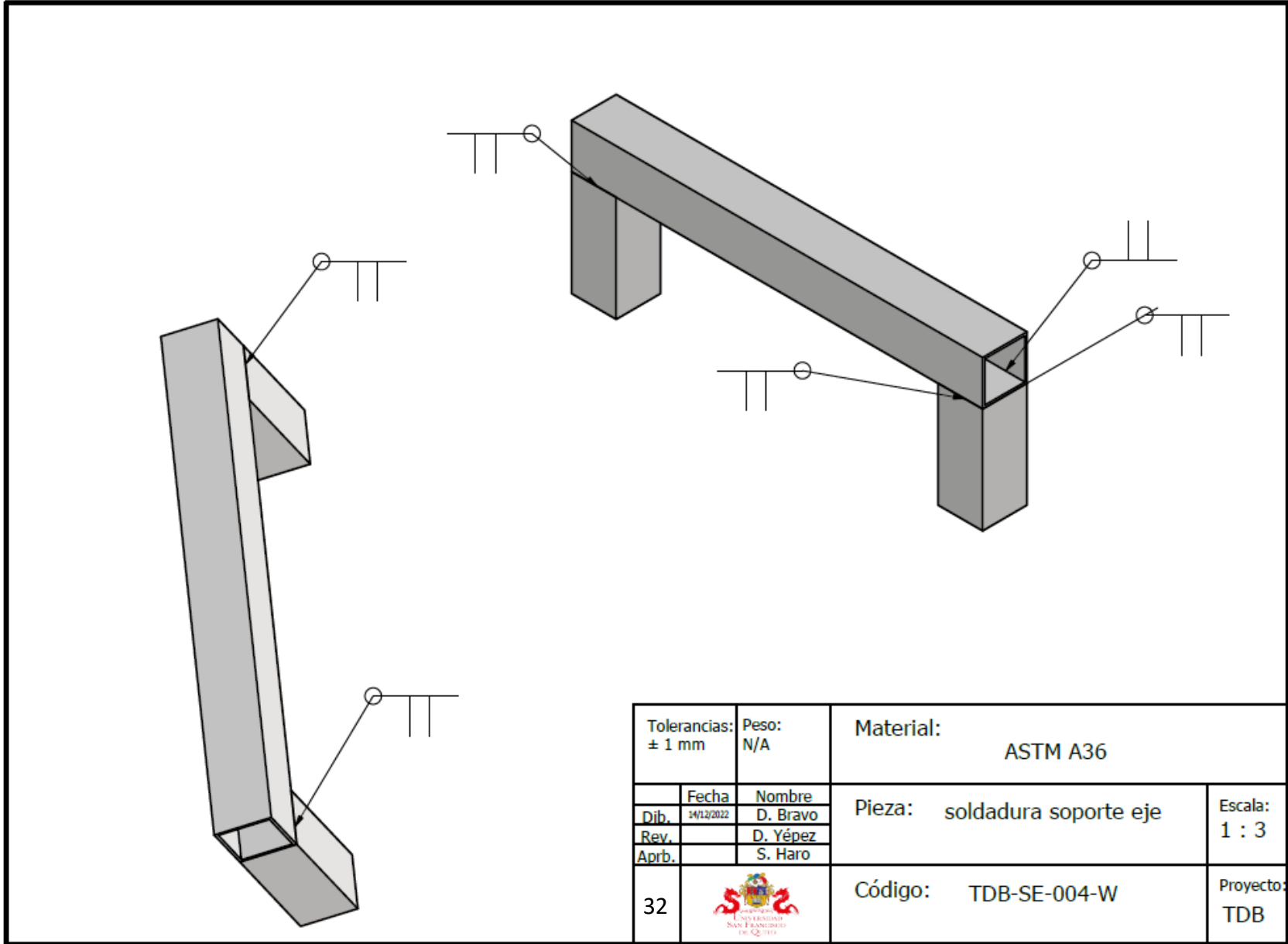
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 0,754 kg	Material: ASTM A36	
Dib.	Fecha 16/11/2022	Nombre D. Bravo	Pieza: chapa medio círculo tapa superior con corte	Escala: 1 : 3
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
29			Código: TDB-SE-019	Proyecto: TDB




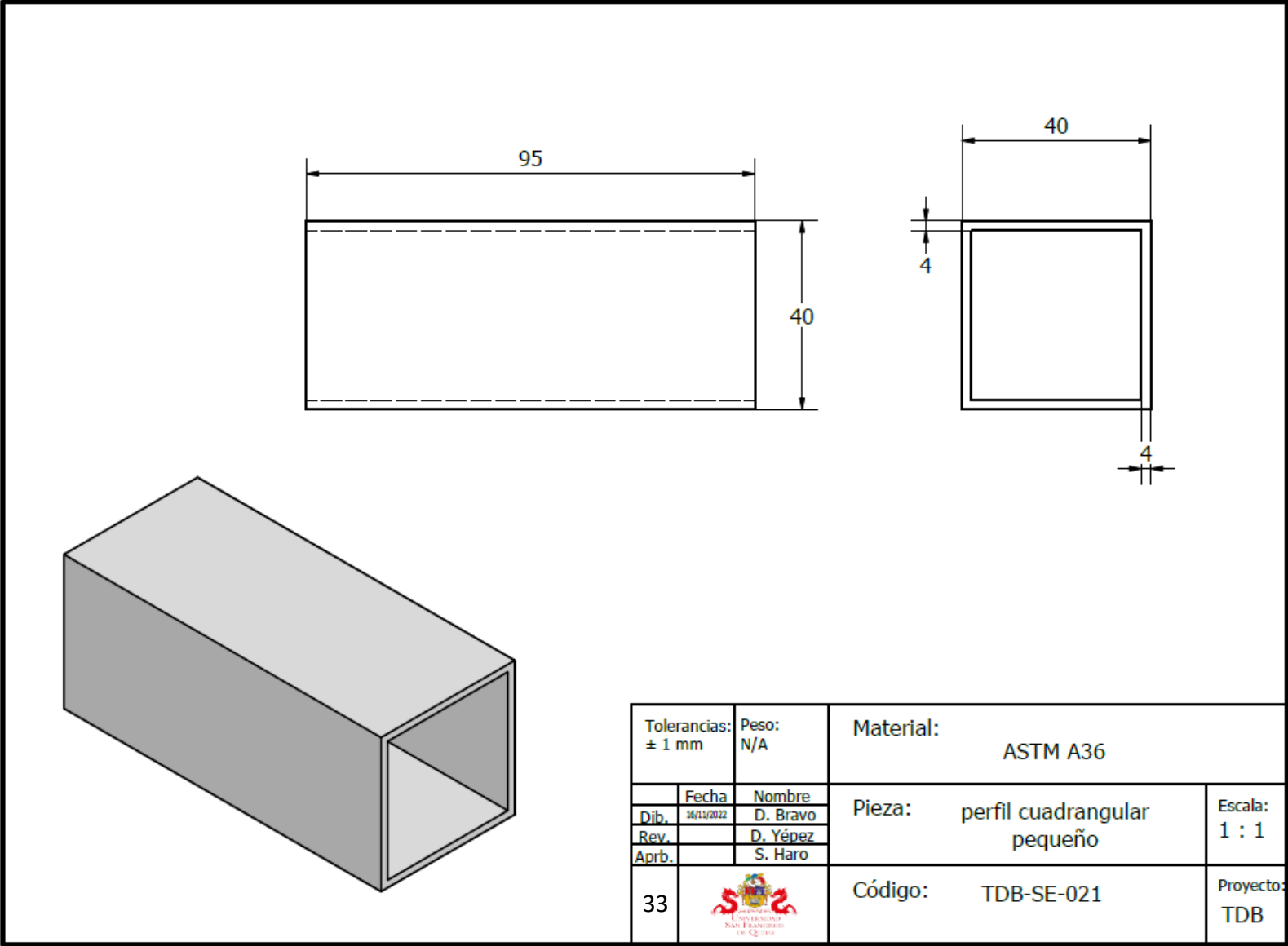


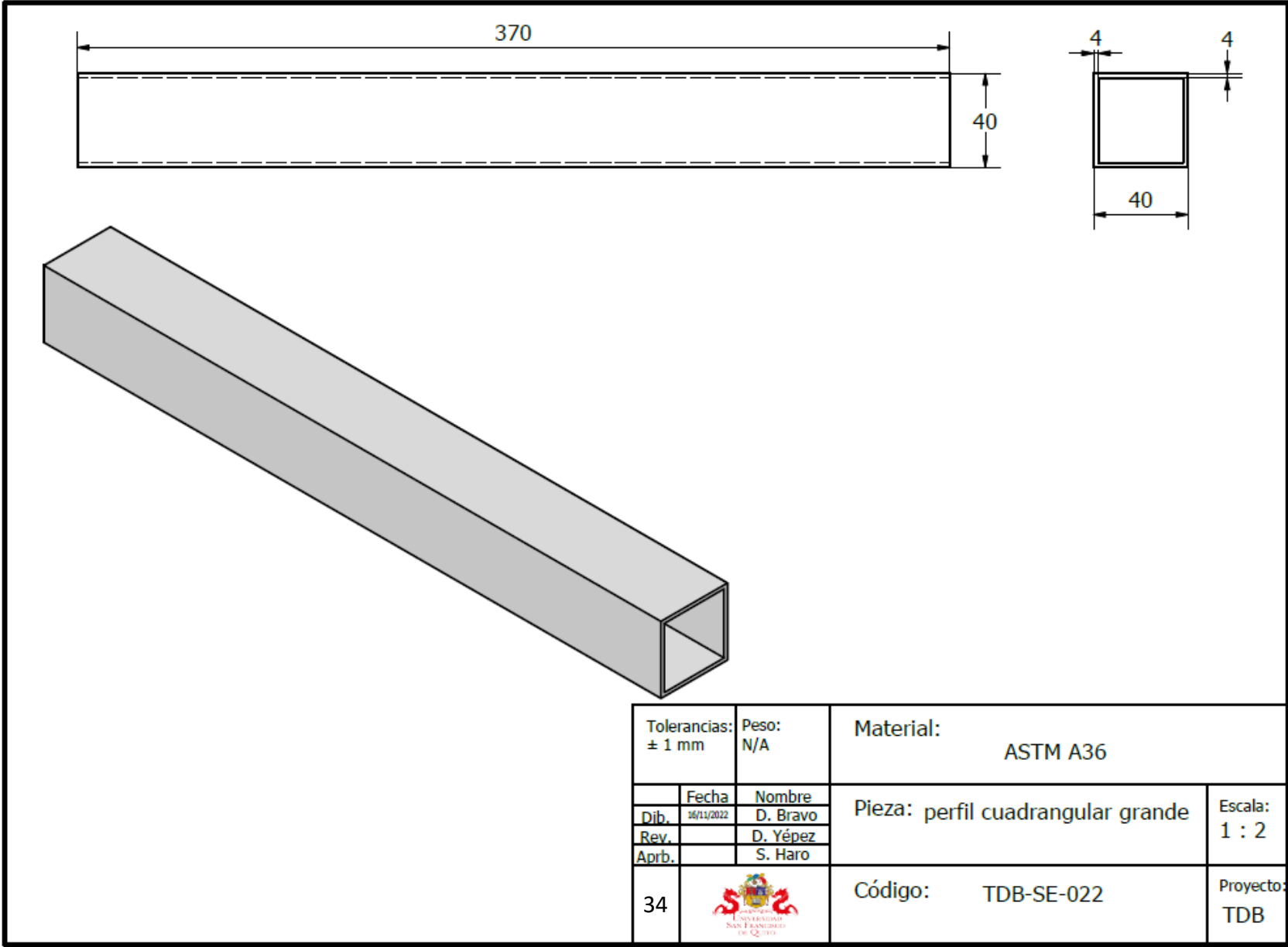
Notas:
Se requiere de dos de estos perfiles soldados uno para cada lado


PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	2	perfil cuadrangular pequeño	TDB-SE-021
2	1	perfil cuadrangular grande	TDB-SE-022
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36
	Fecha	Nombre	Pieza: soporte eje lista de partes
Dib.	14/12/2022	D. Bravo	
Rev.		D. Yépez	
Aprb.		S. Haro	
31			Código: TDB-SE-004
			Proyecto: TDB

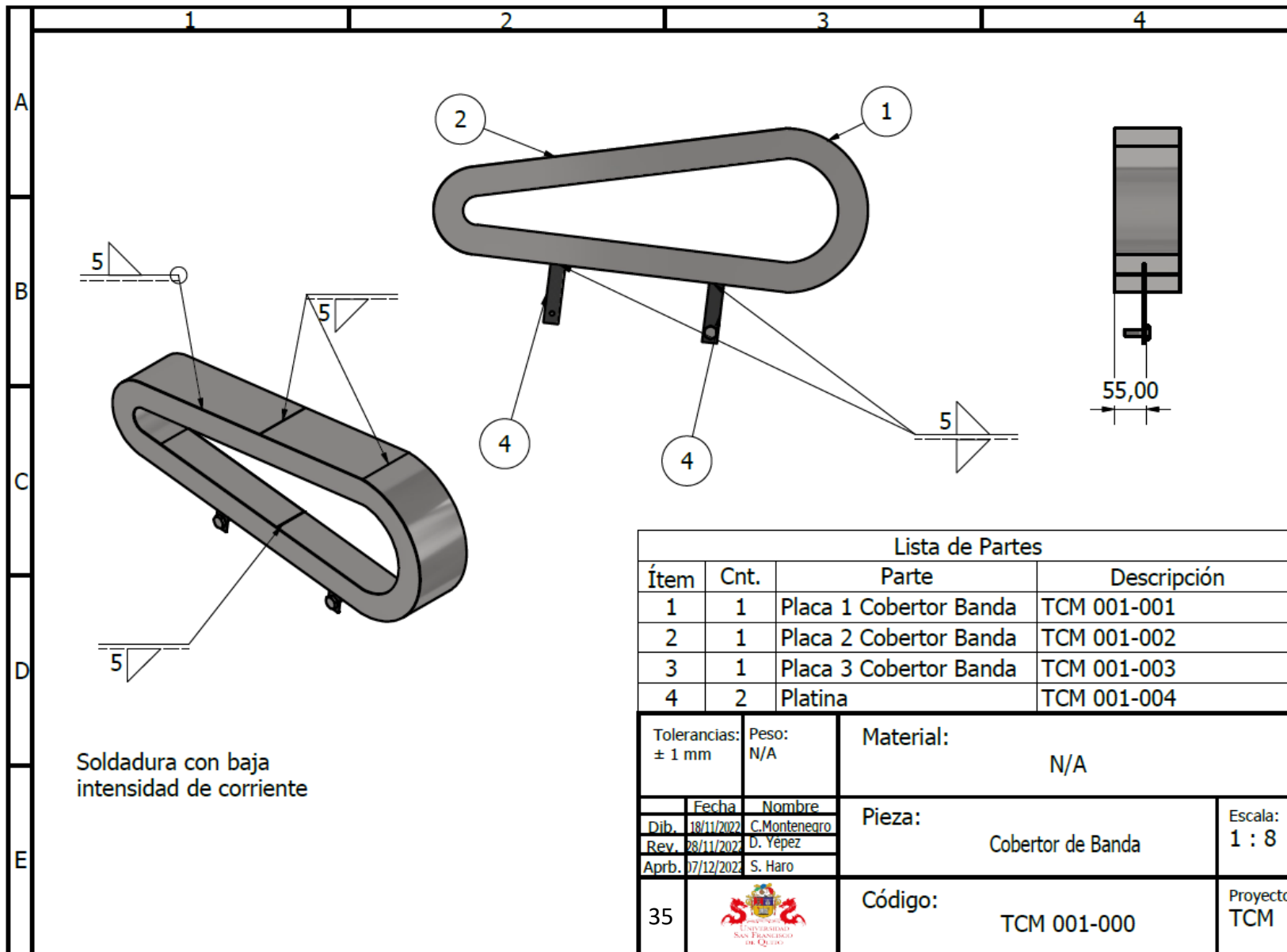


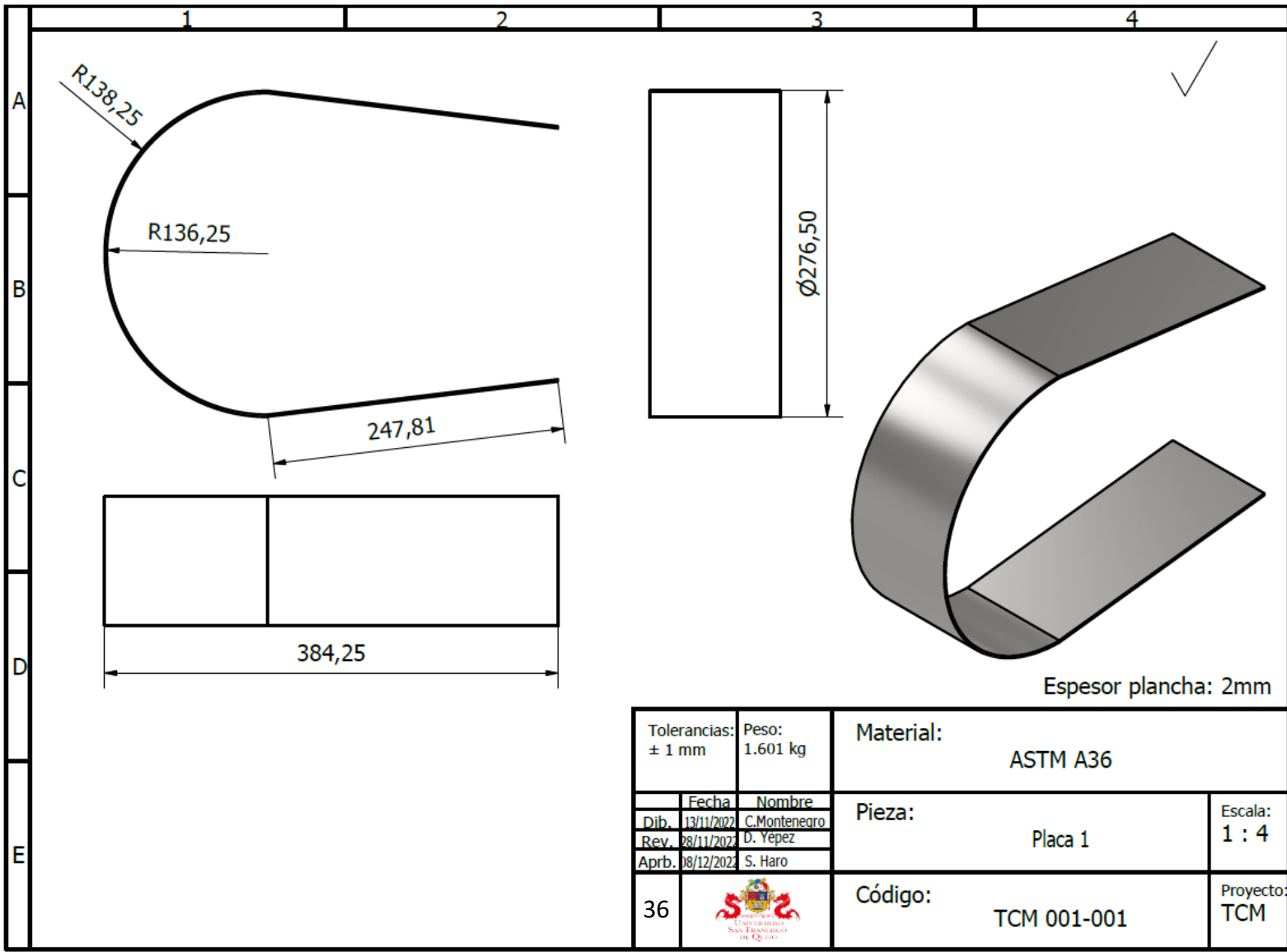
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
Dib.	24/12/2022	Nombre	Pieza: soldadura soporte eje	Escala: 1 : 3
Rev.		D. Bravo		
Aprb.		D. Yépez S. Haro		
32			Código: TDB-SE-004-W	Proyecto: TDB



