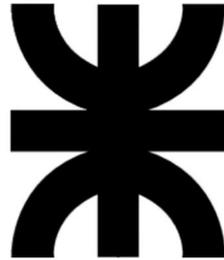


Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional General Pacheco

Cátedra Proyecto Final

Sistema: Trituradora de PET

Grupo N°4

Integrantes:

- Benedetto, Lautaro Ezequiel
- Biscontin, Facundo Lino
- Guiñazú, Pablo Nahuel
- Latorre, Gonzalo
- Ruiz, Victor Emanuel
- Robles, Jonathan

Fecha	Observaciones
08-10-21	Ingeniería Básica Aprobada
08-12-21	Entrega de Ingeniería de Detalle
08-12-21	Entrega de correcciones de Ingeniería de Detalle

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Resumen del problema	5
1.2 Planteo de la idea de negocio.....	5
1.3 Descripción del producto	6
2. FACTIBILIDADES LEGALES.....	7
2.1 Marco regulatorio inherente al proyecto.....	7
2.1.1 Leyes prorrogadas.....	7
2.1.2 Leyes en elaboración.....	8
2.2 Normativas que afectan el diseño	9
2.2.1 Normas INTI para la certificación de producto	9
2.2.2 Normas ISO 12100	11
2.2.3 Ley de Ruido en CABA.....	13
2.3 Requerimientos y conclusiones	14
3 FACTIBILIDADES TECNOLÓGICAS.....	16
3.1 Tecnologías involucradas en el proyecto	16
3.1.1 Máquina Eléctrica	17
3.1.2 Dispositivo de Reducción de Volumen	21
3.1.3 Sensores.....	25
3.1.4 Sistema de control.....	27
3.1.5 Dispositivo de reducción mecánico	29
3.1.6 Sistema de Almacenamiento.....	31
3.1.7 Estructura Externa e Interna	31
3.1.8 Selección de los componentes a utilizar	31
3.2 Identificación de los desafíos de diseño y capacidad de resolución	32
3.2.1 Separación de materiales	32
3.2.2 Triturado	33
3.2.3 Almacenaje	33
3.2.4 Ruido.....	33
3.2.5 Adaptabilidad.....	33
3.2.6 Líquidos	33
3.2.7 Automatización.....	34



3.2.8 Soldadura	34
3.3 Disponibilidad nacional de componentes y equipos para la producción	34
3.4 Conclusión análisis tecnológico.....	35
4 FACTIBILIDADES ECONÓMICAS	36
4.1 Estudio de mercado	36
4.1.1 Contexto actual y tendencia	36
4.1.2 Caracterización de los potenciales clientes	38
4.1.3 Factores externos que podrían influir en el mercado	40
4.1.4 Análisis de la competencia.....	41
4.1.5 Necesidades insatisfechas del mercado.....	42
4.2 Porción del mercado a captar	43
4.2.1 Grupo 1	43
4.2.2 Grupo 2	44
4.2.3 Grupo 3	44
4.2.4 Proyección total de ventas.....	45
4.3 Precio de venta	46
4.4 Análisis de costos	46
4.4.1 Costos de fabricación	46
4.4.2 Capital Circulante	49
4.5 Modo de financiación.....	50
4.6 Flujo de caja	52
4.6.1 Período de pago.....	53
4.6.2 VAN y TIR	54
4.7 Conclusión análisis económico.....	55
5. F.O.D.A.....	56
5.1 Estrategias Fortalezas-Oportunidades	57
5.2 Estrategias Fortalezas-Amenazas	57
5.3 Estrategias Debilidades-Oportunidades	57
5.4 Estrategias Debilidades-Amenazas	57
5.5 Conclusiones	58
6 INGENIERÍA BÁSICA.....	59
6.1 Introducción	59
6.2 Uso pretendido del sistema	59
6.3 Análisis de riesgo (AMFE).....	62
6.3.1 Funciones y modos de fallo	62

6.3.2 Cálculo del NPR	64
6.3.3 Acciones Correctivas	65
6.3.4 Recalculo de NPR	67
6.3.5 Plan de Mantenimiento	69
6.4 Cálculo y selección de componentes	70
6.4.1 Propiedades del PET	70
6.4.2 Criterios para el diseño	70
6.4.3 Determinación de la fuerza de corte necesaria.....	71
6.4.4 Cálculo de la potencia de accionamiento.....	73
6.4.5 Esquema de mecanismo interno.....	75
6.4.6 Subsistema 1: Motor eléctrico.....	76
6.4.7 Subsistema 2: Sistema de reducción.....	78
6.4.8 Subsistema 3: Trituradora	102
6.4.9 Subsistema 4: Sistema de ingreso y tolva.....	180
6.4.10 Subsistema 5: Sistema de control y electrónica.....	184
6.4.11 Subsistema 6: Estructura interna	193
6.4.12 Subsistema 7: Estructura externa	213
6.4.13 Subsistema 8: Sistema de almacenamiento	215
7 Validación.....	219
7.1 Resumen del ensayo de validación	221
8 Revisión de las factibilidades económicas	222
9 BIBLIOGRAFÍA.....	228

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Resumen del problema

En este proyecto final se presenta el diseño e implementación de un prototipo de máquina trituradora de plástico PET (tereftalato de polietileno), como una alternativa de solución tecnológica al gran problema de contaminación ambiental que surge del excesivo consumo de botellas plásticas en la Argentina.

El plástico desechado y que no ha sido tratado adecuadamente, genera grandes daños al medio ambiente, provocando serios problemas en la vida marina y generando islas de plásticos, daño a la fauna y también a la flora. Este daño se difunde a través de la cadena alimenticia, a través de un proceso llamado bioacumulación, muchas veces terminando en nuestro organismo.

Estudios recientes han descubierto presencia de microplásticos en la sangre humana, y hasta el día de hoy se desconocen los efectos que pueden tener en el largo plazo sobre la salud humana.

Por otro lado, en un informe recientemente realizado por la entidad técnica argentina Ecoplas se publicó que, si bien un 93% de los encuestados opinaban que el reciclaje debería ser obligatorio, sólo el 40% de ellos lo hacía. De éste 40%, 7 de cada 10 alegaba no hacerlo por falta de información o infraestructura.

Se puede observar que, si bien hay un gran interés del público, no existen opciones o alternativas para satisfacer esta creciente necesidad, ya que tanto el Estado como organizaciones privadas no han dado repuestas a este problema.

Teniendo en cuenta las innumerables consecuencias que los residuos plásticos generan al medio ambiente y a las personas, así como también el creciente interés por parte de la población, urge la necesidad de aportar alguna solución que pueda fomentar y facilitar el reciclaje.

1.2 Planteo de la idea de negocio

Una vez identificada la importante problemática que representan los residuos plásticos, y la solución que se plantea, se procede a determinar las oportunidades de negocio que se presentan.

En los últimos años la opinión pública ha hecho hincapié sobre la importancia del cuidado del medio ambiente; y las empresas, instituciones públicas y partidos políticos han realizado grandes esfuerzos para consolidar una imagen más verde en el ojo de las personas.

Teniendo esto en cuenta, podemos establecer un cliente potencial en las grandes compañías; ya sea las principales productoras de envases plásticos (como Coca-Cola¹) que buscan exhibir un mayor compromiso y responsabilidad con sus productos, así como también otro tipo de empresas o instituciones que quisieran demostrar su compromiso con el medio ambiente instalando la trituradora PET por ejemplo, en sus oficinas.

De la misma manera, también se identifica la posibilidad de vender nuestro producto a municipios que busquen fomentar el reciclaje en sus distritos, así como también a cooperativas de reciclaje, las cuales pueden incluir la trituradora dentro de su paquete de productos.

Además, se detecta la posibilidad de proporcionar un novedoso mecanismo de fidelización de clientes, a través de un sistema de puntos que se podrán adquirir por la utilización de la trituradora. Estos puntos, a su vez, podrán ser intercambiados por beneficios comerciales, como descuentos o promociones.

Por último, el cliente puede contar con publicidad directa al público objetivo, mediante el ploteo del exterior de la máquina con propaganda de la empresa y la ubicación de la misma en algún lugar público.

El modelo de negocio consistirá principalmente del ensamblaje del producto, la logística y la comercialización de los mismos. En una primera etapa se apostará por un mercado local, es decir por la provincia de Buenos Aires, con la posibilidad de expandirse a otros centros urbanos cercanos e, inclusive, al resto de Latinoamérica.

1.3 Descripción del producto

El producto en serie consiste en una máquina trituradora de botellas de PET para empresas y/o instituciones, buscando un diseño óptimo y económico según sus posibles clientes, usos y necesidades.

El objetivo de la máquina es el de fortalecer el vínculo entre los individuos y el reciclaje; facilitando globalmente la tarea de acopio de botellas plásticas.

En cuanto al diseño constructivo, el producto cuenta con un elemento triturador, con el cual se busca disminuir el volumen generado de botellas plásticas, y un contenedor para los plásticos triturados. El dispositivo contará, además, con un sistema de control dotado de sensores de varios tipos, el cual evitará posibles errores por parte del usuario, ya sea a través del ingreso de materiales erróneos que puedan dañar la maquinaria o para evitar posibles accidentes ante el ingreso de alguna extremidad.

¹ Nace, T. (2019, 29 octubre). *Coca-Cola Named The World's Most Polluting Brand in Plastic Waste Audit*. Forbes Magazine. <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2019/10/29/coca-cola-named-the-worlds-most-polluting-brand-in-plastic-waste-audit/#4fba146374e0>

2. FACTIBILIDADES LEGALES

2.1 Marco regulatorio inherente al proyecto

2.1.1 Leyes prorrogadas

En la República Argentina el manejo de residuos sólidos urbanos no peligrosos está regulado por la Ley N° 25.916. En la misma se establece que la gestión de los desechos urbanos, definidos como “aquellos elementos, objetos o sustancias que como consecuencia de los procesos de consumo y desarrollo de actividades humanas, son desechados y/o abandonados”, está a cargo de cada una de los municipios.

Además, en esta ley se establecen los presupuestos mínimos para el tratamiento integral de dichos residuos, con el objetivo de proteger el ambiente y la calidad de vida de la población. A su vez se determina que los municipios deben promover la valorización de los desechos a través de métodos y procesos adecuados con el fin de minimizar los residuos con destino a disposición final.

Por otro lado, las provincias tienen la capacidad de dictar leyes y regulaciones para la aplicación dentro de su territorio. En el caso de Buenos Aires, la Ley N° 13.592 establece más lineamientos para la gestión de residuos sólidos urbanos e industriales no peligrosos. En la misma se establecen principios, conceptos y objetivos básicos como:

1. La consideración de los residuos como un recurso.
2. La incorporación del principio de “Responsabilidad del Causante”, por el cual toda persona que produce un residuo está obligada a asegurar su eliminación conforme a las disposiciones vigentes.
3. La minimización de la generación, estableciendo metas progresivas a las que deberán ajustarse los sujetos obligados.
4. La valorización de los residuos sólidos urbanos, entendiéndose por “valorización” a los métodos y procesos de reutilización y reciclaje en sus formas químicas, física, biológica, mecánica y energética.
5. La promoción de políticas de protección y conservación del ambiente para cada una de las etapas que integran la gestión de residuos, con el fin de reducir o disminuir los posibles impactos negativos.
6. El aprovechamiento económico de los residuos, tendiendo a la generación de empleo en condiciones óptimas de salubridad como objetivo relevante.
7. Diseñar e instrumentar campañas de educación ambiental y divulgación a fin de sensibilizar a la población respecto de las conductas positivas para el ambiente.
8. Incorporar tecnologías y procesos ambientalmente aptos y adecuados a la realidad local y regional.

9. Se establece que es competencia del Poder Ejecutivo Provincial promover la gestión regional de sistemas de procesamiento, reducción, reutilización, reciclaje, valoración y disposición final de residuos, formulando o aprobando los planes y programas de escala e incidencia regional.

También se establece que los municipios tienen la competencia de gestionar su propio Programa de Gestión Integral de residuos sólidos urbanos. Este plan debe contemplar la reducción del 30% de la totalidad de los residuos con destino a disposición final, en un plazo de 5 años.

Por otra parte, la Ciudad de Buenos Aires cuenta con la ley 1854, titulada "De Gestión Integral de residuos sólidos urbanos". En la misma se establece como objeto principal el de establecer un conjunto de pautas, principios, obligaciones y responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos que se generen en el ámbito territorial de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, en forma sanitaria y ambientalmente adecuadas, a fin de proteger el ambiente, seres vivos y bienes.

En este sentido la Ciudad adopta como principio para la problemática de los residuos sólidos urbanos el concepto de "Basura Cero". Se entiende como concepto de "Basura Cero", en el marco de esta norma, el principio de reducción progresiva de la disposición final de los residuos sólidos urbanos, con plazos y metas concretas, por medio de la adopción de un conjunto de medidas orientadas a la reducción en la generación de residuos, la separación selectiva, la recuperación y el reciclado. Con este fin se establece la promoción de medidas tendientes al reemplazo gradual de envases descartables por retornables y la separación de los embalajes y envases para ser recolectados por separado a cuenta y cargo de las empresas que los utilizan.

2.1.2 Leyes en elaboración

En la Argentina, el consumo estimado de materia prima plástica anual es superior a 1.669.000 toneladas. El 45,5 % se destina a envases y embalajes siendo la producción de envases PET de 15 millones de unidades por día (200.000 toneladas de PET anual) dando un consumo anual de 5 kg por habitante. Sólo el 10 % de esta producción (20.000 toneladas) vuelve al circuito productivo para ser reciclado como materia prima. En cuanto a la industria del reciclado, funciona al 50% cuando podría representar una fuente de trabajo para miles de personas.

Por estas razones es que, desde hace más de una década, que se demanda una ley de envases como solución a la producción indiscriminada de este tipo de residuos. Dicha reglamentación haría que los fabricantes de productos que usan envases plásticos se hagan cargo de la gestión de los mismos luego de su descarte. Con este objetivo, el 26 de mayo de 2020, se presentó un proyecto de gestión ambiental de

envases para que la responsabilidad de la misma sea del productor y no de los municipios².

De ser aprobado, el proyecto de ley establecería los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión de los envases, e introduciría el concepto de Responsabilidad Extendida del Productor (REP) con el fin de incentivar la economía circular para la reutilización de los envases.

Si bien de estas leyes no surge ningún requerimiento para el diseño y fabricación del producto, las mismas dejan una perspectiva positiva para el desarrollo del mismo. Esto se debe a que todas estas leyes tienen como principal objetivo promover la reducción de los desechos, finalidad que se alinea con la problemática a solucionar con este proyecto.

2.2 Normativas que afectan el diseño

2.2.1 Normas INTI para la certificación de producto

Gestión de Diseño

El objetivo de esta certificación es asegurar que las empresas gestionen sus procesos de diseño y desarrollo de productos de acuerdo a las buenas prácticas, adoptando una visión integral del diseño en la estructura de la empresa como un proceso multidisciplinario, abordado desde la definición estratégica del producto hasta el fin de su vida, dándole así un genuino valor agregado.

El foco de la certificación está puesto en el proceso que lleva adelante la organización y que permite llegar al producto, y no en el resultado en sí mismo, de manera aislada. El producto debería ser el resultado coherente de ese proceso en relación a la estrategia planteada.

Algunas de las pautas de que requiere la certificación son las siguientes:

- Innovación: Tecnológica, de producto, de proceso, en métodos de gestión
- Sustentabilidad: Estimación de impactos ambientales y ético sociales a lo largo del Ciclo de Vida del Producto (extracción de materia prima, diseño, fabricación, distribución, uso y fin de vida del producto)
- Usuarios: Características de los usuarios del producto y datos del contexto de uso (Datos, Caracterización, Decisión de compra, otros consumos, contexto de uso, identificación de Necesidades/Deseos).

² Redacción Chubut. (2020). Menna presentó un proyecto la responsabilidad de la gestión de envases. 29/06/2020, de El Chubut Sitio web: <https://bit.ly/37qAr1f>

- Ergonomía y necesidades ergonómicas del usuario. Contexto de uso del producto y satisfacción de esas necesidades mediante la utilización del producto. Dimensiones antropométricas (prioritarias) Capacidades Físicas, Capacidades Perceptivas, salud y bienestar, etc.
- Calidad percibida: Calidad del producto, en término ampliado, como la perciben los clientes, para cuantificar sus deficiencias, para poder determinar la brecha entre las expectativas del cliente y su percepción sobre las prestaciones del producto y el servicio recibido. Garantía, posventa, repuestos, servicio.
- Uso: ¿Cómo se pretende mejorar o afectar la vida del usuario? ¿Cómo es la secuencia de uso? Innovar en el uso.
- Seguridad: Aspectos de seguridad durante la producción y transporte y también durante el uso.

Si bien estas pautas no son un requerimiento legal con el que se deba cumplir, se tomarán como referencia para asegurar las buenas prácticas. Particularmente con respecto a la ergonomía, donde la certificación recomienda realizar un relevo de fuentes referidas a ergonomía y usabilidad pertinentes para el producto y sector. Se debe hacer un análisis de la información, tener en cuenta la secuencia de uso del producto y la interacción del usuario con el mismo. Por lo cual se recomienda contar con gráficos ilustrativos de los pasos críticos.

Este último punto “contar con gráficos ilustrativos de los pasos críticos” es el que se considerará como requerimiento para el proyecto.

Industrias recicladoras de materiales plásticos

Es una certificación elaborada entre la Cámara Argentina de la Industria de Reciclados Plásticos (CAIRPLAS), la Dirección Técnica de Plásticos y el Organismo de Certificación INTI para las Industrias Recicladoras de Materiales Plásticos.

El objetivo de la certificación es el otorgamiento de un Sello INTI-CAIRPLAS que permita:

- Ofrecer un reconocimiento a las industrias recicladoras de plásticos que actúen conforme a los estándares más elevados.
- Garantizar a los proveedores que los materiales plásticos reciclables que entregan a una industria recicladora certificada se reciclarán conforme a las mejores prácticas y en cumplimiento de la legislación y de las normas medioambientales.
- Garantizar al comprador del material reciclado el cumplimiento de especificaciones y de las regulaciones vigentes, incluyendo las medioambientales.
- Generar reconocimiento en las autoridades para un mayor apoyo al sector.
- Promover el uso de material reciclado.

Al igual que la certificación “gestión de diseño” no se trata de un requerimiento legal con el que se deba cumplir, no obstante, en el mismo se recalca la importancia de la información de los materiales reciclables entrantes a las cooperativas recicladoras. Por ende, será un requerimiento o bien la separación de los distintos plásticos o determinar un único polímero principal presente. También se debe tener en cuenta la forma de los materiales reciclables, por ejemplo, gránulos, escamas, películas, botellas, fibras, o formas mezcladas.

2.2.2 Normas ISO 12100

La norma ISO 12100 detalla terminología, principios y metodologías para lograr una mayor seguridad en el diseño de maquinaria. Para cumplir con este fin, especifica principios de detección y disminución de riesgos a lo largo de la vida útil del producto.

El procedimiento de manejo de riesgos estipulado en esta norma puede ser condensado mediante el siguiente diagrama de flujo:

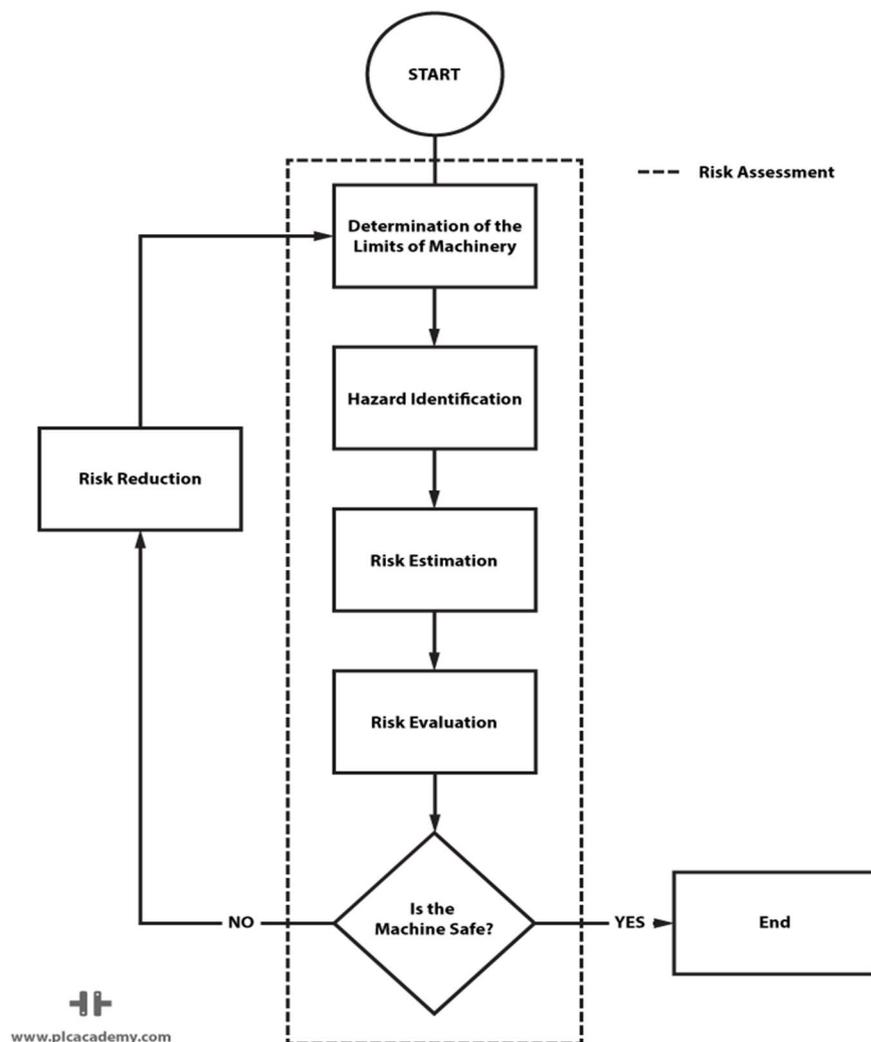


Figura 1: Flujograma Manejo de riesgos - Fuente: PLC Academy

Se define como riesgo a “la combinación de la probabilidad de ocurrencia de un accidente y de la gravedad del mismo”. O sea, no sólo se debe tener en cuenta qué tan probable es que un accidente ocurra, sino también la gravedad de las consecuencias de este (por ejemplo, daños físicos o a la salud).

El primer paso de la metodología consiste en la determinación de los límites del producto o maquinaria. Estos límites pueden dividirse en 3 categorías:

1. **Límites de uso:** Se debe describir el uso normal de la maquinaria, así como también los posibles modos de mal uso de la misma. Un paso importante en la determinación de este límite consiste en la descripción de los potenciales usuarios del producto (experiencia con maquinaria similar, edad, género, etc.). En nuestro caso, un mal uso podría ser la introducción de extremidades o de recipientes de material incorrecto (como vidrio) en la máquina. Como nuestro producto estará enfocado al uso en lugares públicos debemos prestar especial atención a que, ante un mal uso del mismo, no se produzcan daños a los usuarios.
2. **Límites de espacio:** El siguiente paso es la determinación de los límites físicos del producto: ¿Cuánto lugar ocupará? ¿Cuál es el espacio mínimo necesario para la correcta utilización de la maquinaria?
3. **Límites de tiempo:** En este caso se debe estimar la vida útil del producto y las consecuencias que tendrá en los componentes (mecánicos, eléctricos y electrónicos) el paso del tiempo ya sea por el desgaste o rotura de los mismos.

Una vez detallados los límites de la maquinaria, el siguiente paso es la identificación de los potenciales riesgos asociados. Estos riesgos pueden ser clasificados de acuerdo a su naturaleza, entre los detallados por la norma ISO se destacan:

1. **Riesgos Mecánicos:** Incluye todos los riesgos causados por los componentes mecánicos del producto. Por ejemplo, el libre acceso a un eje o sistema de reducción en movimiento podría ser un riesgo a considerar.
2. **Riesgos Eléctricos:** Entre ellos se destacan posibles electrocuciones, sobrecargas, cortocircuitos, entre otros.
3. **Riesgos de ruido y vibraciones:** No sólo se trata de un riesgo para la persona, sino también para el producto en sí, ya que los elementos de fijación (como tornillos) pueden aflojarse bajo vibraciones intensas y producir fallas.

El tercer paso es el de estimar la probabilidad y severidad de los riesgos identificados anteriormente. Con este fin se pueden utilizar diferentes métodos, entre ellos se encuentra el de la Matriz de Riesgos.

Una matriz de riesgo es una tabla en donde las variables son la probabilidad y la severidad. Estos parámetros suelen dividirse en niveles, por ejemplo, la severidad puede ser clasificada en insignificante, menor, moderado, peligroso o catastrófico. En esta clasificación un riesgo catastrófico es aquel que puede producir la muerte o daños físicos permanentes en el usuario. Esta metodología permite la rápida determinación del nivel de riesgo y suele ir acompañada de un código visual como en el ejemplo adjunto.

			CONSECUENCIA				
			Insignificante A	Menor B	Moderado C	Peligroso D	Catastrófico E
PROBABILIDAD	Frecuente	5					
	Probable	4					
	Ocasional	3			3C		
	Posible	2					
	Improbable	1					

Figura 2: Matriz de riesgos con clave de colores

El cuarto paso es el de Evaluación de Riesgo. El mismo consiste, como el nombre lo indica, en la evaluación de los riesgos identificados y estimados previamente. Es en esta etapa en la que, en base a los resultados de la estimación, se decide qué acción se tomará para la reducción de los riesgos. Los primeros riesgos a analizar serán aquellos que caen dentro del rango más crítico (por ejemplo, alguno que se haya clasificado como Catastrófico y Frecuente), teniendo precaución de que las acciones tomadas no generen nuevos riesgos.

Una vez se haya realizado el primer análisis de Evaluación de Riesgo es necesario preguntarse si la maquinaria es segura y si los riesgos han sido adecuadamente contrarrestados. En caso contrario deberá realizarse una nueva Evaluación de Riesgos, iterando hasta obtener un resultado adecuado.

2.2.3 Ley de Ruido en CABA

La Ordenanza N° 39.025/83 de la Ciudad de Buenos Aires (13/6/83), denominada Código de Prevención de la Contaminación Ambiental, contempla una amplia gama de cuestiones ambientales y está dividida en secciones, de las cuales la Sección 5 se refiere específicamente a ruidos y vibraciones.

Con respecto al ruido, se consideran separadamente los casos de las fuentes de ruido fijas y móviles (vehículos). El motivo de ello es que esta Ordenanza, si bien no prevé per se sanciones, está orientada a delimitar responsabilidades individuales, no colectivas (ver los comentarios finales de la sección 3.1.), y por eso sólo establece

niveles máximos para aquellos ruidos que sean claramente atribuibles a una fuente determinada. Así, para fuentes fijas, se estipulan valores máximos en el lugar receptor (la residencia afectada), mientras que para fuentes móviles (vehículos) se estipulan máximos para los ruidos emitidos por vehículos individuales en condiciones de ensayo controladas (Normas IRAM-AITA 9C y 9C1).

El apartado referido al ruido de fuente fija se basa en la idea de establecer lo que se denomina un criterio básico, es decir un nivel de ruido ambiental máximo aplicable en determinadas condiciones idealizadas. Como tales condiciones en general no se verifican, se corrige dicho criterio básico en función del grado de apartamiento de esas condiciones. El criterio básico corresponde a 45 dBA, y las correcciones se efectúan por día (laborable, hábil o feriado) y hora (diurna o nocturna), por ámbito de percepción (por ejemplo, residencial, comercial, predominantemente industrial), y por las características del ruido (tonal, impulsivo, etc.).

Cuando las fuentes fijas son de carácter transitorio esta disposición específica que su nivel máximo se considerará como el correspondiente a un ámbito de percepción predominantemente industrial.

El procedimiento de medición, que establece qué es exactamente lo que debe contrastarse con este valor del criterio básico corregido. Se indica que “la medición de los ruidos se hará en escala dB(A) lenta en Leq en dB(A) y a 1,20 m por encima del suelo y en el centro del lugar receptor con sus puertas y ventanas abiertas en horas de descanso”.

2.3 Requerimientos y conclusiones

Los requerimientos para el diseño que se desprenden de las leyes y normativas descritas anteriormente fueron volcados en la siguiente tabla:

Norma o ley	Requerimientos
Normas INTI de Certificación de Producto	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con gráficos ilustrativos de los pasos críticos. 2. Será un requerimiento o bien la separación de los distintos plásticos o determinar un único polímero principal presente. También se debe tener en cuenta la forma final de los materiales reciclables, por ejemplo, gránulos, escamas, películas, botellas, fibras, o formas mezcladas.
ISO 12100	<p>Estudio sobre el análisis de riesgos de la maquinaria:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Riesgos Mecánicos: Evitar el libre acceso a partes en movimiento de la maquinaria. 2. Riesgos eléctricos: Equipar al producto con las

Norma o ley	Requerimientos
	<p>medidas de protección eléctricas adecuadas.</p> <p>3. Riesgos por ruidos o vibración: Evitar vibraciones excesivas en la maquinaria, asegurando que no haya problemas de desbalance, desalineación u holguras excesivas.</p> <p>Disminuir probabilidad de ocurrencia y severidad de dichos riesgos. Iterar durante el proceso de diseño hasta obtener un resultado idóneo.</p>
Ordenanza N° 39.025/83	Asegurar que, cuando la máquina esté en funcionamiento, no supere los 45 dBA generados.