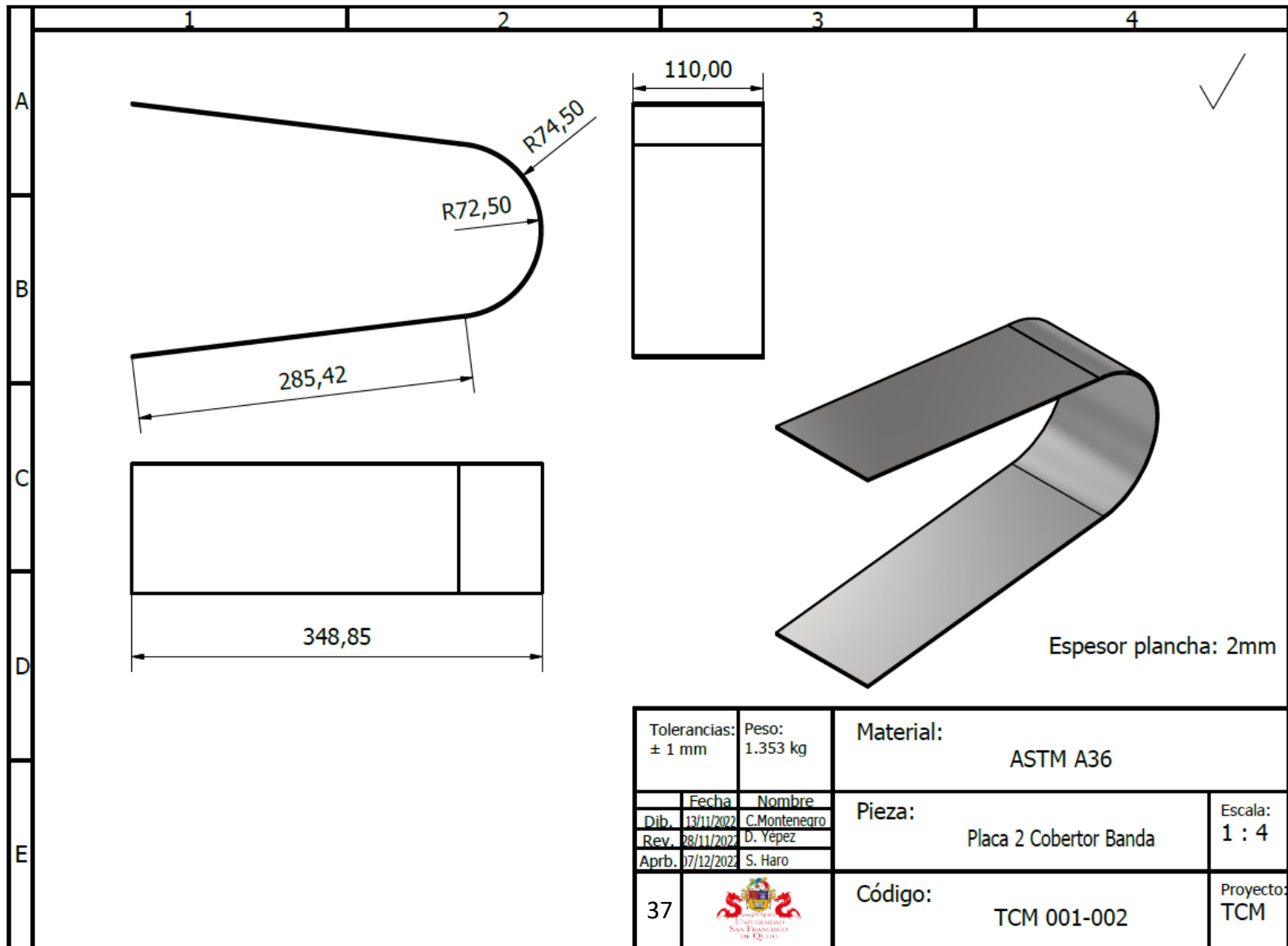


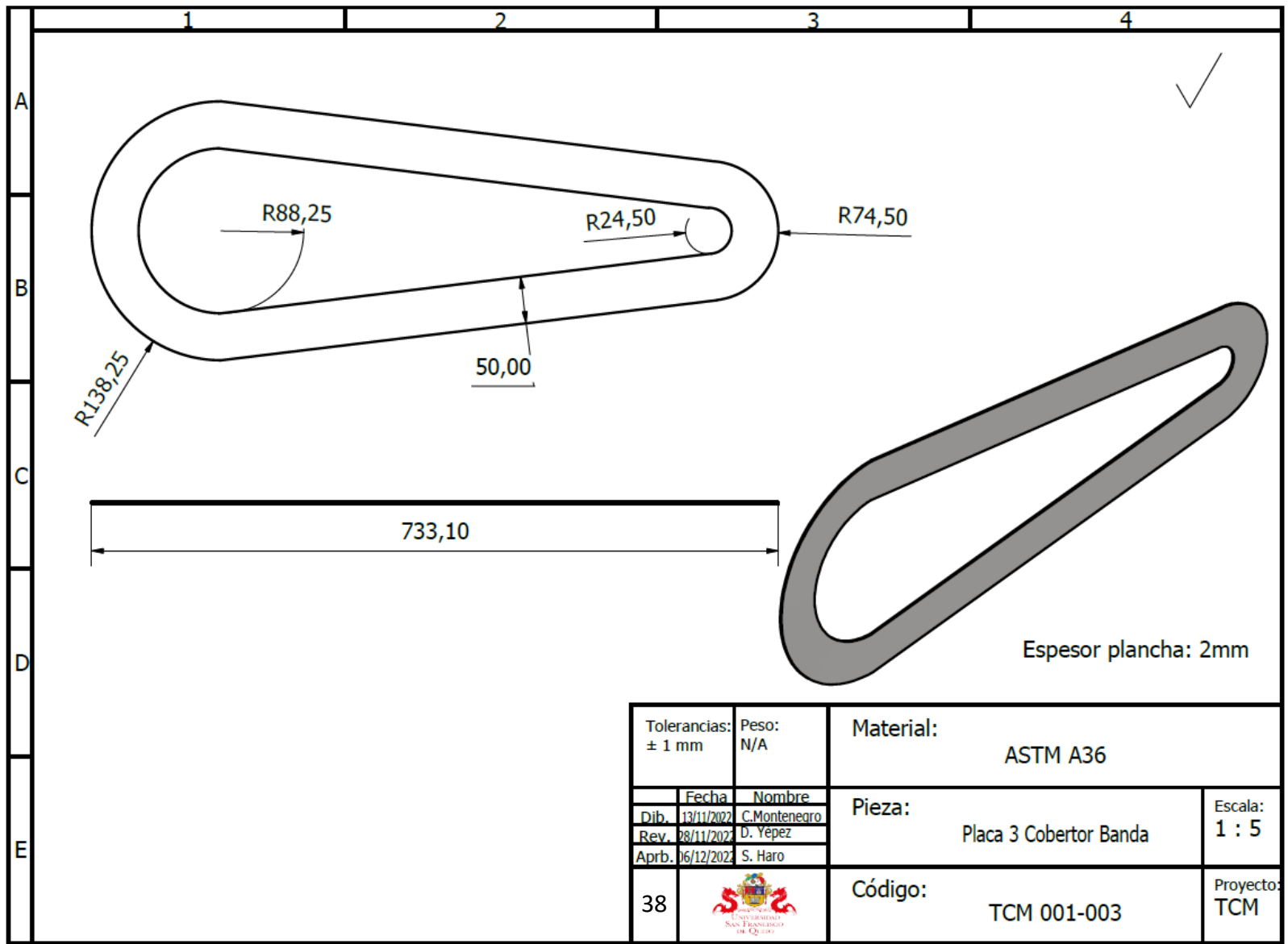
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: perfil cuadrangular grande	Escala: 1 : 2
Dib.	26/11/2022	D. Bravo		
Rev.		D. Yépez		
Aprb.		S. Haro		
34			Código: TDB-SE-022	Proyecto: TDB





Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 1.601 kg		Material: ASTM A36	
	Fecha	Nombre		Pieza: Placa 1	Escala: 1 : 4
Dib.	13/11/2022	C. Montenegro			
Rev.	08/11/2022	D. Yopez			
	Aprb.	08/12/2022	S. Haro		
36	 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Código: TCM 001-001		Proyecto: TCM

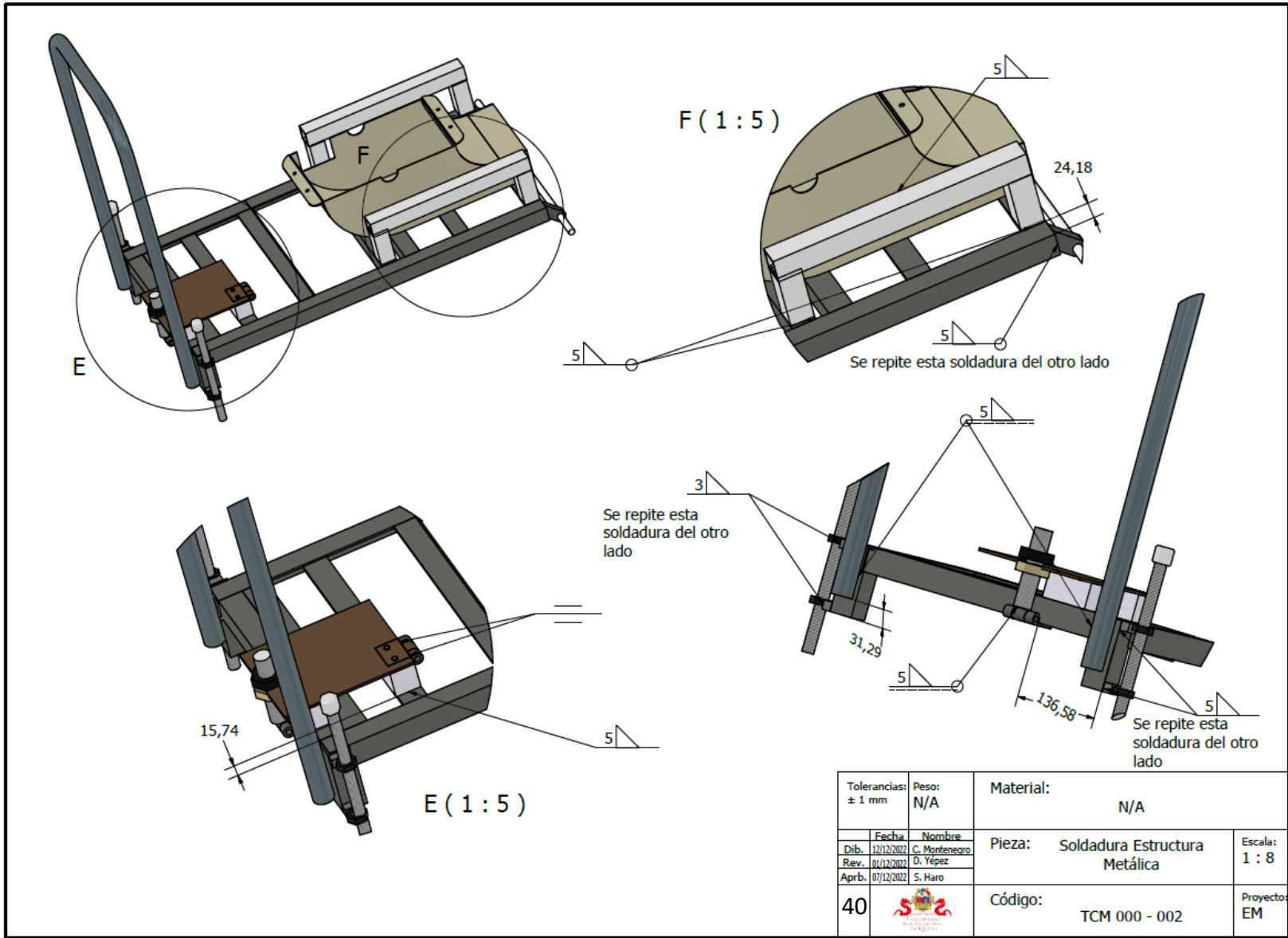


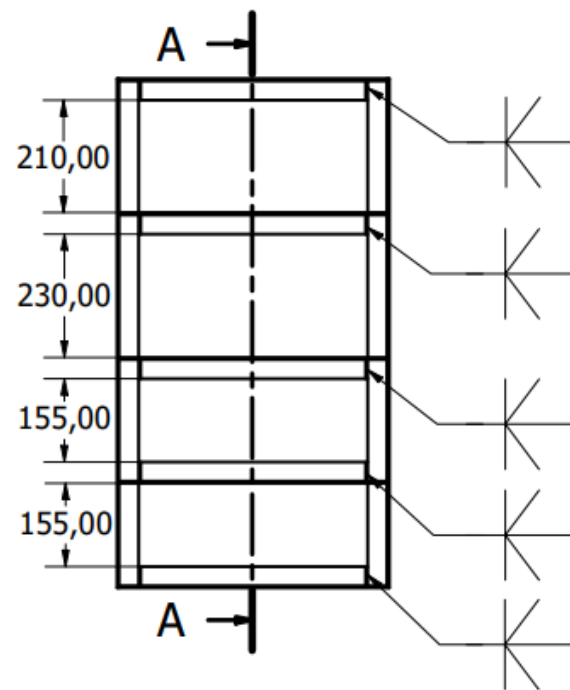
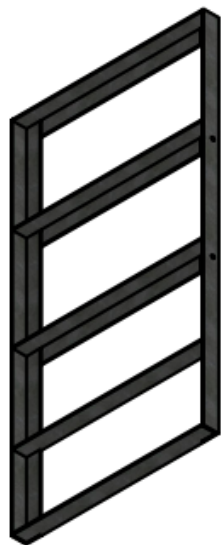


D (1 : 8)

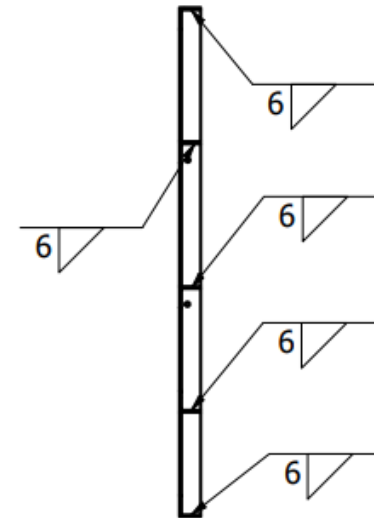
Lista de Partes			
Ítem	Cnt.	Nombre de Parte	Descripción
1	1	Base Soldada	TSH 001
3	2	Soporte Eje de Llantaa	TSH 001-005
4	1	Carcasa Parte Inferior	TDB 001-011
5	2	Soporte Eje	TDB SE -004
6	1	Agarradera	TCM 002-001
7	2	Tornillo sin Fin Freno	Tornillo 3/4" long 300mm
8	2	Tuerca Tornillo Tensor	Tuerca 3/4"
9	2	Bisagra Tensor	Bisagra 3/4" x 3 acciones
10	1	Placa Móvil	TCM 002-002
11	4	Tuerca Tornillo Freno	Tuerca 3/4"
12	1	Tuerca Tornillo Freno	Tuerca 3/4"
13	2	Tornillo sin Fin Tensor	Tornillo 3/4" long 279mm

Tolerancias: ± 1 mm	Peso: N/A	Material: N/A
Dib. 12/12/2022 Rev. 09/12/2022 Aprb. 07/12/2022	Nombre C. Montenegro D. Yépez S. Haro	Pieza: Ensamble Estructura Metálica
39		Código: TCM 002 - 000
		Escala: 1 : 8
		Proyecto: EM




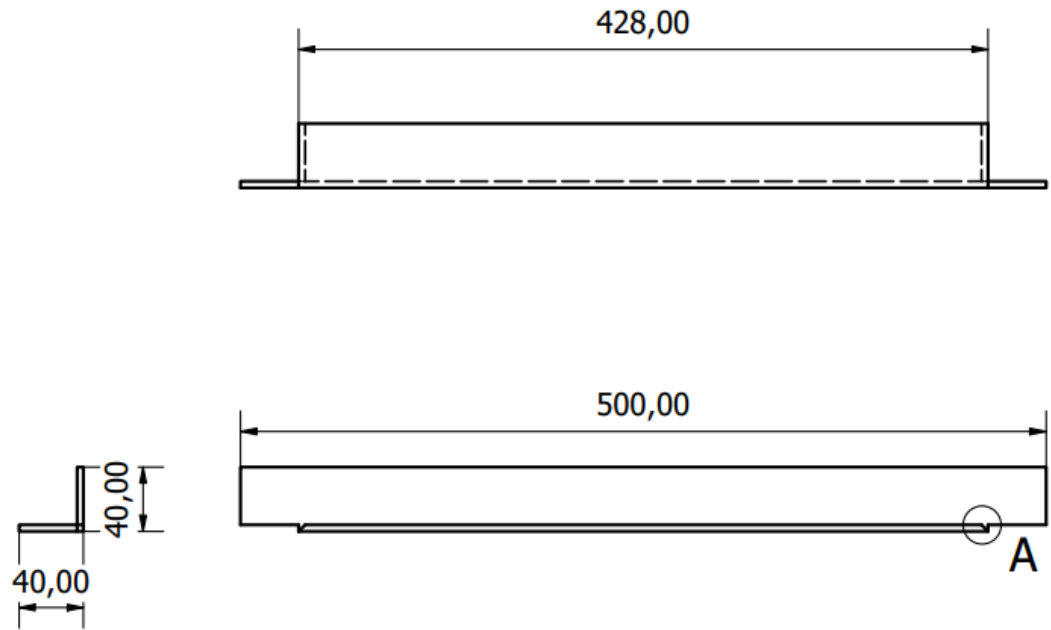


A-A (1 : 12)

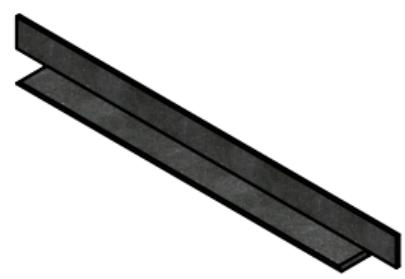



Notas:
 Las anotaciones mostradas en la seccion A se deben repetir en ambos lados.
 Utilizar soldadura MIG

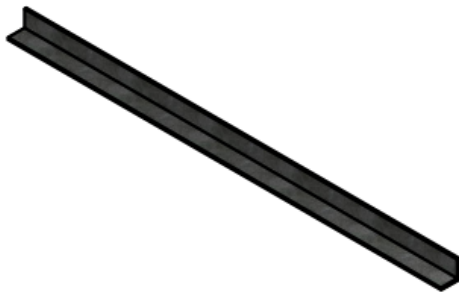
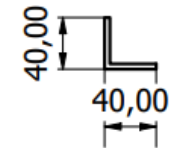
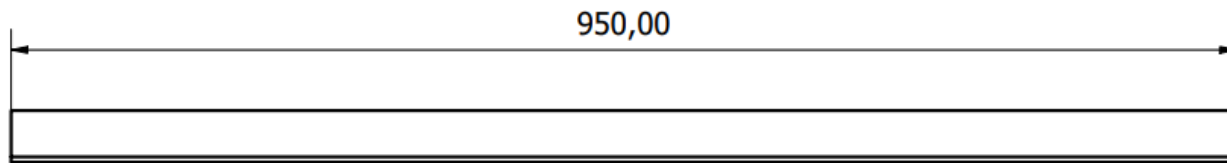
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 10.022 kg	Material: Steel	
Fecha	Nombre	Pieza: Soldadura de la base		Escala: 1 : 12
Dib. 11/19/2022	S. Haro			
Rev.				
Aprb.		Código: TSH-BS-000-W		Proyecto: TR
41				




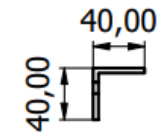
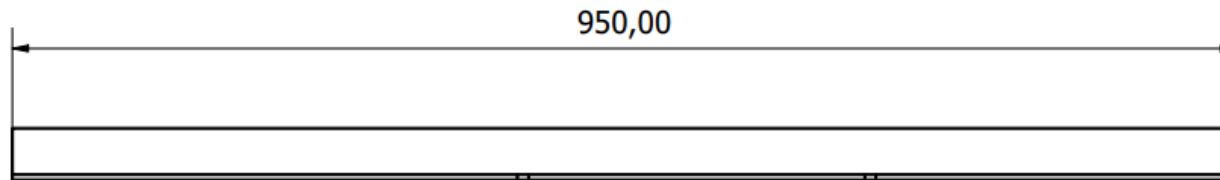
A (1 : 2)



Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 1.098 kg	Material: Steel ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: Perfil Interno	Escala: 1 : 4
Dib.	11/15/2022	S. Haro		
Rev.				
Aprb.			Código: TSH-BS-001	Proyecto: TR
42				

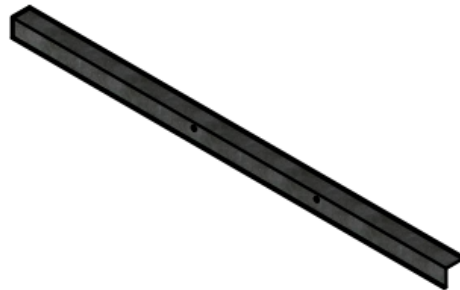



Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 2.267 kg	Material: Steel ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: Perfil lateral	Escala: 1:5
Dib.	1/15/2022	S. Haro		
Rev.				
Aprb.			Código: TSH-BS-002	Proyecto: TR
43				

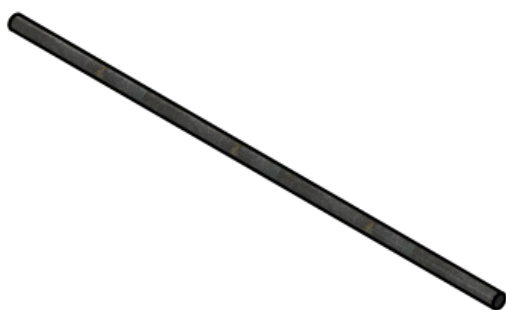
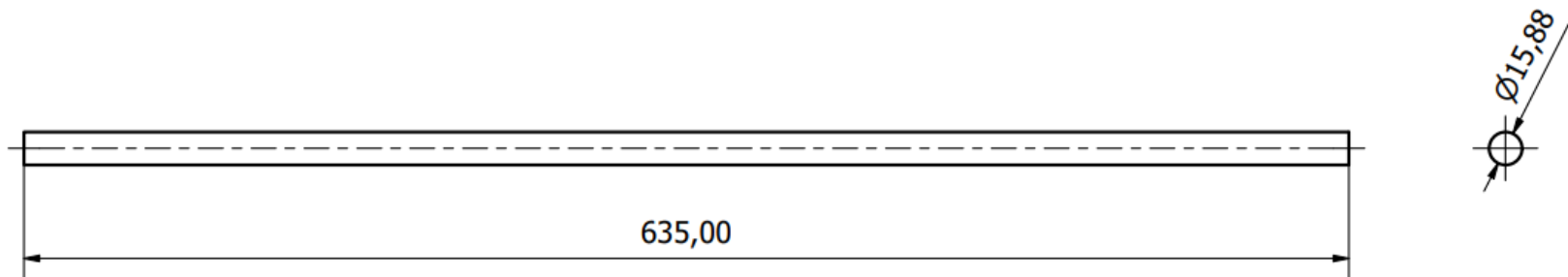



M8x1.25 - 6H

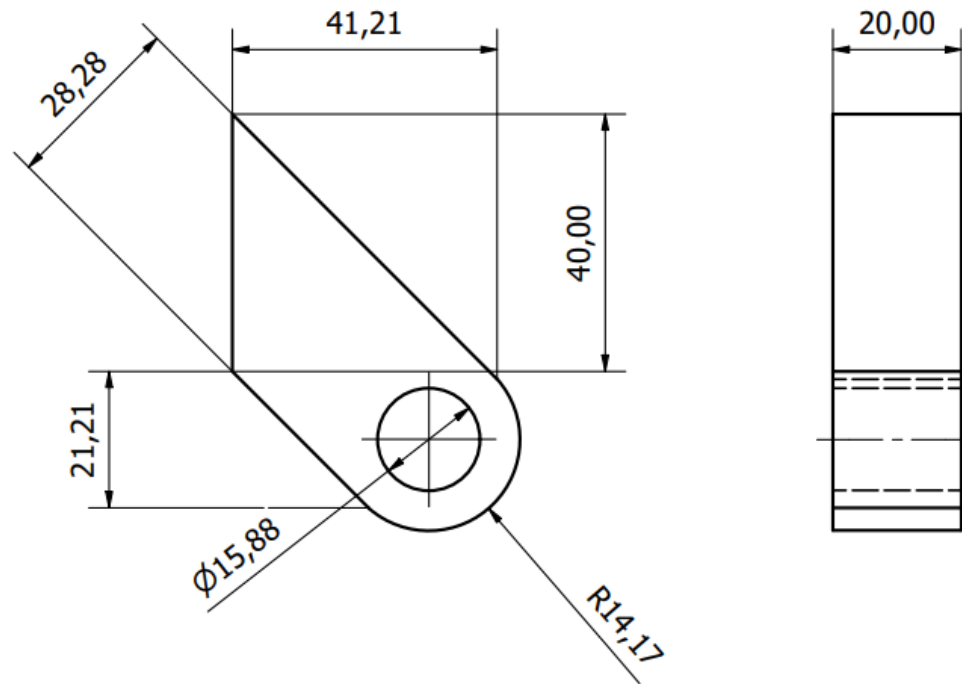
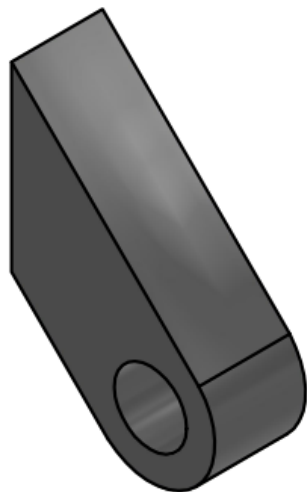
M8x1.25 - 6H




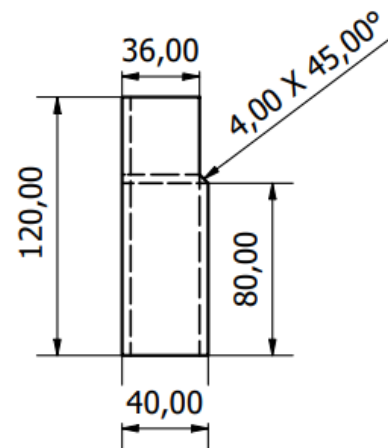
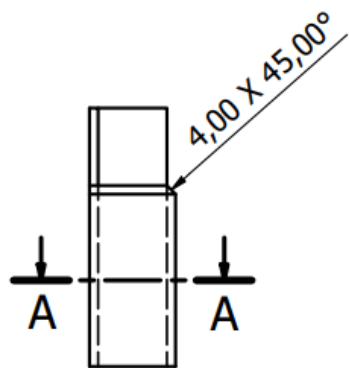
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 2.264 kg	Material: Steel ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: Perfil lateral con agujeros	Escala: 1 : 5
Dib.	11/19/2022	S. Haro		
Rev.				
Aprb.			Código: TSH-BS-003	Proyecto: TR
44				



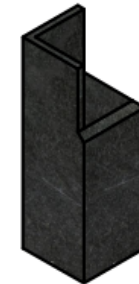
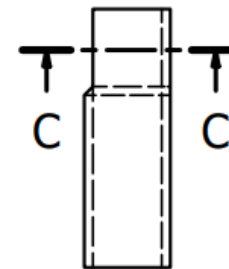
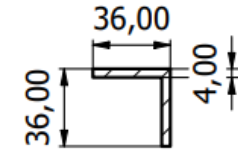
Tolerancias: $\pm 1 \text{ mm}$		Peso: 0.989 kg	Material: Acero AISI 1018 106 LC	
	Fecha	Nombre	Pieza: Eje llantas	Escala: 1:3
Dib.	11/13/2022	S. Haro		
Rev.	11/14/2022			
Aprb.				
45	 UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO		Código: TSH-BS-004	Proyecto: TR



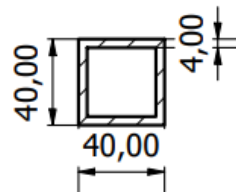
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: 0.210 kg	Material: Acero ASTM A36	
	Fecha	Nombre	Pieza: Soporte llantas eje	Escala: 1 : 1
Dib.	11/14/2022	S. Haro		
Rev.				
Aprb.			Código: TSH-BS-005	Proyecto: TR
46				




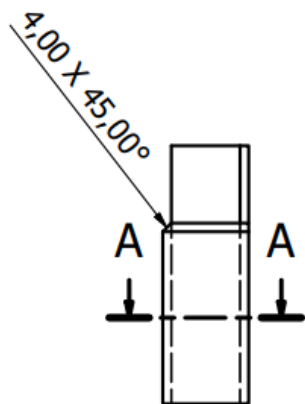
C-C (1 : 3)



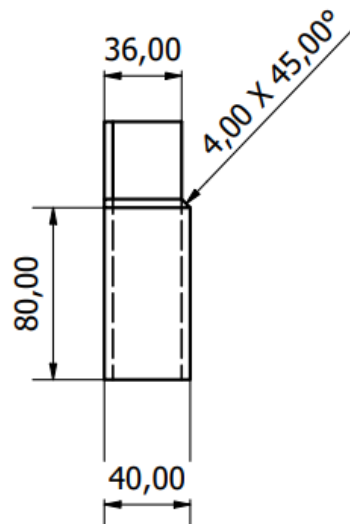
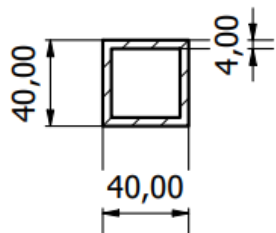
A-A (1 : 3)



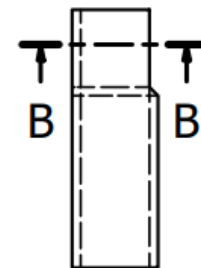
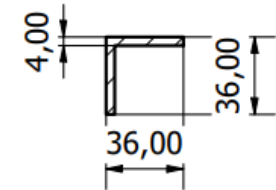
Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: Acero ASTM A36	
Fecha Dib. 1/16/2022		Nombre S. Haro		Pieza: Pieza vertical pata derecha
Rev.				
Aprb.		47		Escala: 1 : 3
		Código: TSH-BS-006		Proyecto: TR




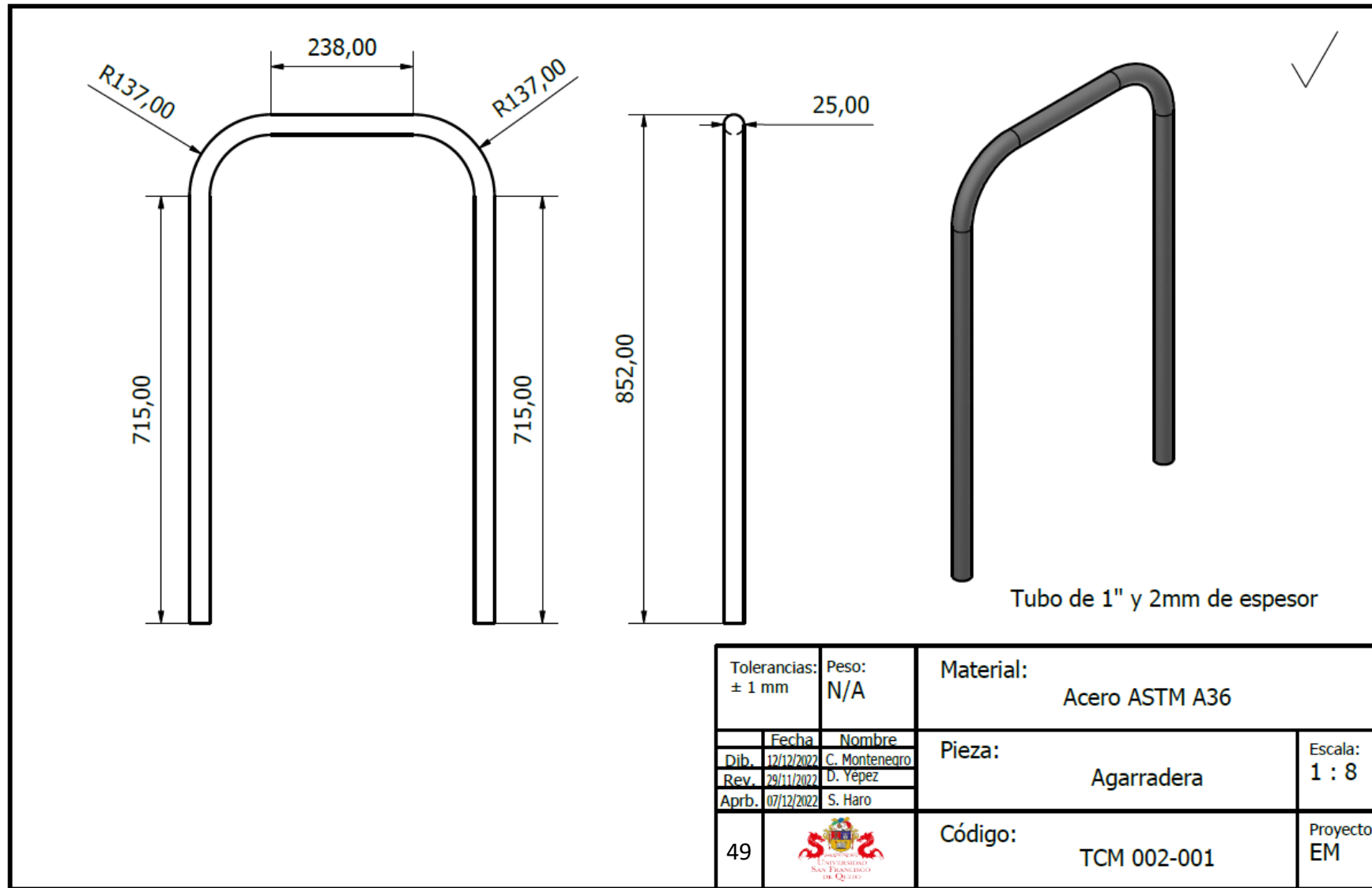
A-A (1 : 3)

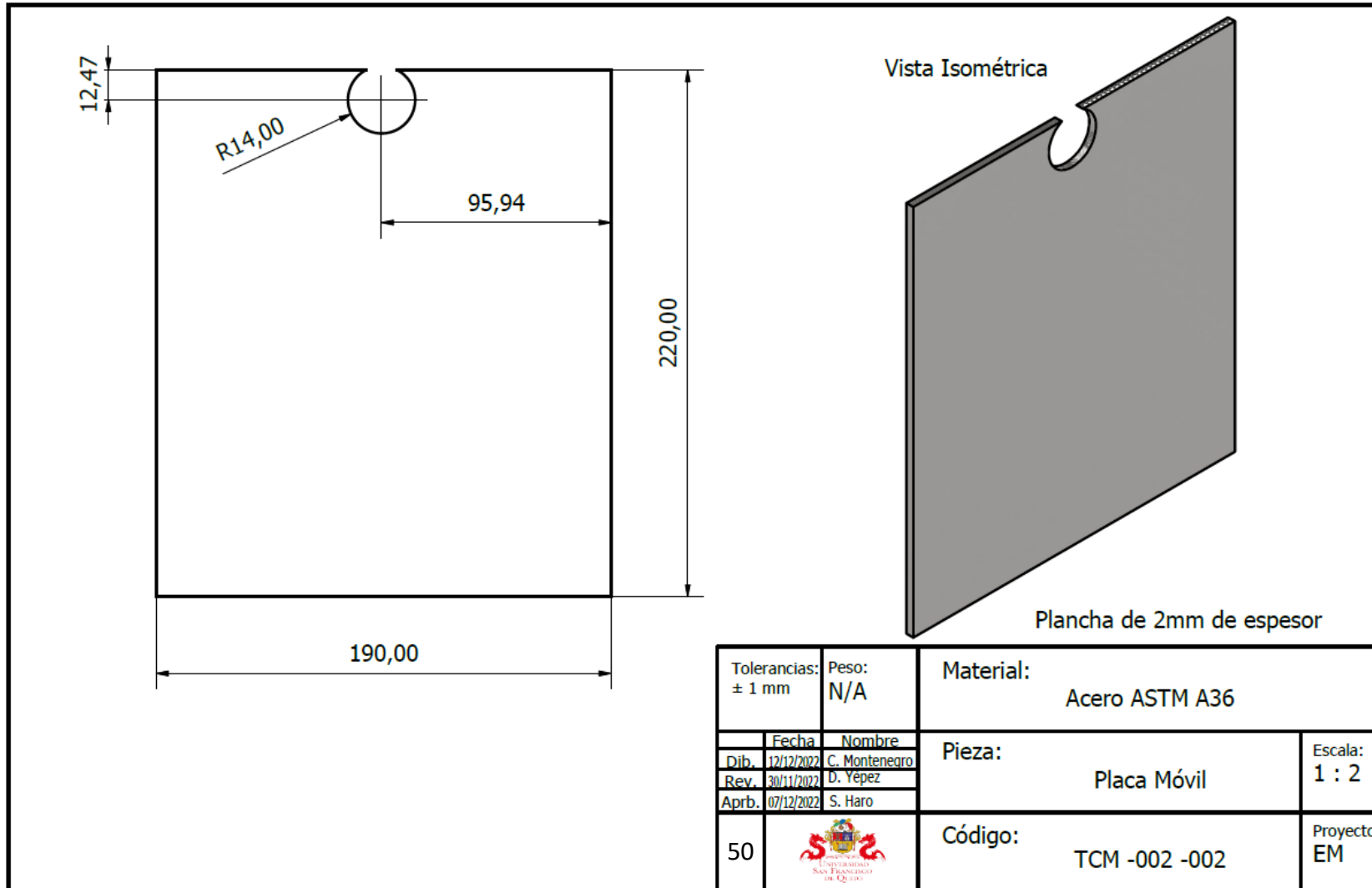


B-B (1 : 3)



Tolerancias: ± 1 mm		Peso: N/A	Material: Acero ASTM A36	
Dib.	Fecha	Nombre	Pieza: Pieza vertical pata izquierda	Escala: 1 : 3
Rev.				
Aprb.				
48			Código: TSH-BS-007	Proyecto: TR





ANEXO B: CÁLCULOS DETALLADOS

Ensayos de tracción en madera

Para conocer los parámetros que necesitamos que cumpla la picadora de biomasa con el fin de que cumpla con efectividad su tarea de cortar las ramas de los árboles de la reserva, se empezó por definir las propiedades mecánicas de la madera a cortar. Para conocer los parámetros que necesitamos que cumpla la picadora de biomasa con el fin de que cumpla con efectividad su tarea de cortar las ramas de los árboles de la reserva, se empezó por definir las propiedades mecánicas de la madera a cortar. Así pues, como parte del análisis se procedió a tomar muestras de las ramas de los árboles del lugar donde trabajará la máquina, estas con las siguientes dimensiones promedio:

Largo: 100 mm

Ancho: 20 mm

Espesor: 6 mm

Con tolerancias ± 1 mm por las herramientas de corte utilizadas. Se obtuvieron dichas muestras para realizar un análisis de esfuerzos axiales en el laboratorio de mecánica de materiales de la universidad, recalcando que las fibras de las muestras se encontraban en dirección de la longitud de dichas por lo que el esfuerzo axial es donde más fuerza soportarían obteniendo así la siguiente gráfica promedio como resultado:

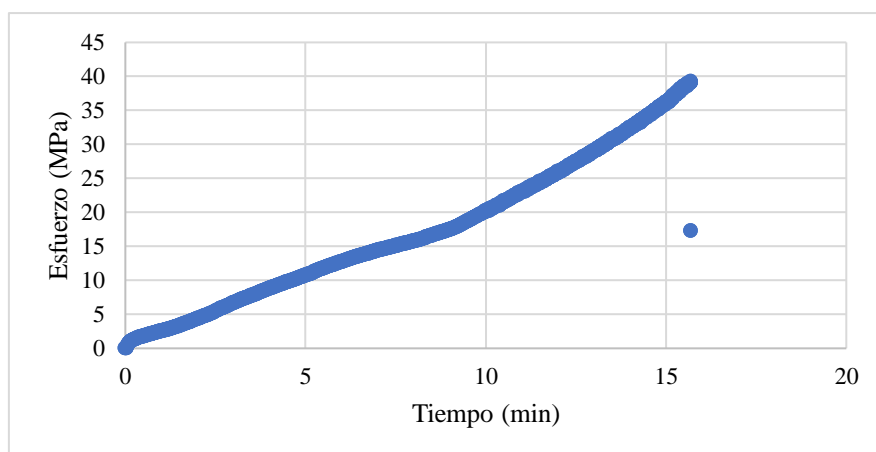


Figura 12 Esfuerzo (MPa) vs Tiempo (min)

Obteniendo los valores numéricos promedio se obtuvo que la fuerza máxima que soportaron en promedio las probetas fue de 4225 N, llegando a un esfuerzo promedio de 41.3 MPa antes de llegar al fallo.

Por dificultad para realizar pruebas en cortante para las muestras obtenidas, se decidió realizar investigación sobre la relación existente entre esfuerzo cortante y esfuerzo axial, en términos de la capacidad de la madera de soportar una fuerza antes de llegar al fallo o en este caso lo que nos interesa cizallarse. Para ello se encontraron las siguientes tablas que enseñan diferentes tipos de madera. En este ensayo se representa el número de muestras tomada, dirección el ángulo de las fibras pues, en la madera, al no ser perfecta existe una tendencia de desviación de fibras. Si tomamos el caso ideal sería dirección 0, por ser los que más esfuerzo soportaron antes del fallo. Sin embargo, se utilizarán todos en una tabla para poder obtener resultados más certeros.

Tabla 14 Esfuerzos de cortante paralelo en (kg/cm²)

Grupo	Especie	Dirección	n	\bar{x}
CV00	Chacá	0	25	65.81
CV45	Chacá	45	27	52.59
CV90	Chacá	90	27	48.55
PV00	Pich	0	20	73.01
PV45	Pich	45	25	69.71
PV90	Pich	90	25	62.61

Tabla 15 Esfuerzos de tensión en paralelo en (kg/cm²)

Grupo	Especie	Dirección	n	\bar{x}
CT00	Chacá	0	40	469.35
CT05	Chacá	5	23	361.31
CT10	Chacá	10	13	241.52
PT00	Pich	0	32	597.95
PT05	Pich	5	16	454.00
PT10	Pich	10	12	280.86

(Ahumada, Cerón Cardeña, & Solís Rodríguez, 2004)

A continuación, se compararán todos los elementos encontrados tanto en sus esfuerzos axiales como cortantes para encontrar un equivalente en cortante para las muestras promedio obtenidas en nuestro laboratorio de esfuerzos axiales:

$$41.3\text{MPa} = 41.3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \left| \frac{100 \text{ mm}^2}{1 \text{ cm}^2} \right| \left(\frac{1 \text{ kg}}{9.8 \text{ N}} \right) = 421.43 \text{ Kg/cm}^2$$

Tabla 16 Comparación de elementos

Muestras	Relación		
	Axial(kg/cm ²)	Cortante(kg/cm ²)	(axial/cortante)
C00	469,35	65,81	7,13
C05	361,31	52,59	6,87
C00	241,52	48,55	4,97
P00	591,95	73,01	8,11
P05	454	69,71	6,51
P10	280,86	62,61	4,49
LAB_USFQ	421,43	66,40	6,35

Donde la relación obtenida de la muestra LAB USFQ es el promedio de las relaciones axial/cortante por lo que se divide el esfuerzo axial para esta relación y obtener un esfuerzo cortante que involucre las relaciones de todas las otras muestras que nos dio 66.4 Kg/cm².

Esto en MPa equivale:

$$\frac{66.4 \text{ Kg}}{\text{cm}^2} = 66.4 * \frac{9.8 \text{ N}}{\text{Kg}} \left| \frac{\text{cm}^2}{100 \text{ mm}^2} \right| = 6.5072 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 6.5072 \text{ MPa}$$

Estos esfuerzos fueron encontrados en base a cálculos de nuestra muestra, sin embargo, se encontraron datos puntuales en cuanto a las maderas y sus propiedades cambiantes debido a la humedad y otros factores que alteran en gran magnitud las propiedades mecánicas como esfuerzo cortante que resisten. Por ello se realizó una investigación de las maderas utilizadas

con relativamente alta resistencia al cizallamiento se encontró el ejemplar del roble que tiene una resistencia al cizallamiento de 14 [MPa] en el roble (SUIREZS, 2009) . Dada esta información y al ser nuestra muestra superada por este ejemplar se decidió trabajar con esfuerzos mayores a los calculados tomando como base los del árbol roble. De esta manera estaríamos evitando trabajar en casos ideales de esfuerzos cortantes y no iríamos a casos más reales y extremos que requieran de mayores fuerzas para poder cizallar. En este caso se estaría trabajando con un factor de seguridad:

$$\text{Factor de seguridad: } \frac{\text{Estrés máximo}}{\text{Estrés Calculado}} = \frac{14}{6.5072} = 2.15$$

Según varias normas como la ASME II se especifica en tablas distintas cargas admisibles de diseño en donde se coincide que el mínimo factor de seguridad debe ser 1.25 redondeado a 1.3, lo que nos indica que nuestro factor de seguridad es adecuado y supera los mínimos requeridos. Además, desde un criterio ingenieril al ser esta máquina de trabajo pesado los usuarios de esta pueden querer forzar sus límites intentando meter a la fuerza las más ramas al mismo tiempo lo que multiplicaría la fuerza requerida para cizallar las ramas por lo que nos parece adecuado tener un factor de seguridad elevado incluso más del propuesto. Teniendo esto en cuenta se procede a realizar los cálculos estáticos.

Cálculo estático de las cuchillas

Para realizar el cálculo estático para las cuchillas, se aplicará el siguiente esquema. Se debe mencionar que los ángulos de la cuchilla se midieron a partir de una parte de muestra.

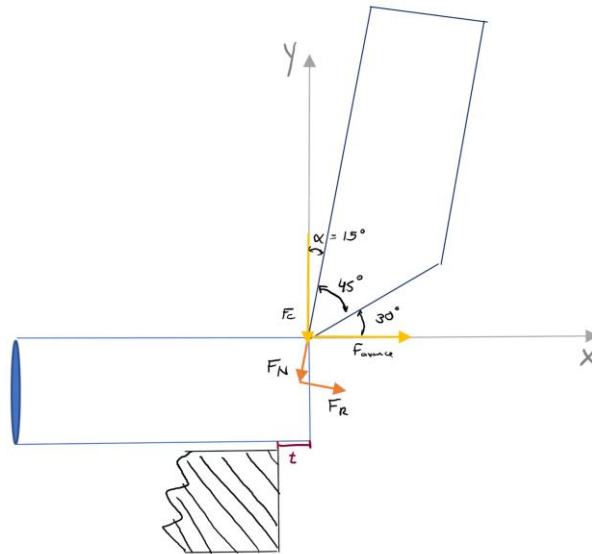


Figura 13 Diagrama de fuerzas en las cuchillas

Primero se debe calcular la fuerza cortante F_c , para esto se encontró que la mejor ecuación para encontrar la fuerza de cizallamiento es dada por (Ramirez, 1990). Sin embargo, esta fuente se enfoca en cortes de láminas de acero lo que puede afectar los valores reales del diseño.

$$F_c = \frac{A \times e \times S_c}{2}$$

Donde,

F_c: fuerza de corte en [N]

A: longitud de la cuchilla en trabajo en [mm]

e: espesor de corte en [mm]

S_c: resistencia al cizallamiento en [MPa]

La cual se puede simplificar a la siguiente ecuación. La cual es preferible ya que incluye el efecto del ángulo de la cuchilla.

$$F_c = \frac{e^2 \times S_c}{2 \times \tan \alpha}$$

Donde,

α : ángulo de corte de la cuchilla en grados

Entonces, se puede resolver la ecuación al aplicar valores conocidos. El espesor deseado de las piezas trituradas tiene el valor de 3 [mm], seleccionado de forma arbitraria. Como se menciona en la sección anterior, se encontró que existe una resistencia al cizallamiento de 14 [MPa] en la madera de roble (SUIREZS, 2009).

$$F_c = \frac{3^2 \times 14}{2 \times \tan 15}$$

$$F_c = 235.12 \text{ [N]}$$

Se puede hacer referencia a un cálculo anterior para justificar la exactitud de la fuerza de corte calculada. La fuerza de cizallamiento estimada en la sección anterior, cuando el corte es perpendicular a las fibras, resulta ser de aproximadamente 200 [N]. En el presente calculo podemos corroborar que la cuchilla debe ejercer una fuerza mayor a 200 [N]. Esta pequeña desviación sucede ya que la cuchilla no se encuentra completamente perpendicular en relación con las fibras de la madera. Este ligero ángulo de ataque aumenta la fuerza de corte pero permite la existencia de una fuerza de avance.

También, se realiza el cálculo de la distancia entre cuchillas, símbolo t, según recomienda (Gasparini Industries, 2017). Igualmente, la recomendación de 0,06 mm para cada mm de espesor de pieza de trabajo se aplica en perfiles de acero.

$$t = 0.06 \times e$$

$$t = 0.06 \times 3$$

$$t = 0.18 \text{ [mm]}$$

Luego se deben descomponer las fuerzas de fricción y la fuerza normal que ocurren durante la interacción entre la cuchilla y la rama.

$$F_{N_x} = F_N \sin \alpha$$

$$F_{N_y} = F_N \cos \alpha$$

$$F_{R_x} = F_R \cos \alpha$$

$$F_{R_y} = F_R \text{sen } \alpha$$

Se realizan las sumatorias de fuerzas en los ejes “x” e “y”, para poder despejar las fuerzas desconocidas en el sistema.

$$\sum F_y = 0$$

$$F_C = F_{N_y} + F_{R_y}$$

$$F_C = F_N \cos \alpha + F_R \text{sen } \alpha$$

$$F_C = F_N \cos \alpha + \mu F_N \text{sen } \alpha$$

$$F_C = F_N (\cos \alpha + \mu \text{sen } \alpha)$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{\text{Avance}} + F_{R_x} - F_{N_x} = 0$$

$$F_{\text{Avance}} = F_N \text{sen } \alpha - F_R \cos \alpha$$

$$F_{\text{Avance}} = F_N \text{sen } \alpha - \mu F_N \cos \alpha$$

$$F_{\text{Avance}} = F_N (\text{sen } \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Ahora se pueden despejar las incógnitas.

$$\begin{cases} F_R = \mu F_N \\ F_C = F_N (\cos \alpha + \mu \text{sen } \alpha) \\ F_{\text{Avance}} = F_N (\text{sen } \alpha - \mu \cos \alpha) \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_R = \mu F_N \\ F_N = \frac{F_C}{(\cos \alpha + \mu \text{sen } \alpha)} \\ F_{\text{Avance}} = \frac{F_C}{(\cos \alpha + \mu \text{sen } \alpha)} \times (\text{sen } \alpha - \mu \cos \alpha) \end{cases}$$

Donde,

μ : coeficiente de fricción cinética. En el caso del roble se tiene un valor de 0,34 ya que el corte es de forma transversal a las fibras de la madera (Villar, Corbacho, Moya, & Vidal, 2019).