Estos requerimientos serán tenidos en cuenta, tanto en la etapa de selección de tecnologías, así como también durante la ingeniería básica y de detalle.

Se puede concluir que, si bien cumplir con dichos requerimientos representará un importante desafío, ninguno de ellos impedirá el desarrollo del proyecto.

3 FACTIBILIDADES TECNOLÓGICAS

Esta sección del trabajo corresponde a la factibilidad tecnológica. A continuación, se analizarán cada subsistema con sus correspondientes componentes y se seleccionan los elementos aptos para el dispositivo.

Además, se especifican los desafíos del proyecto y la disponibilidad de los componentes tanto nacional como internacionalmente.

3.1 Tecnologías involucradas en el proyecto

El sistema de triturado de botellas de plástico consta de diversas tecnologías que son fácilmente agrupadas en subsistemas.

A continuación, se identifica mediante una estructura arbórea, la composición del producto.

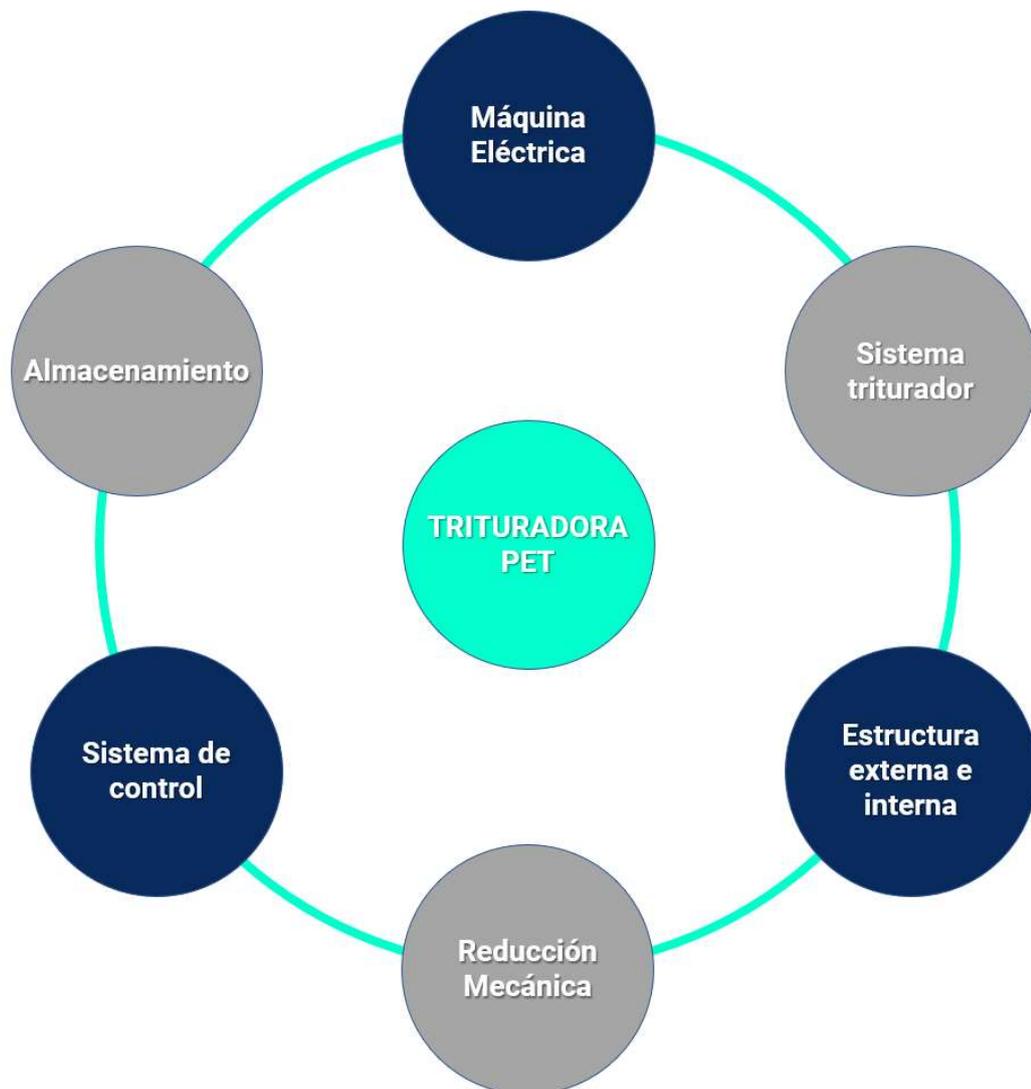


Figura 3: Subsistemas del equipo

3.1.1 Máquina Eléctrica

Se utiliza un motor eléctrico que transforma la energía eléctrica en energía mecánica haciendo girar un eje gracias a la acción de un campo magnético. La transmisión mecánica se realiza en el extremo del eje, el cual se acopla a un dispositivo de reducción mecánico (caja de reducción) o simplemente se asocia una polea conductora que transmite su movimiento hacia una polea denominada conducida.

A continuación, se indican las alternativas identificadas para este subsistema:

3.1.1.1 Motor de Corriente Continua

Motor eléctrico alimentado con corriente continua (CC), frecuentemente con baterías, obteniéndose un elevado par y una velocidad controlada.

Se compone principalmente de un estator, donde se encuentran los polos del campo producidos por imanes permanentes. Contiene un rotor, donde se producen los polos generados por corriente en los devanados y está en contacto alternadamente con escobilla (material sólido de carbón). La corriente en las bobinas del rotor es invertida por la acción cambiante de escobillas deslizantes en un conmutador.

El principal inconveniente de estas máquinas es su mantenimiento costoso y laborioso, debido principalmente al desgaste que sufren las escobillas al entrar en contacto con el colector de delgas perteneciente al rotor.

3.1.1.2 Motores de Corriente Alterna

Se denomina a los motores eléctricos que son alimentados con corriente alterna (CA) obtenida de la red. El principio de funcionamiento depende de la corriente aplicada a las bobinas del estator y genera que los polos estatores se inviertan automáticamente, obteniendo así, torque a una determinada velocidad de rotación.

3.1.1.3 Motor Trifásico Asíncrono

Denominado motor de inducción es un motor eléctrico de corriente alterna, en el cual su rotor gira a una velocidad diferente a la del campo magnético del estator.

Está compuesta por un rotor, que puede ser jaula de ardilla o bobinado, y un estator, en el que se encuentran las bobinas inductoras desfasadas 120° (cada una con sus respectivas fases).

El motor eléctrico trifásico asíncrono funciona al conectar las 3 bobinas del estator a una red trifásica, generando un campo magnético rotante en el estator. Dicho campo magnético induce una fuerza electromotriz en el rotor que. al estar

cortocircuitado, se producen las corrientes por el mismo, y, en consecuencia, se obtendrá un par. Si la velocidad del rotor es menor a la velocidad del campo magnético del estator, la máquina se comporta como motor asíncrono, de lo contrario, se comportará como generador.

Las desventajas de esta máquina son: par de arranque deficiente (sin conexiones auxiliares), control de la velocidad de rotación y los picos de corrientes originada por la sobretensión de entrada, causando una reducción en el voltaje al momento de arrancar el motor.

3.1.1.4 Motor Trifásico Síncrono

Un motor síncrono es un tipo de motor de corriente alterna en el que la velocidad del rotor y la velocidad del campo magnético del estator son iguales. La velocidad de giro denominada velocidad de sincronismo, es constante y depende de la frecuencia de la tensión de la red eléctrica y del número de par de polos del motor.

Se compone de electroimanes en el estator del motor que crean un campo magnético que rota en el tiempo a la velocidad de sincronismo.

Estos motores se utilizan en máquinas grandes que poseen una carga variable y necesitan una velocidad constante. El mayor inconveniente es que al alcanzar el par crítico se detendrá, produciendo grandes calentamientos en el motor. Además, su funcionamiento es limitado debido al bajo par de arranque similar a los motores asíncronos.

3.1.1.5 Motor de Inducción Monofásico

Un motor monofásico de inducción consiste en una máquina asíncrona de jaula de ardilla cuyo devanado del estator es monofásico.

El circuito magnético, se encuentra compuesto por un estator (bobinado inductor) y un rotor (bobinado inducido). El estator cuenta de 2 bobinas, principal y auxiliar, ubicadas a 90° entre sí. Además, contiene un condensador y un disyuntor conectados a la bobina auxiliar, generando un campo magnético adicional al de la bobina principal. Este campo magnético induce un par de arranque en el rotor provocando el giro del mismo.

La ventaja de estos motores es su bajo costo y su aplicación es de uso general siendo ideales para la mayoría de las ocasiones. La desventaja que poseen es su incapacidad de arranque sin condensador producto de su única fase en el estator. Además, son de baja eficiencia, es decir, consumen bastante energía con relación a la potencia que generan.

3.1.1.6 Motor de Inducción Monofásico con condensador de arranque.

Mismas características constructivas que un motor de inducción monofásico convencional.

La ventaja de estos motores es su alto par de arranque y bajo costo. Además, es apto para condiciones de suministro de energía doméstica y rural. La desventaja que poseen es su baja eficiencia, es decir, consumen bastante energía con relación a la potencia que generan.

3.1.1.7 Motor con Espira de Sombra

Motor monofásico de corriente alterna que se constituye principalmente por polos salientes en el estator y un rotor de jaula de ardilla. En la masa polar, se incorpora una espira en corto circuito que abarca un tercio del polo.

El funcionamiento de este tipo de motor consta de alimentar las bobinas polares con una corriente alterna que genera un campo magnético. Dicho flujo, atraviesa la espira en corto circuito generando una fuerza electromotriz inducida que eleva la corriente y produciendo un flujo tal que se opone al flujo magnético principal. De esta manera, se obtiene un sistema de dos flujos retrasados entre sí y permite el giro del motor.

Se utiliza ya que requieren de poca potencia (hasta 300 w), bombas de desagües, electrodomésticos, ventilación, entre otros. Además, el motor con espira de sombra no contiene escobillas consiguiendo un período extenso sin mantenimiento. La desventaja es su bajo uso en aplicaciones con potencias elevadas.

3.1.1.8 Motor Universal

Otro tipo de motor monofásico que tiene la particularidad de funcionar tanto en corriente continua como con corriente alterna.

Constructivamente es similar a un motor en serie de CC y su funcionamiento es análogo. El bobinado inductor suele ser bipolar, es decir, cuenta con dos bobinas.

El motor universal funcionando en corriente continua, posee un alto par de arranque y su velocidad está en función inversa a la carga aplicada. En cambio, al funcionar en corriente alterna, necesita que el núcleo sea de chapa magnética y así evitar las pérdidas en el hierro.

La desventaja que contienen estos motores eléctricos en CC es al trabajar en vacío (sin carga) produciendo altas velocidades llegando a embalarse. Esto no ocurre utilizándolo en CA, ya que las pérdidas por rozamiento son mayores.

Se utilizan principalmente en electrodomésticos, máquinas y herramientas portátiles.

A continuación, se realiza una matriz de decisión para justificar que tipo de motor utilizaremos de acuerdo con las características planteadas.

Máquinas Eléctricas							
Características	Criticidad	Motor de CC	Motor Trifásico Asíncrono	Motor Trifásico Síncrono	Motor de inducción monofásico con condensador	Motor con espira de sombra	Motor universal
Elevado Par	3	15	9	9	9	3	3
Velocidad controlada	3	15	9	15	3	15	9
Bajo Mantenimiento	5	5	15	15	25	25	25
Alimentación monofásica	3	15	3	15	15	15	15
Alto Par de arranque	5	25	5	5	25	25	25
Aplicación General	1	1	5	3	5	3	3
Eficiencia energética	1	3	5	5	1	5	1
Seguridad	5	25	15	15	25	15	25
Disminución de ruidos y vibraciones	5	25	15	25	15	15	25
Total		129	81	107	123	121	131

Tabla 1: Matriz de decisión máquinas eléctricas

Considerando los valores obtenidos por la matriz, se selecciona en el subsistema Máquina Eléctrica, un motor de inducción monofásico con condensador de arranque.

3.1.2 Dispositivo de Reducción de Volumen

Para facilitar el reciclado de plástico, es de fundamental importancia reducir el volumen de las botellas de dicho material, es decir, aumentar la densidad del desecho. Disminuirlo facilita su recolección, el transporte y posterior tratamiento para ser reutilizado. Por lo tanto, debemos contar con un dispositivo mecánico capaz de cumplir esta función. A continuación, se detallarán las distintas alternativas para lograr este fin.

3.1.2.1 Compactadora

Una compactadora es un mecanismo cuyo proceso se basa en reducir el espacio vacío que se encuentra entre los desechos plásticos a través de una prensa compactando a los plásticos con una cierta presión de empuje.

El producto final es un cubo con densidad cercana a la del plástico en sí. Se consideran los siguientes sistemas de accionamiento como alternativas:

- Sistema de mecanismo hidráulico: Es capaz de aplicar una gran fuerza, pero implica un elevado costo y consumo de energía. Se debe tener en cuenta en este caso la necesidad de implementar bombas para su accionamiento. Además, es necesario considerar el fluido hidráulico y el costo que esto lleva asociado.
- Sistema de mecanismo neumático: este sistema presenta el mismo problema que el hidráulico, ya que, si no contamos con un sistema de provisión de aire, es necesario el uso de un compresor, que lleva asociado costo y mantenimiento.
- Sistema de accionamiento eléctrico: esta alternativa destaca por no necesitar un depósito como así el resto de los sistemas (un depósito de fluido hidráulico o un compresor). No obstante, tienen un costo muy elevado y resulta difícil conseguir actuadores de las características necesarias para el proyecto en el mercado local.

3.1.2.2 Trituradora

Son máquinas que se componen de cuchillas u otros elementos de trituración que tienden a operar a velocidades relativamente bajas con un alto torque que les permite reducir casi cualquier elemento en una sola etapa, generando así trozos pequeños y manejables de plástico. No obstante, también existen modelos de altas revoluciones, donde el par en consecuencia es más bajo.

El tamaño de esas piezas está determinado en parte por el tamaño de los agujeros en las mallas de clasificación, que puede ir desde tan grande como 2 pulgadas de diámetro (50,8 mm) a menos de la mitad de ese tamaño.

Los rotores de las trituradoras suelen ser de acero sólido (o soldaduras de alta resistencia) con cortadores de dientes de sierra resistentes que engranan con las cuchillas fijas para triturar el scrap.

En estas máquinas las purgas no son un problema, es decir que no es necesario un paso anterior de reducción de tamaño, se puede introducir el plástico en forma directa y los sistemas de alimentación son muy simples. De hecho, las trituradoras funcionan mejor cuando simplemente se vierten en la tolva de alimentación los desperdicios pesados y densos.

3.1.2.3 Elevadas Revoluciones

Se trata de equipos simples y fáciles de utilizar. Poseen la característica de demandar un mayor consumo energético, puesto que en este caso la trituración no requiere de un par alto, sino por el contrario, se realiza con un par bajo para obtener así una mayor velocidad de giro de los elementos de corte.

De esta forma se obtiene un producto más fino que el obtenido con los molinos de bajas revoluciones. Los molinos de altas revoluciones suelen estar constituidos por 3 o más cuchillas rotatorias que giran solidarias al rotor; y en los extremos cuentan con una o más cuchillas fijas las cuales son graduadas para que con el paso de las cuchillas giratorias se produzcan un efecto de cizalla, lo que permite cortar el material.

Entre este grupo se encuentra el molino de cuchillas. Este molino de elevadas revoluciones cuenta con la capacidad de variar la velocidad de giro de los órganos de corte, con el fin de variar la velocidad de molienda, lo cual permite acelerar el proceso y dar resultados óptimos.

El molino está constituido por dos cuchillas fijas y tres rotatorias, que le permite realizar un corte oblicuo que proporciona un corte suave y limpio.

3.1.2.4 Bajas revoluciones

Este tipo de molinos no cuentan con cuchillas rotatorias ni fijas, sino que incorporan en su rotor una serie de elementos o cuerpos de trituración, los cuales están destinados a agarrar el producto y cortarlo de forma uniforme.

Estos molinos emplean una potencia instalada mucho menor, ya que cuentan con un conjunto de motor eléctrico y reductor, que proporciona un alto par a bajas revoluciones, lo que permite reducir el consumo energético, ruido e intervenciones por mantenimiento puesto que se obtendrá un menor desgaste en los componentes del mismo.

Molino mono eje

Este tipo de modelo está diseñado para la trituración de materiales de alto espesor y elevada resistencia al corte, tales como bloques y planchas de plástico, tubos de polímeros extruidos. Lo mismos se cortan contra una o varias cuchillas estacionarias posicionadas en un solo eje.

Molino con 2 ejes

Estas máquinas están conformadas por dos ejes compuestos de cuchillas o garfios rotatorios que tienen como función principal agarrar el producto, arrastrarlo y cortarlo gracias a la acción de los dos ejes contra giratorios. Son más eficientes en la trituración de un caudal voluminoso, pero son más complejos y propensos a daños en los ejes.

Molino con 4 ejes

Este molino está constituido de cuatro ejes con una serie de elementos cortantes constituidos por unos discos de cantos agudos provistos de garfios. La función de los garfios consiste en agarrar el producto y llevarlo hasta las fresas montadas sobre dos o más ejes motores contra giratorios, que realizan el corte neto del material. Permite reducir grandes volúmenes de desechos plásticos con la mínima absorción de potencia o energía eléctrica.

3.1.2.5 Pelletizado

La peletización es un proceso de compresión de un material en forma de gránulo o pellet para facilitar y mejorar su procesamiento.

Este proceso se realiza a través de la aplicación de calor en un tiempo determinado y al someter al material PET a distintas temperaturas, cambia su estado. Al fundirse, se traslada a través de un tubo delgado para tomar la forma de un spaghetti al enfriarse en un baño de agua. Una vez frío, es cortado en tamaños pequeños denominado pellets.

3.1.2.6 Granulado

Los granuladores son máquinas que permiten producir un granulado uniforme de manera consistente.

En funcionamiento, las cuchillas del rotor hacen sus cortes iniciales en el scrap y luego continúan su rotación para cortar a lo largo de la superficie interior de la malla de tamaño, lo que reduce aún más el tamaño del scrap hasta que pasa a través de los agujeros de la malla y fuera de la cámara de corte del granulador. Los agujeros son generalmente de 0.25 a 0.375 pulgadas de diámetro (6,35 a 9.5 mm), por lo que las partículas que pasan a través tienden a ser granulares y estar cerca del tamaño de pellets vírgenes.

A continuación, se realiza una matriz de decisión para justificar que tipo de dispositivo de reducción de volumen utilizaremos de acuerdo con las características planteadas.

Dispositivo de Reducción de Volumen									
Características	Criticidad	Compactadora	Trituradora	Molino de Elevadas Revoluciones	Molino mono eje	Molino con 2 ejes	Molino con 4 ejes	Pelletizado	Granulado
Bajo Ruido	5	15	15	25	5	5	5	25	25
Poco Mantenimiento	3	3	15	9	9	3	3	15	15
Durabilidad	5	15	25	15	25	5	5	25	0
Control de Velocidad	3	3	15	15	9	9	9	3	3
Instalación Simple	1	1	5	5	5	1	1	1	3
Volumen de reciclado obtenido	5	5	25	25	15	5	25	25	25
Consumo energético Bajo	1	5	3	1	3	3	1	1	1
Espacio Reducido	3	3	15	15	15	9	3	3	3
Total		50	118	110	86	40	52	98	75

Tabla 2: Matriz de decisión dispositivo de reducción de volumen

Considerando los valores obtenidos por la matriz, se selecciona la máquina trituradora para el subsistema de reducción de volumen.

3.1.3 Sensores

Luego del análisis de este subsistema se identificaron dos problemáticas que requieren de un conjunto de sensores encargados de administrar, ordenar, dirigir y regular el comportamiento del dispositivo.

En primer lugar, es necesario poder discernir el tipo de material del objeto que se introduce a la máquina, a fin de proteger la misma, evitar causar graves daños mecánicos y en el peor de los casos, accidentes.

Por otro lado, se debe realizar un control de la cantidad de material almacenado dentro del dispositivo a fin de evitar rebalses, fallos o inconvenientes en el proceso.

A continuación, se detallan distintos tipos de sensores inteligentes para el control:

3.1.3.1 Infrarrojos

Un sensor infrarrojo utiliza luces infrarrojas para detectar el cambio de frecuencia en su rayo infrarrojo, es decir, el cambio de color en un área determinada.

Otro tipo de sensor infrarrojo es aquel en donde un emisor envía un Rayo infrarrojo a un receptor y en el momento en el que éste es interrumpido, se entiende que hay una presencia de algún objeto entre ambos elementos.

3.1.3.2 Capacitivo

Un sensor capacitivo está formado por un electrodo interno que genera una frecuencia. El electrodo externo es el material a censar, por lo cual este debe estar conectado a alguna masa, al momento de variar la distancia de la masa, varía la capacitancia de este y de esta manera se censan los materiales. Generalmente es usado para censar metales u otras masas de composición densa.

3.1.3.3 Inductivo

Un sensor inductivo es aquel que está formado por una bobina o un devanado, la cual induce una corriente que genera un campo magnético. Cuando este campo magnético es alterado es el momento en el que el sensor detecta la presencia de algún material metálico.

3.1.3.4 Ultrasonido

El sensor de ultrasonido es aquel que tiene un emisor y un receptor. El emisor envía una señal de ultrasonido y de acuerdo con el tiempo en el que esta señal tarda en recorrer el espacio detecta la presencia de un material o la distancia de este.

A continuación, se realiza una matriz de decisión para justificar que tipo de sistema de control utilizaremos de acuerdo con la acción a controlar.

En primer lugar, se evalúan los sensores que deben ayudar al control del ingreso de botellas a la máquina:

Ingreso de botellas					
Características	Criticidad	Infrarrojo	Capacitivo	Inductivo	Ultrasonido
Mayor velocidad de respuesta	5	5	3	3	1
Costo	5	5	3	1	3
Sensibilidad del sensor	5	5	1	3	3
Ruido o vibraciones no afectan a la medición	3	3	3	5	1
No se ven afectados con cambios en el ambiente (humedad, temperatura y presión)	1	3	1	5	1
Detección de metales y no metales	5	3	5	1	3
No dependen de la posición del objeto ingresante	3	5	5	3	1
Gran precisión	3	5	3	1	5
No afecta la medición los ambientes sucios o con polvo	5	1	3	5	1
Poca variación al variar la distancia de operación	3	1	1	3	3
Censar objetos de gran tamaño	1	1	1	3	5
Aplica para objetos con color	5	5	3	5	5
Total		166	128	134	116

Tabla 3: Matriz de decisión sensores al ingreso

Considerando los valores obtenidos por la matriz, se selecciona el sensor infrarrojo como el sensor más apto para estas características. Se selecciona además el sensor inductivo para detectar materiales metálicos y proteger al producto.

Por otro lado, se debe seleccionar un sensor para realizar un control de la cantidad de material almacenado. Con el mismo fin, se realiza una matriz de decisión para la selección del sensor:

Control de nivel de almacenamiento				
Características	Criticidad	Infrarrojo	Ultrasonido	Flotador
Detección de líquidos y sólidos	5	4	5	1
Costo	4	4	1	2
Sensibilidad del sensor	1	4	3	1
Ruido o vibraciones no afectan a la medición	3	1	4	2
No se ven afectados con cambios en el ambiente (humedad, temperatura y presión)	2	2	3	2
Gran precisión	2	2	5	3
Total		51	60	30

Tabla 4: Matriz de decisión sensores de nivel

En base a los valores obtenidos se utilizará un sensor de ultrasonido para el control del nivel de los recipientes de almacenamiento (tanto el de sólidos como el de líquidos).

3.1.4 Sistema de control

3.1.4.1 Control Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable, o PLC, es un sistema digital utilizado ampliamente en la industria para el control de procesos de manufactura. Este sistema fue adoptado principalmente en la industria automotriz y en otras cadenas productivas que utilizan robots donde se necesita una solución efectiva y eficiente a los distintos problemas de automatización que se presentan.

El PLC está compuesto por un procesador, y una serie de dispositivos modulares que pueden poseer decenas de entradas y salidas digitales o análogos.

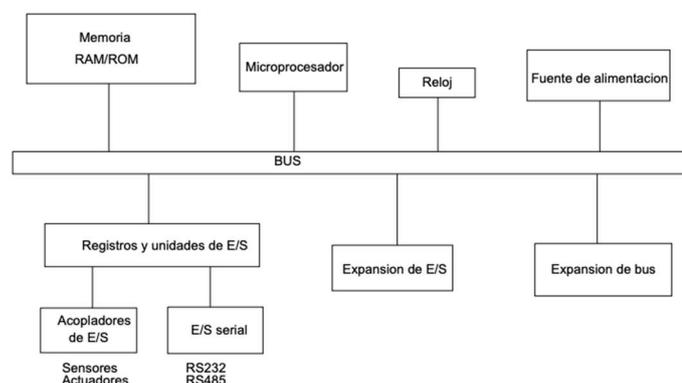


Figura 4: Esquema estructural PLC

En base a las señales recibidas en los puertos de entrada (los cuales suelen ser sensores de varios tipos), el PLC puede programarse utilizando lenguaje Ladder, activando o desactivando las señales de salida en función de lo requerido por el proceso productivo.

El PLC es un sistema de control extremadamente robusto y versátil, lo que lo hace adecuado para procesos productivos de gran escala, sin embargo, esto trae acarreado altos costos y complejidad a la hora de la programación.

3.1.4.2 Arduino

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software open-source fácil de utilizar para desarrolladores.

El Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEGA. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales pueden ser definidas mediante los diferentes lenguajes de programación soportados por la plataforma Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa.

El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que se puede conectar diferentes tipos de periféricos, por ejemplo, sensores. La información de estos periféricos se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.

También cuenta con una interfaz de salida, que es la que se encarga de llevar la información que se ha procesado en el Arduino a otros periféricos. Estos periféricos pueden ser pantallas o servomotores.

El microcontrolador Arduino no presenta la versatilidad ni la capacidad de control de un PLC tradicional, no obstante, es capaz de controlar una gran variedad de procesos simples a un bajo costo, lo que lo hace ideal para proyectos de pequeña escala.

Sistema de Control			
Características	Criticidad	PLC	Arduino
Costo	5	1	5
Cantidad de periféricos que pueden controlarse	2	5	3
Facilidad para programar	3	2	5
Tamaño y peso	2	1	4
Versatilidad	2	5	3
Total		33	60

Tabla 5: Matriz de decisión sistema de control

Considerando los valores arrojados por la matriz de decisión se selecciona un Arduino como sistema de control de la trituradora.

3.1.5 Dispositivo de reducción mecánico

Se requiere de un mecanismo encargado de condicionar la velocidad de salida y el torque del motor eléctrico seleccionado, para accionar el dispositivo de reducción de volumen en las condiciones óptimas para su funcionamiento.

Prosiguiendo, se mencionan las alternativas para este fin:

3.1.5.1 Tren de engranaje

Un tren de engranajes es un sistema mecánico formado por varios engranajes conectados entre sí. Se emplean para conseguir mecanismos de transmisión con características que no podrían conseguirse con un solo engranaje.

3.1.5.2 Engranajes Rectos

Los engranajes denominados rectos son el tipo de engranaje más simple y consisten en un cilindro o disco con dientes que se proyectan radialmente.

Las características que tienen es que sus dientes son paralelos al eje de rotación del engranaje y son empleados para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo.

Son utilizados principalmente para grandes reducciones de engranaje, velocidades pequeñas y medias. El campo de aplicación es muy amplio para este tipo de engranaje cuando se requiere transmitir el movimiento de un eje a otro paralelamente.

Las principales ventajas es que pueden ser utilizados para transmitir gran cantidad de potencia siendo muy sencillos de diseñar y fabricar. Además, su relación de velocidad es constante y estable.

En cuanto a las desventajas, ofrecen baja velocidad y producen enormes ruidos al operar a altas velocidades. Imposibilidad de transferir potencia entre ejes no paralelos y su resistencia es mucho menor comparado con otros tipos de engranajes.

3.1.5.3 Engranajes Helicoidales

Los Engranajes Helicoidales son una rueda dentada que posee dientes inclinados oblicuos respecto al eje de rotación de la rueda y, de esta manera, transmitir potencia entre ejes paralelos. En estos engranajes, el movimiento se transmite del mismo modo que los engranajes rectos, pero con mayores ventajas.

Las principales ventajas es su elevada transmisión de potencia y velocidad en comparación con los rectos. Además, son más silenciosos y resistentes.

En cuanto a las desventajas, se destaca principalmente su elevado costo de fabricación y su constante mantenimiento (mayor engrase que los engranajes de tipo recto). Además, la eficiencia es menor debido al contacto entre sus dientes, produciendo así, un empuje axial.

3.1.5.4 Tornillos sin fin

Se utiliza para transmitir la potencia entre ejes que se cruzan, casi siempre perpendicularmente entre sí. En un pequeño espacio se pueden obtener satisfactoriamente relaciones de velocidad comparativamente altas.