Entonces,

$$\left\{ \begin{array}{l} F_R = 0.34F_N \\ F_N = \frac{235.12}{(\cos 15 + 0.34 \sin 15)} \\ F_{Avance} = \frac{235.12}{(\cos 15 + 0.34 \sin 15)} \times (\sin 15 - 0.34 \cos 15) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_R = 75.85 \text{ [N]} \\ F_N = 223.09 \text{ [N]} \\ F_{Avance} = 16.36 \text{ [N]} \end{array} \right.$$

Una vez obtenidas las fuerzas se puede calcular el momento de corte de la cuchilla. Para esto se debe mencionar que el diámetro del disco en la que se ubica la cuchilla es de 30 cm, un valor arbitrario sujeto a cambio según futuros resultados. Para el cálculo de torque se utiliza solo la fuerza de fricción, dado que es esta la que interactúa de forma principal con la velocidad angular del disco.

$$\tau = F_{R_x} \times r$$

Donde,

τ : torque [Nm]

r : radio del disco [m]

Entonces,

$$\tau = F_R \cos \alpha \times \frac{D}{2}$$

$$\tau = 75.85 \cos 15 \times \frac{0.3}{2}$$

$$\tau = 10.99 \text{ [Nm]}$$

Para obtener la potencia requerida para el corte, se utiliza conocer la siguiente ecuación.

$$P = \tau \times \omega$$

Donde,

ω : es la velocidad angular del disco [rad/s]

Entonces, calculamos ω en base a las revoluciones por minuto esperadas de la hoja de corte para este tipo de maquinaria. Tras una investigación en el mercado actual se definió la máquina

triturada compacta COBRA como un buen ejemplo a seguir, por lo que se utilizará un valor de 2 400 [rpm].

$$\omega = 2\,400 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \times \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$
$$\omega = 251.33 \text{ [rad/s]}$$

Entonces,

$$P = 10.99 \times 251.33$$
$$P = 2.76 \text{ [kW]} \times \frac{1 \text{ hp}}{0.7457 \text{ kW}}$$
$$P = 3.7 \text{ [hp]}$$

Cálculos estáticos para las poleas

Para el cálculo de la distancia entre las poleas y la distancia entre ellas se parte de la potencia y velocidad requeridas para el corte, de la velocidad que entrega el motor, valor para el que se toma como referencia un motor comercial con una velocidad de 3600 rpm, y, el hecho de que se ha elegido trabajar con bandas de tipo V.

Así pues, Mott (2004) describe, la forma de obtener los resultados deseados según el párrafo anterior en función de la información que se ha explicado. De tal manera que, en primer lugar, se calcula la potencia de diseño que empleará el sistema. Para ello se debe multiplicar la potencia necesaria por el factor de servicio correspondiente, según se indica en la figura a continuación.

TABLE 7-1 V-belt service factors

Driven machine type	Driver type					
	AC motors: Normal torque ^a DC motors: Shunt-wound Engines: Multiple-cylinder			AC motors: High torque ^b DC motors: Series-wound, compound-wound Engines: 4-cylinder or less		
	<6 h per day	6-15 h per day	>15 h per day	<6 h per day	6-15 h per day	>15 h per day
Agitators, blowers, fans, centrifugal pumps, light conveyors	1.0	1.1	1.2	1.1	1.2	1.3
Generators, machine tools, mixers, gravel conveyors	1.1	1.2	1.3	1.2	1.3	1.4
Bucket elevators, textile machines, hammer mills, heavy conveyors	1.2	1.3	1.4	1.4	1.5	1.6
Crushers, ball mills, hoists, rubber extruders	1.3	1.4	1.5	1.5	1.6	1.8
Any machine that can choke	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0

^aSynchronous, split-phase, three-phase with starting torque or breakdown torque less than 175% of full-load torque.

^bSingle-phase, three-phase with starting torque or breakdown torque greater than 175% of full-load torque.

Figura 14 Factor de servicio para bandas tipo V (Mott, 2004)

Sabemos que la máquina no trabajará más de 6 horas por día, funcionará con un motor a Diesel de un cilindro y es una máquina en la que pueden atorarse las ramas que se desea cortar, por lo que se toma el factor de 2.

$$\text{Potencia de Diseño} = 3.7 \text{ hp} \times 2 = 7.4 \text{ hp}$$

A continuación, se selecciona el tipo de banda que se va a utilizar en base al valor recién calculado, que como se observa en el gráfico a continuación, para 7.4 hp y 2400 rpm se encuentra en la región de una banda 3VX.

FIGURE 7-9 Selection chart for narrow-section industrial V-belts (Dayco Corp., Dayton, OH)

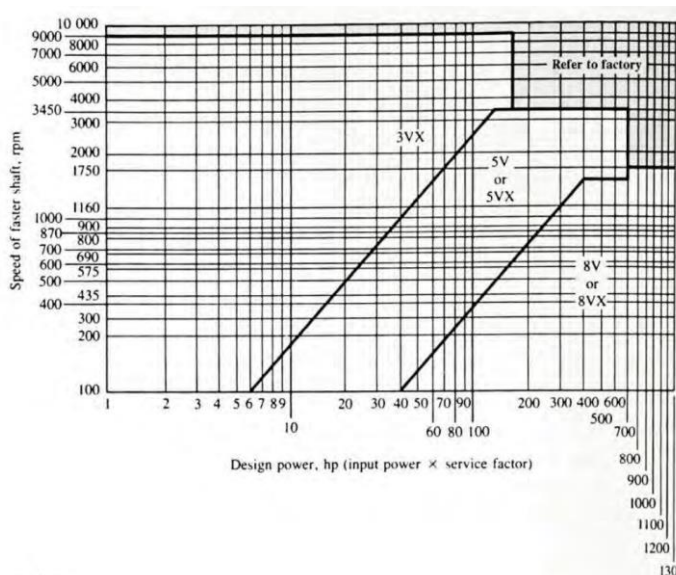


Figura 15 Selección del tipo de banda (Mott,2004)

Posteriormente, se debe encontrar la relación de transmisión que viene dada por la razón de la velocidad que entrega el motor por la velocidad conducida, que es la necesaria para que la máquina realice su trabajo. Por tanto, se tiene:

$$i = \frac{\text{Velocidad}_{\text{motor}}}{\text{Velocidad}_{\text{conducida}}}$$

$$i = \frac{3600 \text{ rpm}}{2400 \text{ rpm}} = 1.5$$

Con estos datos, ahora es posible calcular el diámetro de ambas poleas. No obstante, es importante definir un valor para la velocidad de la banda. Tanto Budynass (2012) como Mott (2004) sugieren que para una banda de tipo V, se emplee el valor de $4\,000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$. No obstante, el primer autor, además, recomienda que la velocidad de la banda se encuentre entre los $1\,000$ y los $5\,000 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$.

Para encontrar el diámetro de la polea menor, de acuerdo a Budynass (2012), se utiliza la siguiente expresión:

$$V = \frac{\pi d n}{12}$$

Donde d es el diámetro de la polea menor, n , la velocidad del motor y V , la velocidad que hemos definido previamente. Por tanto, el diámetro de la polea menor se obtiene despejando d :

$$d = \frac{12 V}{\pi n}$$

$$d = \frac{12 \left(4\,000 \frac{\text{ft}}{\text{min}} \right)}{\pi (3600 \text{ rpm})}$$

$$d = 4.24412 \text{ in}$$

De donde, en base a la relación de transmisión encontrada con anterioridad, se puede encontrar D , el diámetro de la polea mayor:

$$D = 1.5 \times d$$

$$D = 6.36618 \text{ in}$$

Sin embargo, ahora es necesario encontrar valores estándar para las dimensiones de estas poleas y encontrar el par de diámetros para estas que mejor se ajuste a la velocidad conducida que se busca que sea de 2400 rpm. Por lo que, Mott (2004) recomienda realizar la siguiente tabla en la que se tiene el diámetro de la polea menor, se encuentra su estándar en un catálogo y así se calcula el diámetro de la polea mayor, para la cual también se reemplaza su estándar y se encuentra la velocidad conducida.

Para las medidas estándar, se ha empleado el catálogo de Martin para bandas de tipo 3VX y la siguiente ecuación para encontrar la velocidad conducida:

$$n \times d = N \times D$$

En donde n y N, representan las velocidades del motor y conducidas respectivamente.

Tabla 17 Cálculo de velocidad conducida con diferentes diámetros estándar

Estándar d	Aproximado D	Estándar D	Velocidad Conducida (rpm)
4,2	6,3	6,3	2400
4,5	6,75	6,5	2492,307692
4,5	6,75	6,45	2511,627907
4,75	7,125	6,85	2496,350365
5,6	8,4	8	2520

Así pues, la tabla permite apreciar que los diámetros estándar que más se aproximan a un valor de 2400 rpm son los señalados en amarillo, las opciones que se encontraron en el mercado ecuatoriano se indican a continuación:

$$d = 4.5 \text{ in}$$

$$D = 6.5 \text{ in}$$

De tal manera, que ahora se procede a encontrar la distancia entre los centros de las poleas, C. Para iniciar, de acuerdo con Mott (2004), se parte de una cifra tentativa que cumpla:

$$d < C < 3(D + d)$$

$$4.12 \text{ in} < C < 30.21 \text{ in}$$

De tal manera, que se elige un valor de 4.5 in, con el que se calcula la longitud de paso de la banda, L, con la ecuación que presenta Mott (2004):

$$L = 2C + 1.57 (D + d) + \frac{(D - d)^2}{4C}$$

$$L = 25.1056 \text{ in}$$

El valor presentado también debe estandarizarse y, considerando que se trabaja con una banda 3V y la información de la figura a continuación, se obtiene un valor para la longitud de paso de:

$$L = 26.5 \text{ in}$$

TABLE 7-2 Standard belt lengths for 3V, 5V, and 8V belts (in)

3V only	3V and 5V	3V, 5V, and 8V	5V and 8V	8V only
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	
			335	
			355	

Figura 16 Longitudes estándar para bandas tipo V

En la siguiente figura se muestra la representación esquemática de las poleas.

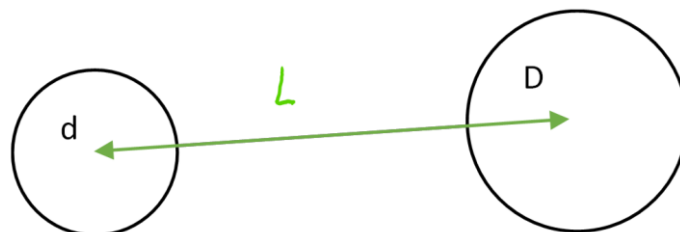


Figura 17 Diagrama del sistema de poleas

A continuación, se calcula B, para poder corregir el valor obtenido para la distancia entre el centro de las poleas dado que esta es una relación entre este y la longitud de paso:

$$B = 4L - 6.28(D - d)$$

$$B = 89.9276$$

Así pues, se obtiene un nuevo valor nuevo para la distancia entre los centros, con la siguiente fórmula:

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D - d)^2}}{16}$$

$$C = 11.1818 \text{ in}$$

Cálculos estáticos para la banda

Para los cálculos de la banda de distribución se utilizará como bibliografía el libro de Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley (Budynass,2012). De acuerdo con estas especificaciones se ha decidido utilizar una banda tipo V. El motor que se pretende utilizar en este proyecto, entrega una potencia aproximada de 6.5 hp y la velocidad angular necesaria para mover las cuchillas es de 2400 rpm, por lo tanto, de acuerdo a la table 17-9 de libro de Shigley, se debe escoger una banda tipo B, que resiste potencias de 1 a 25 hp.

Además, se debe considerar el diámetro de la polea mayor D y el diámetro de la polea menor d.

$$D = 6.5 \text{ in}$$

$$d = 4.5 \text{ in}$$

La velocidad periférica de la banda está dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{\pi dn}{12} = \frac{\pi(4.5)(2400)}{12} = 2827.43 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

El ángulo de contacto se determina mediante la siguiente expresión:

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1}\left(\frac{D - d}{2c}\right)$$

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1}\left(\frac{6.5 - 4.5}{2(11.14)}\right) = 2.96 \text{ rad}$$

A continuación, se obtiene H_{tab} interpolando los valores de la velocidad angular en la tabla 17-12 y los valores de K_1 , K_2 y K_s en las tablas especificadas a continuación.

$$H_{\text{tab}} = 2.094 \text{ hp} \quad \text{tabla 17 - 12}$$

$$\text{Ángulo cobertura} = 2.96 * \frac{180}{\pi} = 169.84^\circ$$

$$K_1 = 0.98 \quad \text{tabla 17 - 13}$$

$$K_s = 1.3 \quad \text{tabla 17 - 15}$$

$$H_a = K_1 * H_{\text{tab}} = 2.052 \text{ hp}$$

$$H_d = H_{\text{nom}} * K_s * n_d = 6.5 \text{ hp}(1.3)(1) = 8.45 \text{ hp}$$

El número de bandas se obtiene con la siguiente relación:

$$N_b = \frac{H_d}{H_a} = \frac{8.45 \text{ hp}}{2.052 \text{ hp}} = 4.11 = 4 \text{ bandas}$$

A continuación, se obtienen los valores de la K_c y K_b en la tabla 17-16 para una banda tipo B con las que se puede determinar la tensión centrífuga, la tensión mayor y la tensión menor.

$$K_c = 0.965 \quad \text{tabla 17 - 16}$$

$$K_b = 576 \quad \text{tabla 17 - 16}$$

$$F_c = K_c \left(\frac{V}{1000} \right)^2 = 0.965 \left(\frac{2827.43}{1000} \right)^2 = 7.71 \text{ lbf}$$

$$\Delta F = \frac{63025 \frac{H_d}{N_b}}{n \left(\frac{d}{2} \right)} = \frac{63025 \left(\frac{8.45}{4} \right)}{2400 \left(\frac{4.5}{2} \right)} = 24.66 \text{ lbf}$$

$$F_1 = F_c + \frac{\Delta F \exp(f_\phi)}{\exp(f_\phi) - 1} = 7.71 + \frac{24.66 e^{0.5123 \cdot 2.96}}{e^{0.5123 \cdot 2.96} - 1} = 39.31 \text{ lbf}$$

$$F_2 = F_1 - \Delta F = 39.31 - 24.66 = 14.65 \text{ lbf}$$

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c = \frac{39.31 + 14.65}{2} - 7.71 = 19.27 \text{ lbf}$$

Se obtiene el factor de seguridad con la siguiente expresión:

$$n_{fs} = \frac{H_a N_b}{H_{nom} K_s} = \frac{2.052 * 4}{6.5 * 1.3} = 0.97$$

Finalmente, se calculan las tensiones máximas que resiste la banda

$$F_{b1} = \frac{K_b}{d} = \frac{576}{4.5} = 128 \text{ lbf}$$

$$F_{b2} = \frac{K_b}{D} = \frac{576}{6.5} = 88.62 \text{ lbf}$$

$$T_1 = F_1 + F_{b1} = 39.31 + 128 = 167.31 \text{ lbf}$$

$$T_2 = F_1 + F_{b2} = 39.31 + 88.62 = 127.93 \text{ lbf}$$

Cálculos estáticos para el diámetro del eje de transmisión

Para los cálculos del diseño del eje de transmisión, se partió de la elaboración de un diagrama de cuerpo libre que se presenta a continuación en la figura:

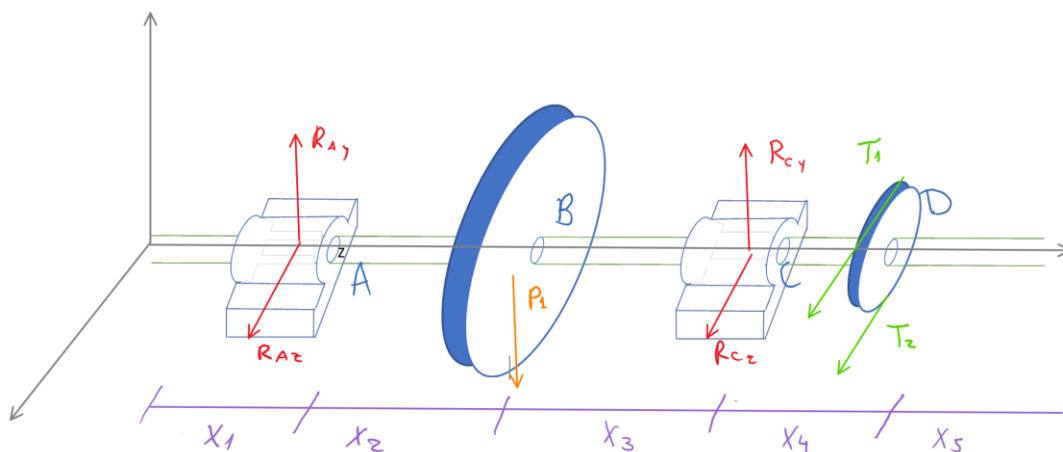


Figura 18 Diagrama de cuerpo libre para el eje de transmisión

Los datos empleados para determinar las reacciones en los puntos A y C se indican en la tabla a continuación:

Tabla 18. Valores de las variables para el eje de transmisión

Diámetro del tambor (m)	0.3
Diámetro de polea (m)	0.1651
P1 (N)	135.986

T1 (N)	744.23
T2 (N)	569.1
X1(m)	0.0215
X2 (m)	0.06
X3 (m)	0.06
X4 (m)	0.0684
X5 (m)	0.0222

A continuación, se realiza un análisis de fuerzas y de momentos para obtener las reacciones correspondientes a los puntos A y C y se obtiene el siguiente sistema de ecuaciones:

$$R_{A_y} + R_{C_y} = 196.2$$

$$0.1415R_{C_y} = 0.0815(196.2)$$

$$-R_{A_z} - R_{C_z} = 191.7$$

$$0.1415R_{C_z} = -0.2099(191.27)$$

Tras su resolución, se obtienen los valores correspondientes a las reacciones, presentados en la tabla a continuación:

Tabla 19. Reacciones encontradas para el eje de transmisión

RA_y (N)	49.05
RA_z (N)	300.29
RC_y (N)	147.15
RC_z (N)	491.56

Conociendo las reacciones en los puntos A y C, se realizan los diagramas de momento y esfuerzo cortante, realizados mediante el software MD Solids, que se presentan a continuación, tanto para el plano x-y como para el plano x-z:

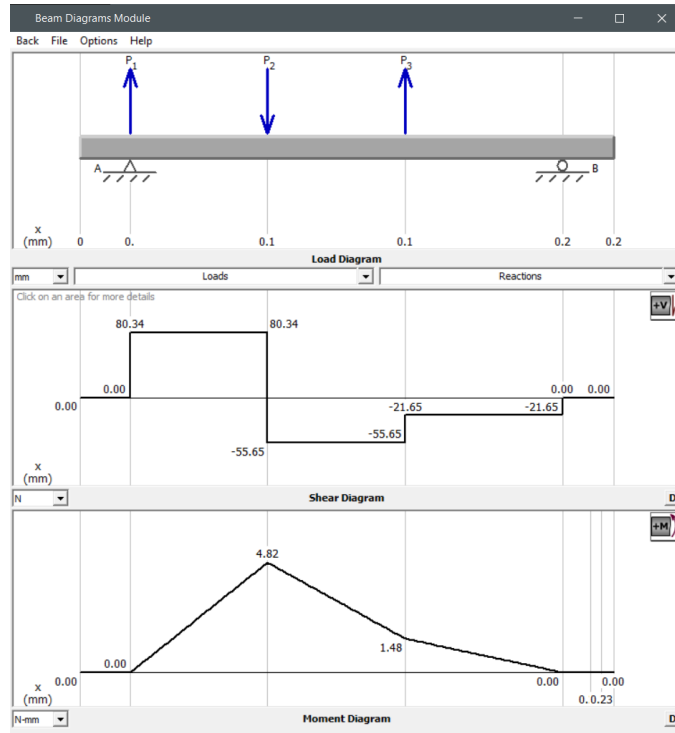


Figura 19 Diagrama de cortante y momento para el plano x-y del eje

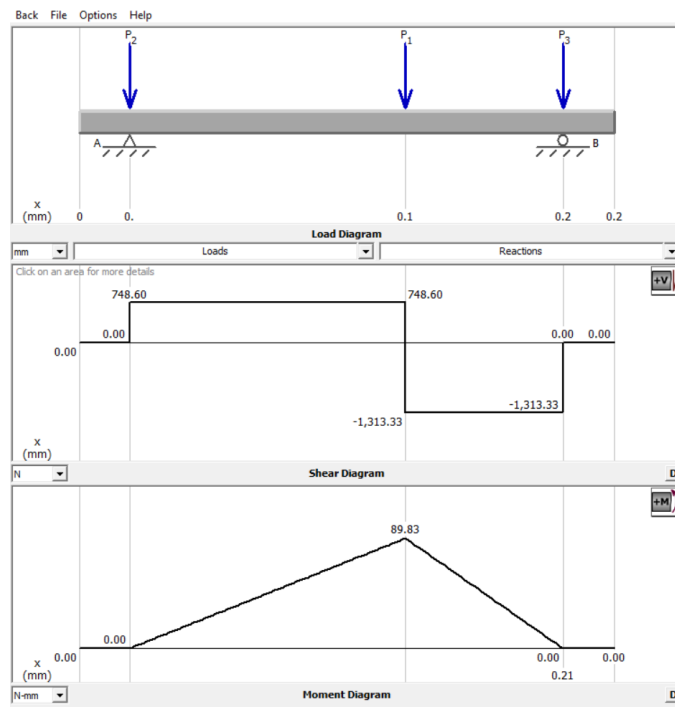


Figura 20 Diagrama de cortante y momento para el plano x-z del eje

A continuación, se obtienen los momentos resultantes para el punto en B y en D para determinar la zona crítica para continuar los cálculos:

Para el plano x-y se tiene:

$$MB = RA_y(X2) = 6.11937 \text{ Nm}$$

$$MD = RC_y(X5) = 0.754722 \text{ Nm}$$

Mientras que para el plano x-z se tiene:

$$MB = RA_z(X2 + X3) = 405.031 \text{ Nm}$$

$$MD = RC_z(X4) = 141.0359 \text{ Nm}$$

Así pues, se obtiene el módulo para los momentos en B y D:

$$MB = \sqrt{(MB_{xy})^2 + (MB_{xz})^2} = 405.0772 \text{ Nm}$$

$$MD = \sqrt{(MD_{xy})^2 + (MD_{xz})^2} = 141.0379 \text{ Nm}$$

De tal manera que en el punto B se tiene el mayor momento, por lo que es el momento que se usa para los siguientes cálculos, en donde se obtiene el esfuerzo normal, de torsión y de Von Misses, con las siguientes ecuaciones obtenidas de Budynass (2012):

$$\frac{M_{\text{máx}}}{I} = \frac{\sigma_x}{\frac{d}{2}}$$

$$\frac{405.0772}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{\sigma_x}{\frac{d}{2}}$$

$$\sigma_x = \frac{d}{2} * \frac{405.0772}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{d}{2} * \frac{25924.94}{\pi d^4}$$

Obteniendo un esfuerzo normal de:

$$\sigma_x = \frac{4126.08}{d^3}$$

Para encontrar el esfuerzo de torsión, es necesario emplear el torque en el punto B que se obtiene a partir del diámetro del tambor y el peso de este, siendo este de 20.3979 Nm.

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau_{xz}}{\frac{d}{2}}$$

$$\frac{20.3979}{\frac{\pi d^4}{32}} = \frac{\tau_{xz}}{\frac{d}{2}}$$

$$\frac{652.73}{\pi d^4} = \frac{2}{d} \tau_{xz}$$

$$\frac{d}{2} * \frac{652.73}{\pi d^4} = \tau_{xz}$$

$$\frac{103.89}{d^3} = \tau_{xz}$$

Finalmente, se calcula el esfuerzo de Von Misses:

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xz}^2)}$$

$$\sigma' = \sqrt{\left(\frac{4126.08}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{103.89}{d^3}\right)^2}$$

$$\sigma' = \sqrt{\frac{17024556}{d^6} + 3\left(\frac{10792.23}{d^6}\right)}$$

$$\sigma' = \frac{4130}{d^3} \text{ Pa}$$

Con lo que finalmente, se considera que el material para el eje será acero AISI 1018, para el cual el esfuerzo de fluencia según Budynass (2012), es de 370MPa y se obtiene el diámetro para el eje.

$$\sigma' \leq S_y$$

$$\sigma' \leq 370 \text{ MPa}$$

$$\frac{4050.55}{d^3} = 370 \text{ MPa}$$

$$\sqrt[3]{\frac{4130}{370 \times 10^6}} = d$$

$$0.02 \text{ m} = d$$

Así pues, se conoce que el sistema de transmisión requerirá de 4 bandas de transmisión tipo 3V y que las poleas mayor y menor tendrán diámetro de 4.5 in y 6.5 in, respectivamente, por lo que los diseños CAD para ambas se indica a continuación:

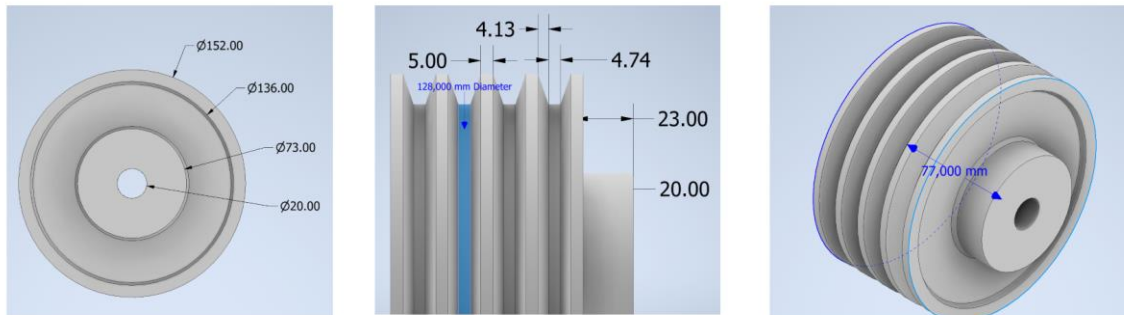


Figura 21 Diseño CAD de la polea de mayor diámetro (6.5 in) para 4 bandas

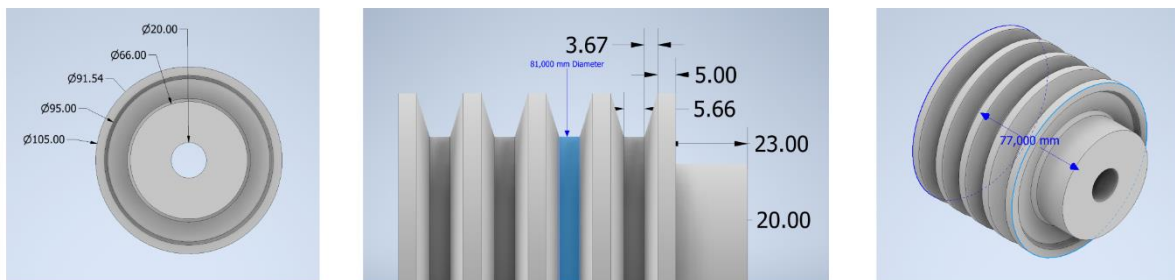


Figura 22 Diseño CAD de la polea de menor diámetro (4.5 in) para 4 bandas

Diseño del disco de cuchillas

A continuación, se presenta el diseño del disco de cuchillas para el sistema de corte con sus respectivas dimensiones:

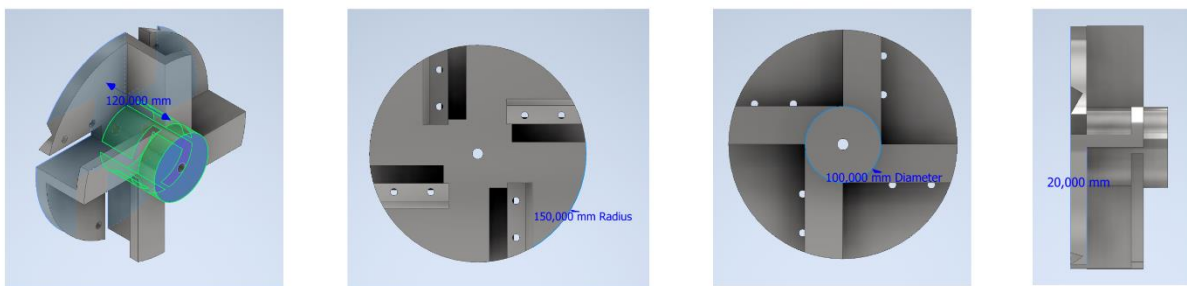


Figura 23 Diseño CAD del disco para cuchillas

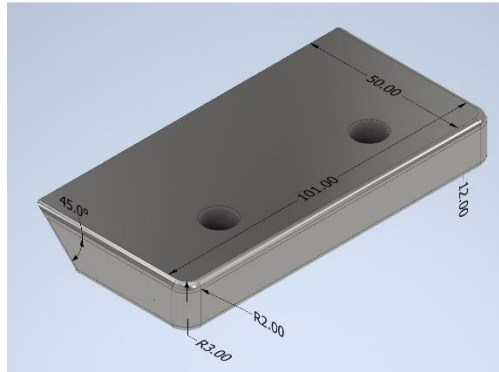


Figura 24 Diseño CAD del disco de cuchillas para el sistema de corte

Estructura metálica

La estructura metálica será la encargada de soportar el peso del motor y los subsistemas de transmisión y corte. A continuación, se indican los resultados de las simulaciones realizadas para diferentes dimensiones de perfiles en acero ASTM A36.

Así pues, según indican las figuras 14, 15 y 16; para el perfil de 40x4, se presenta un esfuerzo máximo de 24.72 MPa, con un desplazamiento máximo de 0.025 mm y un factor de seguridad de 15.

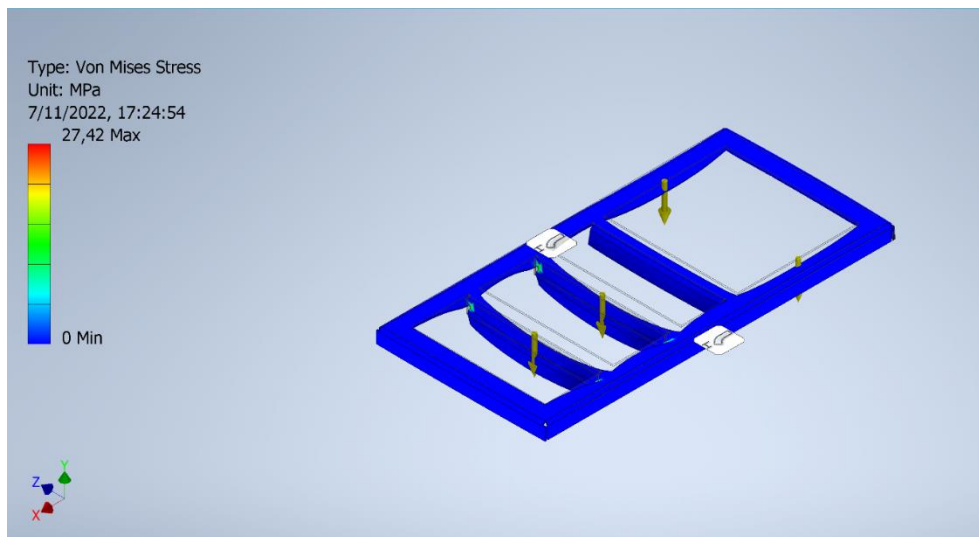


Figura 25 Esfuerzos de Von Misses para perfil 40x4

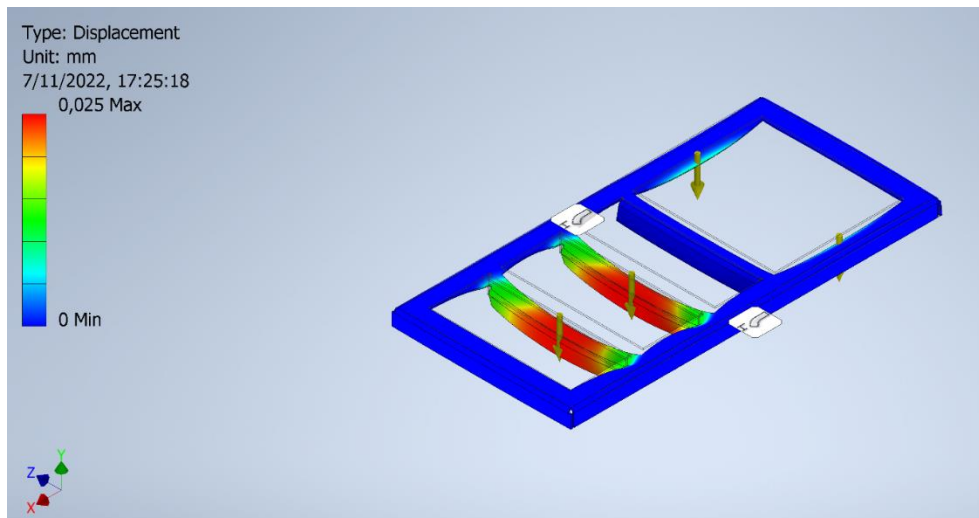


Figura 26 Desplazamiento para perfil 40x4

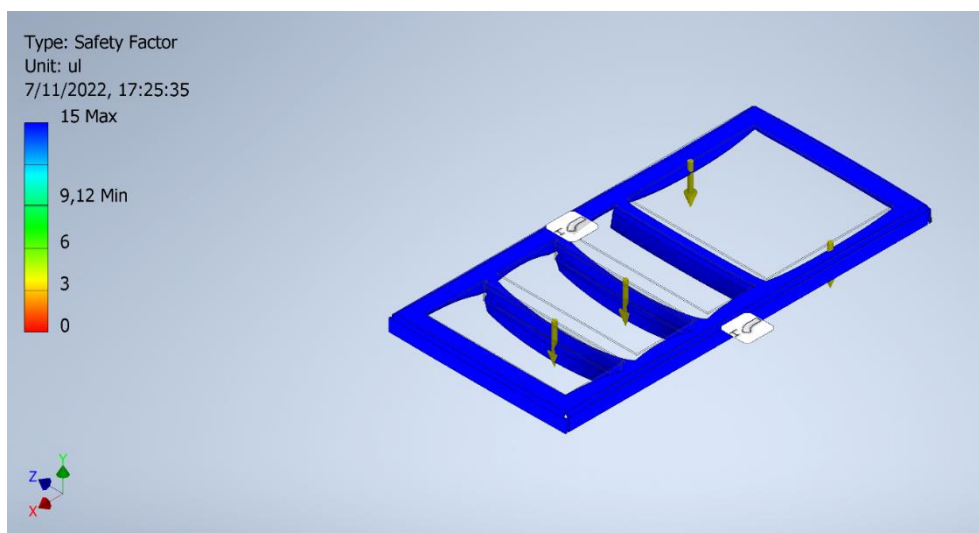


Figura 27 Factor de seguridad para perfil 40x4

Mientras que como indican las figuras 17, 18 y 19; para un perfil de 25x4 se tiene un esfuerzo máximo de 25.62 MPa, un desplazamiento de 0.05645 mm, con un factor de seguridad de 15.

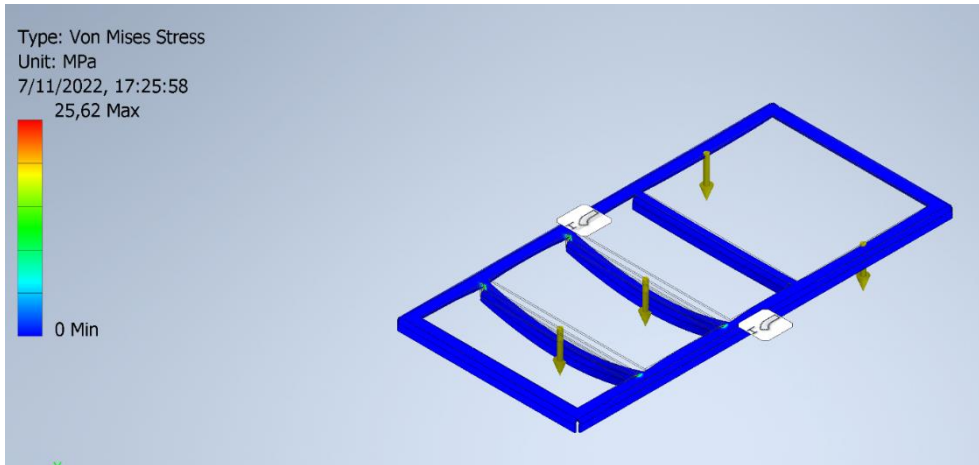


Figura 28 Esfuerzos de Von Misses para perfil 25x4

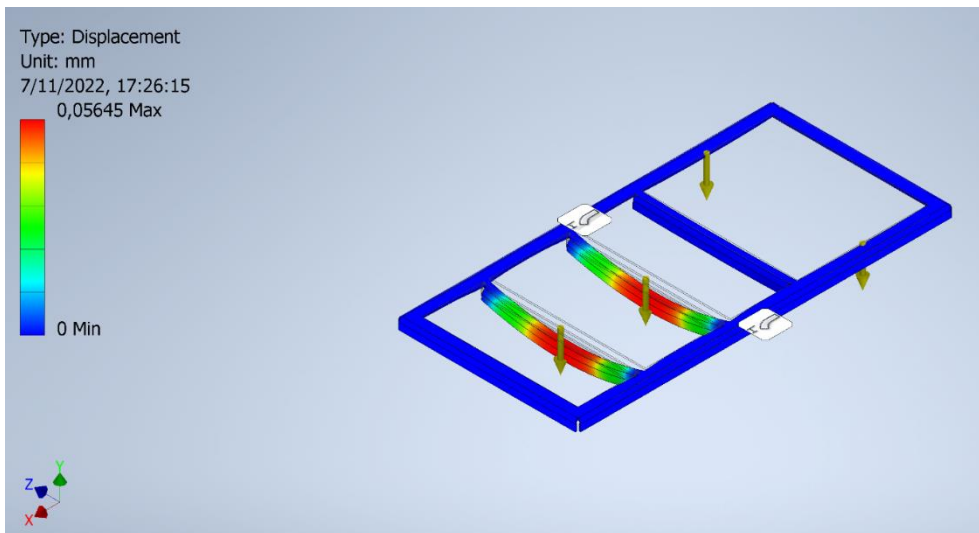


Figura 29 Desplazamiento para perfil 25x4

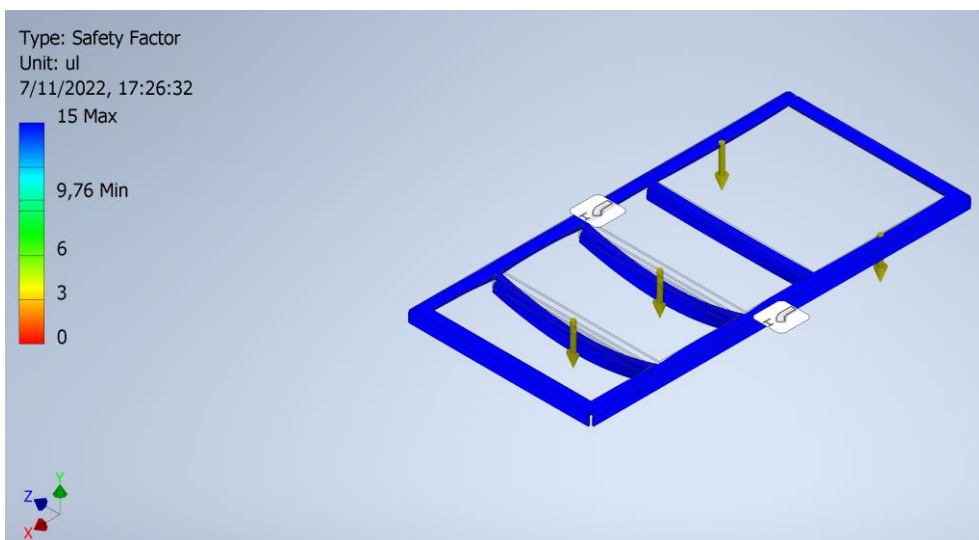


Figura 30 Factor de seguridad para perfil 25x4

Estimación de vida útil

Para el cálculo de la fatiga primero se define el límite elástico y el límite de fractura para el material de la cuchilla. Donde los valores dados por (Mayén, y otros, 2010) para el acero AISI D2, el cuál es equivalente al K110 comprado en Böhler.

$$S_y = 1385 \text{ [MPa]}$$

$$S_{ut} = 1390 \text{ [MPa]}$$

El siguiente paso es definir los esfuerzos en el punto crítico. Se utilizó el gráfico del diagrama de cuerpo libre en las cuchillas para definir el efecto de las fuerzas en la base de la cuchilla. Además, se definió el área de aplicación de la fuerza en base al filo de la cuchilla.

$$A = 95 \times 0.1 = 9.5 \text{ [mm}^2\text{]}$$

$$\sigma_{Fc} = \frac{Fc}{A} = \frac{235.12}{9.5} = 24.74947 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{avance} = \frac{F_{avance}}{A} = \frac{16.36}{9.5} = 1.7221 \text{ [MPa]}$$

Una vez definidos los esfuerzos, se debe encontrar el esfuerzo de Von Mises al que se somete la cuchilla.

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_{Fc}^2 - (\sigma_{Fc} \times \sigma_{avance}) + \sigma_{avance}^2}$$

$$\sigma' = 23.93493 \text{ [MPa]}$$

El siguiente paso es encontrar el esfuerzo medio y el esfuerzo de amplitud que afecta a la cuchilla durante los ciclos de trabajo. Dado que la cuchilla golpea súbitamente la madera, se toma en cuenta un ciclo de trabajo que inicie en 0 y llegue al pico máximo de esfuerzo.

$$\sigma_a = \sigma' = 23.93493 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma'}{2} = 11.96746 \text{ [MPa]}$$

Luego se definieron los concentradores de esfuerzos dentro de la cuchilla, los cuales son los agujeros para los pernos de sujeción. Dado que los agujeros no están centrados en la cuchilla uno tendrá mayor concentración que el otro, por lo que se mostrará el más crítico.

$$\begin{cases} h = 14 [mm] \\ w = 65 [mm] \\ d = 10 [mm] \\ t = 15 [mm] \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{h}{w} = 0.215 \\ \frac{d}{w} = 0.153 \end{cases}$$

Donde,

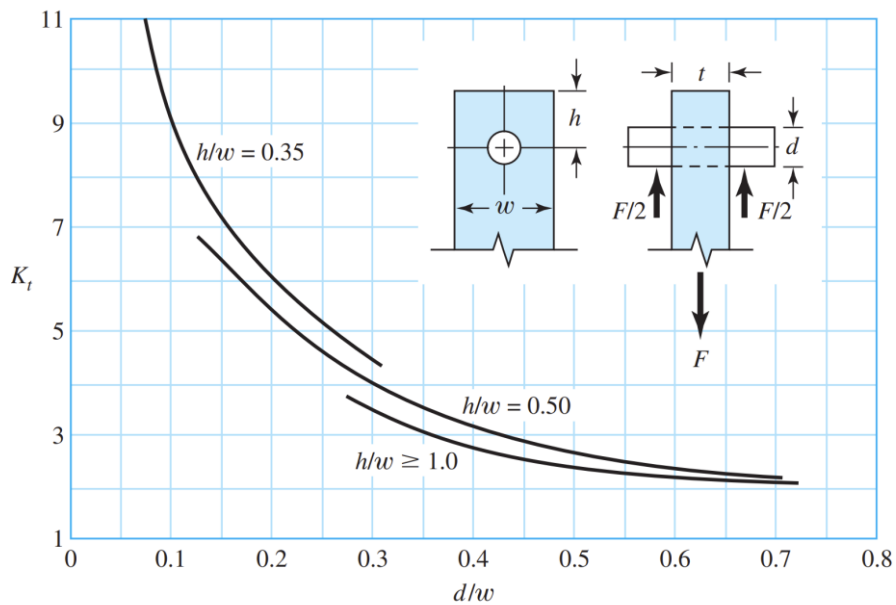


Figura 31 Concentradores de esfuerzo teóricos para placa cargada a tensión por un pin

Entonces,

$$K_t = 7$$

Ya con el valor de concentración estático, se procede a encontrar el valor de concentración dinámico utilizando la siguiente ecuación.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Donde,

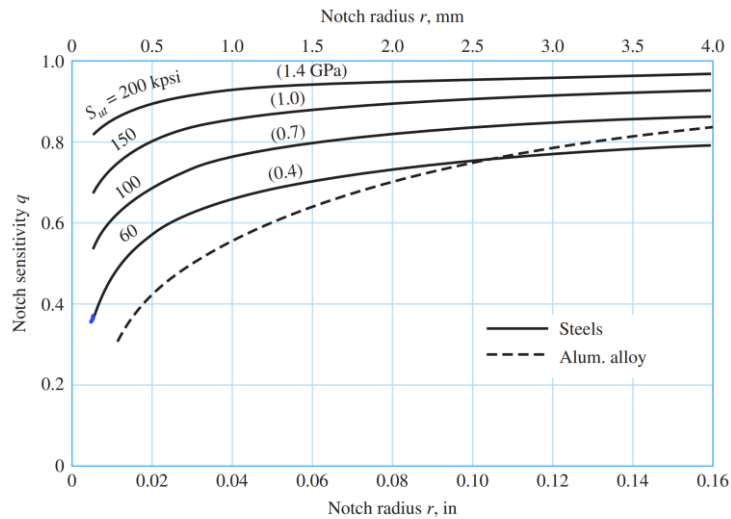


Figura 32 Sensibilidad a la concentración

$$q = 0.95$$

Entonces,

$$K_f = 6.7$$

Una vez definido el Kf se convierten los esfuerzos de amplitud y media.

$$\sigma_a' = K_f \times \sigma_a = 160.364 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_m' = K_f \times \sigma_m = 80.182 \text{ [MPa]}$$

Luego, se pasa a calcular el límite de fatiga de la cuchilla. Para esto se toman en cuenta ciertas condiciones de operación y del componente.

$$Se = k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \times Se'$$

Donde,

$$Se' = 0.5 \times Sut = 695 \text{ [MPa]}$$

Para superficie maquinada

$$k_a = a \times Sut^b = 4.51 \times 1390^{-0.265} = 0.663$$

$$a = 4.51$$

$$b = -0.265$$

Con fuerza axial

$$k_b = 1$$

Con fuerza axial

$$k_c = 0.85$$

A una temperatura promedio de 50 C

$$k_d = 1.010$$

Confianza del 95%

$$k_e = 0.868$$

$$k_f = 1$$

Entonces,

$$S_e = 343.18 \text{ [MPa]}$$

Después, se deben calcular los factores de seguridad para la cuchilla. En este caso específico se debe calcular el de elasticidad, n_e y el de fatiga, n_f .

$$\eta_e = \frac{S_y}{\sigma'_a + \sigma'_m} = 5.7$$

$$\eta_f = \frac{1}{\frac{\sigma'_a}{S_e} + \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}} = 1.9$$

Finalmente, se procede a calcular la cantidad de ciclos de trabajo que soportan las cuchillas. Esto se realiza debido al tipo de aplicación analizada, a pesar de que los factores de seguridad son superiores a 1.2. Primero se debe encontrar el esfuerzo reversible en base a los ya calculados.

$$\sigma_{rev} = \frac{\sigma'_a}{1 - \frac{\sigma'_m}{S_{ut}}} = 170.18085 \text{ [MPa]}$$

Donde,

$$f \cdot S_{ut} = 0.85 \times 1390 = 1216.5 \text{ [MPa]}$$

Entonces,

$$a = \frac{(f \cdot S_{ut})^2}{S_e} = 4312.233 \text{ [MPa]}$$

$$b = -\frac{1}{3} \log \frac{f \cdot S_{ut}}{S_e} = -0.1832$$

Dando finalmente,

$$N = \left(\frac{\sigma_{rev}}{a} \right)^{1/b}$$

$$N = 45.9 \times 10^6 \text{ ciclos}$$

Ya con los ciclos de trabajo se puede convertir la estimación a horas de trabajo. Esto se realiza tomando en cuenta que un ciclo de trabajo equivale a una revolución del disco.

$$1 \text{ ciclo} = 1 \text{ revolución}$$

$$45.9 \times 10^6 \text{ ciclos} \times \frac{1 \text{ min}}{3\,600 \text{ revoluciones}} = 12750 \text{ minutos}$$

$$12750 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}} = 212.5 \text{ horas}$$

Así se puede concluir la necesidad de cambiar cuchillas cada 212.5 horas de trabajo. Dado que se recomienda el mantenimiento del motor cada 200 horas, se tomó como decisión conjunta el cambio de cuchillas con cada mantenimiento del motor.