La velocidad de giro del eje conducido depende del número de entradas del tornillo y del número de dientes de la rueda. Si el tornillo es de una sola entrada, cada vez que éste dé una vuelta avanzará un diente.

A continuación, se realiza una matriz de decisión para justificar que tipo de dispositivo de reducción mecánico utilizaremos de acuerdo con las características planteadas.

Dispositivo de Reducción Mecánico					
Características	Criticidad	Engranajes Rectos	Engranajes Helicoidales	Tornillo sin Fin	Aplicación de correas
Disminución de ruidos	1	1	5	5	3
Bajo costo	5	25	5	15	25
Grandes reducciones en espacios reducidos	3	3	3	15	3
Resistencia elevada	5	5	25	5	5
Fácil montaje	5	25	15	5	15
Bajo mantenimiento	3	3	9	15	3
Elevada transmisión de potencia y velocidad	5	15	25	15	5
Fácil diseño y construcción	5	25	5	5	15
Elevado rendimiento de reducción	3	15	15	3	15
Apto para elevadas cargas	3	9	15	15	15
Total		126	122	98	104

Tabla 6: Matriz de decisión dispositivo de reducción mecánico

Considerando los valores obtenidos por la matriz, se optó por tomar el mecanismo de tren de engranajes rectos para estas características planteadas.

3.1.6 Sistema de Almacenamiento

Surge la necesidad de contar con dos espacios en donde almacenar el plástico procesado y el líquido vertido. Por lo tanto, se debe considerar si el acopio de los mismos se realizará en un depósito interior o exterior a la máquina. Un punto importante a considerar son las dimensiones y la estética de la máquina.

Las principales variables a considerar son el material y las dimensiones del mismo.

Además, se utilizará una batea receptora de líquidos para que cada usuario pueda verter el líquido sobrante previo a ingresar la botella al dispositivo.

3.1.7 Estructura Externa e Interna

Con respecto a la estructura externa, se debe considerar las dimensiones y la funcionalidad del equipo. Es decir, que sea capaz de almacenar los distintos sistemas de la máquina y que sea compatible con los mismos (por ejemplo, una abertura para el mantenimiento y para retirar el material procesado). Otros factores, será el material a utilizar (plástico, metal, etc.) el cual debe soportar el peso de la máquina.

El factor geométrico es de suma importancia, ya que debe tener la posibilidad de ser ubicada dentro de un ambiente universitario, de oficina o similares, por lo que no debe ser extremadamente grande.

En cuanto a la estructura interna, debe soportar las cargas y los momentos de los sistemas en contacto con ella, los cuales se colocarán en una posición determinada.

3.1.8 Selección de los componentes a utilizar

Anteriormente, se detalló los posibles componentes a utilizar en cada subconjunto. Basándonos en sus características de funcionamiento, ventajas, desventajas y matriz de decisión en los subsistemas que corresponde, se eligen los componentes que integran al conjunto en su totalidad.

La Trituradora de Botellas consta de un motor eléctrico de inducción monofásico con condensador, produce el giro del motor a un torque y velocidad determinada. El mantenimiento del motor se realiza con menor frecuencia comparado con otros motores, por ende, el dispositivo se independiza del mantenimiento preventivo que debe realizar el usuario.

En cuanto al dispositivo de reducción de volumen, se determinó el uso de una trituradora. Al estar constituido por cuchillas a velocidades relativamente bajas y elevado torque, reduce notablemente el volumen del plástico. Como se mencionó anteriormente, no es necesario un paso previo de reducción de tamaño, ya que se introduce la botella de PET en forma directa.

Cabe destacar que el triturado de botellas, no utiliza el torque y la velocidad directamente del motor eléctrico, sino que dichos parámetros son empleados de una caja reductora con engranajes rectos.

La automatización se determina mediante el uso de un sistema de control por medio de Arduino, el cual, controla la utilización de sensores infrarrojos para el ingreso de botellas y el encendido del dispositivo de trituración.

Su estructura externa, consiste en la utilización de chapas (plásticas o acero galvanizado) de aproximadamente 1mm con el fin de ofrecerle protección a los componentes y a la estética del producto. Se cubre la parte superior y los laterales con las mismas.

En cuanto a la estructura interna, se basa en la utilización de una plataforma de acero con cuatro apoyos como estructura principal, que va a permitir el anclaje de los componentes principales. Una estructura de aluminio, compuesto por columnas y vigas, se encuentra unida a la misma con el fin de darle anclaje a la cobertura.

Finalizando, el almacenamiento de los pequeños trozos de plástico PET triturado, se acumula en un recipiente de plástico de tipo polietileno de alta densidad (HDPE) por su poco peso y resistencia a impactos. En cuanto a la batea receptora de líquidos también será de material plástico, preferentemente polipropileno.

3.2 Identificación de los desafíos de diseño y capacidad de resolución

A continuación, se detallan los distintos desafíos de diseño y su capacidad de resolución que deberemos afrontar al realizar el dispositivo triturado de botellas PET.

3.2.1 Separación de materiales

Uno de los principales desafíos del proyecto consta de la correcta separación de los componentes del material a reciclar (botellas de PET).

Una botella de plástico comercial suele venir con otros materiales además del PET como, por ejemplo, polipropileno en la tapa o PVC en la etiqueta identificatoria del producto. El proceso para eliminar las etiquetas, por ejemplo, puede ser más difícil que el proceso mismo de reciclado. Los trozos de fibra de papel y pegamento que

permanecen en el PET después del proceso de separación pueden quemarse y causar manchas negras cuando se calientan más tarde, en el proceso de termoformado.

Una posible solución es quitar la tapa de la botella. Para la etiqueta, el proceso deberá ser el de removerla, con algún mecanismo o por el usuario, asumiendo la pérdida de calidad inevitable del PET por la imposibilidad de quitar el pegamento.

3.2.2 Triturado

Una funcionalidad del equipo será la de triturar el material, para poder optimizar el volumen del reciclado y su posterior traslado. Este proceso tendrá como desafío la optimización del espacio, la reducción de ruido (dado que el equipo tiene como segmento de mercado zonas públicas y no tanto industriales), el material correcto para evitar desafilado de herramientas, así como el mecanismo adecuado de trituración, en función del tamaño de material triturado más eficiente al momento de optimizar espacio y reducir los requerimientos tanto mecánicos como energéticos.

3.2.3 Almacenaje

El almacenaje deberá tener en cuenta la cantidad de botellas que puedan reciclarse, y su consecuente volumen ocupado, hasta el momento en que se produzca la logística del material, optimizando el espacio requerido y su geometría.

3.2.4 Ruido

En el caso de ser imposible conseguir un mecanismo de triturado con parámetros de ruido/vibraciones bajo, se buscará aislar la fuente para reducir dichos parámetros.

3.2.5 Adaptabilidad

Otro desafío para contemplar es la adaptabilidad del sistema a distintos tipos de botellas (dado que los fabricantes tienen distintos tipos de diseños, lo que se traduce en distintas geometrías). El equipo deberá contar entonces con un sistema con la flexibilidad necesaria para subsanar este desafío.

3.2.6 Líquidos

El desecho de botellas utilizadas para envasado de líquidos tendrá cierto depósito de ellos a la hora de triturar el material, por lo tanto, habrá que contemplar la acumulación de líquido como la humedad generada dentro del equipo por este residuo (que no solo contendrá agua, sino que podrá contener también azúcares y otros aditivos).

3.2.7 Automatización

El proceso de trituración y control de proceso deberá ser automatizado. Es decir, que el equipo deberá detectar cuándo se ingresa una botella, para posteriormente iniciar el proceso de trituración, pero también controlar que en el ingreso no se introduzcan elementos no compatibles con el sistema. La solución general será la de implementar un sistema de control inteligente con sensores mediante Arduino.

3.2.8 Soldadura

La estructura interna permite el anclaje de los componentes de la máquina en su totalidad. Cada una de las estructuras (travesaños, vigas, columnas, entre otras), serán soldadas mediante MIG donde la protección del arco se obtiene mediante un gas (Argón), produciendo buena conductividad térmica de los materiales y realizando un procedimiento de armado más rápido.

3.3 Disponibilidad nacional de componentes y equipos para la producción

Al analizar los componentes y equipos necesarios para la máquina trituradora de botellas PET, se confecciona una tabla con la disponibilidad nacional e internacional de componentes utilizados. Además, se detallan algunos de los posibles proveedores de los elementos a utilizar sea el equipo en su totalidad o elementos internos para su fabricación y ensamble.

Disponibilidad Nacional de Componentes			
Componentes	Subconjunto	Disponibilidad	Proveedores
Motor Monofásico	Máquina Eléctrica	Nacional	- DAFA Motores eléctricos - SEW Automotive - Corradi - Eberle - Motormech
Caja reductora tornillo sin fin	Dispositivo de Reducción Mecánico	Nacional	- MEZ - SITI - Sumitomo Autodrive - Aefel
Arduino + conexionado	Sistema de Control + Ejecución	Nacional	-Todomicro -Monarca electrónica
Sensores	Sistema de Control	Nacional e Importado	- Turck - Siemens

			- Balluff - Pepperl-Fuchs
Chapa Galvanizada	Estructura Externa	Nacional	- Ferreterías Industriales
Soportes de aluminio	Estructura Interna	Nacional	- Ferreterías Industriales
Base de acero 1010	Estructura Interna	Nacional	- Ferreterías Industriales
Recipiente-contenedor de PET	Sistema de Almacenamiento	Nacional e Importado	- Todo contenedores
Contenedor de Líquido	Sistema de Almacenamiento	Nacional	- Todo contenedores - Conasi - CPenvases

Tabla 7: Disponibilidad de componentes

3.4 Conclusión análisis tecnológico

En conclusión, los componentes para la trituradora de botellas fueron seleccionados para cumplir ciertas características previamente planteadas en una matriz de decisión. En cuanto a la identificación de los desafíos de diseño, se detecta un principal desafío en la separación de los materiales a reciclar.

Si bien son cuestiones desafiantes, al existir proyectos o tecnologías similares que pudieron resolverlas, se considera que los integrantes del proyecto van a poder afrontarlas y superarlas.

Por otro parte, los componentes seleccionados para el dispositivo poseen una disponibilidad a nivel nacional reduciendo notablemente los costos y tiempos de recepción de los productos.

4 FACTIBILIDADES ECONÓMICAS

Esta sección del trabajo corresponde al análisis de la factibilidad económica. En el mismo se estudiarán los agentes económicos y financieros que son pertinentes al desarrollo del proyecto. Podemos mencionar el mercado, las ventas, la posible competencia, los costos, entre otros; con el objetivo de determinar la viabilidad desde esta perspectiva.

4.1 Estudio de mercado

4.1.1 Contexto actual y tendencia

En los últimos veinticinco años, el consumo per cápita de plásticos en la Argentina casi se cuadruplicó, pasando de 11,4 kg por habitante en 1990 a 43,5 kg en 2014. La situación actual ubica a nuestro país por encima de la media regional (26 kg.) pese a que, teniendo en cuenta la relación PBI per cápita/consumo de plásticos per cápita, lo posiciona en un nivel de demanda inferior al esperado en función de su grado de desarrollo. La tendencia creciente del consumo puede ser explicada por factores de carácter estructural como la diversificación de las aplicaciones de los plásticos en la vida moderna (sustitución de otros materiales en otras industrias tradicionales), el desarrollo de nuevos polímeros que amplían y diversifican la oferta de materias primas plásticas y el cambio en los hábitos de consumo (auge del supermercadismo, tecnificación del hogar y la oficina).

En cuanto a la evolución en el periodo 2010-2015, se evidencia que el consumo interno de materias primas plásticas, aunque permaneció estancado, se ha mantenido por encima de la producción, por lo que las necesidades de abastecimiento del mercado local se han cubierto en buena medida a partir de importaciones. La participación que estas últimas tienen en el mercado local oscila en torno al 50%.

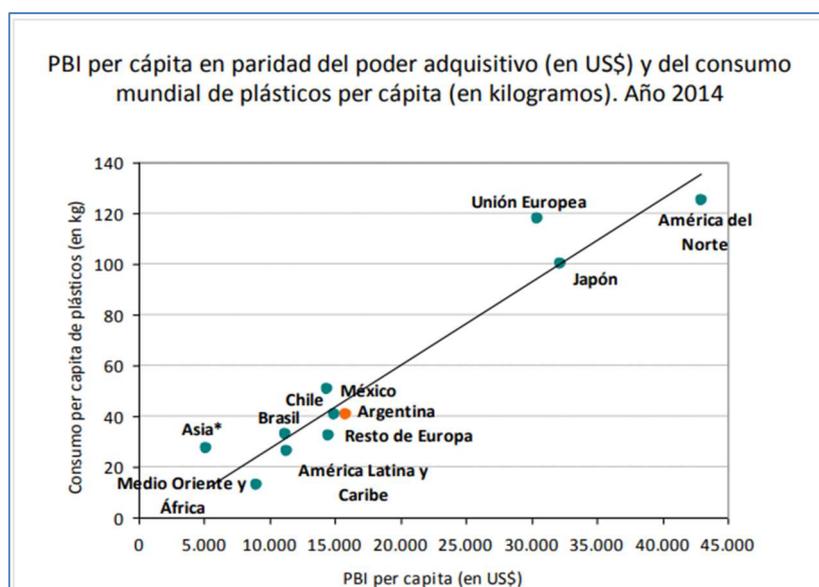


Figura 5: Consumo de plásticos en función del PBI per cápita - Fuente: Ecoplas

Los plásticos, obtenidos a partir de materias primas petroquímicas, tuvieron originariamente como objeto sustituir materiales naturales escasos para la producción industrial a gran escala. Sus ventajas en términos de versatilidad, durabilidad, escaso peso y bajo costo hicieron que su uso se masificó rápidamente, siendo hoy en día un material presente en muchas aplicaciones, donde la más importante es la fabricación de envases y embalajes, productos que por su naturaleza tienen la particularidad de tener un ciclo de vida muy corto.

Esta característica, en conjunto con el hecho de que los plásticos convencionales presentan lenta degradación (hasta mil años dependiendo del plástico), da lugar a una problemática ambiental específica. Es por ello que se requieren medidas que minimicen el impacto medioambiental que el uso masivo del plástico ocasiona, en particular para el caso de los envases. En este sentido, existen distintas estrategias que tienen por objeto mitigar el impacto ambiental. Entre ellas encontramos las denominadas 4R: Reducción, Reutilización, Reciclado y Recuperación.

ECONOMÍA CIRCULAR DE LOS PLÁSTICOS



Figura 6: Economía circular de los plásticos - Fuente: Ecoplas

Actualmente se producen y descartan en el país unas 200.000 toneladas anuales de envases PET, y si bien son perfectamente reciclables, solo se recuperan con este fin unas 70000 toneladas (30%). Esto genera daño ambiental y pérdidas económicas por falta de aprovechamiento del recurso.

En la actualidad la industria del plástico representa un 1,7% del PBI argentino, y un 10,4% del correspondiente al sector industrial. Esto incluye a 2805 empresas, en su mayoría PYMES, que generan 54.560 puestos de trabajo en todo el país.

Entre estas se encuentran empresas que se dedican a la transformación de plásticos reciclados en nuevos productos, generando así una economía circular.

En el país se pudieron localizar 42 organizaciones de este tipo, de las cuales 8 se encuentran en la provincia de Buenos Aires y se dedican al procesado de PET.³

4.1.2 Caracterización de los potenciales clientes

Como se presentó en la sección “1.2 Planteo de la idea de negocio”, tanto las empresas como partidos políticos e instituciones públicas y privadas han hecho grandes esfuerzos para presentar una imagen más ecológica al público. Nuestro producto busca satisfacer esta necesidad, al mejorar el vínculo entre las personas y el reciclaje.

Teniendo esto en cuenta podemos agrupar a nuestros potenciales clientes en tres categorías:

4.1.2.1 Grandes empresas

Este primer grupo consiste en aquellas grandes empresas que buscan promover o modificar la percepción del público acerca de su imagen.

Estas compañías podrán demostrar su compromiso con el medio ambiente al utilizar nuestros productos ya sea en sus oficinas, así como también en los puntos de comercialización de sus productos.

Organizaciones como Wal-Mart, Coca-Cola, McDonald's, entre otras ya han adoptado equipos similares en todas partes del mundo. Esto establece un importante precedente de que las empresas están abiertas a la adquisición de un producto de esta naturaleza.

También se destaca la posibilidad para dichas empresas de publicidad no convencional, al plotear los equipos con sus logotipos.

Otro tipo de empresa a tener en cuenta, las cuales han tenido un gran crecimiento en el país, son las empresas tipo B. Estas organizaciones son un tipo novedoso de compañías que buscan utilizar las fuerzas del mercado para dar respuesta a problemas sociales y/o ambientales de las comunidades en las que están insertas. Estas amplían el deber de accionistas y gestores para incluir intereses no financieros, se comprometen a generar un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente, y a operar con altos estándares de gestión y transparencia. Entre las más importantes de Argentina se puede destacar a Guayaki Yerba Mate, Inti Zen, Pura, Emprendia, Aguas Danone y Porta Hermanos.

³Ecoplas. (2020, 1 abril). Directorio de Recicladores Plásticos. <https://ecoplas.org.ar/2016/wp-content/uploads/2020/04/Directorio-de-Recicladores-Plasticos-Abril-2020.pdf>

Se presume que empresas con esta filosofía verían con buenos ojos la adquisición de la trituradora PET.

4.1.2.2 Municipios e instituciones publicas

El segundo grupo consiste en entidades públicas que buscan incentivar el reciclaje y concientizar sobre el cuidado del medio ambiente.

Debido a la producción anual de 14 millones de toneladas de basura los municipios del país comienzan a tomar conciencia de una temática cada vez más desafiante: el reciclado. Mediante medidas que van desde la fabricación de plantas de tratamiento de residuos hasta campañas de concientización a los vecinos, las intendencias buscan no sólo fomentar la Triple R (reciclar, reutilizar y reducir), sino también instalarla como un hábito cotidiano. Actualmente, en la zona de GBA, 17 jurisdicciones cuentan con programas de iniciativa municipal de reciclaje y/o compostaje; así como también la Ciudad de Buenos Aires.⁴

Esta tendencia no sólo se da a nivel provincial, sino que es una política federal que se puede ver reflejada en la creación de una secretaría encargada de Ambiente y Desarrollo Sustentable.

Por ende, la compra de las máquinas a nivel nacional sería una operación coherente con estas políticas, pudiendo ubicar las máquinas en lugares públicos, como plazas y lugares de concurrencia masiva dentro de los municipios.

4.1.2.3 Cooperativas o PyMES de reciclaje

Por último, se identifican a cooperativas o PyMES que se dedican al tratamiento de residuos plásticos, Las mismas podrían destinar las máquinas a dos funciones:

- A. Como método de recolección de residuos, formando parte de su cadena logística. La misión de estas organizaciones es tener un impacto ambiental positivo, maximizando el volumen de reciclaje y minimizando su huella de carbono. Contar con estas máquinas, y colocarlas en puntos claves sería una forma de concientizar y dar una herramienta a las personas para que puedan reciclar más fácilmente.
- B. Muchas veces estas cooperativas tienen contratos con empresas de gran envergadura, encargándose del tratamiento de sus residuos reciclables. Podrían utilizar la trituradora PET como parte del paquete de servicios que otorgan, incrementando el valor agregado.

⁴ Universidad General Nacional Sarmiento. Municipios de AMBA con iniciativa municipal de separación, clasificación y/o reciclaje de residuos sólidos urbanos. Recuperado 9 de agosto de 2020, de <http://observatorioconurbano.ungs.edu.ar/wp-content/uploads/012Indicador-plan-de-reciclado-municipios-AMBA.pdf>

4.1.3 Factores externos que podrían influir en el mercado

4.1.3.1 Marco legal poco definido

Para el tratamiento de los residuos plásticos no existe en la Argentina ninguna ley específica referida al reciclado de plásticos ni de residuos de envases (incluyendo a todos los materiales). No obstante, ha habido algunos avances tales como la sanción de dos leyes que sirven como marco general para temas ambientales:

- Ley General del Ambiente (N° 25.675 de 2002): determina los presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y la protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable.
- Ley de Gestión de Residuos Domiciliarios (N° 25.916 de 2004): establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos (sean estos de origen residencial, urbano, comercial, asistencial, sanitario, industrial o institucional).

El marco regulatorio nacional en materia de medioambiente y gestión de residuos se complementa con los ordenamientos jurídicos propios de los estamentos provinciales y municipales. En lo que se refiere a residuos plásticos, cabe señalar que diversos municipios han adoptado regulaciones tendientes a limitar la entrega de bolsas de plástico en comercios, con el objetivo de fomentar su reutilización por parte de sus clientes. A su vez, existen regulaciones acerca de la gestión de residuos en general que contemplan la recuperación y reciclado de residuos inorgánicos (entre ellos el plástico).

Al no existir un marco regulatorio totalmente definido, existe la posibilidad de que surjan nuevas normas de carácter federal o municipal que afecten nuestra actividad. La misma podría tornarse inviable o en el peor de los casos ser ilegal.

4.1.3.2 Crisis sanitaria actual

A partir de la pandemia mundial a causa del SARS COV-2, el mundo se encuentra en un período de transición y cambio de paradigmas. El modelo de negocios planteado se analizó asumiendo el retorno a la normalidad, sin embargo, hoy en día existe incertidumbre con respecto a las repercusiones que tendrá esta crisis sanitaria en la vida cotidiana de las personas.

Es de conocimiento general que las empresas se están replanteando la modalidad de trabajo que reina el mundo empresarial desde hace décadas. Con la aparición del teletrabajo o home office, y la recepción positiva que tuvo; se lleva a cuestionar tanto el gasto actual por parte de los empleadores en espacios de trabajo, así como también el tiempo utilizado por los empleados para viajar a sus puestos de trabajo.

Por otro lado, hay incertidumbre con las medidas o costumbres que se adoptarán de aquí en adelante con respecto al distanciamiento social y reuniones públicas. Los comercios tradicionales han sufrido una gran baja en sus ventas, mientras que el e-commerce ha visto un crecimiento exponencial.

Estos factores planteados pueden influir sobre el modelo de negocio planteado puesto que la trituradora PET fue concebida para localizarse en lugares de tránsito de personas, ya sean oficinas o espacios públicos y comerciales (shoppings y supermercados).

4.1.3.3 Cambios en el consumo actual de plásticos de un solo uso

Si bien hoy en día el reciclaje es una de las maneras más sustentables de desechar el plástico, la tendencia a largo plazo es la no utilización de los mismos.

En la Unión Europea, por ejemplo, ya hay normas que prohíben la comercialización de productos de plástico de un solo uso para los cuales haya alternativas asequibles. En el caso de los productos para los que no haya alternativas fácilmente disponibles, el objetivo es limitar su uso imponiendo un objetivo de reducción del consumo a nivel nacional; aplicar requisitos de diseño y etiquetado e imponer obligaciones de gestión y limpieza de residuos a los productores.

Por consiguiente, el volumen de plástico circulante tenderá a disminuir. No obstante, Argentina, al igual que el resto de los países de Latinoamérica, se encuentra muy atrasada con respecto a esta tendencia.

4.1.3.4 Desarrollos tecnológicos e innovaciones en packaging

Siempre existe la amenaza del desarrollo de nuevas tecnologías que hagan obsoletas las metodologías actuales. En un futuro podrían presentarse las siguientes situaciones:

- A. Que se produzca una máquina de reciclaje de pequeña escala o uso doméstico más eficiente que la trituradora planteada.
- B. El desarrollo de un nuevo material que sea biodegradable y que sustituya al PET y otros tipos de plásticos como materia prima de packaging. Por ejemplo, muchas empresas ya utilizan ácido poliláctico o PLA, el cual consiste de un poliéster biodegradable derivado del maíz, la mandioca o la caña de azúcar.

4.1.4 Análisis de la competencia

En el siguiente inciso, se analizarán los potenciales competidores a los que se enfrentará el proyecto en el mercado.

Primeramente, se puede mencionar a las cooperativas de reciclaje. Si bien se han considerado como potenciales clientes en el inciso 3.1.2.3, en el caso de no captar el interés de estas organizaciones, las mismas podrían transformarse en competencia dado que ofrecen a las empresas un servicio que satisface las mismas necesidades del mercado que la trituradora PET.

En segundo lugar, se identifican una serie de microemprendimientos vinculados al reciclaje, y que fomentan el cuidado del medio ambiente. Los mismos se enuncian a continuación:

1. **ReciclAds:** Microemprendimiento creado por el Ingeniero Juan Pablo Bosch Aráoz. Consiste en una máquina expendedora inversa, siguiendo el modelo de las que ya se utilizan en Suecia, Alemania y Dinamarca. Utiliza inteligencia artificial para identificar el tipo de botella, lo que a su vez da la posibilidad de brindar un servicio de recolección de datos para las empresas (por ejemplo, contabilizando la cantidad de productos que se consumen por marca). El modelo de negocio consiste en el alquiler del ReciclAds a colegios, municipios y empresas.
2. **Ecollect:** Es una empresa que se especializa en el desarrollo de máquinas que recolectan, compactan y acopian botellas plásticas o envases de aluminio otorgando premios por cada botella que reciben, tanto para venta como para alquiler. Su modelo de negocio incluye venta y alquiler. Coca-Cola, McDonald's, Wal-Mart, Cencosud, Gatorade y Sierra de los Padres son algunas de las instituciones con las que negociaron. La máquina admite cualquier envase de plásticos o aluminio, los compacta y reduce hasta en un 90% del tamaño original, sin separar por el tipo de material.

Por último, se debe considerar que los emprendimientos que se dedican al reciclaje están sufriendo un crecimiento acelerado. Esto se analizará con mayor detenimiento en las amenazas.

4.1.5 Necesidades insatisfechas del mercado

Como se mencionó en la introducción del presente trabajo no es un secreto que la Argentina presenta un gran atraso en lo que concierne al reciclaje de plásticos. Un reciente informe de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Palermo destaca los principales factores por los que el reciclado del PET está poco explotado en la Argentina⁵. Entre otros, enumera la informalidad en la recolección y acopio, la falta de precios uniformes para el material y de una logística adecuada, la insuficiente separación de residuos en el hogar y la ausencia de una ley que obligue a las empresas a hacerse cargo de los envases post consumo o reutilizarlos.

Las ventajas de reciclar PET son múltiples. Mientras para fabricar una tonelada de PET convencional se consumen 3,8 barriles de petróleo, si el material es reciclado sólo se usan botellas que están en el suelo, ríos, cunetas y basurales. El reciclado requiere un 70% menos de energía y emite un 59% menos de gases de invernadero, responsables en gran medida del cambio climático.

Por otra parte, el reciclado reduce el volumen y los costos de disponer residuos en rellenos y basurales, y crea miles de empleos en la recolección y acopio de los

⁵ <https://www.palermo.edu/ingenieria/2017/upmedios/pet.html>

envases. Por lo tanto, existe una evidente necesidad insatisfecha a nivel público y privado con lo que respecta a estos temas.

Otra perspectiva a tener en cuenta es la creciente necesidad de las personas de contar con medios necesarios para poder reciclar con mayor facilidad. En los últimos años ha crecido la concientización con el cuidado del medio ambiente, no obstante, no lo han hecho la infraestructura y herramientas para el tratamiento de residuos de forma responsable.

En una reciente encuesta llevada a cabo por la entidad Ecoplas se encontró que, si bien el 93% de los 2077 encuestados afirman que reciclar debería ser obligatorio, más del 40% no lo hacen. A 8 de cada 10 de los hoy no reciclan respondieron que les gustaría hacerlo, pero no tienen la suficiente información, educación, infraestructura y conocimiento.

La opinión popular considera que la falta de políticas públicas es la principal causa que impide una mayor separación de residuos y reciclado en el país. Esta preocupación no sólo se limita al sector público, ya que el 66% opina que las marcas también tienen una responsabilidad en la falta de reciclado.

Por lo tanto, existe un sector de la sociedad que tiene una necesidad; y exige respuestas tanto del sector público como del privado.

4.2 Porción del mercado a captar

El foco del mercado apunta a sitios donde se produzca suficiente aglomeración de personas, junto con un ambiente de consumo alimenticio, que propicie la aplicación de este proyecto; por lo tanto, ideas contempladas pueden ir desde instituciones educativas hasta empresas privadas, así como también espacios públicos de recreación, apuntando así a una responsabilidad tanto de índole pública como privada.

A partir de los clientes potenciales planteados en el inciso 3.1.2 se realizará una proyección de ventas. El mismo tendrá en cuenta la cantidad de organizaciones por cada uno de los grupos de clientes mencionados, y se estimará un porcentaje de mercado optimista y pesimista, basado en experiencias similares anteriores.

4.2.1 Grupo 1

Se identificaron 65 empresas de reciclaje, estas fueron agrupadas con 40 cooperativas y ONGs para conformar el primer grupo de análisis. A este se sumaron, además, las 15 empresas de transformación de PET reciclado en nuevos productos, mencionadas anteriormente. De esta manera se obtienen 120 organizaciones como potenciales clientes.

Al proyectar un 10% de las mismas como el índice optimista de ventas, y un 5% como el más conservador se obtiene un estimado de entre 6 y 12 unidades vendidas por año.