ANEXO C: ADMINISTRACIÓN DEL PROYECTO

Diagrama de Gantt

Tabla 20 Listado temporal de actividades

Fase	Actividad	Descripción	Fecha de Inicio	Fecha de fin
Inicio	A	Definir requerimientos y objetivos	22/8/2022	29/8/2022
	B	Investigación previa	29/8/2022	13/9/2022
	C	Criterios de selección y análisis de riesgos	8/9/2022	19/9/2022
Planeación	D	Ensayos de laboratorio	22/9/2022	6/10/2022
	E	Cálculos	21/9/2022	10/11/2022
	F	Diseño y modelado	10/11/2022	22/11/2022
Ejecución	G	Compra de materia prima	25/11/2022	26/11/2022
	H	Construcción de piezas	25/11/2022	29/11/2022
	I	Ensamble de piezas	30/11/2022	1/12/2022
Control	J	Pruebas de prototipo	2/12/2022	9/12/2022
	K	Corrección de detalles	9/12/2022	18/12/2022
Conclusión	L	Creación de manuales	2/12/2022	19/12/2022
	M	Creación del portafolio final	29/8/2022	20/12/2022



Figura 33 Diagrama de Gantt

Presupuesto

A continuación, se detalla el total de gastos de la picadora de Biomasa en esta tabla se puede observar a detalle cada componente por categoría y los elementos detallados, incluyendo el lugar y precio de compra.

TOTAL DE GASTOS PICADORA DE BIOMASA DETALLADO			
Categoría: Materiales			
Elemento	Detalle	Lugar	Precio
Estructura metálica			
Angulo Acero A36	40x4mm de 6m de largo	Ferretería Palacios	\$18,30
Plancha 4mm Acero A36	120x120x4 mm	Power Acero	\$68,00
Plancha 2mm Acero A36	122x122x2 mm	Metals Center	\$47,51
Tubo cuadrado Acero A36	40x2mm de 3m de largo	Metals Center	\$18,23
Eje para llantas Acero AISI 1018	Ø 3/4" x 650mm de largo	Mega Aceros	\$5,80
Sistema de corte			
Eje de transmisión AISI 1018	Ø 1 1/2" x 600mm de largo	Mega Aceros	\$17,00
Barra perforada AISI 1018 (Volante Inercia)	Barra Perforada Ø ext 70 x Ø int 40 x 1445mm de largo	Mega Aceros	\$18,00
Chaveta (paletas de expulsión) Acero 1045	Chaveta 3/4" x 1000mm de largo	Mega Aceros	\$19,00
Chaveta Acero 1045	2 chavetas de 10 mm x 10mm de largo	Mega Aceros	\$1,50
Oxicorte plancha redonda Acero A36	Ø305 x 25 mm de espesor	Oxicortes	\$37,20
Placas cortadas Acero de herramienta K353	56x45x15mm	Bohler	\$56,45
Elementos de sujeción			
Pernos para estructura metálica	4 pernos de 1/2" x long 3.1/2" con tuerca, arandelas plana y de presión 10 pernos de 5/16" x long 1.1/4" 4 pernos de 5/16" x long 1.1/2" 2 pernos de 3/8" x long 2" con 4 tuercas de 3/8" 4 pernos de 7/16" x long 3.1/2" con tuerca, arandelas plana y de presión	Servipernos	\$12,36
Pernos para sistema de corte	8 pernos M10x1.5 grado 8 con tuerca de presión 3 pernos avellanados M8x1.25 grado 8	Casa De Pernos y Tornillos	\$6,85
Prisioneros poleas	2 prisioneros de 3/8" x long 1/2"	Servipernos	\$0,34
Prisioneros eje	2 prisioneros de 1/2" x long 1"	DIAP	\$0,90
Bisagras	2 bisagras de 3/4" x 3 acciones	Ferretería Stalin	\$2,60
Tornillo sin fin y tuercas	Tornillo 3/4" long 1m 6 tuercas de 3/4"	Pernos Mundo	\$14,00
Categoría: Metalmecánica, mecanizado y tratamiento térmico			
Elemento	Detalle	Lugar	Precio
Metalmecánica	Corte, soldadura y posicionamiento	SMM	\$400,00
Mecanizado	Portacuchillas	SMM	\$320,00



	Eje de sistema de corte	SMM	\$60,00
	Poleas y chavetas	SMM	\$50,00
	Soldadura de paletas	SMM	\$32,00
	Barolado de bóveda	SMM	\$40,00
	Corte láser de ranuras	SMM	\$32,00
	Cuchillas	SMM	\$100,00
Tratamiento térmico	Templado y revenido	Bohler	\$10,78
Categoría: Componentes de transmisión			
Elemento	Detalle	Lugar	Precio
Motor	Honda GX200 Heavy Duty de 6.5 hp a gasolina	Honda	\$344,34
Polea mayor	6.1/2" 17mm de ranura	Comercial Enriquez	\$49,43
Polea menor	4.1/2" 17mm de ranura	Comercial Enriquez	\$80,45
Bandas de transmisión	4 Bandas Tipo B 55" x 17mm	Mundo del rulimán	\$40,00
Categoría: Accesorios			
Elemento	Detalle	Lugar	Precio
Pintura anticorrosiva	Oxifer Gris Mate 1Gal	Pinturas Multicolor	\$18,00
Thinner	1 Gal	Pinturas Multicolor	\$7,00
Disco de corte	6 discos de 180x1.6mm	Pinturas Multicolor	\$6,59
Llanta fija	2 Llantas 4.10/3.5-4	Ferretería Stalin	\$16,40
Disco de corte	5 discos de 180x1.6mm	Pintulac	\$7,26
Llanta giratoria	Garrucha 4"	Ferretería Stalin	\$3,90
Regatón para patas	2 regatones de 3/4"	Ferretería Stalin	\$0,18
chumaceras	2 de 1 1/2"	Mega Aceros	\$35,70
Tacómetro y horómetro	Inductivo LCD contador de RPM y de horas de funcionamiento	Imarensa	\$43,95
Total			\$2.042,01

ANEXO D: TABLAS DE SELECCIÓN DE DISEÑO

Subsistema de corte.

El primer subsistema por definir es el disco de corte y el tipo de corte apropiado para madera y otros componentes biológicos.

Tabla 21 Soluciones discutidas para el subsistema de corte

Solución	Descripción
<p>Sistema de rotor en disco con volante de inercia</p> 	<p>Consta de dos cuchillas estándar con un volante de inercia de aproximadamente 20 mm de espesor para generar torque, se acopla a un eje que a su vez se embona en el eje de la banda a elegir de manera sencilla.</p>
<p>Sistema de rotor en disco con volante de inercia con aletas</p>	<p>El sistema de rotor en disco con volante de inercia con aletas es similar al diseño preliminar anterior, pero se busca mecanizar el volante de inercia para optimizar el torque generado y mejorar la potencia transmitida a las cuchillas. El maquinado representa costo adicional, pero disminuye el peso del sistema.</p>
<p>Sistema de eje doble con cuchillas</p> 	<p>Consta de varios discos de cuchillas tipo sierra para cortar madera unos alineados con otros para disminuir el espacio entre discos. El precio estimado es de 16\$ cada 4 unidades de 4 pulgadas y media, y se necesitan aproximadamente 12 discos para un correcto funcionamiento. Para esta idea no se requiere mayor peso porque las cuchillas no son pesadas y lo que se realiza son cortes con las sierras, es fácil de adquirir, pero las cuchillas de sierra son delicadas y se desgastan rápido.</p>

Sistema de eje doble con cuchillas trituradoras



Funciona exactamente igual que el anterior con dos ejes, sin embargo, las cuchillas son para triturar y la forma en la que cortan la madera es aplastándola por su geometría.

Al evaluar los criterios según la importancia mostrada en la tabla se puede concluir que la mejor opción es el disco con cuchillas con volante de inercia.

Tabla 22 Criterios ponderados de selección para el subsistema de corte

Criterios	Descripción
A	Precio por unidad
B	Facilidad de ensamblaje y acoplamiento a la transmisión
C	Peso del sistema principal
D	Facilidad de adquisición – Posibilidad de encontrar en el país
E	Durabilidad y resistencia del material
Evaluación de criterios	
$D < C = E = B < A$	

Subsistema de transmisión.

El sistema de transmisión se divide en 2 componentes importantes. Las bandas de transmisión y la unidad de potencia. Primero se debe elegir las opciones de unidades de potencia, como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 23 Soluciones discutidas para el motor del subsistema de transmisión

Solución	Descripción
-----------------	--------------------

<p>Motor a diésel</p> 	<p>Ofrece mayor torque, mayor potencia, maneja mejor las cargas pesadas, requiere menor cambio de piezas pues presenta menor desgaste entre sus componentes mecánicos, lo que le da una mayor durabilidad. Su arranque en frío es más difícil, tiene un mayor peso y cuesta más que uno a gasolina.</p>
<p>Motor a gasolina</p> 	<p>Presenta un menor peso, un menor costo, la reparación y adquisición de sus piezas resulta más económico, pero sufre un mayor desgaste entre sus piezas.</p>
<p>Motor de GLP</p>	<p>Ventajas medioambientales de emplear GLP como combustible son significantes. Desventajas principales son que presenta un mayor consumo de combustible, sería necesario realizar la adaptación de un motor, presentaría mayor peso puesto que la instalación para los tanques de almacenamiento de este combustible requiere de un espacio especial.</p>
<p>Motor de GNC</p>	<p>Tienen una reducción en emisiones nocivas, se presentan como más duraderos y presentan un mantenimiento barato; requieren de un espacio espacial por lo que se resta espacio y aumenta el peso de la máquina y la red de estaciones de servicio es todavía muy limitada.</p>


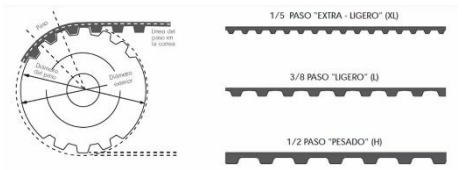
En base a la siguiente matriz de criterios se tomó la decisión de elegir un motor a diésel como unidad de potencia.

Tabla 24 Criterios ponderados de selección para el motor del subsistema de transmisión

Criterios	Descripción
A	Potencia – Entrega una mayor potencia
B	Precio – Menor precio implica mayor presupuesto en otros componentes
C	Mantenimiento – Menor desgaste y facilidad de operación
D	Peso – Menor peso mayor maniobrabilidad
Evaluación de criterios	
$A > B > C > D$	

Como segunda parte se pueden observar las distintas opciones provistas para las bandas de transmisión.

Tabla 25 Soluciones discutidas para las bandas del subsistema de transmisión

Solución	Descripción
<p>Correas planas</p> 	<p>Suelen usarse en aplicaciones donde la distancia del centro de los árboles es elevada. También, permiten la transmisión de potencia entre ejes no paralelos. Debido a su área transversal relativamente delgada es usada en aplicaciones de altas velocidades y alto rendimiento. Tiene un aproximado de 6 años de vida útil y cuesta aproximadamente \$ 1,80 /m.</p>
<p>Correas dentadas</p> 	<p>Se usan en aplicaciones de movimiento lineal que requieren elevada precisión. Proveen torques constantes, velocidades elevadas pero menores a las correas planas, y no requieren un pretensado tan elevado. Igualmente, tiene una vida útil estimada de 6 años. Se puede estimar un precio de \$7 /m.</p>
<p>Correas tipo V</p>	<p>Permiten la transmisión de pares de fuerza mayores a las anteriores opciones, mientras mantiene las</p>

	<p>elevadas velocidades. Su geometría permite un mejor agarre en las poleas y reduce la necesidad de reajustar la banda. Tiene una vida aproximada de 6 años. Su precio es aproximadamente \$6,50 /m, pero puede variar dependiendo de las dimensiones.</p>
<p>Correas de cinturón redondo</p>	<p>Las correas de cinturón redondo se utilizan principalmente en aplicaciones de bajo torque. Tiene un mejor agarre en la ranura de la polea y no requiere reajustes constantes. Una ventaja de este tipo de bandas es que se pueden cortar y volver a unir sin mucha dificultad. Su precio es relativamente bajo, de \$1,50 /m.</p>

Finalmente, se eligió las bandas tipo V como la mejor opción tras evaluar la importancia de los siguientes criterios.

Tabla 26 Criterios ponderados de selección para las bandas del subsistema de transmisión

Criterios	Descripción
A	Eficiencia en la transmisión de torque
B	Precio – Menor precio implica mayor presupuesto en otros componentes
C	Facilidad de adquisición – Posibilidad de encontrar en el país
D	Durabilidad – Mayor vida útil promedio o garantía
Evaluación de criterios	
$C < D = B < A$	

Subsistema de estructura.

Respecto a la estructura nuestro principal objetivo era determinar el material adecuado para soportar altas vibraciones y cargas. Se debe recalcar que no se realizó un bosquejo de la estructura inicial ya que el cliente pidió una distribución horizontal de los componentes.

Tabla 27 Soluciones discutidas para el subsistema de estructura

Solución	Descripción
Fundición gris	La fundición gris tiene una densidad entre 6,95 y 7,35 g/cm ³ . Se produce normalmente de forma directa en las dimensiones necesarias. Es de fácil mecanizado y tiene una buena resistencia al desgaste y a la vibración. Precio aproximado de \$1,50 /kg.
Perfiles de acero A36	Acero de bajo carbono con una densidad de 7,85 g/cm ³ . Buenas propiedades mecánicas de elasticidad y resistencia a la tracción. Además, tiene una buena soldabilidad. Tiene un precio de \$2,10 /kg y se lo puede encontrar en forma de vigas y planchas
Perfil de acero inoxidable AISI 304	Tiene buena formabilidad y gran apariencia superficial. También, tiene una alta resistencia y un relativo bajo peso. Tiene una densidad de 8 g/cm ³ . El precio es de aproximadamente \$4 /kg.
Perfil de acero inoxidable AISI 316	Tiene propiedades mecánicas similares al AISI 304, al igual que la misma densidad. Por lo que se diferencia principalmente en el precio de \$2,70 /kg.
Acero al manganeso (12-14%)	Tiene una alta resistencia al impacto y resistencia a la abrasión. Al igual que una alta dureza lo que dificulta su maquinabilidad. Tiene una densidad de 7,43 g/cm ³ y un precio de \$ 3 /kg, pero su adquisición suele ser bajo pedido.

Finalmente, se decidió utilizar los perfiles de acero A36 como material para la base, tomando en cuenta la importancia de los siguientes criterios.


Tabla 28 Criterios ponderados de selección para el subsistema de estructura

Criterios	Descripción
A	Densidad – Una menor densidad implica menor peso y precio
B	Precio – Menor precio implica mayor presupuesto en otros componentes
C	Resistencia a la vibración – Mayor resistencia implica mayor vida útil
D	Facilidad de ensamblaje – Posibilidad de soldar y mecanizar
E	Facilidad de adquisición – Posibilidad de encontrar en el país
Evaluación de criterios	
$C < D < E = A < B$	

Subsistema de transporte.

Para finalizar con los componentes fundamentales del prototipo se realizó la selección de opciones para el sistema de transporte más apto para el trabajo.

Tabla 29 Soluciones discutidas para el subsistema de transporte

Solución	Descripción
<p>Rueda radial con banda de rodadura R1. Frenos de silla de rueda. Manubrio de coche de supermercado.</p> 	<p>El sistema de frenos usado aplica una barrera en la capacidad de giro de la rueda, requiere fuerza manual. La agarradera tiene la expectativa de proveer comodidad al operador.</p>
<p>Rueda diagonal con banda de rodadura R4. Freno de coche de bebe. 2 agarraderas a los costados.</p>	<p>El sistema de frenos usado aplica una barrera en la capacidad de giro de la rueda, requiere fuerza aplicada con el pie. La agarradera tiene la apariencia general de una carretilla.</p>
<p>Rueda convencional R3. Seguros de empotramiento. Manubrio en la parte inferior.</p>	<p>El freno de la máquina solo puede usarse en terreno blando, La agarradera es similar a la opción 1</p>

En base a los sistemas analizados y la siguiente tabla de criterios se puede definir como opción de diseño inicial al sistema de frenos de coche de bebé y la agarradera a los costados.

Tabla 30 Criterios ponderados de selección para el subsistema de transporte

Criterios	Descripción
A	Precio – Menor precio implica mayor presupuesto en otros componentes
B	Facilidad de manejo – Mayor maniobrabilidad
C	Efectividad de frenado
D	Simplicidad de diseño
E	Apto para el terreno
Evaluación de criterios	
$D < A < C = E < B$	

Subsistema de sensors.

Para terminar, se realizó un análisis sobre los sensores que podrían ser aplicados al sistema. Se debe enfatizar que este es el sistema con mayores cambios a futuro.

Tabla 31 Soluciones discutidas para el subsistema de sensores

Solución	Descripción
Sistema de monitoreo de variables	Se basa en el empleo de sensores análogos que simplemente indiquen al operador el estado de ciertas partes del sistema. Así pues, estos sensores se colocarían en partes donde se tengan altas vibraciones, en zonas críticas de desempeño del dispositivo. Este sistema mostraría valores de operación del motor, como la temperatura, las revoluciones por minuto, la presión, el rendimiento, la presión de los neumáticos, etc.
Sistema de monitoreo con advertencias	Muestra exactamente la temperatura a la que el motor se encuentre, el tiempo de vida que llevan las bandas

	y los rpm del motor, además de su estado en dicho momento. Esto viene acompañado de un sistema de luces y sonidos de advertencia. Dado su mayor complejidad para el operador, nos resultaría a un precio más elevado, su facilidad de instalación sería más compleja, más nos otorgaría una precisión mayor.
Sistema mixto	Se introduce un sistema de alarmas únicamente en las variables más importantes que podrían comprometer el funcionamiento de la máquina. Dado su mayor complejidad para el operador, nos resultaría a un precio más elevado, su facilidad de instalación sería más compleja.

La opción del sistema de monitoreo de variable ha sido el que se ajusta mejor a los criterios presentados dado que con el empleo del manual, el operador puede leer estos sensores análogos y comprender el estado de la máquina y el mantenimiento que esta pueda llegar a requerir.

Tabla 32 Criterios ponderados de selección para el subsistema de sensores

Criterios	Descripción
A	Precio – Menor precio implica mayor presupuesto en otros componentes
B	Facilidad de uso
C	Precisión
D	Facilidad de instalación
Evaluación de criterios	
$A < B < C = D$	

ANEXO E: PROCESO DE MANUFACTURA

Proceso de Construcción



Figura 34 Fresado del disco



Figura 35 Taladrado del disco



Figura 36 Mecanizado del eje



Figura 37 Rolado de la bóveda

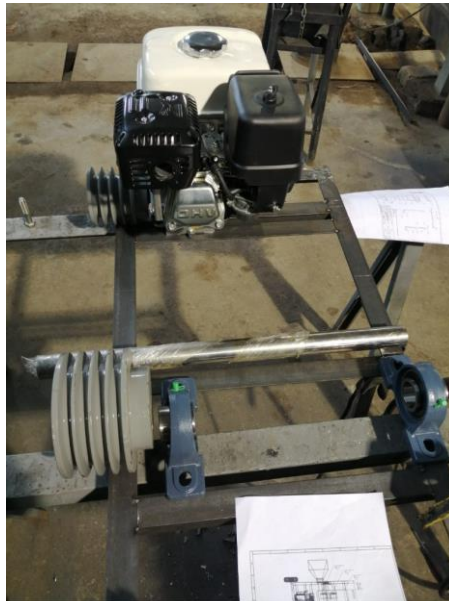


Figura 38 Posicionamiento del motor



Figura 39 Soldadura y ensamble



Figura 40 Perfilar y cortar las cuchillas

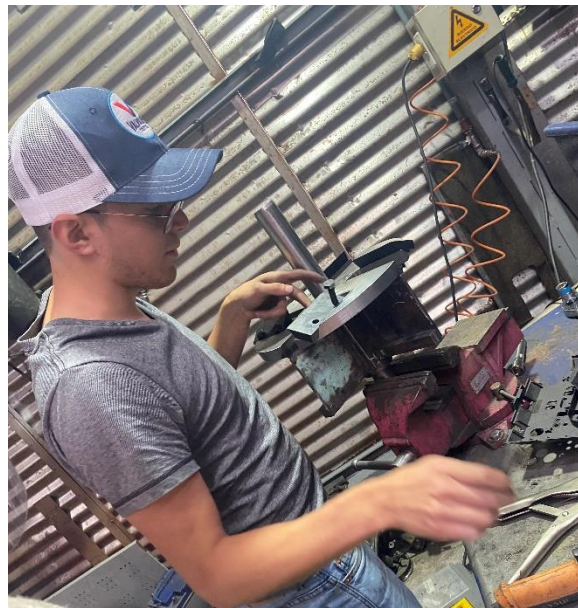


Figura 41 Asegurar las cuchillas al disco

Control del proceso

Tabla 33 Control del proceso de manufactura para las cuchillas

Esquema General			
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero de 15 mm de espesor	Corte de la placa a las dimensiones generales de 52x100 [mm]	Moladora
	Plancha de acero de 15 mm de espesor	Perfilar uno de los lados a un ángulo de 45°	Fresadora
	Plancha de acero de 15 mm de espesor	Marcar la posición de los agujeros. Perforar la cuchilla. Machuelar para M10x1.5	Taladro y brocas Machuelos
	Cuchilla en dimensiones generales	Tratamiento térmico	Temple y revenido
	Cuchilla en dimensiones generales	Rectificado	Rectificadora

Tabla 34 Control del proceso de manufactura para el disco

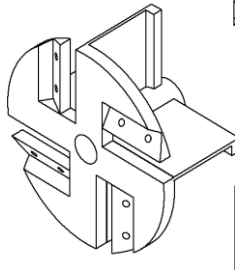
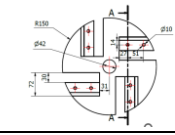
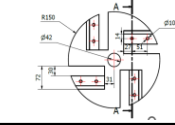
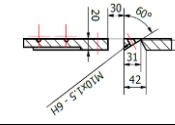
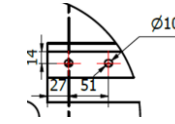
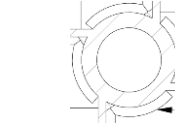
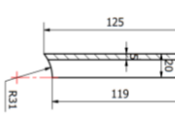
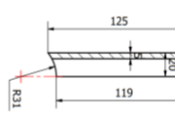
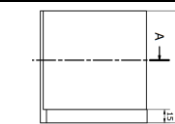
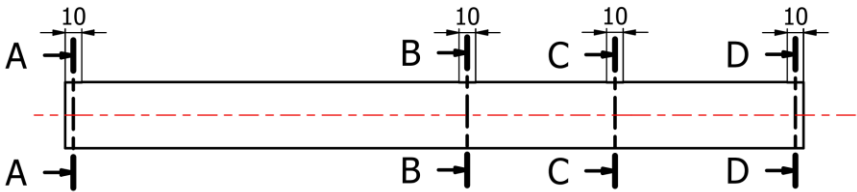
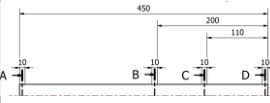
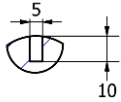
Esquema General			
			
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Corte de la placa en un círculo de 300 mm. Agujero de la placa de dimensiones 42 mm en diámetro.	Cortadora de plasma
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Corte de la placa. 4 espacios rectangulares de 30 mm de ancho. A una distancia de 31 mm del centro.	Moladora
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Desbaste del disco en un ángulo de 60°. Producir una hendidura de 42 mm de ancho y 18 mm de profundidad. Realizar la operación 4 veces.	Fresadora
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Marcar la posición de los agujeros. Perforar el disco. Machuelar para M10x1.5 Realizar la operación 4 veces.	Taladro y brocas Machuelos
	Eje de 60 mm	Mecanizado interno del eje.	Torno
	Eje de 60 mm	Marcar la posición de los agujeros para los espárragos Perforar el eje. Machuelar para M10x1.5 Realizar la operación 2 veces.	Taladro y brocas Machuelos
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Corte de la placa en un cuadrado de 125x125 mm. Repetir operación 4 veces.	Moladora
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Corte circular de la placa, radio de 31 mm en el borde inferior. Repetir operación 4 veces.	Plasma
	Plancha de acero de 20 mm de espesor	Desbastar 15 mm de profundidad la longitud total. Dejar un marco de 15 mm en el borde interior. Repetir operación 4 veces.	Fresadora
Piezas anteriores	Soldar piezas según el plano TDY SC 002 W		Soldadora

Tabla 35 Control del proceso de manufactura para el eje

Esquema General			
			
Croquis	Material	Operaciones	Herramientas
	Eje de 40 mm	Marcar la posición de los chaveteros.	Punzones
	Eje de 40 mm	Mecanizar los chaveteros	Torno

ANEXO F: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Uso de este manual.