4.2.2 Grupo 2

Como se mencionó en la caracterización de los clientes el segundo grupo consiste en las entidades públicas que buscan incentivar el reciclaje.

En total se identificaron 17 jurisdicciones del Gran Buenos Aires que ya poseen políticas de reciclaje y pueden considerarse como potenciales clientes. Además de las 15 comunas de la Ciudad de Buenos Aires que también comparten este tipo de políticas.

Al tomar nuevamente un 10% como proyección optimista y un 5% como conservadora, se obtiene un número potencial de ventas de entre 2 y 4. No obstante, podemos afirmar que, dada la extensión geográfica de estas jurisdicciones, la venta será de 2 o más unidades por cada cliente. Es decir, tomando como valor medio 2,5, se espera entre 5 y 10 trituradoras vendidas por año.

En este grupo también se valoró a las instituciones públicas y privadas de educación superior, es decir, a las universidades. En la actualidad existen 55 universidades de carácter nacional y 46 privadas, teniendo la mayoría de ellas más de una sede.

Si bien se cree que dichas instituciones verán al producto con buenos ojos, se tomó una porción de mercado optimista conservadora de un 5%, ya que muchas de las universidades públicas pueden no llegar a contar con los recursos para adquirir el producto. Como proyección pesimista se estipuló un 2%, obteniendo de esta forma un número de ventas entre 3 y 5 unidades.

4.2.3 Grupo 3

En este grupo se tendrán en cuenta las distintas empresas privadas con presencia en Argentina.

Por un lado, se contabilizaron 117 empresas tipo B⁶. Como este tipo de emprendimiento busca generar un impacto social, además del económico, podemos tomar un coeficiente optimista más alto que en los casos anteriores. De esta manera, se proyecta un 15% como valor optimista del market share y un 5% como el pesimista. Se obtiene así un volumen de ventas de entre 6 y 18 unidades.

Por otro lado, se tuvieron en cuenta las grandes empresas tradicionales. Este subgrupo está conformado por compañías de diversa índole, envergadura y rubro. Esto

⁶ <https://www.lanacion.com.ar/economia/negocios/empresas-b-la-economia-triple-impacto-suma-nid2380545>

incluye empresas como: Walmart, McDonald's, Burger King, Coca-Cola, Bayer, Cencosud, IBM, P&G, Jhonson and Jhonson, Unilever, YPF, Axion Energy, etc. Muchas de ellas cuentan con más de una planta, complejo de oficinas o punto de comercialización. Por ejemplo, McDonald's cuenta con 227 locales en todo el país, IBM cuenta con 2 sedes importantes de oficinas, tanto en Capital Federal como en provincia y Walmart tiene 10 hipermercados a lo largo del país.

En Argentina hay un total de 57.000 grandes empresas, pero de estas sólo un 0,2% son empresas de las características previamente mencionadas, es decir, 1700 compañías.

Si bien en las grandes empresas la tendencia de aplicar políticas sustentables ha ido en crecimiento, no podemos afirmar que todas son potenciales clientes dada la gran diversidad y cantidad de las mismas. Por lo tanto, se tomará un índice muy conservador de 1%, sin embargo, dado la extensión de algunas de ellas podemos afirmar que se venderán al menos dos unidades por venta. La proyección pesimista, en cambio, será de un 0,5%. Obtenemos así un volumen de entre 17 y 34 unidades vendidas por año.

4.2.4 Proyección total de ventas

Se vuelcan los valores obtenidos durante este análisis en la siguiente tabla:

Cliente potencial	Cantidad total de clientes potenciales	Proyección pesimista	Proyección optimista	Número de unidades por venta	Unidades vendidas (pesimista)	Unidades vendidas (optimista)
ONGs, empresas y cooperativas de reciclaje y transformación de PET	120	10,0%	15,0%	1	12	18
Municipios que tienen políticas de reciclaje en el AMBA	32	5,0%	10,0%	2,5	4	8
Instituciones públicas	101	2,00%	5,0%	1	2	5
Empresas tipo B	117	5,0%	15,0%	1	6	18
Empresas multinacionales con presencia en Argentina	1700	0,5%	1,0%	2	17	34
				Total de ventas por año	41	83

Tabla 8: Proyección total de ventas por año

Para la evaluación de Flujo de Caja se tomará el promedio entre la proyección pesimista y optimista, es decir, un total de 60 unidades por año. Además, se considera que durante el primer año del proyecto no se alcanzará este objetivo. Esto se debe a cuestiones inherentes a los procesos productivos durante una etapa de puesta en marcha.

Por otro lado, se estima un crecimiento anual del 5% del market share durante tres años, alcanzando un total de 72 unidades vendidas por año.

4.3 Precio de venta

Como se plantea en el apartado *4.1.4 Análisis de la competencia*, no hay una competencia directa ya establecida en el mercado local.

Es por esto que, con el objetivo de establecer una referencia para el precio de venta, se estudiarán mercados de otros países en donde ya hay marcas establecidas con productos similares.

Importar una máquina similar desde México (marca BioBox) o Colombia (marca EcoBot) costaría apropiadamente U\$D10.000, más costos de flete y aduana.

Por otra parte, en Europa las mismas rondan entre los U\$D5.000 y los U\$D20.000, dependiendo de las dimensiones y capacidades del producto.

En ambos casos, las trituradoras ofrecidas en estos mercados cuentan con propiedades muy similares a las de nuestro producto.

Por último, para determinar el precio de venta de nuestro producto se tuvo en cuenta la realidad económica de nuestro país y el poder de compra de nuestros clientes. De esta manera se estima que el precio rondaría entre los U\$D3.000 y U\$D4.000.

Para los cálculos de rentabilidad financiera se tomará el valor mínimo de U\$D3.000 asumiendo que la demanda del producto es inelástica, es decir, no varía en el rango de precios establecidos.

4.4 Análisis de costos

4.4.1 Costos de fabricación

El proceso de fabricación consistirá principalmente del ensamblaje de los componentes en el producto final. Por lo tanto, los costos de fabricación estarán compuestos por los elementos necesarios para llevar adelante la operación de ensamblaje, así como también los elementos que componen la trituradora. Estos componentes, al ser en su gran mayoría tercerizados, constituirán un costo de fabricación.

A continuación, se enumeran y clasifican según su subgrupo los costos considerados.

4.4.1.1 Recursos y materia prima

Código	Factor producción	Precio Unitario U\$D	Cantidad por unidad de producto	Costo por unidad de producto U\$D	% sobre el total	Costo Mensual
RECURSOS Y MATERIAS PRIMAS						
1	MÁQUINARIA ELÉCTRICA					
1,1	MOTOR MONOFÁSICO	\$175,00	1	\$175,00	8,2%	\$ 875,00
1,2	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICOS	\$50,00	2	\$100,00	4,7%	\$ 500,00
2	DISPOSITIVOS DE REDUCCIÓN DE VOLÚMEN					
2,1	TRITURADORA	\$500,00	1	\$500,00	23,4%	\$ 2.500,00
3	SISTEMAS DE CONTROL					
3,1	ARDUINO	\$10,00	1	\$10,00	0,5%	\$ 50,00
3,2	SENSORES	\$10,00	3	\$30,00	1,4%	\$ 150,00
3,3	DISPLAY	\$15,00	1	\$15,00	0,7%	\$ 75,00
3,4	SISTEMAS DE PRODUCCIÓN	\$3,00	1	\$3,00	0,1%	\$ 15,00
3,5	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	\$15,00	1	\$15,00	0,7%	\$ 75,00
3,6	FICHAS Y CALBES PARA EL CONEXIONADO	\$5,00	1	\$5,00	0,2%	\$ 25,00
4	DISPOSITIVO DE REDUCCIÓN MECÁNICO					
4,1	TORNILLO SIN FIN	\$120,00	1	\$120,00	5,6%	\$ 600,00
4,2	ACOPLES (MANCHÓN)	\$15,00	2	\$30,00	1,4%	\$ 150,00
4,3	LUBRICACIÓN	\$14,00	0,5	\$7,00	0,3%	\$ 35,00
4,4	RODAMIENTOS Y COJINETES	\$12,00	2	\$24,00	1,1%	\$ 120,00
4,5	SELLOS DE LUBRICANTES	\$5,00	3	\$15,00	0,7%	\$ 75,00
4,6	EJES DE TRANSMISIÓN	\$40,00	2	\$80,00	3,7%	\$ 400,00
5	SISTEMA DE ALMACENAMIENTO					
5,1	RECIPIENTE SÓLIDOS	\$6,00	1	\$6,00	0,3%	\$ 30,00
5,2	RECIPIENTE LÍQUIDOS	\$8,00	1	\$8,00	0,4%	\$ 40,00
6	ESTRUCTURA INTERNA Y EXTERNA					
6,1	CHAPA GALVANIZADA CONFORMADA	\$5,00	5	\$25,00	1,2%	\$ 125,00
6,2	ESTRUCTURA INTERNA METÁLICA	\$2,00	18	\$36,00	1,7%	\$ 180,00
6,3	TOLVAS	\$5,00	1	\$5,00	0,2%	\$ 25,00
6,4	BULONERÍA	\$50,00	0,14	\$10,00	0,5%	\$ 50,00
7	INSUMOS					
7,1	ELEMENTOS DE PAÑOL	\$70,00		\$14,00	0,7%	\$ 70,00
7,2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA	\$70,00		\$14,00	0,7%	\$ 70,00
8	PACKAGING					
8,1	PALLET DE MADERA	\$10,00	1	\$10,00	0,5%	\$ 50,00
8,2	PAPELERÍA	\$20,00	1	\$20,00	0,9%	\$ 100,00
Subtotal factor RECURSOS				\$1.277,00	59,7%	\$ 6.385,00

Tabla 9: Recursos y materia prima



4.4.1.2 Trabajo y mano de obra

Código	Factor producción	Precio Unitario U\$D	Cantidad por unidad de producto	Costo por unidad de producto U\$D	% sobre el total	Costo Mensual
TRABAJO						
9	MANO DE OBRA DIRECTA					
9,1	OPERARIOS	\$650,00		\$130,00	6,1%	\$ 650,00
9,2	SUPERVISOR	\$800,00		\$160,00	7,5%	\$ 800,00
9,3	PERSONAL DE LIMPIEZA	\$400,00		\$80,00	3,7%	\$ 400,00
Subtotal factor TRABAJO				\$370,00	17,3%	\$ 1.850,00

Tabla 10: Trabajo y mano de obra

4.4.1.3 Capital e inversiones

Código	Factor producción	Precio Unitario U\$D	Cantidad por unidad de producto	Costo por unidad de producto U\$D	% sobre el total	Costo Mensual
CAPITAL E INVERSIONES						
10	BIENES DE USO					
10,1	ELEMENTOS DE MEDICIÓN	\$100,00		\$0,33	0,0%	\$ 1,67
10,2	AMOLADORA	\$60,00		\$0,10	0,0%	\$ 0,50
10,3	AGUJERADORA DE BANCO	\$300,00		\$0,50	0,0%	\$ 2,50
10,4	SIERRA SIN FIN HORIZONTAL	\$1.500,00		\$2,50	0,1%	\$ 12,50
10,5	SOLDADORA MIG	\$600,00		\$2,00	0,1%	\$ 10,00
10,6	SOLDADORA DE ESTAÑO	\$20,00		\$0,17	0,0%	\$ 0,83
10,7	KIT DESTORNILLADORES	\$23,00		\$0,38	0,0%	\$ 1,92
10,8	KIT DE LLAVES Y TUBOS	\$120,00		\$2,00	0,1%	\$ 10,00
10,9	CABINA DE PINTURA	\$6.000,00		\$10,00	0,5%	\$ 50,00
10.1.1	PISTOLA ROCIADORA DE PINTURA	\$20,00		\$0,17	0,0%	\$ 0,83
10.1.2	COMPRESOR DE AIRE	\$200,00		\$0,67	0,0%	\$ 3,33
10.1.3	FRESADORA DE BANCO	\$3.500,00		\$5,83	0,3%	\$ 29,17
10.1.4	PLEGADORA-GUILLOTINA DE CHAPA	\$650,00		\$1,08	0,1%	\$ 5,42
10.1.5	MATERIAL DE OFICINAS	\$3.000,00		\$10,00	0,5%	\$ 50,00
10.1.6	ZORRA HIDRÁULICA	\$250,00		\$0,83	0,0%	\$ 4,17
11	INSTALACIONES					
11.1	SERVICIO DE AGUA	\$75,00		\$15,00	0,7%	\$75,00
11.2	SERVICIO DE ELECTRICIDAD	\$500,00		\$100,00	4,7%	\$500,00
11.3	SERVICIO DE GAS	\$150,00		\$30,00	1,4%	\$150,00
11.4	ALQUILER DE GALPÓN	\$1.000,00		\$200,00	9,4%	\$1.000,00
Subtotal factor CAPITAL y COMERCIALIZACIÓN				\$381,57	17,9%	\$ 1.907,83

Tabla 11: Capital e inversiones

4.4.1.4 Comercialización: Marketing y Logística

Código	Factor producción	Precio Unitario U\$D	Cantidad por unidad de producto	Costo por unidad de producto U\$D	% sobre el total	Costo Mensual
COMERCIALIZACIÓN						
12	MARKETING					
12.1	CAMPAÑA DE MARKETING (costo inicial)	\$5.000,00		\$16,67	0,8%	\$83,33
12.2	MARKETING	\$200,00		\$40,00	1,9%	\$200,00
13	LOGÍSTICA					
13,2	PICK-UP	\$10.000,00		\$33,33	1,6%	\$ 166,67
13,3	COSTO DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO	\$100,00		\$20,00	0,9%	\$ 100,00
Subtotal factor COMERCIALIZACIÓN				\$110,00	5,2%	\$ 550,00

Tabla 12: Marketing y logística

4.4.1.5 Costos totales de fabricación

SUBTOTAL	Costo por unidad de producto [U\$D]	% sobre el total	Costo mensual
Subtotal factor RECURSOS	\$1.272,00	59,6%	\$ 6.360,00
Subtotal factor TRABAJO	\$370,00	17,3%	\$ 1.850,00
Subtotal factor CAPITAL y COMERCIALIZACIÓN	\$381,57	17,9%	\$ 1.907,83
Subtotal factor COMERCIALIZACIÓN	\$110,00	5,2%	\$ 550,00

Tabla 13: Costos totales

4.4.2 Capital Circulante

Para la correcta evaluación económica del proyecto no sólo es necesario tener en cuenta los costos de fabricación determinados previamente. También es necesario analizar los capitales circulantes. Los mismos son aquellos importes que están asociados principalmente al stock de materia prima y de producto terminado. Los mismos, además, están condicionados por los tiempos de producción y de venta de unidades terminadas.

Costos de materia prima [U\$D/UND]	Costos de mano de obra [U\$D/UND]	Precio de venta [U\$D/UND]	Producción [UND/día]	Stock de MP [día]	Tiempo de fabricación [día]	Stock de producto terminado [día]
\$ 1.272,00	\$ 290,00	\$ 2.500,00	0,24	9	4,2	10

Tabla 14: Capital Circulante

Estos costos fueron computados en el VAN como una inversión inicial ya que son necesarios para comenzar el proceso de producción.

Para la determinación de los valores de stock en días, se consideró que en todo momento se contará con material necesario para la producción de dos unidades. Esto

se realiza, además, para mitigar posibles retrasos en las entregas de materia prima por parte de los proveedores.

Por otro lado, se dispuso que el emprendimiento cuente con dos unidades terminadas en stock en todo momento. De esta manera se cuenta con unidades disponibles en el caso de una venta importante, con el fin de garantizar la satisfacción del cliente y cumplir con los tiempos de entrega.

Capital circulante	Costo [UM]	Tipo de capital
CSMP	\$ 2.725,71	Capital de stock de materia prima
CME	\$ 290,00	Capital de material elaborado
CSPT	\$ 5.952,38	Capital de stock de material terminado
Total Capital Circulante [U\$D]	\$ 8.968,10	

Tabla 15: Capitales circulantes

Para la posterior adquisición de materia prima a proveedores se considera un período de pago de 30 días a partir de la facturación.

De esta misma manera, con respecto a los ingresos por venta de trituradoras, se presume que trabajaremos con un período de pago de 30 días pudiendo extenderse hasta 60 en el caso de grandes pedidos.

4.5 Modo de financiación

Otro punto a tener en cuenta en el análisis económico es la posibilidad de acceder a un préstamo financiero. Esta poderosa herramienta permite afrontar la inversión inicial del proyecto con mayor facilidad.

Particularmente para emprendimientos vinculados u orientados a la tecnología, digitalización y cuidado del medio ambiente existen distintas alternativas con tasas mucho más favorables que las que normalmente se pueden encontrar en el mercado.

Por parte de las autoridades nacionales, se pueden acceder a los siguientes préstamos de fondos públicos:

Fondo Semilla

Consiste en préstamos sin interés en los cuales se recibe asesoramiento de una incubadora para desarrollar la idea o proyecto. Monto: Hasta \$250.000.

Está disponible para los siguientes tipos de proyecto: Emprendimiento productivo o proyecto con impacto social, ambiental y/o con perspectiva de género.

Fondo Aceleración

Disponibles para emprendimientos que reciban asistencia técnica y financiera de una aceleradora. El ministerio iguala o duplica el monto otorgado por la aceleradora de start up. Monto: Hasta US\$50.000 para emprendimientos tecnológicos y/o sociales. Hasta US\$300.000 para emprendimientos científicos.

Tipo de proyecto: Emprendimientos tecnológicos, sociales o científicos.

Fondo Expansión

Préstamo orientado a emprendimientos con proyección de expansión local, regional o global. Permite el acceso a financiamiento de fondos privados y públicos que co-invierten en el proyecto. Monto: La inversión depende de lo que el fondo considere oportuno de acuerdo con las características y necesidades del emprendimiento.

Tipo de proyecto: Emprendimientos que tengan potencial de crecimiento a escala global y un alto grado de diferenciación e innovación y/o que generen impacto social y/o ambiental.

Por otra parte, en el ámbito privado, el préstamo más favorable con respecto a tasas y montos fue el siguiente:

Súper Préstamo PYME Santander:

Consta de un monto a financiar desde U\$S 20.000 hasta U\$S 5.000.000 con tasa fija para Pymes. El período de repago contemplado en el préstamo es:

- 1.90% a 90 días.
- 2.40% a 180 días.
- 2.90% a 1 año.
- 5% a 3 años.

De acuerdo con los cálculos del flujo de caja, se determinará el préstamo más propicio, el monto total y el período de repago.

4.6 Flujo de caja

De acuerdo a los costos calculados previamente, se determina que se necesita un desembolso inicial de U\$S 44.262 en el mes 1. Por esta razón, para financiar el proyecto se optó por un préstamo de U\$S 20.000 otorgado por el Banco Santander para Pymes con un período de repago de 3 años con un Costo Financiero Total (CFT) de 5% a tasa fija (en dólares).

Sin embargo, el monto máximo a cubrir (teniendo en cuenta el préstamo) es de U\$S 44.535, que ocurre durante el sexto mes de producción. Este monto será cubierto por los inversores del proyecto ya que se trata de un grupo de inversión de 6 personas, lo que implicaría un desembolso por persona de U\$S7422.

A continuación, determinamos los ingresos y egresos mensuales en el flujo de caja.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6
I . INGRESOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precio unitario	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805
Cantidad mensual	0	0	0	1	1	3	4
Crédito	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 8.415
II - EGRESOS							
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 0	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272
CV total mensual	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 3.816	\$ 5.088
Costo fijo	\$ 44.262	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225
Egreso mensual	\$ 44.262	\$ 3.808	\$ 3.808	\$ 5.080	\$ 5.080	\$ 7.624	\$ 8.896
Flujo neto de Fondos	-\$ 24.262	-\$ 3.808	-\$ 3.808	-\$ 5.080	-\$ 2.275	-\$ 4.819	-\$ 481
Acumulado	-\$ 24.262	-\$ 28.071	-\$ 31.879	-\$ 36.959	-\$ 39.235	-\$ 44.054	-\$ 44.535

Tabla 16: Flujo de caja para los primeros 6 meses

Periodo	7	8	9	10	11	12
I . INGRESOS	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precio unitario	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805
Cantidad mensual	4	4	4	4	4	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 11.220	\$ 11.220	\$ 11.220	\$ 11.220	\$ 11.220	\$ 11.220
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272
CV total mensual	\$ 5.088	\$ 5.088	\$ 5.088	\$ 5.088	\$ 5.088	\$ 6.360
Costo fijo	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225
Egreso mensual	\$ 8.896	\$ 8.896	\$ 8.896	\$ 8.896	\$ 8.896	\$ 10.168
Flujo neto de Fondos	\$ 2.324	\$ 2.324	\$ 2.324	\$ 2.324	\$ 2.324	\$ 1.052
Acumulado	-\$ 42.212	-\$ 39.888	-\$ 37.564	-\$ 35.241	-\$ 32.917	-\$ 31.865

Tabla 17: Flujo de caja meses 6 a 12

Periodo	13	14	15	16	17	18
I. INGRESOS	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precio unitario	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805
Cantidad mensual	5	5	5	5	5	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272
CV total mensual	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360
Costo fijo	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225
Egreso mensual	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168
Flujo neto de Fondos	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857
Acumulado	-\$ 28.009	-\$ 24.152	-\$ 20.296	-\$ 16.439	-\$ 12.582	-\$ 8.726

Tabla 18: Flujo de caja meses 13 a 18

Periodo	19	20	21	22	23	24
I. INGRESOS	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precio unitario	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805	\$ 2.805
Cantidad mensual	5	5	5	5	5	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025	\$ 14.025
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272	\$ 1.272
CV total mensual	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360	\$ 6.360
Costo fijo	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225	\$ 3.225
Egreso mensual	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168	\$ 10.168
Flujo neto de Fondos	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857	\$ 3.857
Acumulado	-\$ 4.869	-\$ 1.012	\$ 2.844	\$ 6.701	\$ 10.558	\$ 14.414

Tabla 19: Flujo de caja meses 19 a 24

Se estimó que por cuestiones intrínsecas a los procesos productivos no se alcanzará el volumen máximo de producción hasta el mes 12.

Se adjunta en el anexo el flujo de caja completo (incluyendo el año 3, 4 y 5) con un crecimiento anual de ventas estimado de un 5%.

4.6.1 Período de pago

El período de repago determina en cuánto tiempo se recupera el monto de la inversión inicial. Al realizar el flujo de caja del proyecto a largo plazo, se observa que el período de repago es en el mes 21 donde la diferencia de ingreso y egreso acumulado da positivo.

Además, se puede conocer la liquidez del proyecto en el cual estamos invirtiendo. Principalmente, se puede estudiar que tiene un ciclo de vida útil determinado o evaluar si el proyecto conlleva un alto riesgo.

A partir del período 21, se puede volver a reinvertir nuevamente y calcular un nuevo período de repago.

FLUJO DE CAJA ACUMULADO

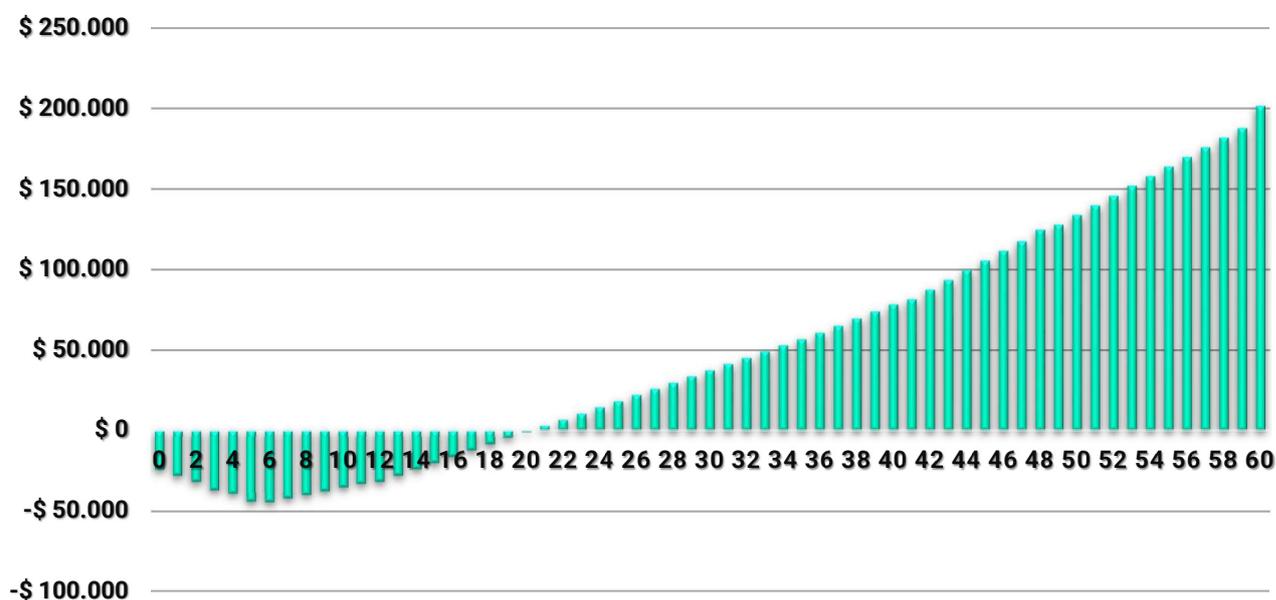


Gráfico 1: Flujo de caja acumulado

Según lo que se puede observar en el gráfico, durante el mes 6 se produce el monto máximo a cubrir por un total de U\$S44.535, U\$S

4.6.2 VAN y TIR

Una vez obtenido el flujo de caja y determinado el período de repago, se procede a calcular el Valor Actual Neto (VAN). Dicho indicador consiste en conocer cuánto se va a ganar o perder en esa inversión. Si el valor obtenido es mayor a 0 indicaría una ganancia adicional, es decir, el proyecto que el proyecto es viable económicamente.

Con respecto a la Tasa Interna de Retorno (TIR), la misma determina la tasa de interés que ofrece la inversión, es decir, el porcentaje de beneficio o pérdida que tendrá la inversión en el proyecto.

En este caso, el TIR debe dar un valor mayor que la tasa de corte del 2.5% estipulada en el flujo de caja correspondiente al interés anual del dólar. El TIR calculado da un valor del 10.4% siendo mayor que la tasa de corte, por lo tanto, el proyecto alcanzó la rentabilidad mínima necesaria.

Tasa actualización	2,50%
VAN	\$55.651,0
TIR	10,9%

Tabla 20: VAN y TIR

4.7 Conclusión análisis económico

Del análisis previamente plasmado, se llega a la conclusión de que el proyecto es económicamente viable ya que se obtuvieron valores positivos de VAN y TIR.

Esto no quiere decir que el mismo no representará un desafío importante, sobre todo durante una primera etapa de establecimiento de la marca y puesta en marcha de la producción. Es por esto que se realizó una gran inversión en la campaña de marketing, para posicionar el producto en el mercado de manera efectiva.

Por otro lado, se sabe que este tipo de análisis no siempre se condice con la realidad, ya que el mundo real contiene variables no controlables ni mensurables, como por ejemplo la pandemia actual que atraviesa la sociedad.

No obstante, se considera que el proyecto tiene mucho potencial, y una gran posibilidad de ser rentable; y que las personas que lo llevan adelante tienen los conocimientos y herramientas necesarias para afrontar estas incógnitas.

5. F.O.D.A.

 FORTALEZAS	 DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Problemática de gran interés en la sociedad en la actualidad. • Inversión inicial relativamente baja. • Tecnologías de fácil producción y baja complejidad. • Plan de marketing robusto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia en el usuario para la correcta utilización del equipo. • Alta dependencia de proveedores.. • Sólo aplicables a botellas plásticas de PET.

Figura 7: Análisis FODA Internas

 AMENAZAS	 OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Marco legal poco definido. • Inestabilidad económica del país y la región. • Gran incertidumbre social y económica por la pandemia del coronavirus. • Nuevas tecnologías. • Tendencia a la prohibición de los plásticos de un solo uso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Leyes en tratamiento. • Respaldo de organismos públicos. • Bajo nivel de competencia actual. • Mayor concientización sobre la sustentabilidad y el reciclaje.

Figura 8: Análisis FODA Externas

A continuación, teniendo en cuenta las cuestiones internas (Fortalezas, Debilidades), y las externas (Amenazas y Oportunidades), se procede a elaborar estrategias en base a las mismas.

5.1 Estrategias Fortalezas-Oportunidades

En estas estrategias se relacionan los puntos positivos, internos y externos, al buscar acciones ofensivas para ampliar el emprendimiento.

Al existir un posible respaldo de los organismos públicos se debe buscar agresivamente convenios con los mismos, ya que al ser una problemática de gran interés en la sociedad estaría bien visto para el partido político con el cual se alcancen estos acuerdos, permitiendo incrementar la proyección de ventas.

La segunda estrategia FO se basa en potenciar el marketing mediante la implantación de un plan de publicidades digitales, convirtiéndolo en una de las características diferenciadoras del emprendimiento. De esta manera, considerando el bajo nivel de competencia actual, permitirá a la organización colocarse como líder a nivel local de este tipo de productos.