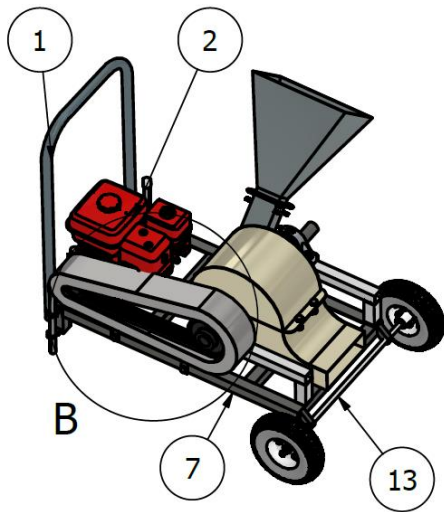
Estimado usuario, tiene en su posesión una máquina picadora de biomasa que ha sido diseñada pensando en sus necesidades, seguridad y comodidad. Este manual presenta toda la información necesaria para que pueda realizar un uso óptimo y seguro del equipo. Por favor, no asuma que conoce cómo opera la máquina, ni el mantenimiento que esta requiera. Lea el manual con atención y consérvelo como referencia para el futuro. En caso de ceder el equipo a un tercero, entregue esta guía al nuevo dueño. A continuación, encontrará la lista de partes que señala a los componentes que forman cada subsistema del equipo: sistema de transmisión, corte, transporte y estructura metálica. Cada parte se presenta en orden alfabético y, para cada una, se detalla su diseño, capacidad, función dentro del equipo y manera de emplear. Por favor, siga dichas recomendaciones para garantizar una larga vida útil de la máquina. Este manual presenta, además, el procedimiento adecuado para encender y apagar el equipo en la sección de procedimiento de operación. Finalmente, llegará a la sección de servicio y mantenimiento, en donde se detalla la vida útil de cada parte y el mantenimiento que se requiere para cada sistema, en donde se incluye el tiempo recomendado para realizar cambio de alguna pieza.

Acerca del funcionamiento de la máquina

Esta picadora de biomasa funciona mediante cizallamiento de madera, cuenta con un volante de inercia anclado a las cuchillas que le permite otorgar un corte con mayor fuerza, la suficiente para poder cortar ramas de hasta 5cm de diámetro. El sistema de transmisión funciona mediante bandas tipo B y poleas que conectan al eje con las cuchillas y el motor. La potencia del equipo proviene de un motor de gasolina HondaGX200 de 6.5 hp. Se ha realizado el diseño de la tolva y la bóveda con la finalidad de que la máquina pueda procesar un mayor volumen de material para comodidad del usuario. El transporte del dispositivo es posible gracias a las llantas neumáticas de gran durabilidad que posee y la agarradera ergonómica pensadas para que sea sencilla su movilidad sobre la tierra.

Lista de Partes

La Picadora de Biomasa se encuentra estructurada en 5 subsistemas: Potencia, Corte, Transmisión, Estructura Metálica y Transporte. A continuación, se especifican cada una de las partes que los componen, con sus especificaciones.



Lista de Partes			
Ítem	Cnt.	Parte	Subsistema
1	1	Agarradera	Sistema de Transporte
3	20	Tuercas 8xM1.5 -6H	Sujeción de Todos los Componentes del Sistema
4	1	Carcasa Cuchillas Parte Inferior	Estructura Metálica
5	1	Contracuchilla	Sistema de Corte
6	1	Eje de Transmisión	Sistema de Corte
7	1	Base Metálica	Estructura Metálica
8	2	Chamuceras	Sistema de Corte
9	1	Carcasa Cuchillas Parte Superior	Estructura Metálica
10	1	Disco con Cuchillas	Sistema de Corte
11	1	Polea Pequeña	Sistema de Transmisión
12	1	Polea Grande	Sistema de Transmisión
13	20	Tornillos 8XM1.5 - 6H	Sujeción de Todos los Componentes del Sistema

Figura 42 Diagrama de la Picadora de Biomasa

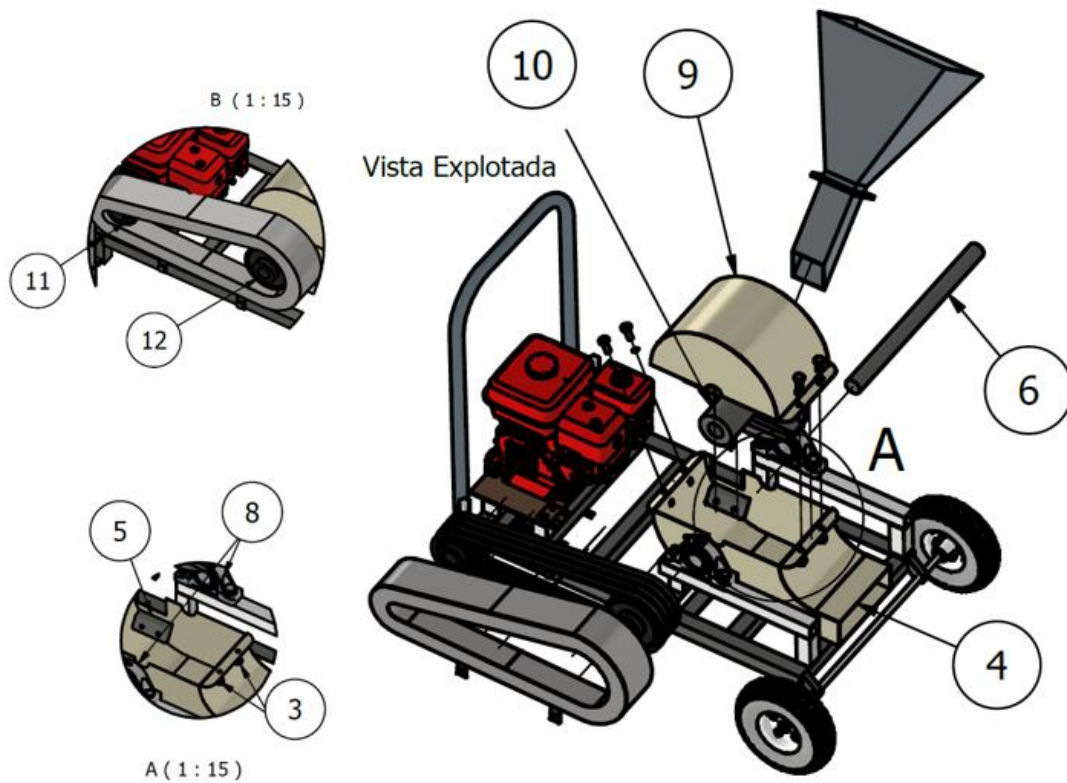


Figura 43 Diagrama de la Picadora de Biomasa con detalles

Lista de Partes			
Ítem	Cnt.	Parte	Subsistema
1	1	Tolva de Entrada	Estructura Metálica
2	1	Cobertor de Banda	Estructura Metálica
3	1	Polea Mayor	Sistema de Transmisión
4	1	Llanta Neumática	Sistema de Transporte
5	1	Tornillo Sistema Freno	Sistema de Transporte
6	1	Placa Móvil	Sistema de Transmisión
7	2	Tornillo sin Fin Freno	Sistema de Transporte
8	4	Tuerca Tornillo Freno	Sistema de Transporte
9	1	Tuerca Tornillo Tensor	Sistema de Transmisión
10	1	Tuerca Tornillo Tensor	Sistema de Transmisión
11	1	Rueda de Caucho	Sistema de Transporte
12	1	Bisagra	Sistema de Transporte

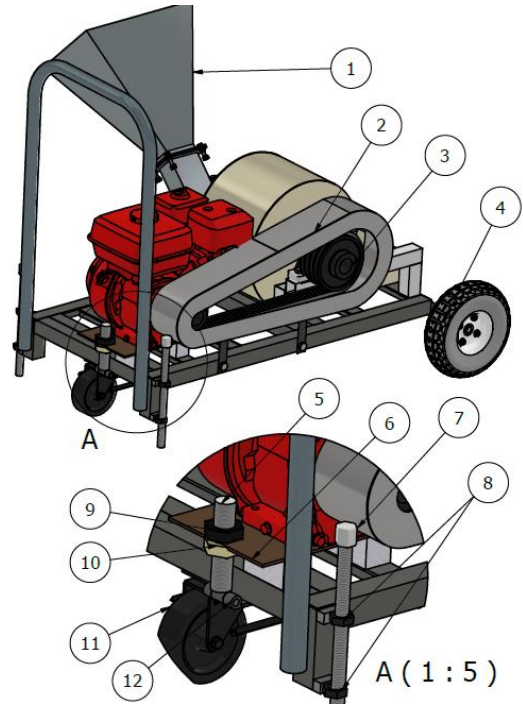


Figura 44 Diagrama de la Picadora de Biomasa

Sistema de Potencia.

Motor Honda GX200.

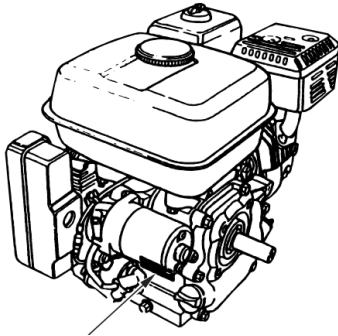


Figura 45 Motor Honda GX200

El motor seleccionado para la potencia y torque de la máquina es de la marca HONDA, este cuenta con 6,5 caballos de fuerza a las 3600 revoluciones por minuto y 1,35kgf a las 2500 revoluciones por minuto como torque máximo. Es un motor fiable denominado “Heavy Duty”, específicamente para trabajos de agricultura como es el caso de esta máquina trituradora de biomasa.

Sistema de Corte.

Disco de Inercia.

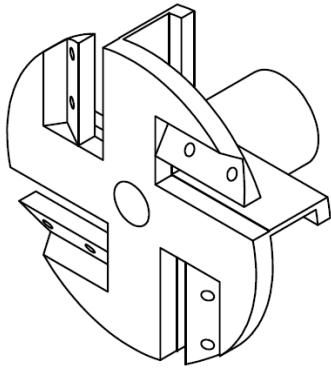


Figura 46 Disco de Inercia

Componente base del sistema de corte. Es el lugar en el que se asientan las cuchillas y el volante de inercia. Su principal función es aportar con masa para facilitar el movimiento circular de las cuchillas al igual que direccionar los trozos de biomasa obtenidos.

Se espera una larga vida útil ya que el disco no sufre un efecto directo de la fuerza de corte o avance. Sin embargo, es buena idea revisar el estado de la pintura cada 500 horas de trabajo.

Chumaceras

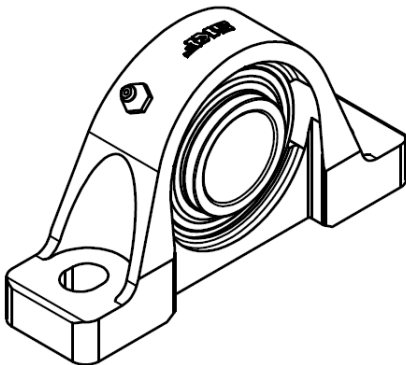


Figura 47 Chumacera

El diseño consta de dos chumaceras. Estas permiten el giro del eje y de sus componentes. Su cambio depende del proveedor, sin embargo, se recomienda revisar su capacidad de giro cada 500 horas de trabajo.

Capacidad de giro se refiere a si el rodamiento dentro de la chumacera sigue girando de forma independiente.

Cuchillas

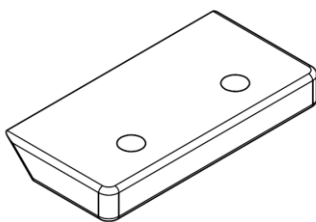


Figura 48 Cuchilla

Se ocupan 4 cuchillas de acero para herramienta, el cual ha sido sometido a un tratamiento térmico para mejorar su dureza. Su función es cizallar la biomasa en trozos. En base a su trabajo de fatiga se estima que su tiempo de vida es de 300 horas de trabajo.

Eje

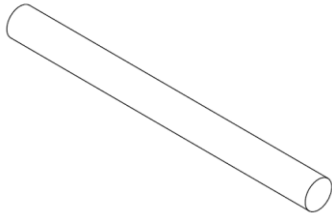


Figura 49 Eje

Es el elemento que sostiene todos los elementos del sistema de corte. Permite el giro del sistema como una unidad. Se recomienda revisar desgaste y corrosión en el eje.

Sistema de Transmisión

Bandas

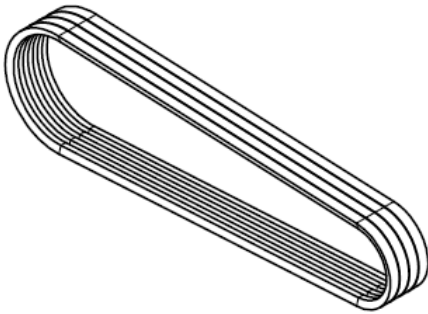


Figura 50 Bandas tipo B

Las bandas se utilizan para conectar el motor con el eje del sistema de corte para transmitirle la potencia necesaria para su funcionamiento, dado el elevado nivel de potencia que se requiere para cortar las ramas que ingresan al sistema, se ha definido el uso de 4 bandas de distribución tipo B con la longitud suficiente para mantener una distancia entre centros de 27.8 in.

Con el uso adecuado, la vida útil de las bandas equivale a 29484 h de trabajo lo que puede traducirse a 3 años.

Poleas

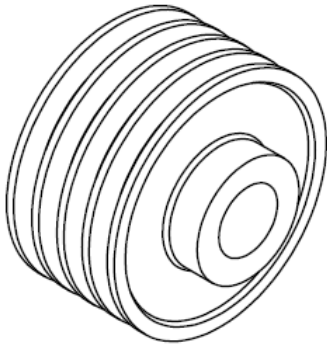


Figura 51 Poleas

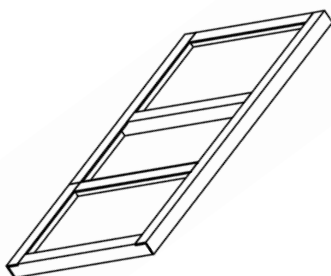
El sistema de transmisión requiere de 2 poleas. La mayor, polea de 6.5 in. para banda tipo B, se debe conectar al eje del sistema de corte, mientras que la menor, polea de 4.5 in. para banda tipo B, va anexionada al motor.

Se debe considerar que la vida útil de las poleas depende del proveedor, sin embargo, se recomienda su cambio cada 6 cambios de banda o cuando el perfil angular haya desaparecido.

Estructura Metálica

La estructura metálica del sistema consta de la base hecha con perfiles angulares, los apoyos para Chumaceras y patas realizados con perfiles cuadrangulares, la bóveda o carcaza del disco de Inercia, la Tolva de entrada. De manera general se seleccionó una perfilería metálica robusta para no tener inconvenientes a futuro sin embargo se trató de que no se sobredimensione para lograr el menos peso de la máquina.

Base de la máquina

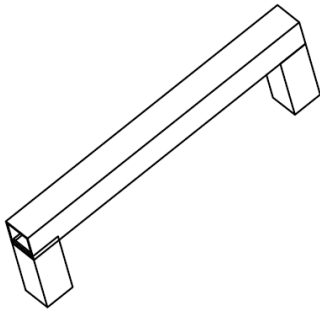


Base Soldada

Se seleccionó una perfilería de 40mmx40mm x4mm, esta es la que sostendrá a todos los demás subsistemas y a la que estarán soldados los perfiles cuadrangulares, el motor estará atornillado, la bóveda y las llantas además de los soportes o patas ancladas al suelo.

Se espera tenga una vida útil larga, bajo condiciones normales ya que está diseñada con un factor de seguridad para pesos ligeramente superiores a los que se cargará y su espesor es bastante robusto.

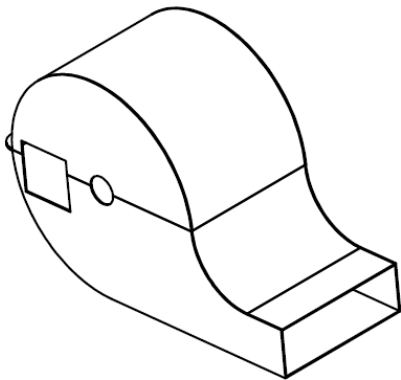
Soportes de eje y base



Se seleccionaron perfiles cuadrangulares en cada lado que soportarán las Chumaceras que están conectadas al eje y que van soldados a la base que son los que tendrán contacto con el suelo, estos perfiles de igual manera son diseñados bastante robustos para que cumplan con la vida útil del equipo.

Soportes de Eje y Base

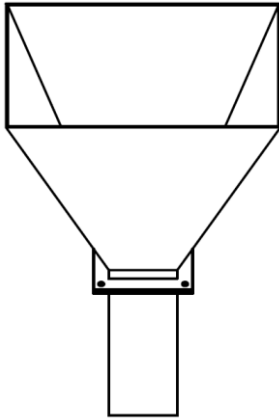
Bóveda o Carcasa de Disco de Corte



Esta parte está ensamblada por piezas de plancha cortadas de espesor adecuado para resistir los esfuerzos realizados al interior de esta por el disco de corte y los pedazos de madera. Además, se encuentra subdividida en dos piezas una inferior y otra exterior, el motivo de ello es poder abrir la bóveda para realizar mantenimientos preventivos o si existiese alguna obstrucción poder facilitar el removimiento de esta.

Figura 52 Bóveda

Tolva de entrada



Se seleccionó una plancha de espesor adecuada para la Tolva de entrada que es por la que se ingresará el material, en este caso, las ramas de madera. Se soldaron varias piezas de plancha para su elaboración y esta va soldada a la parte inferior de la bóveda, justo por donde ingresará la madera a cortar.

Figura 53 Tolva de Entrada

Además, está diseñada para que no se exceda el límite de capacidad de corte del sistema recomendado. Se espera una larga vida útil ya que se seleccionó un espesor de plancha adecuado para la capacidad de la máquina y se instaló una Brida para disminuir los esfuerzos realizados el momento que se utiliza la máquina.

Sistema de transporte

Llantas



Llanta Neumática

La movilización de la máquina se realiza a través de dos llantas 4.10/ 3.50-4 para lo cual esta debe inclinarse hasta la posición que el usuario considere más cómoda. Estas llantas están fabricadas con una goma resistente de alta calidad, mientras que el rin está hecho de acero. La capacidad máxima de la carga es de 136 kg para lo cual deben tener una presión de aire de 30 psi por neumático.

Seguridad

A continuación, se señala la simbología empleada para las instrucciones de seguridad indicadas para cada sección, además de los peligros de algunos componentes del equipo.



Figura 54 Definición de Pictogramas Empleados en este Manual

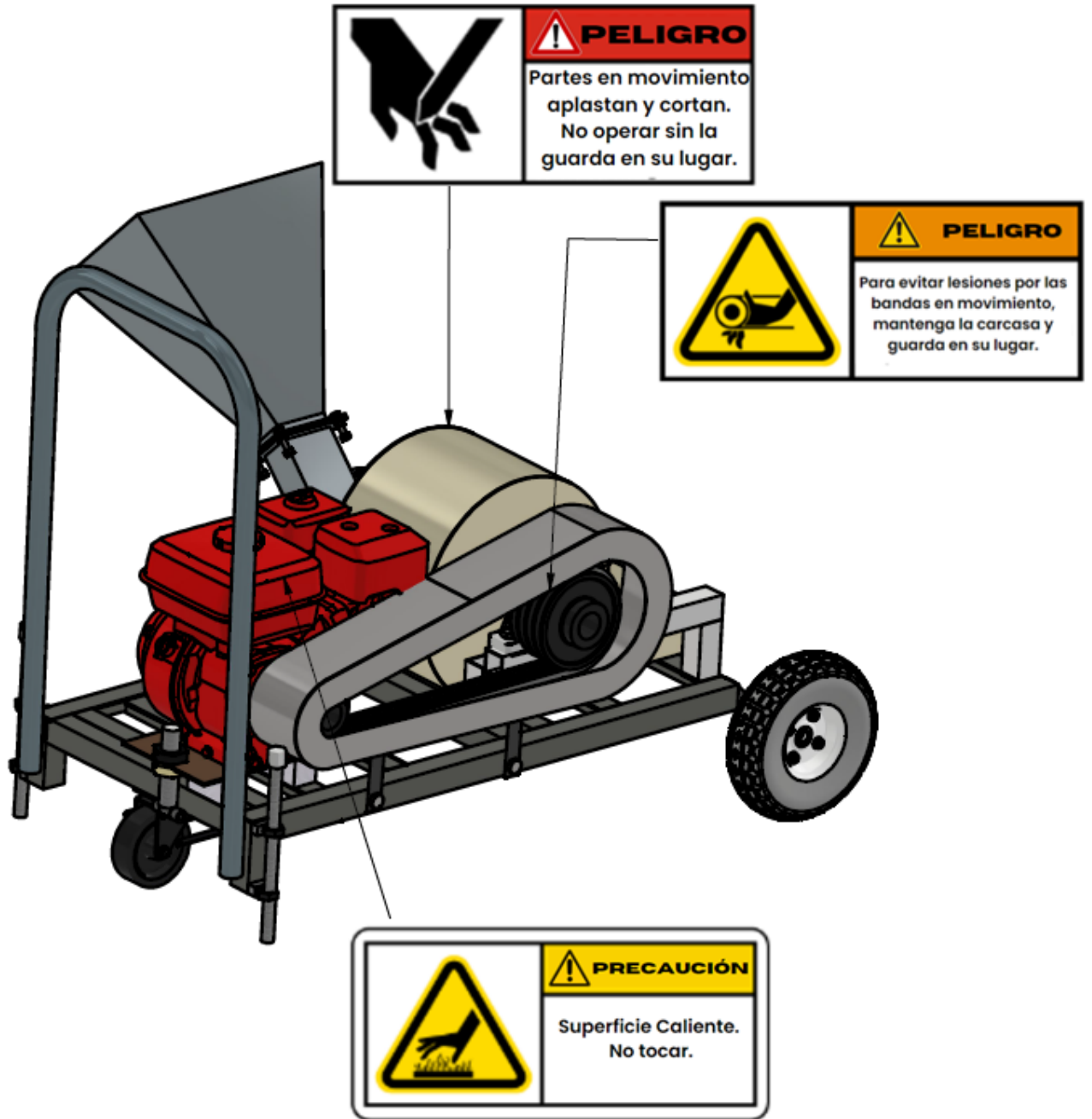


Figura 55 Avisos de peligro ante algunos componentes de la máquina

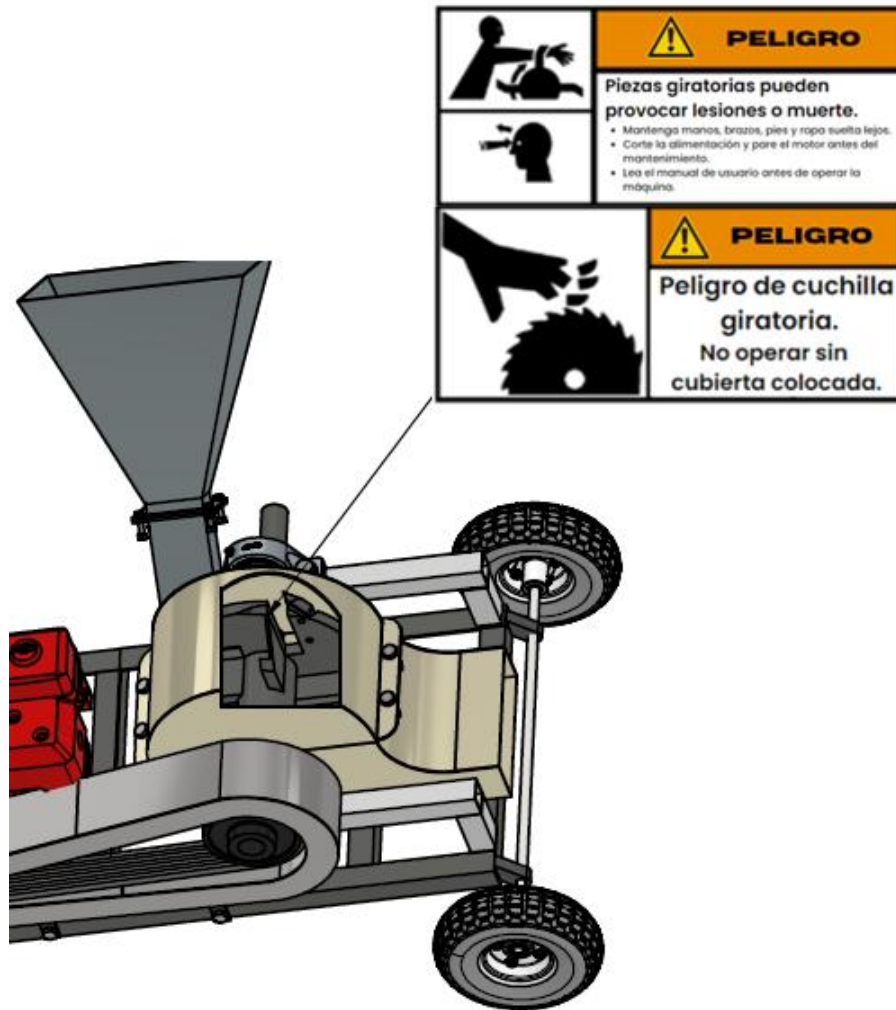


Figura 56 Avisos de peligro ante algunos componentes de la máquina

Procedimiento de Operación

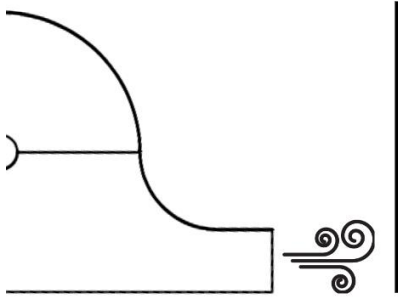
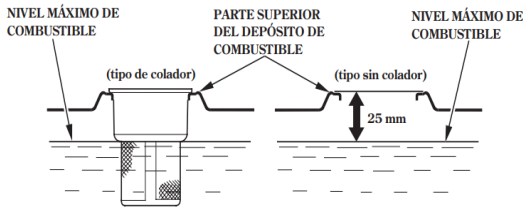
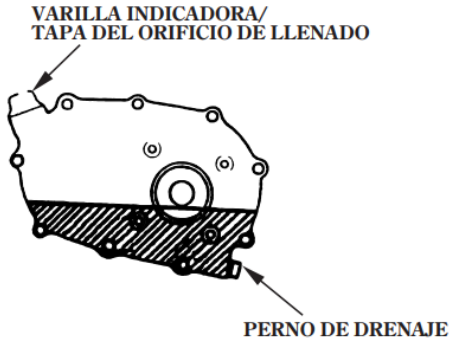
A continuación, se detallan los pasos a seguir para encender la máquina, operarla y apagarla, tomar en cuenta los pictogramas que se encuentran en cada proceso, por su seguridad.

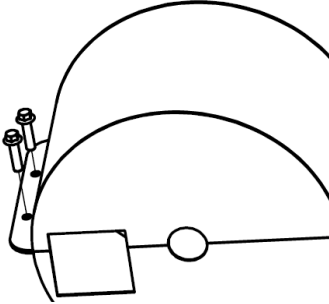
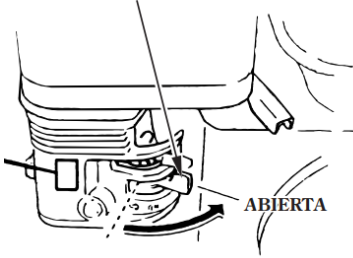
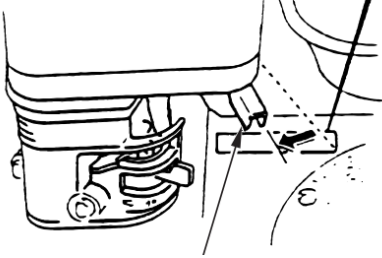
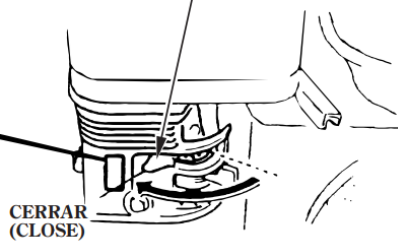
Encendido

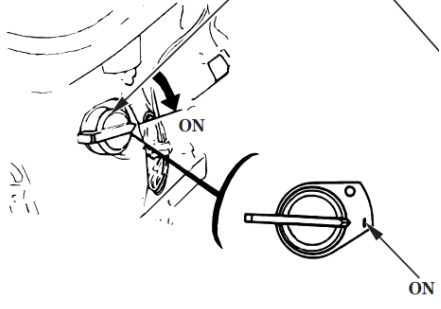
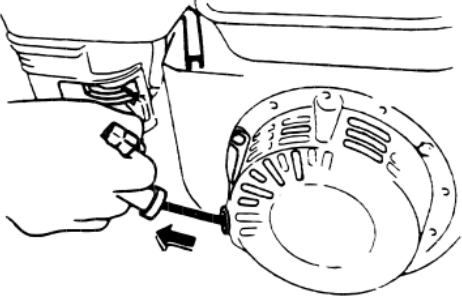
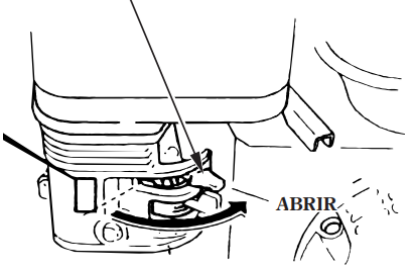
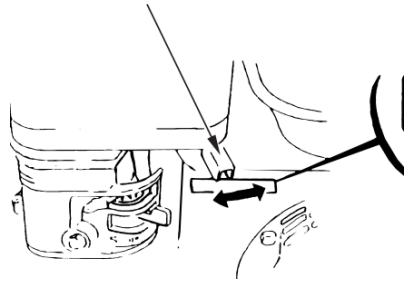


Figura 57 Recomendaciones de Seguridad para el Encendido de la Máquina

Tabla 36 Pasos para el Encendido de la Picadora de Biomasa

N°	Instrucción	Esquema
1	<p>Ubicar la máquina en un lugar abierto, con la salida de material apuntando hacia una pared y colocar saco de recolección de viruta de madera, en la salida de la bóveda o carcasa.</p>	 <p>Salida del material ante una pared</p>
2	<p>Asegurarse de que el motor cuente con combustible.</p>	 <p>Generalidades sobre el tanque de combustible del motor (Honda).</p>
3	<p>Revisar los niveles de aceite del motor, retirando la tapa, secándola con un paño y volviéndola a ingresar verificando que, al sacarla, el aceite cubra la tapa hasta la marca en esta.</p>	 <p>Generalidades sobre el contenedor de aceite (Honda).</p>

<p>4</p>	<p>Verificar que la bóveda o carcasa esté asegurada, es decir que se encuentren colocados y ajustados los tornillos.</p>	 <p>Desensamble de la bóveda</p>
<p>5</p>	<p>Mover la perilla de combustible para que pase el combustible hacia "ON".</p>	<p>VÁLVULA DE COMBUSTIBLE</p>  <p>ABIERTA</p> <p>Válvula de combustible abierta (Honda).</p>
<p>6</p>	<p>Mover la palanca del acelerador ligeramente hacia la izquierda con vista frontal hacia la palanca.</p>	 <p>Palanca de control del acelerador (Honda).</p>
<p>7</p>	<p>Girar la palanca del estrangulador a la posición cerrada.</p>	 <p>CERRAR (CLOSE)</p> <p>Palanca del Estrangulador (Honda).</p>

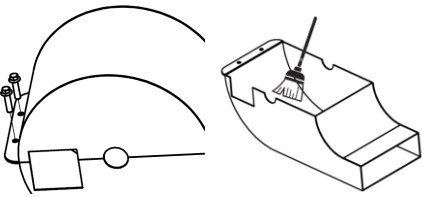
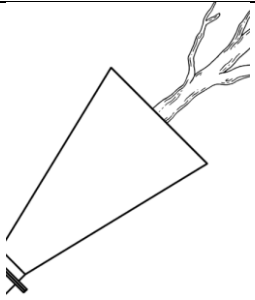
<p>8</p>	<p>Girar el switch del motor hacia la posición de encendido “ON”.</p>	 <p>Switch del motor (Honda).</p>
<p>9</p>	<p>Tirar de la empuñadura del arrancador suavemente hasta notar resistencia y luego tirar con fuerza. Se recomienda iniciar el arranque después de que se haya calentado el motor.</p>	 <p>Arrancador del motor (Honda).</p>
<p>10</p>	<p>Una vez el motor se ha encendido, abrir la palanca del estrangulador girándola hacia la posición abierta.</p>	<p>PALANCA DEL ESTRANGULADOR</p>  <p>Palanca del estrangulador abierta (Honda).</p>
<p>11</p>	<p>Ajuste la palanca del acelerador a $\frac{3}{4}$ de la capacidad total de giro para conseguir el mayor torque o en su totalidad para conseguir la mayor aceleración posible.</p>	<p>PALANCA DE CONTROL DEL ACELERADOR</p>  <p>Palanca de control del acelerador (Honda).</p>

Operación



Figura 58 Recomendaciones de Seguridad para el Uso de la Máquina

Tabla 37 Pasos para la Operación de la Máquina

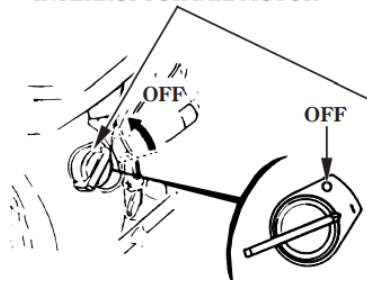
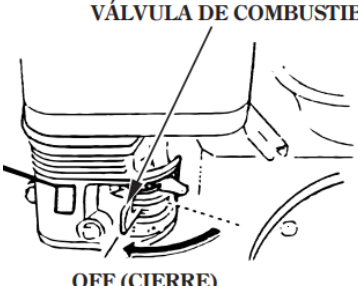
N°	Instrucción	Esquema
1	<p>Realizar una limpieza previa al interior de la bóveda, para remover trozos de madera de operaciones previas.</p> <p>Para ello, remover la parte superior de la carcasa, removiendo los tornillos que señala la imagen.</p>	 <p>Limpieza de la bóveda</p>
2	<p>Introducir ramas de hasta 5cm de espesor en la Tolva de entrada y dejar que la máquina chopee la madera.</p>	 <p>Trituración de ramas</p>

Apagado



Figura 59 Recomendaciones de Seguridad para el Apagado de la Máquina

Tabla 38 Pasos para apagar la Picadora de Biomasa

N°	Instrucción	Esquema
1	Una vez finalizada la tarea apagar el motor girando el switch del motor hacia el botón de apagado “OFF”.	 <p data-bbox="917 739 1308 772">Interruptor del motor (Honda).</p>
2	Cerrar la válvula del combustible.	 <p data-bbox="909 1164 1324 1254">Válvula de combustible cerrada (Honda).</p>

Almacenamiento y Transporte

Almacenamiento

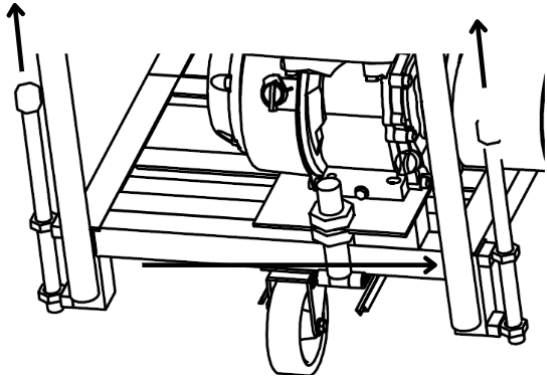
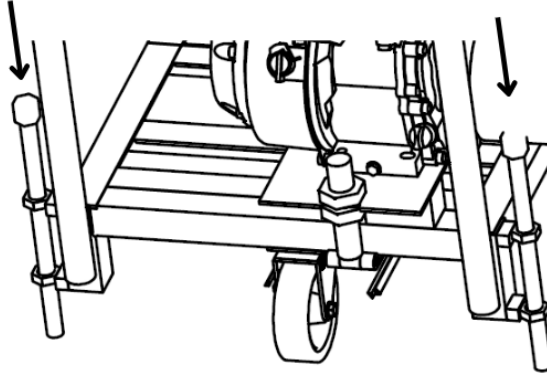
Para garantizar la vida útil de la máquina y sus componentes, se recomienda almacenar la máquina en un lugar seco y con un cobertor que lo proteja de polvo y otros agentes. Esto es primordial para mantener el motor en buen funcionamiento.

Transporte

Para el transporte de la picadora de biomasa se recomienda desmontar la tolva de entrada de la parte inferior de la carcasa, puesto que esto facilita el paso del dispositivo por áreas reducidas, como pueden ser puertas angostas.

La máquina cuenta con tres llantas que permiten su transporte a través de adoquines, piso plano y césped fácil para el operario. Cuenta, además, con un sistema de frenos de patas movibles que deben ajustarse para que la picadora de biomasa se mantenga estática en su lugar de trabajo. Por tanto, para movilizar la máquina, debe asegurarse de que estas patas se encuentren despegadas del piso. Una vez ha llegado al área de trabajo, baje las patas para que el dispositivo quede en su sitio y no genere molestias.

Tabla 39 Explicación del Sistema de Frenos

Instrucción	Esquema
<p>Llevar los tornillos de fin hacia arriba para despegar las patas del suelo y poder movilizar la máquina.</p>	 <p>Remoción del freno para movilización de la máquina.</p>
<p>Llevar los tornillos sin fina hacia abajo para anclar las patas movibles al suelo y garantizar que la máquina no se mueva durante la operación.</p>	 <p>Aplicación del sistema de freno con patas movibles para estancamiento de la máquina.</p>

Mantenimiento y Servicio

Programa de Mantenimiento

A continuación, se presenta la tabla del programa de mantenimiento para los distintos componentes de la picadora de biomasa, en donde se especifica la actividad a realizar y su frecuencia para garantizar una larga vida útil de la máquina. Esta tabla representa un resumen de la información brindada en la sección 7.2 Mantenimiento según Subsistemas, en donde encontrará una descripción más detallada de la actividad requerida.

Tabla 40 Programa de Mantenimiento de la Picadora de Biomasa

Subsistema	Componente	Actividad	Frecuencia
Sistema de Potencia	Motor Honda GX200	Mantenimiento.	Cada 200 horas de trabajo.
Sistema de Corte	Disco de Inercia	Revisar el estado de la pintura.	Cada 500 horas de trabajo.
Sistema de Transmisión	Chumaceras	Revisar capacidad de giro.	Cada 500 horas de trabajo.
	Cuchillas	Reemplazo de componente.	Cada 300 horas de trabajo.
	Eje	Revisar desgaste y corrosión.	
	Bandas	Reemplazo de componente.	Cada 3 años.
	Poleas	Reemplazo de componente.	Cada 6 cambios de banda.
Estructura Metálica	Base de la máquina	Verificar que no existan fracturas o grietas, cambiar de pieza en caso de ser necesario.	Cada año.
	Tolva de entrada		
	Bóveda		
Sistema de Transporte	Llantas	Verificar que se cumpla con la presión necesaria (30 psi por neumático).	Cada uso.
		Reemplazar componente.	En caso de ponchamiento o rotura.

Mantenimiento por Subsistemas

Transmisión

Motor HondaGX200

Para el mantenimiento y servicio del motor, HONDA ofrece una garantía de 3 años siempre y cuando se realicen los mantenimientos respectivos con ellos, para esto basarse en el manual guía del motor HONDA adjunto.

Sistema de Corte

Chumaceras

Una vez se ha comprobado que la capacidad de giro de la chumacera es insuficiente se debe cambiar la pieza. Para lograrlo se deben aflojar los pernos y con cuidado remover la chumacera vieja. Se debe reemplazar inmediatamente con el nuevo componente para evitar desbalancear el eje.

Cuchillas

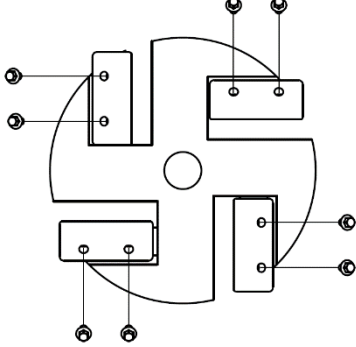
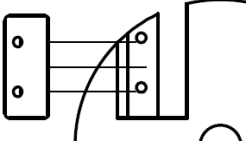
Una vez cumplidas sus horas de trabajo existe la posibilidad de rectificar la cuchilla para recuperar su borde. Sin embargo, existe un límite de rectificaciones ya que es un proceso que consume material. Se recomienda reemplazar la cuchilla cuando está ya no sobresale de su posición en el disco de inercia. Seguir los siguientes pasos para retirar las cuchillas, tomar en cuenta la alerta de seguridad y cortar la alimentación previa al proceso.



Figura 60 Alerta de Seguridad respecto a Retiro de Cuchillas

Tabla 41 Pasos para el cambio de cuchillas

N°	Instrucción	Esquema
1	Retirar la carcasa de las cuchillas, retirando los tornillos que mantienen la mantienen unida a la máquina.	<p>The diagram consists of two parts. The top part shows a side view of a curved blade housing with two screws being removed. The bottom part shows a perspective view of the blade housing being detached from the machine's main body.</p>

		Remoción de parte superior de la bóveda
2	Retirar los tornillos que unen las cuchillas al disco de inercia cuidadosamente.	 <p>Remoción de tornillos de las cuchillas</p>
3	Retirar las cuchillas del disco con precaución.	 <p>Remoción de cuchillas</p>

Sistema de Transmisión

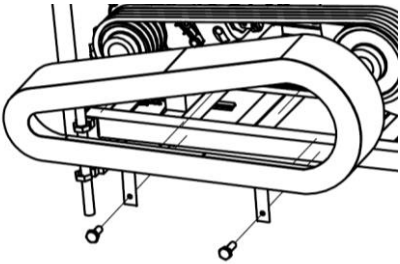
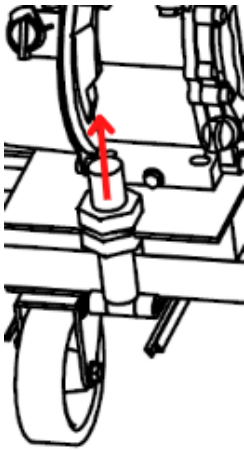
Bandas

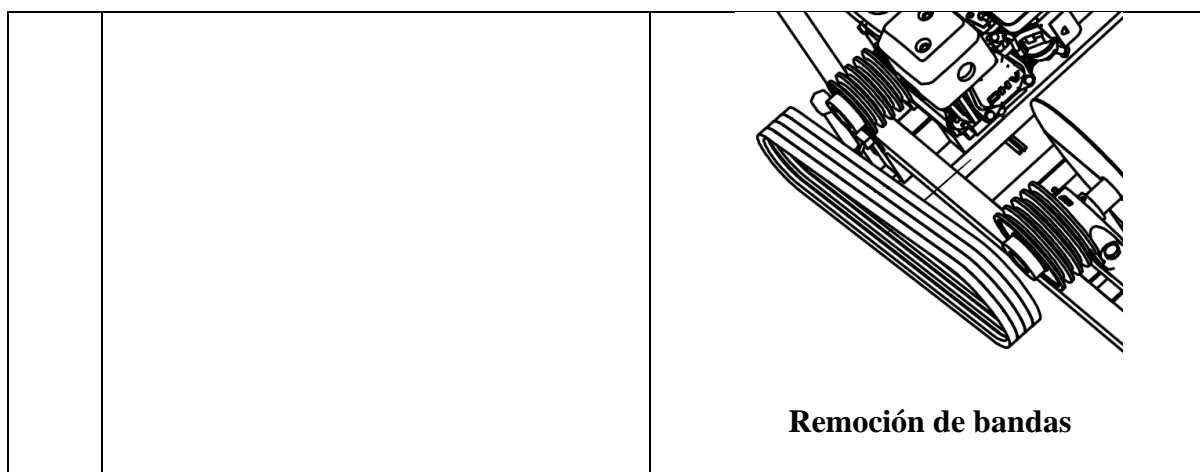
Debe considerar que el sistema está diseñado para trabajar con 4 bandas de distribución, por lo tanto, si una o varias bandas se llegan a romper, deben ser reemplazadas de inmediato. Las bandas deben ser reemplazadas con el motor completamente apagado, para eso, se debe quitar la tensión y se procede con el desmontaje. Luego de ser reemplazadas, se debe verificar que las bandas ingresen adecuadamente en los canales de las poleas y la cubierta esté asegurada correctamente antes de poner en marcha el equipo. Seguir los siguientes pasos para retirar las bandas, tomar en cuenta la alerta de seguridad y cortar la alimentación previa al proceso.



Figura 61 Alerta de Seguridad respecto a Cambio de Bandas

Tabla 42 Pasos para el cambio de bandas

N°	Instrucción	Esquema
1	Retirar el cobertor de banda, retirando los tornillos que se encuentran en la parte inferior de la misma.	 <p data-bbox="892 1081 1345 1115">Remoción de cobertor de bandas</p>
3	Mover el motor hacia adelante moviendo las tuercas que se indican en la imagen, de tal forma que el motor se moverá hacia adelante y se destensarán las bandas.	 <p data-bbox="863 1720 1374 1753">Remoción de la tensión en las bandas</p>
2	Retirar las bandas cuidadosamente de las poleas.	



Estructura Metálica

La estructura metálica del sistema, como se mencionó anteriormente está diseñada para cumplir una vida útil larga de años y cientos de horas de trabajo, bajo condiciones normales. Sin embargo, si la estructura como tal estuviera expuesta a ambientes muy húmedos es importante la verificación visual en cada componente para encontrar si se desportillase la pintura, lo que provocaría que se oxide la estructura.

Además, en la bóveda o carcasa del disco de corte y tolva se recomienda verificar que no existan fracturas u agrietamientos visibles por los constantes golpes que recibirá por la madera que sale disparada por las distintas fuerzas que interactúan.

- En el caso de la estructura general se recomienda volver a pintar si se despostillase la pintura en varias partes de esta o si tiene orificios grandes o principios de oxidación.
- En el caso de que existan grietas, fisuras de gran tamaño por donde podrían existir fugas o la bóveda u tolva se encuentren muy deterioradas y comprometan de alguna forma el trabajo lo más recomendable es cambiar la pieza, utilizando los planos de la máquina, cabe recalcar que esto pasaría solo por un mal funcionamiento de la máquina o una vida útil completada de cientos de horas de trabajo.

Sistema de transporte

Las llantas están diseñadas para una larga durabilidad, por lo que los únicos motivos de reemplazo serían por algún daño significativo en el neumático como ponchamiento o rotura. Otro factor que conduce al desgaste de las llantas es que la presión de aire sea inferior a la necesaria para soportar el peso de la máquina, por lo que el usuario debe verificar constantemente que se cumpla con la presión especificada en el manual.

Además, en caso de reemplazo, se debe verificar que las llantas estén posicionadas correctamente para no afectar el centro de gravedad del sistema y que el ajuste sea el adecuado para evitar el desprendimiento de las llantas durante el uso del equipo.