5.2 Estrategias Fortalezas-Amenazas

A fin de mitigar las posibles consecuencias del marco legal poco definido, se establecerá una estrategia de seguimiento constante de las leyes y normativas en tratamiento, diseñando una base de datos sobre la promulgación de nuevas leyes. Esto, junto a la baja inversión inicial requerida para llevar a cabo el proyecto, permitiría reducir las posibilidades de pérdidas al mínimo.

Dado el gran interés por el cuidado del medio ambiente, aún en épocas de gran incertidumbre económica, se ofrecerán planes de pago accesibles u operaciones de leasing que permitan saciar esta necesidad aún en momentos complicados.

5.3 Estrategias Debilidades-Oportunidades

Dado la baja competencia en el mercado local se posee un gran abanico de proveedores disponibles. A fin de aprovechar esta situación y de mitigar la gran dependencia sobre éstos, se armará un listado de proveedores alternativos para cada uno de los componentes.

5.4 Estrategias Debilidades-Amenazas

Ya que el producto es sólo aplicable a botellas PET y no a otros plásticos, y dado que, además, existe una tendencia a la prohibición de los plásticos de un solo uso, se planifica una estrategia de venta corta de 5 años. Esto permite mitigar las pérdidas monetarias ante posibles avances inesperados en la legislación pertinente.

Al sólo poder aplicar el producto en botellas PET, y ante la aparición de nuevas tecnologías, se establecerá un departamento de investigación y desarrollo que pueda determinar la factibilidad de la aplicación de estas innovaciones para reorientar el negocio hacia la comercialización de las mismas.

5.5 Conclusiones

El proyecto posee una base robusta, con fortalezas bien definidas. El mismo se encuentra ubicado en un contexto social relativamente positivo ya que hay un creciente interés por parte de distintas entidades hacia el tratamiento de estos temas y la generación de una mayor concientización en el público.

Si bien, hay debilidades y amenazas que supondrían un golpe importante en el proyecto, hay que considerar que, al ser una inversión inicial relativamente baja, el riesgo es muy bajo.

Con respecto a las estrategias planteadas, se deberán priorizar las que son más aplicables y factibles en el corto plazo, como la implementación de un listado alternativo de proveedores o una base de datos de seguimiento de normativas y leyes.

Se dejarán de lado las estrategias de reorientación de negocio ya que no sólo se trataría de un plan a largo plazo y a gran escala, sino que implican además la creación de un departamento, lo cual es un gasto que impactaría sobre la factibilidad económica.

6 INGENIERÍA BÁSICA

6.1 Introducción

En este apartado se determinan los diferentes parámetros y características del diseño principal de la máquina trituradora de botellas PET.

Primeramente, se define el uso pretendido del sistema, es decir, se establecen las funciones básicas del dispositivo y como interactúa el usuario con ellas.

Posteriormente se realiza el análisis de riesgo AMFE, considerando los distintos subsistemas y sus posibles modos de falla. Este análisis tiene la función de generar lineamientos durante el diseño que permitan disminuir o reducir la probabilidad de que dichas fallas ocurran.

Luego se procede al cálculo y selección de los distintos componentes. Para esto primeramente se definen las variables básicas de funcionamiento, entre ellas la capacidad de trituración, la potencia de accionamiento necesaria y los parámetros de ruidos y vibraciones, así como también las propiedades mecánicas del PET. Estos valores son calculados mediante la utilización de normas y funciones físicas conocidas, así como también datos obtenidos de la industria.

Acto seguido, se realiza el estudio de validación del producto. Este análisis es necesario a fin de validar las suposiciones y cálculos que se realizaron durante la etapa de diseño. En el mismo se verifica las medidas de seguridad que fueron implementadas, el correcto funcionamiento del equipo en general, la calidad del producto final y los niveles de ruido generados por el funcionamiento del mismo.

Por último, se realiza la revisión de las factibilidades económicas, a fin de reflejar los posibles cambios y decisiones que se tomaron durante la etapa de ingeniería básica.

6.2 Uso pretendido del sistema

En este proyecto se presenta el diseño de una máquina trituradora de plástico PET (tereftalato de polietileno), con el objetivo de promover el reciclaje en la Argentina.

Con este objetivo en mente, y a fin de apelar a un público mayor, se tuvo en cuenta que el usuario no debe requerir de conocimientos técnicos para la utilización del dispositivo. Por esta razón, el equipo contará con las instrucciones de uso claras y de fácil visualización en el ploteo del mismo. De la misma manera, contará con un display que también guiará al usuario durante la utilización de la trituradora.

La persona deberá vaciar la botella de líquidos residuales en la bandeja indicada por el ploteo exterior del equipo, así como también la tapa y la etiqueta que deberán ser removidos de la botella y depositados en sus respectivos contenedores.

Acto seguido, el usuario ingresará la botella por la abertura circular indicada. Si el elemento colocado es incorrecto o no cumple con alguno de los parámetros de funcionamiento, se mostrará una alerta y no se llevará adelante el proceso. Caso contrario se procede a la trituración por medio de un sistema de rodillos accionado por un motor eléctrico.

El material triturado es almacenado en unos contenedores de plástico en la parte inferior de la máquina. La capacidad máxima de estos contenedores es de 40kg lo que equivale a 2000 botellas plásticas.

Si se completa el proceso correctamente, el usuario podrá escanear con su celular el código QR que se mostrará en el display para adquirir puntos, los cuales podrán ser canjeados posteriormente por algún beneficio comercial con el dueño de la máquina.

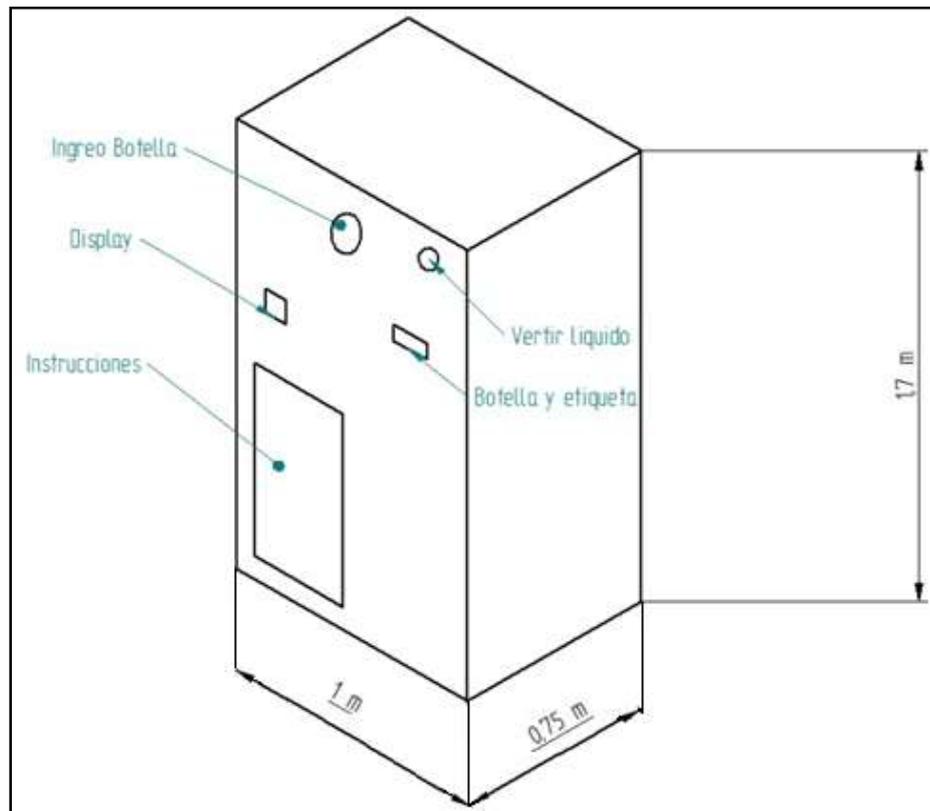


Figura 9: Croquis del dispositivo

En cuanto al resultado esperado, si bien no hay una normativa que estipule las especificaciones del PET triturado, se tomarán como parámetros las dimensiones obtenidas durante el proceso de validación, el cual es realizado con el fin de tener un conocimiento del tamaño del plástico obtenido y duración del proceso durante el funcionamiento normal de la maquinaria.

Cabe destacar que el tamaño del producto obtenido no es un parámetro crítico, ya que durante el proceso de reciclado mecánico realizado en las plantas especializadas se produce una segunda molienda, además de un proceso de extrusado y posterior granulación.



Figura 10: Proceso de reciclado en plantas de reciclaje- Fuente: Ecoplas

El equipo está diseñado para 5840 horas de funcionamiento sin mantenimiento necesario (sin considerar el vaciado de los recipientes y limpieza de las cuchillas). Teniendo en cuenta que la trituradora tiene un uso pretendido de 8 horas al día, esto equivale a un período de 2 años sin mantenimiento. Esta magnitud será validada en etapas posteriores (ver sección 6.5 Validación).

6.3 Análisis de riesgo (AMFE)

El AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos es una herramienta que facilita de manera sistemática la detección de los puntos potencialmente débiles de un producto, proceso industrial o servicio.

En este caso, se utiliza para el producto en cuestión, o sea la trituradora de plásticos PET.

6.3.1 Funciones y modos de fallo

Primeramente, se analizan los diferentes modos de falla potencial de cada uno de los subsistemas y sus componentes; y se identifica una causa y un efecto para cada una de éstas.

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES				
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFECTO
1	Motor Eléctrico	Transformación de Energía Eléctrica en Mecánica	Desgaste de rodamientos	Fatiga Superficial	Vibraciones y Ruido en el motor
2				Desgaste Natural	
3			Desgaste en alojamiento del rodamiento	Desbalance	
4				Montaje incorrecto	
5				Desalineación entre Ejes	
6				Partículas Contaminantes	
7			Falla Eléctrica	Desbalanceo de tensión de alimentación. Presencia de armónicos	Ruido y bajo rendimiento de motor. Aumento de temperatura
8					Falta de tensión adecuada
9				Ruptura de aislamiento del bobinado	Parada de motor
10	Trituradora	Reducción de botellas PET	Desgaste de rodamientos	Fatiga Superficial	Ruido y vibraciones
11				Desgaste Natural	
12			Rotura de cuchillas	Ingreso de material	Parada de máquina
13				Abrasión de filo provoca mayores esfuerzos de corte	
14				Material inadecuado	
15			Desgaste de cuchillas	Líquidos corrosivos	Mala trituración
16				Falla en Engranajes Rectos	Pitting
17			Fatiga Superficial		
18			Falla en el eje poligonal	Fatiga	Parada de máquina
19	Sistema de Reducción por Poleas	Transmitir potencia a la trituradora reduciendo su velocidad y aumentando el par motor.	Atascos durante el proceso de triturado incompleto	Acumulación de desechos de bebidas en el equipo	Mala trituración
20					
21			Desalineación de Poleas		
22			Desgaste por fatiga		
23			Correa Patina	Tensión inadecuada	Aumenta de temperatura y desgaste prematuro
24			Rotura de Polea en chavetero	Diseño y selección incorrecta	Parada de máquina
25			Rotura de Polea	Desbalanceo	

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES					
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	CAUSA	EFEECTO	
26	Sistema de Control	Control electrónico de distintos parámetros de funcionamiento de la máquina	Falla en Pulsador	Falso contacto	No enciende al accionar el pulsador	
27			Falla en Final de Carrera	Falla Funcional (Actuador dañado)	Parada de máquina	
28			Falla en Sensor magnético	Falla Funcional	Ausencia de viruta metálica	
29			Arduino	Sobrecarga en Transformador	Falla Funcional	Parada de máquina
30						
31	Chasis	Estructura interna capaz de contener los componentes internos de la máquina	Rotura en uniones soldadas	Vibraciones	Falla estructural	
32			Corrosión	Contacto con líquidos corrosivos	Zonas localizadas con óxido	
33			Falla estructural	Golpes externos	Gabinete abierto	
34	Gabinete	Estructura externa	Estructura con excesiva corrosión	Sustancias corrosivas	Zonas localizadas con óxido	
35	Recipiente sólidos	Almacenar material reciclado PET	Desborde de material	Ausencia de control de cantidad de PET triturado	Restos de PET en el suelo	
36		Almacenar tapas y etiquetas	Desborde de material	Ausencia de control de cantidad de tapas y etiquetas	Restos de tapas y etiquetas en el suelo	
37	Recipiente líquido	Almacenar líquidos sobrantes la botella previo a ingresar a la máquina	Suciedad en el recipiente	Restos de líquidos con presencia de azúcares	Presencia de olores	
38			Pérdidas	Fugas en cordón de soldadura/Mal soldado	Restos de líquido en el suelo	
39			Desborde de líquido	Falta de control en el nivel	Restos de líquido en el suelo	

Tabla 21: AMFE Funciones y modo de fallo

Acto seguido, se le asigna un valor de uno a diez, a los campos de gravedad, ocurrencia y detección. Siendo:

- **Gravedad:** Mide qué tan catastróficas son las consecuencias del posible modo de fallo, siendo 1 gravedad insignificante y 10 catastrófica.

Ninguno de los modos de falla, inclusive los de alta severidad (mayores a 7), afectan a la seguridad ya que se trata de un producto de bajo impacto, cuyo funcionamiento no puede lastimar seriamente a los usuarios.

- **Ocurrencia:** Mide qué tan probable es que ocurra la misma. Siendo 1 probabilidad muy baja y 10 casi seguro de que ocurra.
- **Detección:** Busca medir, en caso de que ocurra, qué tan fácil es detectar o identificar dicha falla. Un valor de 1 equivale a una detección obvia, mientras que un valor de 10 equivale a un no descubrimiento de ésta.

6.3.2 Cálculo del NPR

Una vez asignados estos valores, se obtiene el resultado del análisis, al multiplicar estos tres parámetros (gravedad, ocurrencia y detección). Este cuarto factor, llamado NPR, busca identificar los puntos más débiles del diseño.

$$NPR = Gravedad \times Ocurrencia \times Detección$$

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES		GRAVEDAD	OCURENCIA	DETECCION	NPR
	ÍTEM	MODO DE FALLO				
1	Motor Eléctrico	Desgaste de rodamientos	4	4	7	112
2			4	4	7	112
3		Desgaste en alojamiento del rodamiento	4	2	7	56
4			4	2	7	56
5			4	2	7	56
6			4	2	7	56
7		Falla Eléctrica	4	6	7	168
8			4	6	6	144
9			8	4	8	256
10	Trituradora	Desgaste de rodamientos	4	4	4	64
11			4	4	4	64
12		Rotura de cuchillas	9	8	4	288
13			9	8	5	360
14			7	8	5	280
15		Desgaste de cuchillas	7	8	4	224
16		Falla en Engranajes Rectos	4	3	6	72
17			4	3	6	72
18		Falla en el eje poligonal	8	3	4	96
19	Atascos durante el proceso de triturado incompleto	7	3	8	168	
20	Sistema de Reducción por Poleas	Rotura de Correa	9	6	2	108
21			9	5	2	90
22			9	4	2	72
23		Correa Patina	8	6	5	240
24		Rotura de Polea en chavetero	9	4	4	144
25		Rotura de Polea	9	4	4	144

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES			GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO				
26	Sistema de Control	Control electrónico de distintos parámetros de funcionamiento de la máquina	Falla en Pulsador	9	8	1	72
27			Falla en Final de Carrera	9	5	2	90
28			Falla en Sensor magnético	9	3	2	54
29			Arduino	9	3	4	108
30				9	2	4	72
31	Chasis	Estructura interna capaz de contener los componentes internos de la máquina	Rotura en uniones soldadas	6	2	5	60
32			Corrosión	6	6	5	180
33	Gabinete	Estructura externa	Falla estructural	9	4	2	72
34			Estructura con excesiva corrosión	4	6	3	72
35	Recipiente sólidos	Almacenar material reciclado PET	Desborde de material	3	9	1	27
36		Almacenar tapas y etiquetas	Desborde de material	3	9	1	27
37	Recipiente líquido	Almacenar líquidos sobrantes la botella previo a ingresar a la máquina	Suciedad en el recipiente	3	8	3	72
38			Pérdidas	3	4	2	24
39			Desborde de líquido	3	9	1	27

Tabla 22: AMFE cálculo NPR

6.3.3 Acciones Correctivas

Luego, se plantea una acción correctiva o preventiva para cada uno de los modos de falla identificados.

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES			ACCIÓN CORRECTIVA
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	
1	Motor Eléctrico	Transformación de Energía Eléctrica en Mecánica	Desgaste de rodamientos	Se determina realizar un análisis de vibraciones frecuencia trimestral
2			Desgaste en alojamiento del rodamiento	
3				
4				
5				
6				
7			Falla Eléctrica	Incorporar un estabilizador de tensión. Análisis de calidad eléctrica con frecuencia semestral.
8				
9				

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES			ACCIÓN CORRECTIVA
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO	
10	Trituradora	Reducción de botellas PET	Desgaste de rodamientos	Se determina realizar un análisis de vibraciones
11			Rotura de cuchillas	Diseño de sistema de control de material de ingreso (sensores). Diseño de cuchillas anti corrosivo. Inspección preventiva de filo de cuchillas
12				
13			Desgaste de cuchillas	-
14				
15			Falla en Engranajes Rectos	-
16				
17				
18			Falla en el eje poligonal	-
19	Atascos durante el proceso de triturado incompleto	Realizar mantenimiento preventivo de limpieza dos veces al año.		
20	Sistema de Reducción por Poleas	Transmitir potencia a la trituradora reduciendo su velocidad y aumentando el par motor.	Rotura de Correa	Correcto dimensionamiento y montaje del sistema de transmisión de potencia por correa. Inspección de tensado y desgaste de correa
21			Correa Patina	
22				
23			Rotura de Polea en chavetero	
24			Rotura de Polea	
25				
26	Sistema de Control	Control electrónico de distintos parámetros de funcionamiento de la máquina	Falla en Pulsador	-
27			Falla en Final de Carrera	-
28			Falla en Sensor magnético	-
29			Arduino	Incorporar un estabilizador de tension
30				-
31	Chasis	Estructura interna capaz de contener los componentes internos de la máquina	Rotura en uniones soldadas	Inspección anual de estructura y uniones.
32			Corrosión	Agregar capa de pintura antioxido
33	Gabinete	Estructura externa	Falla estructural	Diseño resistente a golpes
34			Estructura con excesiva corrosión	Modificación de diseño utilizando chapas de aluminio en vez de chapas de acero
35	Recipiente sólidos	Almacenar material reciclado PET	Desborde de material	Mantenimiento preventivo según frecuencia de uso
36		Almacenar tapas y etiquetas	Desborde de material	Mantenimiento preventivo según frecuencia de uso
37	Recipiente líquido	Almacenar líquidos sobrantes la botella previo a ingresar a la máquina	Suciedad en el recipiente	Limpieza regular según frecuencia de uso
38			Pérdidas	Establecer un procedimiento de control de fugas en el proceso de fabricación
39			Desborde de líquido	Colocación de control de nivel con indicador en panel de nivel máximo alcanzado.

Tabla 23: AMFE Acciones correctivas

6.3.4 Recalculo de NPR

Por último, se realiza nuevamente el análisis NPR, asignándole un nuevo valor a cada uno de los 3 parámetros (gravedad, ocurrencia, detección) teniendo en cuenta el impacto de la acción correctiva.

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES			GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR	
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO					
1	Motor Eléctrico	Transformación de Energía Eléctrica en Mecánica	Desgaste de rodamientos	4	4	2	32	
2				4	4	2	32	
3				Desgaste en alojamiento del rodamiento	4	2	2	16
4			4		2	2	16	
5			4		2	2	16	
6			4		2	2	16	
7			Falla Eléctrica	4	3	3	36	
8				4	6	2	48	
9				8	4	3	96	
10	Trituradora	Reducción de botellas PET	Desgaste de rodamientos	4	1	2	8	
11				4	1	2	8	
12				9	3	4	108	
13			Rotura de cuchillas	9	3	3	81	
14				7	3	5	105	
15			Desgaste de cuchillas	7	2	4	56	
16				Falla en Engranajes Rectos	4	3	6	72
17					4	3	6	72
18				Falla en el eje poligonal	8	3	4	96
19	Atascos durante el proceso de triturado incompleto	7	1	2	14			
20	Sistema de Reducción por Poleas	Transmitir potencia a la trituradora reduciendo su velocidad y aumentando el par motor.	Rotura de Correa	9	4	2	72	
21				9	3	2	54	
22				9	4	2	72	
23			Correa Patina	8	3	3	72	
24				Rotura de Polea en chavetero	9	3	4	108
25				Rotura de Polea	9	3	4	108
26	Sistema de Control	Control electrónico de distintos parámetros de funcionamiento de la máquina	Falla en Pulsador	9	8	1	72	
27			Falla en Final de Carrera	9	5	2	90	
28			Falla en Sensor magnético	9	3	2	54	
29			Arduino	9	1	4	36	
30				9	2	4	72	
31	Chasis	Estructura interna capaz de contener los componentes internos de la máquina	Rotura en uniones soldadas	6	1	5	30	
32			Corrosión	6	2	5	60	
33	Gabinete	Estructura externa	Falla estructural	9	1	2	18	
34			Estructura con excesiva corrosión	4	1	3	12	

N° DE RIESGO	FALLAS POSIBLES			GRAVEDAD	OCURRENCIA	DETECCION	NPR
	ÍTEM	FUNCIÓN	MODO DE FALLO				
35	Recipiente sólidos	Almacenar material reciclado PET	Desborde de material	3	2	1	6
36		Almacenar tapas y etiquetas	Desborde de material	3	2	1	6
37	Recipiente líquido	Almacenar líquidos sobrantes la botella previo a ingresar a la máquina	Suciedad en el recipiente	3	2	3	18
38			Pérdidas	3	1	2	6
39			Desborde de líquido	3	2	1	6

Tabla 24: AMFE NPR recalculado

De este análisis podemos concluir que, si bien el proyecto cuenta con ciertos puntos débiles en cuanto al diseño, los mismos pueden ser mitigados en gran medida tomando acciones preventivas o correctivas.

El análisis AMFE completo estará adjunto al final del proyecto en formato Excel.



6.3.5 Plan de Mantenimiento

De acuerdo con el AMFE o Análisis Modal de Fallos y Efectos, se determina un plan de mantenimiento siendo un conjunto de intervenciones u operaciones preventivas que se debe realizar en el equipo para cumplir con un funcionamiento correcto del equipo y prevenir paradas no programadas del equipo.

PLAN DE MANTENIMIENTO					
EQUIPO	ÍTEM	FUNCIÓN	ASPECTO RELACIONADO	TAREA	FRECUENCIA
T R I T U R A D O R A D E B O T E L L A S P E T	Motor Eléctrico	Transformación de Energía Eléctrica en Mecánica	Desajuste de tornillos de motor a la base	Reajuste de tornillos de motor	1x 3 meses
			Analizar el desgaste de rodamientos	Estudio de vibraciones	1 x 3 meses
			Suciedad excesiva por acumulación de polvo	Limpieza exterior del motor	1x 6 meses
			Fugas eléctricas	Prueba de megado	1 x año
			Sobrecalentamiento en bornes	Retirar tapa de placa e inspeccionar estado de placa de bornera.	1 x año
			Determinar el desgaste en alojamiento de rodamientos	Retirar tapa frontal (eje) desajustando los 4 (cuatro) tornillos e inspeccionar visualmente el rodamiento principal.	1 x año
			Analizar el desgaste de rodamientos		
	Trituradora	Reducción de botellas PET	Triturado de PET con desperfectos. Material mal triturado	Chequeo interno de trituradora. Inspeccionar posibles atascos en los espaciadores o peines de la trituradora	1 x mes
			Desgaste de filo de cuchillas y dientes de engranajes	Inspección visual de los componentes	1 x mes
			Analizar el desgaste de rodamientos	Estudio de vibraciones	1 x 3 meses
			Atascos durante el proceso de triturado incompleto	Limpieza de la trituradora eliminando restos de material y/o líquidos alojados alrededor o dentro del componente	1x 6 meses
	Sistema de Reducción de Poleas	Transmitir potencia a la trituradora reduciendo su velocidad y aumentando el par motor	Posible desgaste y envejecimiento	Inspección visual del estado de correas	1 x mes
			Correa patina y posterior desgaste.	Control de tensión de las correas	1 x 3 meses
			Correa patina y posterior desgaste.	Reajuste de corredera de motor	1 x 3 meses
			Rotura de una o más correas por desgaste o envejecimiento	Cambio de todas las correas instaladas	1 x 2 años
	Sistema de Control	Control electrónico de distintos parámetros de funcionamiento de la máquina	Falla en sensores y pulsadores electrónicos	Inspección visual de todos los componentes electrónicos	1 x mes
			Sobrecarga en transformador. Posible falla funcional arduino y posterior parada de máquina	Medición de tensión y amperaje con voltímetro en bobina primaria y secundaria	1 x 3 meses
			Error de medición de sensores	Control y calibración de componentes electrónicos (sensores)	1 x año
	Chasis	Estructura interna capaz de contener los componentes internos de la máquina	Rotura de cordones de soldadura	Inspección visual del chasis observando posibles grietas en las uniones	1 x 3 meses
			Suciedad excesiva en la placa base y estructura	Limpieza del equipo	1x 6 meses
	Recipiente sólidos de material triturado	Almacenar material reciclado PET	Daños en ruedas del recipiente	Inspeccionar estado de ruedas y del recipiente	1 x mes
			Acumulación de polvos en la parte baja del recipiente	Limpieza del recipiente	1 x 3 meses
	Recipiente exterior de tapas y etiquetas	Almacenar tapas y etiquetas	Daños en el recipiente	Inspeccionar estado del recipiente	1 x mes
			Acumulación de polvos y objetos dentro del mismo	Limpieza del recipiente	1 x 3 meses
	Recipiente Líquidos	Almacenar líquidos sobrantes de la botella previo a ingresar a la máquina	Acumulación de suciedad en las paredes producto de los azúcares de las bebidas	Limpieza del recipiente eliminando restos de bebidas	1 x 2 semanas
			Daños en ruedas del recipiente	Inspeccionar estado de ruedas y del recipiente	1 x mes

Tabla 25: Plan de Mantenimiento

6.4 Cálculo y selección de componentes

6.4.1 Propiedades del PET

Existen diferentes grados de PET, los cuales pueden diferenciarse por su peso molecular y cristalinidad. Los que presentan menor peso molecular se denominan grado fibra, los de peso molecular medio, grado película y los de mayor peso molecular, grado ingeniería.

Las botellas PET suelen estar compuestas por fibras de grado medio ya que ofrecen una buena resistencia mecánica, capaz de soportar los grados de presurización a los que pueden estar sometidas (hasta 6 atmósferas), a un precio accesible.

Las propiedades mecánicas más importantes de este tipo de PET son enumeradas en la siguiente tabla:

Propiedad	Valor	Unidades
Densidad	1,34 – 1.39	g/cm ³
Resistencia a la tensión	59 – 72	MPa
Resistencia a la compresión	76 – 128	MPa
Resistencia al impacto, Izod	0.01 – 0.04	J/mm
Dureza	Rockwell M94 – M101	--
Calidad de mecanizado	Excelente	--
Calidad óptica	Transparente a opaco	--
Temperatura de fusión	244 - 254	°C

Tabla 26: Propiedades del PET- Fuente: Industria del Plástico. Plástico Industrial. Richardson & Lokensgard.

6.4.2 Criterios para el diseño

Dado que la trituradora fue concebida para ubicarse principalmente en oficinas y lugares públicos sus dimensiones no pueden ser excesivas. En base a esto y tomando como referencia las medidas de una máquina de café estándar, las dimensiones principales de la trituradora serán de 1m de largo por 0,75m de ancho y 1,7m de alto.

Con respecto a las vibraciones y sonidos, según la normativa vigente en la Ciudad de Buenos Aires planteada en el inciso 2.2.3 *Ley de Ruido en CABA*, se debe asegurar que la máquina no supere los 45dBA cuando esté en funcionamiento.

Para el diseño de la boca de entrada y la tolva se debe considerar que las botellas de plástico varían en tamaño y volumen.

En el mercado se pueden encontrar botellas desde los 500ml y 60mm de diámetro, hasta las de 3L y 110mm de diámetro. Debido a que estas últimas son de baja

popularidad y a que las dimensiones del sistema de entrada deberían ser muy amplias para poder admitirlas (lo cual generaría problemas en cuanto a la seguridad del equipo y las dimensiones pretendidas), sólo se tomarán botellas de hasta 2,25L.



Figura 11: Botellas PET de distintos tamaños- Fuente: Coca cola

6.4.3 Determinación de la fuerza de corte necesaria

En este inciso se buscará obtener el valor de fuerza de corte necesaria para triturar una botella de plástico PET.

En el proceso de triturado es de suma importancia el concepto de tenacidad del material. Para poder cuantificar esta propiedad se utilizan las pruebas de impacto Charpy o Izod.

	Charpy Impact Testing	Izod Impact Testing
Materials Tested	Metals	Plastics & Metals
Types of Notches	U-notch and V-notch	V-notch only
Position of the Specimen	Horizontally, notch facing away from the pendulum	Vertically, notch facing toward the pendulum
Striking Point	Middle of the sample	Upper Tip of the sample
Common Specimen Dimensions	55 x 10 x 10 mm	64 x 12.7 x 3.2 mm (plastic) or 127 x 11.43 mm round bar (metal)
Common Specifications	ASTM E23, ISO 148, or EN 10045-1	ASTM D256, ASTM E23, and ISO 180

Tabla 27: Ensayos de impacto Charpy e Izod - Fuente: (Charpy vs. Izod: An Impact Testing Comparison, 2021)

Como se observa en la tabla, al ser un material de tipo polímero, se utiliza el método de prueba de impacto Izod. En este ensayo se obtiene la tenacidad al impacto, la cual es medida en unidades de energía sobre unidad de área.

Para obtener la fuerza de corte aproximada para poder triturar PET, es necesario tener en cuenta el valor promedio de resistencia al impacto Izod, el cual, para este material, oscila entre los 9 y 35 KJ/m².

Para PET utilizado en procesos de inyección, con un espesor de 0,5 a 3mm, el valor de este factor es de:

$$Izod = 20 \text{ KJ} \cdot \text{m}^{-2}$$

Se calcula la fuerza de corte necesaria, sabiendo que la misma es proporcional a la resistencia al impacto izod y al espesor:

$$F_{\text{corte}} = Izod \times e$$

Dado que las botellas PET pueden tener un espesor de 0,5 a 2 mm dependiendo la marca comercial del recipiente y su respectivo líquido, se realiza una medición con calibre Vernier, dando un espesor de 0,9 mm. Siendo conservativos, se adopta un espesor para el desarrollo de cálculos de 2 mm.



Figura 12: Espesor (izq.) y diámetro interior (derecha) de una botella PET comercial.

$$\begin{aligned} F_{\text{corte}} &= 20 \text{ KJ} \cdot \text{m}^{-2} \times 2 \text{ mm} \\ F_{\text{corte}} &= 20.000 \text{ KJ} \cdot \text{m}^{-2} \times 0,002 \text{ m} \\ \mathbf{F_{\text{corte}} = 40 \text{ N}} \end{aligned}$$

6.4.4 Cálculo de la potencia de accionamiento

Para el cálculo de la potencia de accionamiento es necesario obtener un valor aproximado de la velocidad angular de las cuchillas.

Para trituradoras chicas a medianas, en la industria suelen utilizarse sistemas de 700 rpm. Se tomará este valor como referencia para cálculos posteriores.

$$w = \frac{2\pi N}{60}$$

Donde:

- W = velocidad angular [rad/s]
- N = número de revoluciones [RPM]

$$w = \frac{2\pi \times 500 \text{ rpm}}{60}$$

$$w = 52,33 \text{ rad/s}$$

Al obtener la fuerza y la velocidad angular, el próximo paso es calcular el torque para determinar la potencia aproximada de accionamiento y, posteriormente, seleccionar el motor más apto.

El torque dependerá de las dimensiones de las cuchillas cortantes. En el mercado, su diámetro oscila entre 0,25 m a 0,4 m.

Por una cuestión de diseño y uso común en la industria, se desarrollará una cuchilla que posea 160 mm de diámetro.

Fórmula de torque:

$$T = F \times r$$

Donde:

- T = Torque (Nm)
- F = Fcorte = 60 N
- r = radio de las cuchillas (m)

$$T = 40 \text{ N} \times \frac{0,16}{2} \text{ m}$$

$$T = 3,2 \text{ Nm}$$



A continuación, se procede a calcular la potencia requerida aproximada para la trituración de botellas PET. Esta potencia será únicamente para el accionamiento de una sola cuchilla.

Una vez obtenidos todos los datos, se calcula utilizando la siguiente formula:

$$P = T \times w$$

Donde:

- P = Potencia de accionamiento [Watts, kWatts, Hp]
- T = Torque [N.m]
- W = Velocidad angular [rad/s]

$$P = 3,2 \text{ Nm} \times 52,33 \text{ rad/s}$$

$$P = 167,46 \text{ W} = 0,2245 \text{ HP}$$

Cabe aclarar que dicha potencia de accionamiento fue calculada para una sola cuchilla, y el diseño conlleva un total de 10 cuchillas por cada eje.

Teniendo en cuenta que dispondremos de 2 ejes con 10 cuchillas cada una, pero que a la hora de accionar dos cuchillas cortaran el mismo espesor, utilizaremos el valor de potencia requerida sobre el de un solo eje.

La potencia de accionamiento total será:

$$Pot. \text{ Requer} = P \times N^{\circ} \text{ de cuchillas}$$

$$Pot. \text{ Requer} = 0,2245 \text{ HP} \times 10$$

$$Pot. \text{ Requer} = 2,245 \text{ HP}$$

Con el fin de absorber errores de los valores de resistencia como también los diferentes espesores de plásticos, se utiliza un factor de servicio de 2.

$$Pot. \text{ total} = 2,245 \text{ HP} \times 2 = 4,49 \approx 5 \text{ HP}$$

6.4.5 Esquema de mecanismo interno

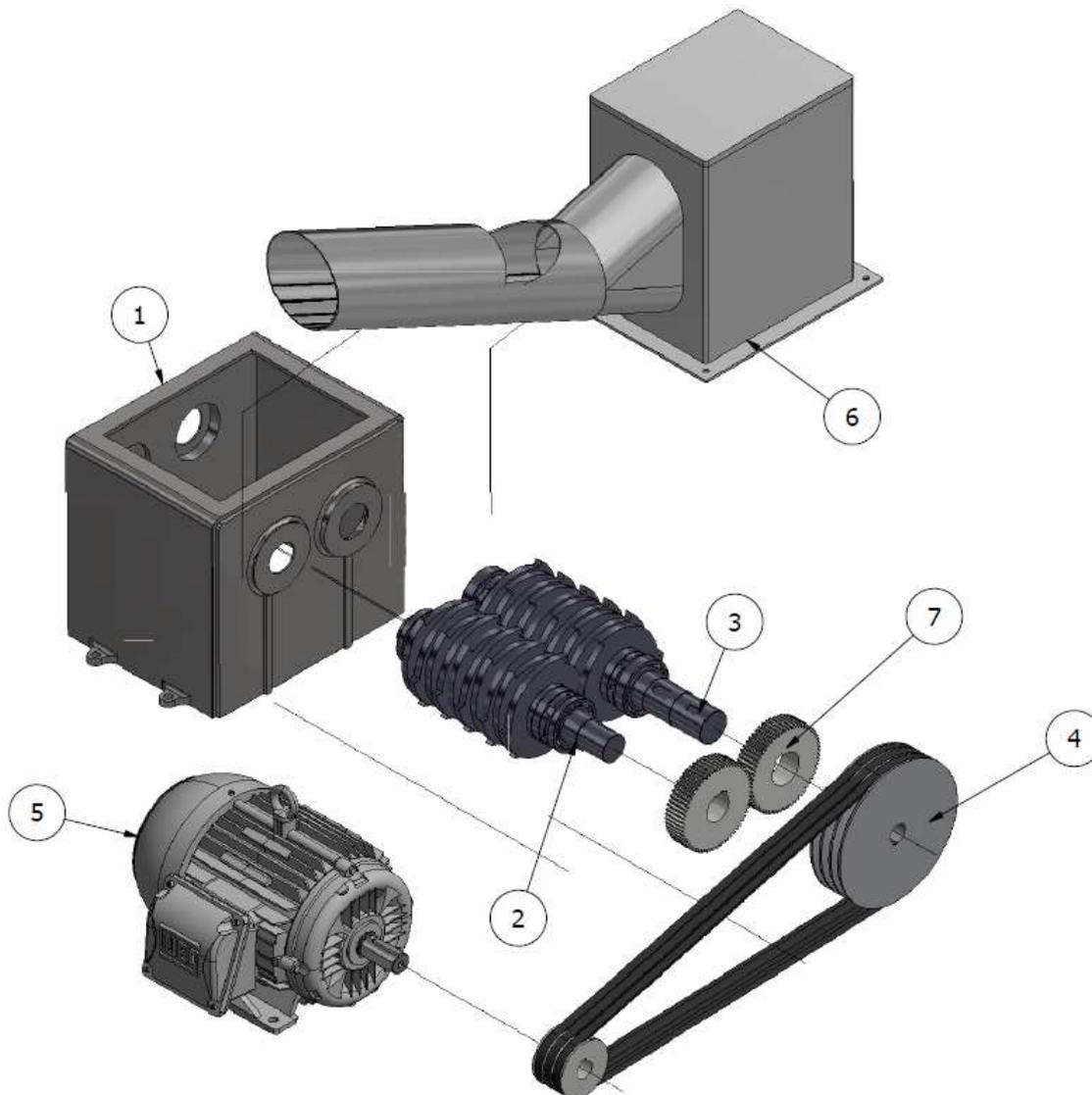


Figura 13: Mecanismo interno del sistema de trituración

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Bastidor	
2	1	Eje conducido	
3	1	Eje conductor	
4	1	Sistema correa/polea	
5	1	Motor eléctrico	WEG W22 132 5HP 1450rpm
6	1	Tolva de ingreso de material	
7	1	Engranajes rectos	

Tabla 28: Listado de componentes

6.4.6 Subsistema 1: Motor eléctrico

La selección del motor eléctrico dependerá de la potencia total calculada previamente. Se procede a seleccionar un motor monofásico a partir del catálogo de motores eléctricos de inducción con condensador de arranque. Como se especifica en el apartado de factibilidades tecnológicas, se selecciona este tipo de motor debido a la falta de disponibilidad de energía eléctrica trifásica en sitios donde la trituradora esté funcionando, por ejemplo, oficinas, pasillos, entre otros.

Se selecciona un motor con las siguientes características:

Motor WEG – modelo W22 132M:

- Motor monofásico 220v
- Potencia: 5 HP – 3,7 KW
- Frecuencia 50 Hz
- Cantidad de polos: 4
- Revoluciones: 1450 RPM

A continuación, se muestran las dimensiones constructivas para el modelo 132 M de acuerdo con la potencia seleccionada.

- Largo: 489 mm
- Ancho: 272 mm
- Alto: 274 mm
- Peso: 67 kg

Carcasa	A	AA	AB	AC	AD	B	BB	BD	C	Eje						
										D	E	ES	F	G	GD	
63	100	25.5	116	125	128	80	95	7.5	40	11j6	23	14	4	8.5	4	
71	112	28.5	132	141	136	90	113.5	11.75	45	14j6	30	18	5	11	5	
80	125	30.5	149	159	145	100	125.5	12.75	50	19j6	40	28	6	15.5	6	
90S	140	37	164	179	155	100	131	15.5	56	24j6	50	36	8	20	7	
90L					181		125									156
100L	160	40	188	206	191	140	173	16.5	63	28j6	60	45	8	24	7	
112M	190	40.5	220	226	206	140	177	18.5	70							
132S	216	45.5	248	272	234	140	187	23.5	89	38k6	80	63	10	33	8	
132M							178									225
132M/L							178/203									250

Carcasa	H	HA	HB	HC	HD	HH	HK	K	L ¹	L ²	LL	LM	S1	Rodamientos	
														Delantero	Trasero
63	63	7	23	130	156.3	80	65	7	256	230	184	135	1xM20	6201 ZZ	6201 ZZ
71	71		31	145	163.8	90			293	250				6202 ZZ	6202 ZZ
80	80	8	41	163	174.3	100	91	10	326	277	221	206	1xM25	6204 ZZ	6203 ZZ
90S	90	9	45	182	182.4	106			334	305				6205 ZZ	
90L			26	182	182.4	118.5	91	358	329	6206 ZZ					
100L	100	10	43	203	244	133	94	12	418	-	246	232	1xM32	6207 ZZ	6206 ZZ
112M	112		40	226	280	140			423						
132S	132	16	60	274	319	159	94	12	451	-	246/286 ^a	232	1xM32	6308 ZZ	6206 ZZ
132M						178			489						
132M/L						190.5			514						

Tabla 29: Selección de motores eléctricos - Fuente: Catalogo WEG



Figura 14: Motor eléctrico monofásico WEG tipo W22 - Fuente: Catalogo WEG

W22 Monofásico - Con condensador de arranque o arranque y permanente - 50 Hz

Potencia		Carcasa	Par nominal Tn (kgfm)	Corriente con rotor trabado Ii/In	Par con rotor trabado Tl/Tn	Par Máximo Tb/Tn	Momento de Inercia J (kgm ²)	Tiempo máximo con rotor trabado (s)	Peso (kg)	Nivel de ruido dB (A)	RPM	% de la potencia nominal						Corriente nominal In (A)													
kW	HP											Rendimiento			Factor de potencia			220 V	440 V												
												50	75	100	50	75	100														
N Polos																															
0,12	0,16	63	0,068	5,0	2,3	2,0	0,0007	7	9,8	47	1730	32,5	40,0	44,2	0,50	0,58	0,66	1,87	0,935												
0,18	0,25	71	0,101	5,0	2,8	2,1	0,0008	15	12,7	55	1730	49,6	55,2	60,4	0,43	0,51	0,61	2,22	1,11												
0,25	0,33	71	0,141	5,0	2,6	2,2	0,0009	18	13,2	55	1725	45,1	51,0	56,2	0,46	0,53	0,64	3,16	1,58												
0,37	0,5	80	0,207	6,8	2,1	2,5	0,0030	10	17,8	55	1740	51,7	61,0	66,1	0,76	0,83	0,88	2,89	1,45												
0,55	0,75	80	0,308	5,8	2,1	2,2	0,0034	9	18,5	55	1740	54,0	63,5	68,0	0,71	0,81	0,87	4,23	2,12												
0,75	1	90S	0,414	8,5	2,3	2,4	0,0055	7	24,0	58	1765	55,8	65,1	70,3	0,82	0,87	0,91	5,32	2,66												
1,1	1,5	90L	0,607	9,5	2	2,3	0,0069	6	28,0	58	1765	61,0	69,5	74,0	0,88	0,93	0,95	7,12	3,56												
1,5	2	100L	0,837	7,2	2,5	2,2	0,0093	10	37,0	58	1745	66,0	73,0	77,0	0,87	0,90	0,93	9,51	4,76												
2,2	3	112M	1,23	7,7	2,9	2,7	0,0156	8	46,0	60	1745	65,0	74,0	77,0	0,79	0,87	0,90	14,4	7,22												
3,7	5	132S	2,06	7,3	3,4	2,5	0,0329	6	65,0	63	1750	71,0	77,9	80,5	0,84	0,91	0,93	22,5	11,3												
5,5	7,5	132M	3,02	7,3	3,2	2,5	0,0463	6	82,0	63	1750	75,0	81,2	84,0	0,85	0,91	0,93	28,0	13,9												
7,5	10	132M*	4,20	6,7	2,6	2,4	0,0486	6	82,0	63	1740	77,9	82,5	84,0	0,92	0,94	0,95	42,7	21,3												
9,2	12,5	132M*	5,15	6,5	2,2	2,3	0,0543	6	88,0	63	1740	78,0	83,2	84,0	0,85	0,91	0,93	53,6	26,8												

Tabla 30: Datos eléctricos del motor seleccionado - Fuente: Catalogo WEG

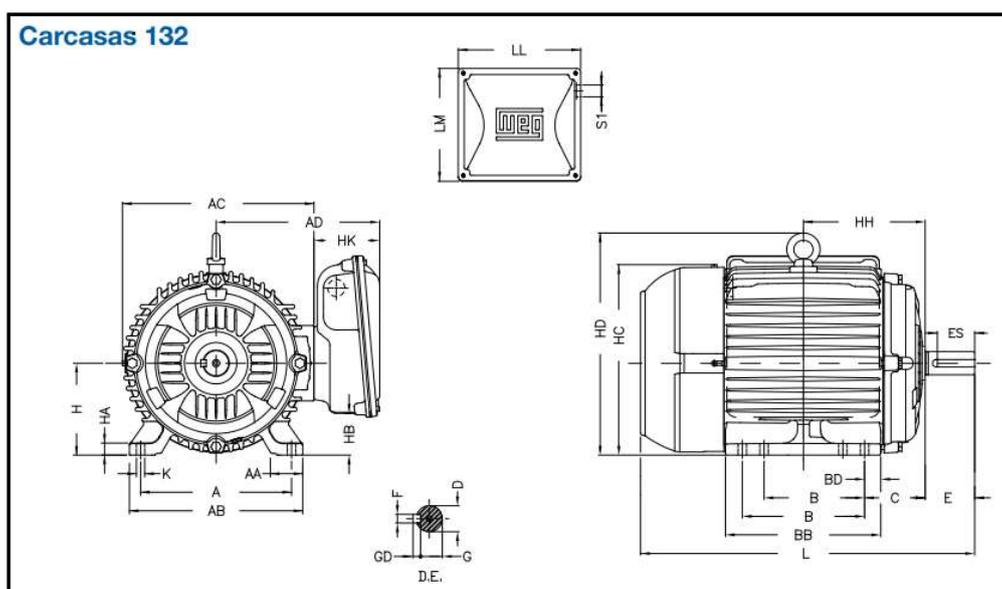


Figura 15: Plano de motores WEG

6.4.7 Subsistema 2: Sistema de reducción

6.4.7.1 Engranajes

El eje conductor, adosado con la polea conductora, estará en contacto con el eje conducido a través de un par de engranajes, el cual transmitirá la potencia del motor eléctrico monofásico. Este sistema de reducción fue seleccionado por su gran eficiencia a la hora de transmitir potencia.

Si bien los engranajes rectos son más ruidosos que los helicoidales, son considerablemente más económicos, además esta desventaja no significará un problema mayor, ya que la máquina en su interior tendrá un aislamiento acústico para poder cumplir con los valores máximos de decibeles de acuerdo con las normativas de ruido.

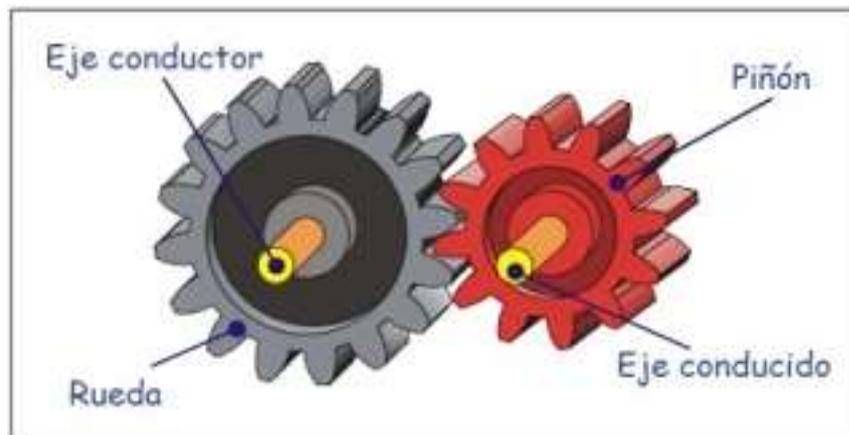


Figura 16: Engranajes rectos para transmitir potencia

El sistema de trituración contará con dos ejes: el eje motriz y el eje conducido. Este último, está vinculado al eje motriz a través de engranajes de dientes rectos para poder transmitir la potencia.

En cuanto al material para la fabricación de los engranajes se opta por un acero SAE 4140 de aleación de níquel-cromo-molibdeno, ya que posee una alta resistencia a la fatiga y una buena tenacidad. Este tipo de acero también contiene un porcentaje medio de carbono lo que posibilita un posterior templeado y revenido más nitruración.

Se procede a calcular el par de engranajes rectos según los siguientes datos:

- Potencia (P) = 5 Hp
- Revoluciones (n) = 700 Rpm
- Longitud entre ejes paralelos (l) = 110 mm
- Relación de transmisión (i) = 1
- Ángulo de Presión: 25°
- Dureza: 320 (Hb) = 34 HRc
- Tensión de Rotura (σ_R) = 11000 Kg/cm²
- Tensión de Fluencia (σ_F) = 8000 Kg/cm²

6.4.7.1.1 Diseño de los engranajes mediante normas AGMA

Se procede a calcular el par de engranajes rectos según el procedimiento establecido en las normas AGMA y mediante el uso del libro de Shigley de Diseño en Ingeniería Mecánica.

Partiendo de los siguientes datos de entrada:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Potencia a Transmitir	H	3,7	Kw
RPM piñón	np	700	rpm
RPM rueda	ng	700	rpm
Vida esperada	Vida	10 ⁷	Ciclos
Confiabilidad	Conf.	95,0	%

Considerando además los siguientes datos del material:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad
Material seleccionado	Material	SAE 4140	-
Tratamiento Térmico	TT	Tem+Rev	-
Tensión de rotura del piñón	σ_p	1100	Mpa
Dureza del piñón	HBp	320	HB
Dureza de la corona	HBg	320	HB
Modulo elasticidad del piñón	Ep	210000	Mpa
Modulo elasticidad de la rueda	Er	210000	Mpa
Coefficiente de Poisson del piñón	ν_p	0,3	adim
Coefficiente de Poisson de la rueda	ν_g	0,3	adim

Y tomando, además, los siguientes valores standard para diseño de engranajes:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Recomendaciones
Angulo de presión normal	ϕ_n	20	°	Se suele utilizar 20° o 25°. No se recomienda usar 14,5°
Angulo de la hélice	ψ	0	°	Se suele utilizar de 15° a 30° en engranajes helicoidales. Para engranajes rectos $\psi = 0^\circ$
Coefficiente k para determinar el número mínimo de dientes	k	1	adim	k=1 (Dientes normales) k= 0,8 (Dientes rebajados)
Relación ancho / paso normal (b/pn)	α	4	adim	Se recomienda adoptar de 3 a 5 según Shigley
Calidad AGMA Qv	Qv	5	adim	3 a 7 mayoría de los engranajes de calidad comercial / 8 a 12 calidad de precisión

Se calculan los siguientes parámetros:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Angulo de presión normal (rad)	ϕ_n	0,35	rad	$\phi_n (\text{rad}) = \frac{\phi_n (\text{grad})}{360^\circ} 2 \pi$
Angulo de la hélice (rad)	ψ	0,00	rad	$\psi (\text{rad}) = \frac{\psi (\text{grad})}{360^\circ} 2 \pi$
Angulo de presión transversal (rad)	ϕ_t	0,3	rad	$\phi_t = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi_n}{\cos \psi} \right)$
Angulo de presión transversal	ϕ_t	20,0	°	$\phi_n (\text{grad}) = \frac{\phi_n (\text{rad})}{2 \pi} 360^\circ$
Relación de transmisión provisoria	mg'	1,0	adim	$mg' = \frac{n_p}{n_g}$
Número de dientes mínimo del piñón	$N_p \text{ min}$	12,32	dientes	$N_p \text{ min} = \frac{2k \cos \psi}{(1 + 2mg) \text{sen}^2 \phi_t} \left(mg + \sqrt{mg^2 + (1 + 2m) \text{sen}^2 \phi_t} \right)$

En base a la siguiente tabla obtenemos el número de dientes, a partir de los estándares utilizados comúnmente en la industria:

Table 8.5 Preferred standard gear teeth numbers

12	13	14	15	16	18	20	22	24	25	28	30
32	34	38	40	45	50	54	60	64	70	72	75
80	84	90	96	100	120	140	150	180	200	220	250

Tabla 31: Valores sugeridos de número de dientes - Fuente: Normas AGMA

En este caso se seleccionó un número estándar de 60 dientes. Con este valor y, a partir del ángulo normal de presión de 20°, se obtiene el factor de Lewis y utilizando la siguiente tabla:

Tabla 14-2

Valores del factor de forma de Lewis Y (estos valores son para un ángulo normal de presión de 20°, dientes de altura completa y paso diametral igual a la unidad, en el plano de rotación)

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

Tabla 32: Factor de Lewis para ángulos normales de 20°

Con estos valores se calculan los siguientes parámetros para realizar un dimensionamiento preliminar:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Numero de dientes del piñón	Np	60	d	Seleccionar un valor recomendado mayor a Np min
Numero de dientes virtual del piñón	Npv	60	d	$Npv = \frac{Np}{\cos \psi^3}$
Numero de dientes de la rueda teórico	Ng'	60,0	d	$Ng' = Np mg$
Numero de dientes de la rueda	Ng	60	d	Seleccionar un valor recomendado cercano a Ng'
Factor de Lewis	Y	0,422	adim	Seleccionar de tabla
Relación de transmisión	mg	1,0	adim	$mg = \frac{Ng}{Np}$
Tensión admisible provisoria	σ_{ad}	220	Mpa	$\sigma_{ad} = \frac{\sigma_{rp}}{5}$

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Momento torsor del piñón	T_p	50,5	Nm	$T_p = \frac{30000 H}{\pi n p}$
Velocidad tangencial aproximada	V'	2,2	m/s	$V = 0,01827 \sqrt[3]{N n p^2}$
Coefficiente B para el cálculo de K_v	B	0,9	adim	$B = 0,25 (12 - Q_v)^{2/3}$
Coefficiente A para el cálculo de K_v	A	54,8	adim	$A = 50 + 56(1 - B)$
Velocidad máxima admitida según la calidad del engranaje	V_{tmax}	16,1	m/seg	$v_{tmax} = \frac{[A + (Q_v - 3)]^2}{200}$
Factor dinámico AGMA (provisorio)	K_v'	1,3	adim	$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{200 V}}{A} \right)^B$
Paso normal provisorio	p_n	3,9	mm	$p_n = \sqrt[3]{\frac{1000 2 \pi^2 K_v' T \cos \psi}{Y N \sigma_{ad} \alpha}}$
Módulo normal provisorio	m_n'	1,2	mm	$m_n' = \frac{p_n'}{\pi}$

Para la selección del módulo normal se utilizó la siguiente tabla, buscando un valor cercano al módulo normal provisorio calculado previamente:

Table 8.4 Preferred values for the module, m

m	0.5	0.8	1	1.25	1.5	2	2.5	3	4	5	6	8	10	12
-----	-----	-----	---	------	-----	---	-----	---	---	---	---	---	----	----

Tabla 33: Valores estándar de módulo normal - Fuente: Normas AGMA

Con un valor de módulo igual a 2, se procede a calcular las propiedades geométricas del piñón y a realizar la verificación por ancho del diente.

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Módulo Normal	m_n	2,0	mm	m_n
Paso Normal	p_n	6,3	mm	$p_n = \pi \times m_n$



Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Módulo Transversal	mt	2,0	mm	$mt = \frac{mn}{\cos \psi}$
Paso Transversal	pt	6,3	mm	$pt = \pi \times mt$
Paso Axial	px	NA	mm	$px = \frac{pt}{\tan \psi}$
Diámetro de paso del piñón	dp	120,0	mm	$dp = Np \times mt$
Ancho del diente	b (F)	25,1	mm	$b = \alpha \times pt$
Relación de contacto de la cara	mF	1,0	adim	$mF = \frac{b}{px} \rightarrow$ Para engranajes helicoidales debe ser > 1 (red del ruido considerable)
Altura de la cabeza	ha	2,0	mm	$ha = mn$
Altura de la raíz	hb	2,5	mm	$hb = 1,25 mn$
Altura total del diente	ht	4,5	mm	$ht = ha + hb$
Diámetro base del piñón	dbp	112,8	mm	$dbp = dp \cos \varphi_t$
Diámetro de raíz del piñón	drp	115,0	mm	$drp = dp - 2 hb$
Diámetro exterior del piñón	dep	124,0	mm	$dep = dp + 2 ha$
Radio de entalla	rf	0,7	mm	$rf = 0,35 mn$
Espesor del diente	t	3,1	mm	$t = 0,5 pn$
Verificación ancho del diente $f \geq 2pc$	VERIFICA		Si $f \geq 2pc \rightarrow$ Verifica / Si $f < 2pc \rightarrow$ No Verifica (Faires)	

Luego, se calculan las propiedades geométricas de la rueda:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Diámetro de paso de la rueda	dg	120,0	mm	$dg = Ng \times mt$
Diámetro base de la rueda	dbg	112,8	mm	$dbg = dg \cos \varphi_t$
Diámetro de raíz de la rueda	drg	115,0	mm	$drg = dg - 2 hb$
Diámetro exterior de la rueda	deg	124,0	mm	$deg = dg + 2 ha$

Una vez calculadas las propiedades geométricas del piñón y la rueda, se procede a realizar la verificación por interferencia:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Distancia entre centros	c	120,0	mm	$c = 0,5 (dp+dg)$
$c-(rbp+reg)$	$d-(rbp+reg)$	1,6	mm	Debería ser mayor a 1
$c-(rbg+rep)$	$c-(rbg+rep)$	1,6	mm	Debería ser mayor a 1
Verificación por interferencia	VERIFICA			

Como el sistema de engranajes verifica a la interferencia se procede a calcular los parámetros cinemáticos y dinámicos de funcionamiento:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Velocidad Tangencial	v	4,4	m/seg	$v = \frac{\pi dp np}{60000} \rightarrow dp \text{ (mm)} - n \text{ (RPM)}$
Fuerza Transmitida	Wt	0,8	kN	$Wt = \frac{2 Tp}{dp}$
Fuerza total	W	0,9	kN	$W = \frac{Wt}{\cos \phi_n \cos \psi}$
Fuerza Radial	Wr	0,3	kN	$Wr = W \sin \phi_n$
Fuerza Axial	Wa	0,0	kN	$Wa = W \cos \phi_n \sin \psi$

Luego es necesario seleccionar un valor de factor de sobrecarga. Este factor tiene como finalidad tener en cuenta todas las cargas que se aplican de manera externa por encima de la carga tangencial nominal. Las mismas pueden diferir del valor nominal debido a, por ejemplo, variaciones del par de torsión durante el encendido o apagado del equipo.

Tabla de factores de sobrecarga, K_o			
Máquina impulsada			
Fuente de potencia	Uniforme	Impacto moderado	Impacto pesado
Uniforme	1.00	1.25	1.75
Impacto ligero	1.25	1.50	2.00
Impacto medio	1.50	1.75	2.25

Tabla 34: Factores de sobrecarga - Fuente: Normas AGMA

Posteriormente se calculan las tensiones producidas por flexión mediante el método estipulado en normas AGMA:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Factor de sobrecarga	K_o	1,25	adim	Seleccionar valor de Tabla K_o
Coefficiente B para el cálculo de K_v	B	0,91	adim	$B = 0,25 (12 - Q_v)^{2/3}$
Coefficiente A para el cálculo de K_v	A	54,77	adim	$A = 50 + 56(1 - B)$
Velocidad máxima admitida según la calidad del engranaje	V_{tmax}	16,11	m/seg	$v_{tmax} = \frac{[A + (Q_v - 3)]^2}{200}$
Factor dinámico	k_v	1,49	adim	$K_v = \left(\frac{A + \sqrt{200 V}}{A} \right)^B$
Factor de tamaño	K_s	1,00	adim	Se adopta 1 como recomendación
Factor de distribución de la carga K_m (K_H)	K_H	1,20	adim	Adoptado de tablas
Factor del espesor del aro	K_B	1,00	adim	$K_B = 1$ para engranajes macizos
Factor geométrico de resistencia a la flexión AGMA	J (YJ)	0,34	adim	Valor de gráfico YJ

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Esfuerzo de flexión AGMA	σ_f	111,34	Mpa	$\sigma_f = 1000 \frac{W_t K_o K_v K_s K_H K_B}{b m t Y_J}$

Luego se calculan las tensiones de contacto según normas AGMA:

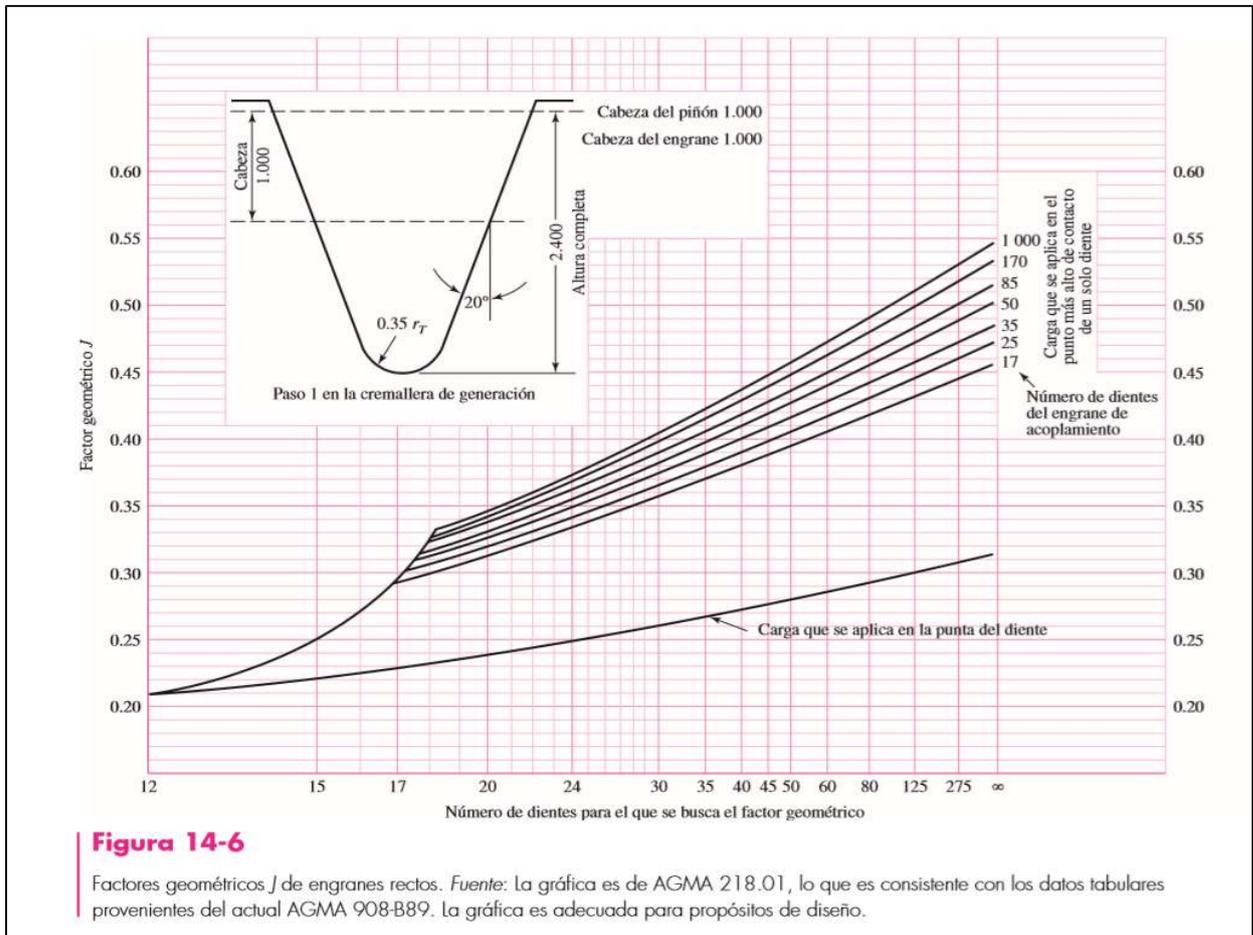


Figura 17: Gráfico para la selección del factor geométrico de resistencia a la flexión - Fuente: Normas AGMA

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmulas
Radio primitivo del piñón	r_p	60,0	mm	$r_p = 0,5 d_p$
Radio primitivo de la rueda	r_g	60,0	mm	$r_g = 0,5 d_g$
Radio del círculo base del piñón	r_{bp}	56,4	mm	$r_{bp} = 0,5 d_{bp}$
Radio del círculo base de la rueda	r_{bg}	56,4	mm	$r_{bg} = 0,5 d_{bg}$
Longitud de la línea de acción en el plano transversal	Z (Lab)	10,5	mm	$Z = [(r_p + a)^2 - r_{bp}^2]^{1/2} + [(r_g + a)^2 - r_{bg}^2]^{1/2} - (r_p + r_g) \text{sen } \phi_t$



Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmulas
Paso base normal	pbn	5,9	mm	$pbn = pn \cos \varphi_n$

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmulas
Relación de repartición de la carga mN	mN	0,6	adim	$mN = \frac{pbn}{0,95 Z}$
Coefficiente elástico	CP (ZE)	191,6	Mpa ^(1/2)	$Cp = \left[\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - \nu p^2}{Ep} + \frac{1 - \nu g^2}{Ep} \right)} \right]^{0,5}$
Factor de condición superficial	Cf (ZR)	1,0	adim	Cuando se tenga el conocimiento de que existe un efecto perjudicial en el acabado superficial, AGMA sugiere para esos casos un valor de Cf mayor que la unidad.
Factor geométrico de resistencia a la picadura	I (ZI)	0,136	adim	$ZI = \frac{\cos \phi_t \operatorname{Sen} \phi_t}{2 mN} \frac{mG}{mG + 1}$
Tensión de contacto	σ_c	<u>405,96</u>	Mpa	$\sigma_c = ZE \sqrt{\frac{1000 Wt K_o K_v K_s K_H}{d_p b} \frac{ZR}{ZI}}$

Una vez calculados estos factores, se calcula la tensión de flexión admisible:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Esfuerzo de flexión permisible	St	350	Mpa	Seleccionado de tabla St
Factor de ciclos de esfuerzo del esfuerzo de flexión	YN	1,1	adim	YN = 1,1 a no ser que se requiera una vida mayor a 10 ⁷ ciclos.
Factor de temperatura	KT (Yθ)	1,0	adim	Para temperaturas del aceite o del disco del engrane hasta de 250°F (120°C), se emplea KT = Yθ = 1.0. Caso contrario se usan valores mayores a la unidad
Factor de confiabilidad	KR (YZ)	1,0	adim	Seleccionado a partir de tabla de factor KR
Tensión de flexión admisible	σ_{perm}	<u>385</u>	Mpa	$\sigma_{perm} = \frac{St}{SF} \frac{YN}{Y\theta YZ}$ → Se asume SF = 1

El esfuerzo de flexión permisible y el factor de confiabilidad se obtuvieron de las siguientes tablas:

Material	Símbolo	Valor	Unidad
Acero Templado y Revenido (grado 1)	St	258,9	Mpa
Acero Templado y Revenido (grado 2)	St	338,0	Mpa
Acero Templado y Revenido+Nitrurado (grado 1)	St	265,6	Mpa
Acero Templado y Revenido+Nitrurado (grado 2)	St	349,7	Mpa
Acero Cementado (grado 1)	St	380,0	Mpa
Acero Cementado (grado 2)	St	450,0	Mpa

Tabla 14-10	Confiabilidad	$K_R (Y_Z)$
Factores de confiabilidad $K_R (Y_Z)$ Fuente: ANSI/AGMA 2001-D04.	0.9999	1.50
	0.999	1.25
	0.99	1.00
	0.90	0.85
	0.50	0.70

Tabla 35: Factores de confiabilidad - Fuente: Normas AGMA

Luego se calcula la tensión de contacto admisible:

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Esfuerzos de contactos permisibles	SC	1120	Mpa	Seleccionado de tablas SC
Factor de vida de ciclos de esfuerzo	ZN	1,0	adim	ZN = 1 a no ser que se requiera una vida mayor a 10^7 ciclos
Tensión de contacto admisible	$\sigma_c \text{ perm}$	1120	Mpa	$\sigma_c \text{ perm} = \frac{SC}{SH} \frac{ZN}{Y\theta} \frac{ZW}{YZ}$ → Se asume SH = 1

El valor de esfuerzo de contacto permisible se obtuvo de la siguiente tabla, teniendo en cuenta un ciclo de vida de 10^7 ciclos y un 99% de confiabilidad:

Material	Símbolo	Valor	Unidad
Acero Templado y Revenido (grado 1)	Sc	910,4	Mpa
Acero Templado y Revenido (grado 2)	Sc	1008,2	Mpa
Acero Templado y Revenido+Nitrurado (grado 1)	Sc	1035,0	Mpa
Acero Templado y Revenido+Nitrurado (grado 2)	Sc	1120,0	Mpa
Acero Cementado (grado 1)	Sc	1240,0	Mpa
Acero Cementado (grado 2)	Sc	1150,0	Mpa

Una vez calculadas las tensiones presentes y las admisibles se procede a verificar comparando estos valores:

Verificación a las tensiones por flexión				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Factor de seguridad a la flexión admisible	SF ad	1,2	-	Seleccionar valor mayor a 1
Factor de seguridad a la flexión	SF	4,7	-	$SF = \frac{\sigma_{perm}}{\sigma_f}$
VERIFICA				

Verificación a las tensiones de contacto				
Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Factor de seguridad por contacto admisible	SH ad	1,2	-	Seleccionar valor mayor a 1
Factor de seguridad por contacto flexión	SH	2,8	-	$SH = \frac{\sigma_c perm}{\sigma_c}$
VERIFICA				

El factor de seguridad a la flexión (SF) y el factor de seguridad de tensiones por contacto, se determinan con la tensión de flexión admisible y la tensión de contacto admisible, respectivamente. Ambos factores, deben ser mayores que el factor de seguridad seleccionado, siendo 1,2 para ambos factores.

A partir de los coeficientes obtenidos se puede concluir que el sistema de engranajes elegido verifica.

6.4.7.1.2 Verificación mediante software

Con los datos obtenidos se procede a verificar los parámetros mediante el software "Autodesk Inventor".

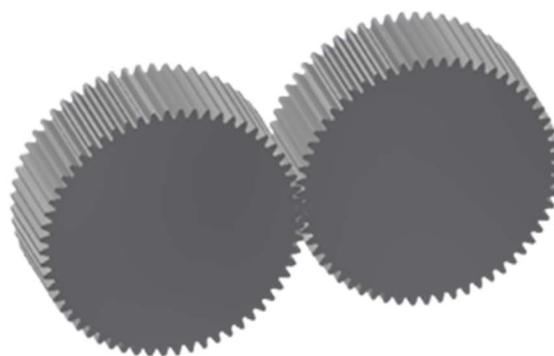
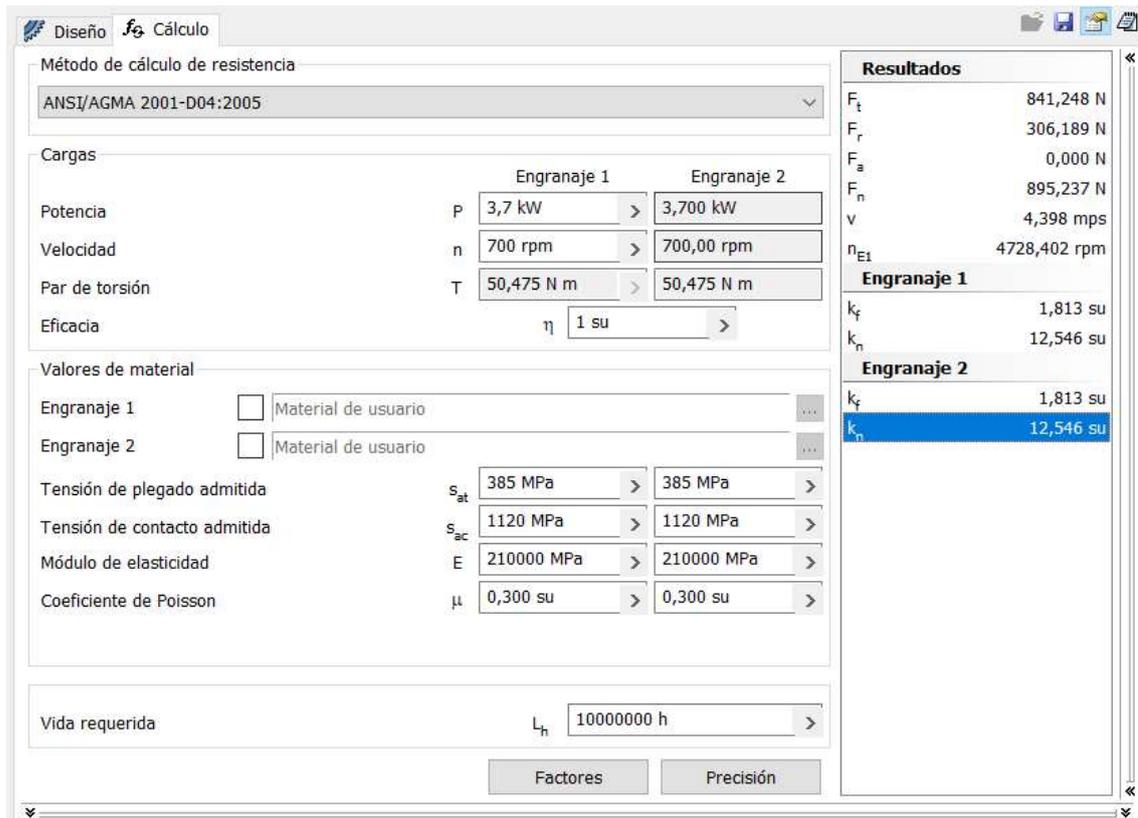


Figura 18: Engranajes rectos modelados en Autodesk Inventor



Método de cálculo de resistencia
ANSI/AGMA 2001-D04:2005

Cargas

	Engranaje 1	Engranaje 2
Potencia	P 3,7 kW	3,700 kW
Velocidad	n 700 rpm	700,00 rpm
Par de torsión	T 50,475 N m	50,475 N m
Eficiencia	η 1 su	

Valores de material

Engranaje 1 Material de usuario

Engranaje 2 Material de usuario

Tensión de plegado admitida	s_{at} 385 MPa	385 MPa
Tensión de contacto admitida	s_{ac} 1120 MPa	1120 MPa
Módulo de elasticidad	E 210000 MPa	210000 MPa
Coefficiente de Poisson	μ 0,300 su	0,300 su

Vida requerida L_h 10000000 h

Factores Precisión

Resultados

F_t	841,248 N
F_r	306,189 N
F_a	0,000 N
F_n	895,237 N
v	4,398 mps
η_{E1}	4728,402 rpm
Engranaje 1	
k_f	1,813 su
k_n	12,546 su
Engranaje 2	
k_f	1,813 su
k_n	12,546 su

Figura 19: Datos obtenidos del modelado de los engranajes rectos

Los factores K_f y K_n , representan los coeficientes de fricción y de picado, respectivamente. Ambos valores son iguales por ser una relación 1:1, el cual, sus características son exactamente iguales.

El sistema de engranajes diseñado **VERIFICA** al análisis por software.

6.4.7.2 Poleas y correas

6.4.7.2.1 Selección de las poleas y correas mediante manual Optibelt

A partir de los siguientes datos de entrada, se procedió a realizar los cálculos pertinentes a correas:

Datos de la máquina motriz - Motor monofásico de 220 v:

- Potencia de entrada, $P = 3,7$ kW (5 HP)
- Velocidad de entrada, $n_1 = 1450$ rpm
- Frecuencia 50 HZ

Condiciones de funcionamiento:

- Funcionamiento diario, $F_{diar} = 6$ horas
- Distancia entre ejes máxima, $a_{max} = 1000$ mm

- Distancia entre ejes mínima, $a_{min} = 200 \text{ mm}$
- Diámetro de la polea motriz max, $dd1_{max} = 150 \text{ mm}$

Máquina de Trabajo:

- Tipo de máquina: Trituradora de plástico PET
- Velocidad de salida, $n_2 = 500 \text{ rpm}$
- Tolerancia velocidad de salida, $tol \ n_2 = 30 \text{ rpm}$

Cálculo de Potencia de Diseño

Considerando los siguientes datos de entrada:

- $P = 3,7 \text{ kW}$
- Frecuencia diaria = 6 horas aproximadamente.

Se selecciona un factor de carga (c_2) que tiene en cuenta la duración diaria del funcionamiento y el tipo de máquina motriz y de máquina de trabajo. Es de aplicación exclusiva para transmisiones de 2 poleas.

$$c_2 = 1,1$$

Con dicho factor se determina la potencia de diseño:

$$P_b = P \times c_2$$

$$P_b = 3,7 \text{ kW} \times 1,1$$

$$P_b = 4,07 \text{ kW}$$

Selección del perfil de la correa y determinación de los diámetros:

Dado que $P_b = 4,07 \text{ Kw}$ y $n_1 = 1450 \text{ rpm}$, se selecciona un Perfil de correa A/13.

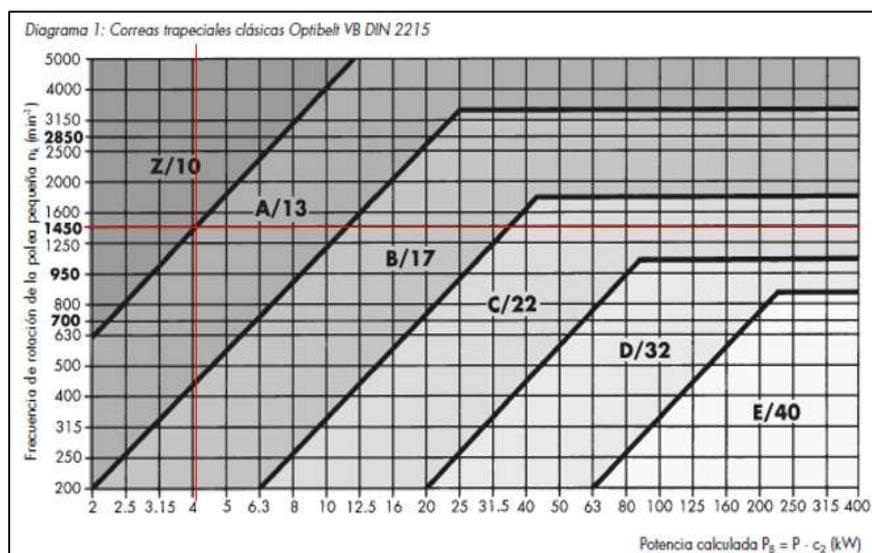


Figura 20: Gráfico para selección de perfil correas clásicas Optibelt – Fuente: Manual Optibelt



Se determina la relación de transmisión “i” con una velocidad de salida n2= 500 rpm:

$$i = n1/n2$$

$$i = 1450/500$$

$$i = 2,9$$

Luego se selecciona el diámetro de referencia de la polea motriz “dd1” para el Perfil A/13:

$$dd1 = 85 \text{ mm}$$

Con este dato se obtiene el diámetro de la polea accionada (calculado)

$$dd2(cal) = i \times dd1$$

$$dd2(cal) = 2,90 \times 85 \text{ mm}$$

$$dd2(cal) = 247 \text{ mm}$$

Con el diámetro calculado, se vuelve a ingresar a la tabla N°10 del manual Optibelt para Poleas acanaladas trapeciales y se selecciona el diámetro de referencia real de la accionada:

Tabla 10

Correas trapeciales Perfil	Denominación ISO	Denominación ISO												Datum diámetro d _d		Tolerancia de concentricidad y planitud		
		5	6	8	10	13	17	20	22	25	32	40	min.	máx.				
Correas trapeciales estándar Perfil	DIN 7753 parte 1 e ISO 4184				SPZ	SPA	SPB		SPC									
Diámetro de referencia d _d	20,0																20,0	20,4
	22,0																22,0	22,4
	25,0																25,0	25,4
	28,0	28,0															28,0	28,4
	31,5	31,5															31,5	32,0
	35,5	35,5															35,5	36,1
	40,0	40,0	40	40													40,0	40,6
	45,0	45,0	45	45													45,0	45,7
	50,0	50,0	50	50													50,0	50,8
	56,0	56,0	56	56													56,0	56,9
	63,0	63,0	63	63													63,0	64,0
					40	40											40,0	40,6
																	45,0	45,7
																	50,0	50,8
																	56,0	56,9
																	63,0	64,0
																	67,0	68,0
																	71,0	72,1
																	75,0	76,1
																	80,0	81,3
																	85,0	86,3
																	90,0	91,4
																	95,0	96,4
																	100,0	101,6
																106,0	107,6	
																112,0	113,8	
																118,0	119,9	
																125,0	127,0	
																132,0	134,1	
																140,0	142,2	
																150,0	152,4	
																160,0	162,6	
																170,0	172,7	
																180,0	182,9	
																190,0	193,0	
																200,0	203,2	
																212,0	215,4	
																224,0	227,6	
																225,0	228,6	
																236,0	239,8	
																250,0	254,0	
																265,0	269,0	
																280,0	284,5	
																300,0	304,8	
																315,0	320,0	
																335,0	340,0	
																355,0	360,7	
																375,0	380,7	
																400,0	405,4	
																425,0	431,4	
																450,0	457,2	
																475,0	482,2	
																500,0	508,0	
																560,0	569,0	
																630,0	640,1	
																710,0	721,4	
																800,0	812,8	
																900,0	914,4	
																1000,0	1016,0	
																1120,0	1137,9	
																1250,0	1270,0	
																1400,0	1424,4	
																1600,0	1625,6	
																1800,0	1828,8	
																2000,0	2032,0	
Desviación admisible del diámetro de referencia entre los canales [mm]		0,3			0,4			0,6			-							

Figura 21: Propiedades correas trapeciales clásicas - Fuente: Manual Optibelt

$$dd2 = 250 \text{ mm}$$

Comprobación de la frecuencia de rotación de la máquina de trabajo

Se determina la relación de transmisión real (ivorh) a partir de los diámetros seleccionados:

$$\begin{aligned} \text{ivorh} &= dd2/dd1 \\ \text{ivorh} &= 250 / 85 \\ \text{ivorh} &= 2,9 \end{aligned}$$

Con dicha relación podemos calcular la velocidad de salida (n_2 vorh):

$$\begin{aligned} n_2 \text{ vorh} &= n_1/\text{ivorh} \\ n_2 \text{ vorh} &= 1450/2,9 \\ n_2 \text{ vorh} &= 493 \text{ rpm} \end{aligned}$$

Este valor, se encuentra dentro de los límites de tolerancia (500 ± 30 rpm) y, por lo tanto: **Verifica**

Comprobación de la distancia entre ejes y longitud de la correa

Primeramente, se calcula la distancia entre centros mínima y máxima recomendada. La distancia entre centros es función de la longitud de la correa y los diámetros de las poleas, una vez que adoptamos una longitud de correa estándar, el valor de distancia entre centros calculada es la exacta.

$$\begin{aligned} a_{\text{min rec}} &= 0,7 \times (dd1 + dd2) \\ a_{\text{min rec}} &= 270 \text{ mm} \\ a_{\text{max rec}} &= 2 \times (dd1 + dd2) \\ a_{\text{max rec}} &= 670 \text{ mm} \end{aligned}$$

Se adopta un valor entre los recomendados como distancia entre centros (selección provisional):

$$a_{\text{prov}} = 450 \text{ mm}$$

Posteriormente se calcula la longitud de la correa trapecial (L_{dth})

$$\begin{aligned} L &= 2 \times a_{\text{prov}} + 1,57 \times (dd1 + dd2) + \frac{(dd1 - dd2)^2}{4 \times a_{\text{prov}}} \\ L &= 2 \times 450 + 1,57 \times (85 + 250) + \frac{(85 - 250)^2}{4 \times 450} \end{aligned}$$

$$L_{\text{dth}} = 1441,1 \text{ mm}$$

De la tabla de correas trapeciales clásicas para la sección de correa seleccionada, adoptamos un valor normalizado "Ld" cercano a "Ldth".

$$Ldst(Ld) = 1480 \text{ mm}$$

De esta forma, podemos obtener la distancia entre centros exacta aplicando la siguiente fórmula:

$$anom = \frac{Ldst - \frac{\pi}{2}(dd1+dd2)}{4} + \sqrt{\left[\frac{Ldst - \frac{\pi}{2}(dd1+dd2)}{4}\right]^2 - \frac{(dd2+dd1)^2}{8}}$$

$$anom = 469,6 \text{ mm}$$

A partir del valor de Ldst y teniendo en cuenta el perfil A/13, se obtiene el recorrido mínimo de ajuste x/y de la distancia entre ejes exacta. En la siguiente imagen, se detallan los recorridos de ajustes x e y de la polea motriz.

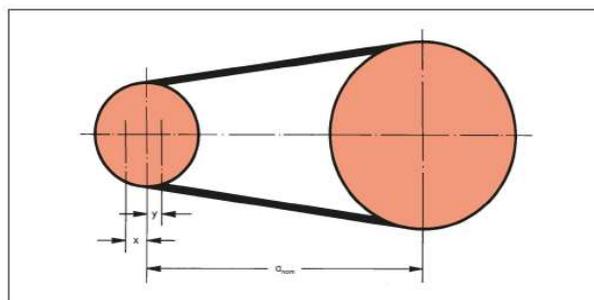


Figura 22: Recorridos de ajuste entre poleas

Desarrollo de referencia (mm)	Recorrido mínimo de ajuste x (mm) – para tensado y relensado	Recorrido mínimo de ajuste y (mm) – para montar sin forzar										
		5	Y/6	8	Z/10, ZI/X10	A/13, AX/X13	B/17, BX/X17	20	C/22, CX/X22	25	D/32	E/40
≤ 200	5	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 200 ≤ 250	5	10	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
> 250 ≤ 315	5	10	10	10	10	–	–	–	–	–	–	–
> 315 ≤ 670	10	–	–	10	10	10	10	–	–	–	–	–
> 670 ≤ 1000	15	–	–	10	15	15	15	–	–	–	–	–
> 1000 ≤ 1250	20	–	–	15	15	15	15	20	20	–	–	–
> 1250 ≤ 1800	25	–	–	15	20	20	20	20	25	25	–	–
> 1800 ≤ 2240	25	–	–	20	20	20	20	25	25	30	35	–
> 2240 ≤ 3000	35	–	–	–	20	20	20	25	30	30	35	40
> 3000 ≤ 4000	45	–	–	–	20	20	20	25	30	30	35	40
> 4000 ≤ 5000	55	–	–	–	20	20	20	30	30	30	35	40
> 5000 ≤ 6300	70	–	–	–	–	20	25	35	35	35	40	45
> 6300 ≤ 8000	85	–	–	–	–	20	25	40	40	40	45	50
> 8000 ≤ 10000	110	–	–	–	–	25	25	40	45	45	45	50
> 10000 ≤ 12500	135	–	–	–	–	–	30	40	45	45	50	55
> 12500 ≤ 15000	150	–	–	–	–	–	40	50	55	55	60	65
> 15000 ≤ 18000	190	–	–	–	–	–	40	50	55	55	60	65

Tabla 36: Recorridos de ajuste en función del desarrollo de referencia – Fuente: Manual Optibelt

Los valores adoptados según la tabla 24 son:

$$X = 25 \text{ mm}$$

$$Y = 20 \text{ mm}$$

Posteriormente se realiza la verificación de la velocidad y la frecuencia de flexiones de la correa

- Velocidad de correa, $v = \frac{dd1 \times n2}{19100}$, $v = 6,5 \text{ m/s} \leq 30 \text{ m/s}$ según norma DIN 2215 para correas en trapeciales clásicas, por lo tanto, **VERIFICA**
- Frecuencia de flexión de la correa, $fb = \frac{2 \times 1000 \times v}{Ldst}$, $fb = 8,7 \text{ 1/s} \leq 80 \text{ 1/s}$ según norma DIN 2215 para correas en trapeciales clásicas, por lo tanto, **VERIFICA**

Potencia nominal por correa trapecial

Las potencias nominales Optibelt PN se basan en una fórmula reconocida internacionalmente y una vida útil teórica de la correa de 25 000 horas bajo condiciones ideales. Esta fórmula contiene constantes del material, a aplicar de acuerdo con los procedimientos estándar del fabricante.

Las especiales características de calidad de las correas trapeciales Optibelt hacen posible utilizar otras constantes para el material a las indicadas en las normas DIN. Por ello, las potencias nominales Optibelt PN exceden considerablemente los estándares para correas trapeciales clásicas en DIN 2218, para la misma vida útil teórica.

Según el perfil (A/13), dd1 y n1, se busca en tabla la Potencia nominal por correa preliminar:

$$Pni = 1,7 \text{ kW}$$

Según el perfil (A/13), dd1 y n1 e "i" se busca en tabla la Potencia adicional por correa multiplicación (relación de transmisión):

$$PNadic = 0,3 \text{ kW}$$

Sumando ambos valores obtenemos la Potencia nominal por correa:

$$PN = Pni + PNadic$$

$$PN = 2,0 \text{ kW}$$

Factor de ángulo y arco de contacto "C1"

Para determinar estos factores primeramente se calcula:

$$(dd2-dd1)/a_{nom} = 0,35$$

Con este valor podemos ingresar a la tabla y obtener un ángulo "β" aproximado y el factor de contacto "c1":

Tabla 17

$\frac{d_{d2} - d_{d1}}{a_{nom}}$	β °	c1
0	180°	1,00
0,05	177°	1,00
0,10	174°	1,00
0,15	171°	1,00
0,20	168°	0,99
0,25	165°	0,99
0,30	162°	0,99
0,35	160°	0,99
0,40	156°	0,99
0,45	153°	0,98

Tabla 37: Potencia Nominal y Factor de Ángulo - Fuente: Manual Optibelt

$$c1=0,99$$

c1 corrige la potencia nominal PN, cuando el ángulo de contacto es inferior a 180 grados, ya que el mismo fue calculado teniendo en cuenta un ángulo de contacto con dicho valor en la polea pequeña ddk:

$$\beta \text{ aproximado} = 160^\circ$$

Haciendo la conversión en radianes

$$\text{rad} = (\beta / 360) \times 2\pi = \mathbf{2,8 \text{ rad}}$$

Factor de desarrollo

Teniendo en cuenta el perfil A/13 y Ldst=1480 se busca en tabla el factor "c3". El mismo tiene en cuenta la frecuencia de flexión de la correa trapecial utilizada



Tabla 21

Perfil 5*		Perfil Y/6*		Perfil 8		Perfil Z/10, ZX/X10		Perfil A/13, AX/X13		Perfil B/17, BX/X17		Perfil 20	
Desarrollo de referencia (mm)	c ₃												
172	0,87	280	0,97	299*	0,86	422*	0,86	660	0,80	900	0,81	948	0,75
202	0,91	295	0,99	334*	0,88	447*	0,87	740	0,82	990	0,83	998	0,76
248	0,95	315	1,00	374*	0,91	472*	0,88	780	0,83	1040	0,84	1048	0,77
277	0,97	330	1,01	419*	0,93	497*	0,89	830	0,85	1100	0,85	1108	0,79
292	0,99	350	1,02	444*	0,94	522*	0,90	880	0,86	1140	0,85	1228	0,80
312	1,00	370	1,04	469*	0,95	552*	0,92	930	0,87	1220	0,87	1298	0,81
327	1,01	390	1,05	494*	0,97	582*	0,93	980	0,88	1290	0,88	1368	0,82
334	1,01	415	1,06	549*	0,99	622	0,94	1030	0,89	1360	0,89	1448	0,83
347	1,02	440	1,07	579*	1,00	652	0,95	1090	0,90	1440	0,90	1548	0,85
364	1,03	465	1,09	594*	1,01	692	0,96	1150	0,91	1540	0,92	1648	0,86
387	1,05	490	1,10	619*	1,01	732	0,98	1210	0,92	1640	0,93	1848	0,88
418	1,06	515	1,11	649*	1,02	822	1,00	1280	0,94	1740	0,94	2048	0,91
437	1,07	555	1,13	689*	1,04	847	1,01	1350	0,95	1840	0,95	2168	0,92
487	1,10	615	1,15	729*	1,05	887	1,02	1430	0,96	1940	0,97	2298	0,93
512	1,11	725	1,19	769*	1,06	922	1,02	1530	0,97	2040	0,98	2408	0,94
524	1,11	765	1,20	819*	1,08	947	1,03	1630	0,99	2160	0,99	2548	0,95
542	1,12	865	1,23	869	1,09	997	1,04	1730	1,00	2280	1,00	2698	0,96
566	1,13			894	1,10	1022	1,05	1830	1,01	2400	1,01	2848	0,98
612	1,15			919	1,10	1082	1,06	1930	1,02	2590	1,03	3048	0,99
				969	1,11	1142	1,07	2030	1,03	2690	1,04	3198	1,00
				1019	1,13	1172	1,08	2150	1,05	2840	1,05	3398	1,01
				1139	1,15	1202	1,08	2270	1,06	3040	1,06	3598	1,03
				1269	1,18	1272	1,10	2390	1,07	3190	1,07	3798	1,04
				1339	1,19	1342	1,11	2530	1,08	3390	1,09	4048	1,05
				1419	1,20	1422	1,12	2680	1,10	3590	1,10	4298	1,06
				1519	1,22	1522	1,14	2830	1,11	3790	1,11	4548	1,08
						1622	1,15	3030	1,12	4040	1,13	4798	1,09
								3180	1,14	4290	1,14	5048	1,10
								3380	1,15	4540	1,15	5348	1,11
								3780	1,17	4790	1,17	5648	1,13
								4030	1,19	5040	1,18	6048	1,14
								4530	1,22	5340	1,19	6348	1,15
								5030	1,24	5640	1,20	7148	1,18
										6040	1,22	8048	1,21
										6340	1,23		

Tabla 38: Factor de desarrollo c₃ para correas trapeciales – Fuente: Manual Optibelt

$$c_3 = 0,97$$

c₃ tiene en cuenta la frecuencia de flexión de la correa trapecial utilizada, referida al desarrollo de referencia dependiente del perfil.

Número de correas trapeciales

Se calcula el número de correas trapeciales, a partir de la fórmula que se desarrolla a continuación

$$z_{cal} = \frac{P \times c_2}{P_n \times c_1 \times c_3}$$

$$z_{cal} = 2,1$$

Adoptamos un valor entero mayor a “z_{cal}”

$$z = 3$$

Fuerza estática mínima por ramal de correa

Primeramente, se obtiene una constante k de acuerdo con el perfil seleccionado (A/13):

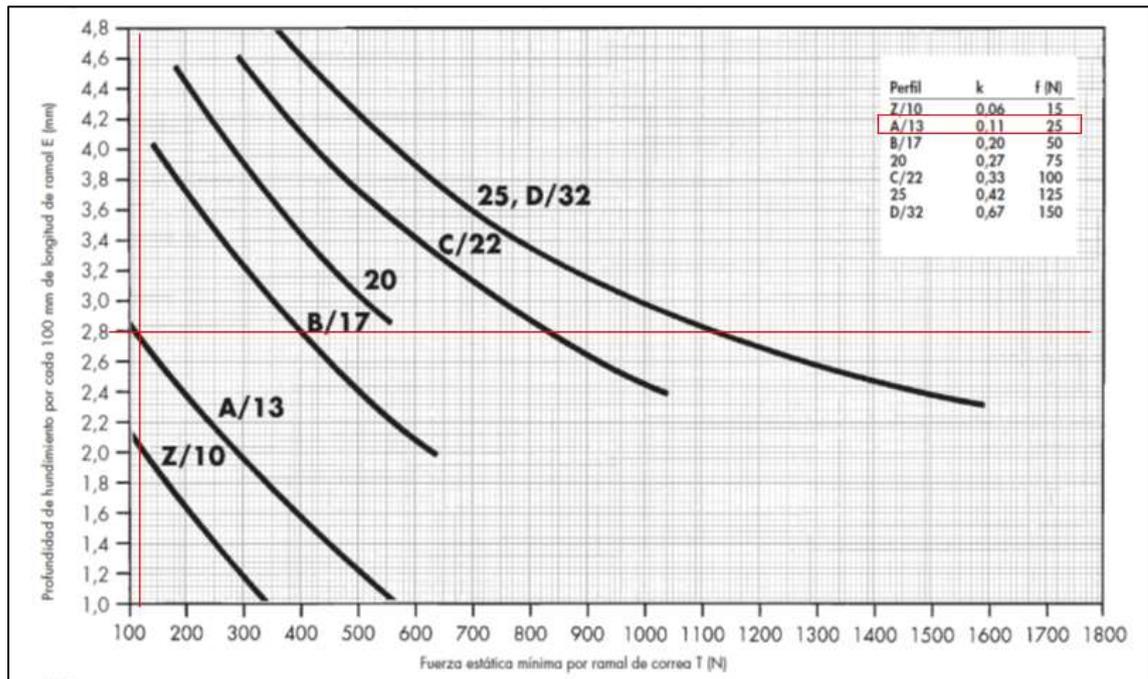


Figura 23: Curvas características de tensión para correas trapeciales clásicas – Fuente: Manual Optibelt

$$k = 0,11$$

Se procede a calcular la fuerza estática mínima por ramal de correa

$$T = \frac{500 \times (2,02 - c1) \times P b}{c1 \times z \times v} + k \times v^2$$

$$T = 114 \text{ N}$$

Para el primer tensado se multiplica por el factor 1,3

$$T(\text{1er tens}) = 1,3 \times T$$

$$T = 148 \text{ N}$$

Fuerza axial estática mínima

Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$S_a = 2 \times T \times \sin \frac{\beta}{2}$$

$$S_a = 673 \text{ N}$$

Al igual que en cálculo de la fuerza estática mínima, para el primer montaje se aplica un factor de 1,3

$$Sa(1er\ mont) = 1,3 \times Sa$$

$$Sa(1er\ mont) = 875\ N$$

Profundidad de hundimiento del ramal

Teniendo en cuenta el perfil (A/13) y la fuerza estática mínima se obtiene del diagrama N°9 la profundidad de hundimiento por cada 100 mm de longitud de ramal "E"

$$E = 2,8$$

De este mismo diagrama se obtiene la fuerza de comprobación

$$f = 25\ N$$

Se procede a calcular la longitud del tramo tenso. Para lograr una perfecta transmisión de la potencia y alcanzar la habitual duración de la vida útil de la correa, es de suma importancia el correcto pretensado de la correa. Un pretensado demasiado reducido o elevado, conduce con frecuencia al fallo prematuro de las correas.

$$L = a \cdot n \cdot m \times \operatorname{sen} \frac{\beta}{2}$$

$$L = 463\ mm$$

Con esta longitud se procede a calcular la profundidad del hundimiento del ramal

$$Ea = \frac{E \times L}{100}$$

$$Ea = 41\ mm$$

Resumiendo

La transmisión se debe componer:

- ✓ 3 (tres) correas trapeciales clásicas Optibelt VB DIN2215 Ldst (Li) = 1480 mm.
- ✓ Polea acanalada Optibelt 2217 para correas trapeciales clásicas 85-3.
- ✓ Polea acanalada Optibelt 2217 para correas trapeciales clásicas 250-3.

6.4.7.2.2 Verificación mediante software

Con los datos obtenidos se procede a verificar los parámetros mediante el software "Autodesk Inventor".



Figura 24: Sistema de reducción por poleas modelado en Autodesk Inventor

A continuación, se verifica las dimensiones de la correa trapezoidal y poleas correspondientes, tanto motriz como accionada.

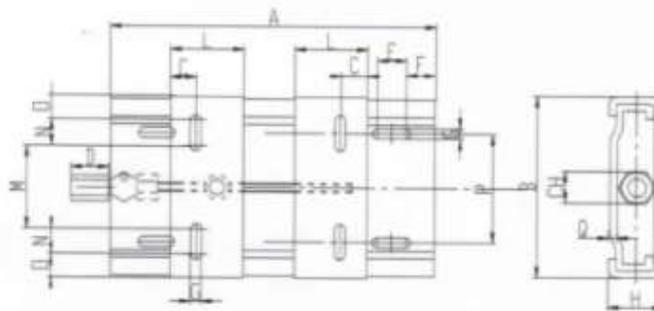
Correa trapezoidal		Correa trapezoidal	
b	13,000 mm	P_{AB}	0,726 kW
h	8,000 mm	D_{vmin}	71,000 mm
L_d	1530,000 mm	v_{max}	30,000 mps
L_e	1550,265 mm	F_{max}	60,000 Hz
L_i	1500,000 mm	m	0,105 kg/m
D_{vmin}	71,000 mm	Polea 1	
Polea 1		P_c	1,000 su
D_d	85,000 mm	P	3,700 kW
B	50,000 mm	T	24,367 N m
β	160,81 gr	n	1450,000 rpm
x	-100,000 mm	D_p	85,000 mm
y	0,000 mm	β_p	160,81 gr
Polea 2		F_{T1}	783,836 N
D_d	250,000 mm	F_{T2}	210,491 N
B	50,000 mm	F_T	985,065 N
i_T	2,941 su	F_v	980,419 N
β	199,19 gr	L_f	488,077 mm
x	394,733 mm	Polea 2	
y	16,271 mm	P_c	1,000 su
C	495,001 mm	P	3,556 kW
		T	70,235 N m
		n	483,505 rpm
		i	2,999 su
		D_p	250,000 mm
		β	199,19 gr
		F_{T1}	210,491 N
		F_{T2}	783,836 N
		F_T	985,065 N
		F_v	980,419 N
		L_f	488,077 mm

Figura 25: Resultados obtenidos del modelado del sistema de reducción por poleas

6.4.7.2.3 Elemento de pretensado de correas

Para cumplir con la tensión de pretensado de las correas, se utiliza una corredera SMA Common Motor Base de acuerdo con las medidas del motor previamente seleccionado. Características: Hierro galvanizado con placas de deslizamiento y agujeros para fijación del motor.

Una vez montada la corredera, se ajusta el motor con tornillos M10 a las placas, los cuales, desplazarán el motor eléctricamente a las correas cuando se ajuste el tornillo principal de las placas móviles. El desplazamiento máximo del motor coincidirá con la tensión correcta de las correas. Además, el desmontaje se realizará de la misma manera, pero desajustando las placas móviles hasta quedar las correas sueltas sin tensión.



TIPO	A	B	C	CH	D	E	F	G	H	L	M	N	O	P	Q	Kg
SMA210B	210	150	20	19	30	25	25	10	27	65	50	25	25	80	2.5	1.8
SMA 210	210	195	20	19	25	50	25	10.5	33	70	43	50	26	98	3	2.6
SMA 270	270	195	20	19	25	50	25	10.5	33	70	43	50	26	98	3	3.0
SMA 307	307	213	20	19	25	50	25	10.5	33	70	65	50	24	108	3	3.2
SMA 340	340	290	27	22	30	62	30	12.5	40	95	90	62	38	165	4	6.3
SMA 380	380	240	27	19	25	43	30	12	33	95	96	43	29	160	3	4.5
SMA 430	430	290	27	22	30	62	30	12.5	40	95	90	62	38	165	4	7.5
SMA 450	450	350	40	22	30	55	30	15	40	125	174	55	33	225	4	9.7
SMA 490	490	410	40	22	30	60	30	15	40	95	193	60	48.5	284	4	10.8

Figura 26: Selección de corredera de motor. Fuente: SMA Common



Figura 27: Corredera de motor. Fuente: SMA Common

6.4.8 Subsistema 3: Trituradora

Para el cálculo y diseño de los componentes del sistema de trituración no existen normas que establezcan procedimientos o buenas prácticas. Por lo tanto, para realizar los mismos se tendrá en cuenta los diseños existentes en el mercado de trituradoras, los cuales se abarcaron en la factibilidad tecnológica.

Los equipos más comunes son los de rodillo. En los mismos la trituración se basa en la ubicación del material entre dos cilindros rotarios, que por la presión que éstos ejercen sobre el mismo, lo trituran. El tamaño final depende de la distancia entre ambos cilindros, la velocidad de giro y la cantidad de rodillos. En esta zona, se procede a cortar el plástico en pequeñas escamas para lograr el objetivo de reducir su volumen y así poder aproximarse al valor de densidad que le corresponda.

Generalmente, uno de los rodillos de la máquina trituradora es fijo y el otro es móvil. El rodillo móvil, que se mueve de manera horizontal, está dotado de resortes, lo que le otorga cierto grado de libertad para moverse en caso de que entre algún material duro que pueda dañar los cilindros.

Existen dos formas de accionar los rodillos, la primera consiste en instalar motores independientes en cada rodillo y la segunda, consiste en colocar un par de engranajes que permitan el giro del rodillo móvil.

El primer dispositivo suele ser utilizado cuando se requieren de fuerzas de corte muy elevadas. Tiene la desventaja de ser más complejo, ya que requiere de dos motores independientes, y, por lo tanto, más costoso.

Por el otro lado, al accionar los ejes con un solo motor se genera una menor fuerza de corte que en caso anterior, sin embargo, el costo es considerablemente menor.

Dada que la fuerza de corte requerida para triturar PET es relativamente baja, el proyecto constará de una trituradora de rodillo accionada mediante un solo motor, con un sistema de engranajes.

6.4.8.1 Parámetros óptimos de uso

De esta forma, y dado lo visto en el mercado, se diseñará el subsistema de triturado teniendo en cuenta los siguientes parámetros de uso:

- ❖ La trituradora debe tener capacidad para triturar una botella PET de hasta 2,25L.
- ❖ La velocidad de giro en trituradoras de cuchillas utilizada comúnmente en la industria es de 700RPM.

- ❖ Dadas las dimensiones pretendidas de la máquina y las requeridas para triturar una botella, se determina que las medidas optimas de la trituradora son las siguientes:

- Largo: 268 mm
- Ancho: 338 mm
- Alto: 302 mm
- Espesor de chapa: 6 mm

6.4.8.2 Selección de componentes

Para la selección de componentes de la trituradora incluirá ciertos elementos que componen todo el subsistema de trituración.

- Cuchillas cortantes de tres dientes.
- Espaciadores.
- Peines espaciadores.
- Ejes estriados (poligonal).
- Rodamientos.
- Bastidor de Trituradora.
- Soldaduras.
- Uniones Roscadas.

6.4.8.2.1 Cuchillas cortantes de tres dientes

En la industria se utilizan cuchillas de 2, 3 o 4 dientes. Estos dientes también suelen ser denominados frentes de corte ya que son los encargados de transferir la fuerza del eje al material.

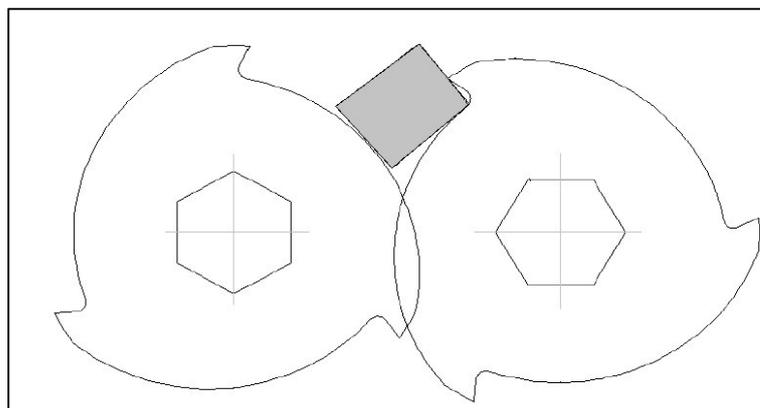


Figura 28: Cuchillas cortantes de tres dientes

Para este proyecto se optó por la utilización de cuchillas con 3 dientes. Las mismas se ubicarán a una distancia de 120° entre sí, lo que permitirá un buen ingreso de aire frío ayudando a reducir la temperatura de funcionamiento durante el triturado.

Es de suma importancia el control de esta temperatura de funcionamiento ya que al trabajar con plástico PET se corre el riesgo de alcanzar la temperatura de degradación del material, imposibilitando su posterior reciclaje.

Por otro lado, y de acuerdo con lo visto en la industria, esta configuración de 3 dientes y 2 ejes rotarios es de las más utilizadas ya que permiten un buen agarre del material a un bajo costo.

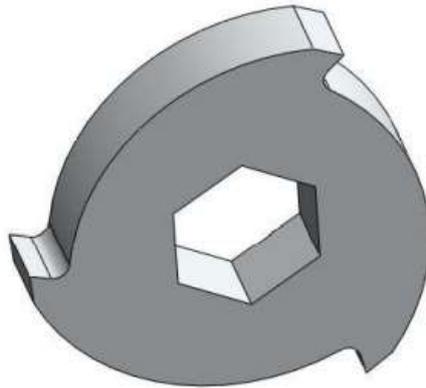


Figura 29: Cuchilla de tres dientes modelada

El material elegido de construcción es un acero AISI D2. Este es un acero especial de alta aleación de cromo y molibdeno, de máxima resistencia a la deformación y buena resistencia al desgaste bajo mayores exigencias de tenacidad y resistencia a la compresión.

Este material suele ser utilizado en herramientas de corte, matrices para sierras circulares, cuchillas de cizallas para chapas finas, entre otros.

Luego de un temple al aire o al aceite y un posterior revenido, se puede obtener una dureza aproximada de 63 HRC. A su vez, este material puede ser nitruado lo que aumenta su dureza, sin embargo, puede producir una deformación de la capa blanda y una excesiva fragilización.

Su diámetro será dado por las dimensiones de la caja trituradora donde en principio tomaremos un valor de diámetro de cuchilla de 160 mm y un valor de ancho de 10 mm.

Teniendo en cuenta las cuchillas como un disco de diámetro 160 mm y de espesor 10 mm se procede a calcular el peso de cada una. Si bien el peso va a ser menor, por las muescas que poseen, haremos esta salvedad con el objetivo de ser conservativos con el cálculo de la resistencia a la flexión del eje.

$$P_{cuchilla} = \left(\frac{\pi \cdot D e^2}{4} \right) \cdot e \cdot \gamma_{acero}$$

$$\left(\frac{\pi \cdot (160 \text{ mm})^2}{4}\right) \cdot 10 \text{ mm} \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^3} = 1,578 \text{ kg} \rightarrow 12,76 \text{ N}$$

Donde:

- ❖ De: Diámetro exterior de la cuchilla [mm]
- ❖ e: Espesor del separador [mm]
- ❖ h: Distancia entre caras del hexágono [mm]
- ❖ γ : peso específico del acero [kg/mm^3]

6.4.8.2.2 Espaciadores

Los espaciadores son los encargados de separar las cuchillas, los mismos permiten reducir la fricción entre ellas y así disminuir la probabilidad de que los plásticos triturados se degraden.

Con respecto a las dimensiones, el espesor debe ser igual al de las cuchillas por lo que será de 10 mm. Por otro lado, el diámetro de los mismos en la industria suele ser aproximadamente 1/2 del diámetro de las cuchillas, por lo tanto, el mismo será de 70 mm.

Su peso final conservativo a efectos del cálculo del eje será:

$$P_{\text{espaciador}} = \left(\frac{\pi \cdot D e^2}{4}\right) \cdot e \cdot \gamma_{\text{acero}}$$

$$\left(\frac{\pi \cdot (80 \text{ mm})^2}{4}\right) \cdot 10 \text{ mm} \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^3} = 0,394 \text{ kg} \rightarrow 2,14 \text{ N}$$

Donde:

- ❖ D2: Diámetro exterior del separador [mm]
- ❖ e: Espesor del separador [mm]

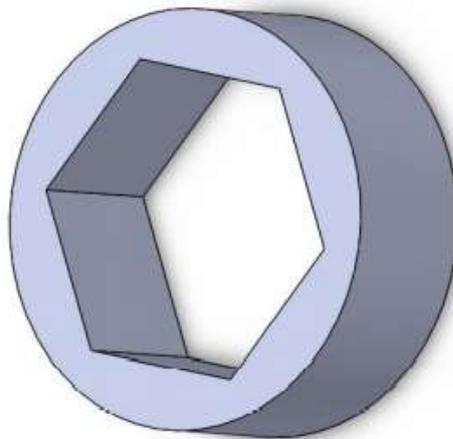


Figura 30: Espaciador modelado

El material de construcción de los espaciadores será el mismo que el de las cuchillas: AISI D2.

6.4.8.2.3 Peines

Los peines son elementos fijos ubicados sobre la caja de trituración e intercalados entre las cuchillas, estas piezas son las encargadas de limpiar las cuchillas y evitar que el plástico recircule o caiga por el espacio que se genera entre las cuchillas y las paredes.

Además, como función secundaria tienen el objetivo, al igual que los separadores, de mantener una separación entre las cuchillas.

Sus dimensiones están dadas por las dimensiones de los elementos previamente mencionados.

Los mismos serán de Grilon, con el objetivo de reducir el peso en la zona de la caja de trituración. Dadas sus funciones estas no estarán solicitadas a esfuerzo mecánico.

La geometría de la pieza fue determinada en base a los modelos del mercado. El peine está conformado por dos partes principales unidos entre sí por dos tornillos Allen y sus correspondientes tuercas.

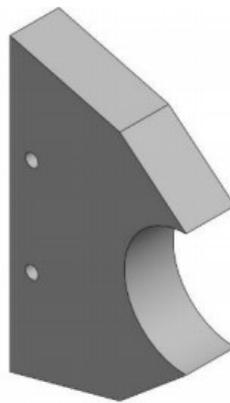


Figura 31: Peine 1 modelado

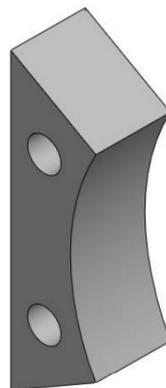


Figura 32: Peine 2 modelado

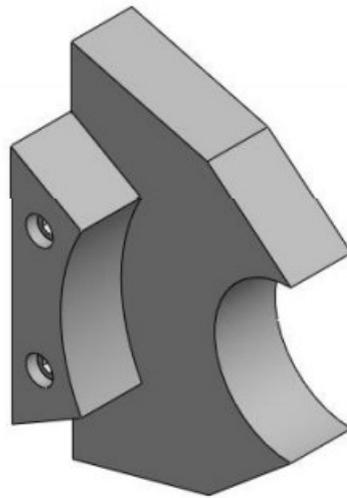


Figura 33: Peine ensamblado modelado

6.4.8.2.4 Ejes poligonales estriados

A continuación, se realiza el cálculo para el dimensionamiento del eje de transmisión de potencia, denominado eje conductor, y el eje conducido. Ambos contarán con una sección transversal hexagonal con el fin de poder transmitir la potencia requerida a las cuchillas disminuyendo las concentraciones de tensiones lo mayor posible.

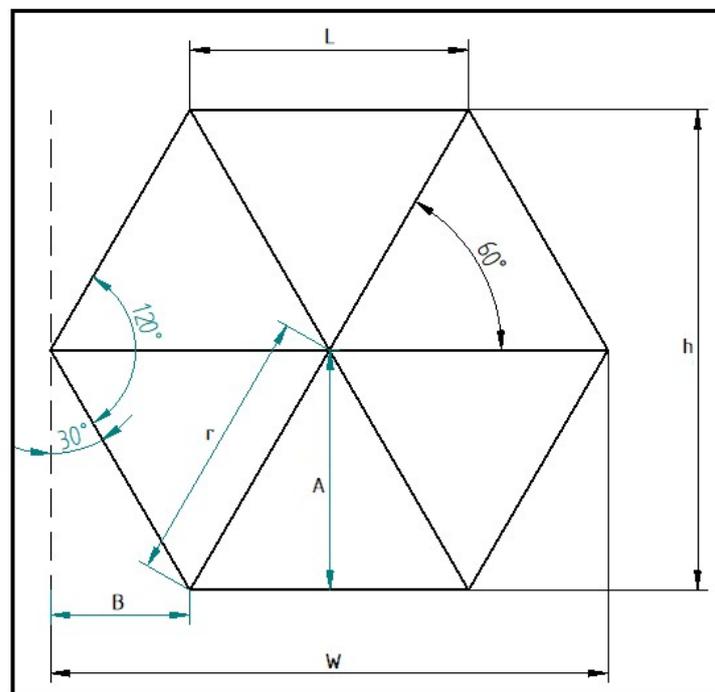


Figura 34: Geometría de la sección del eje utilizada

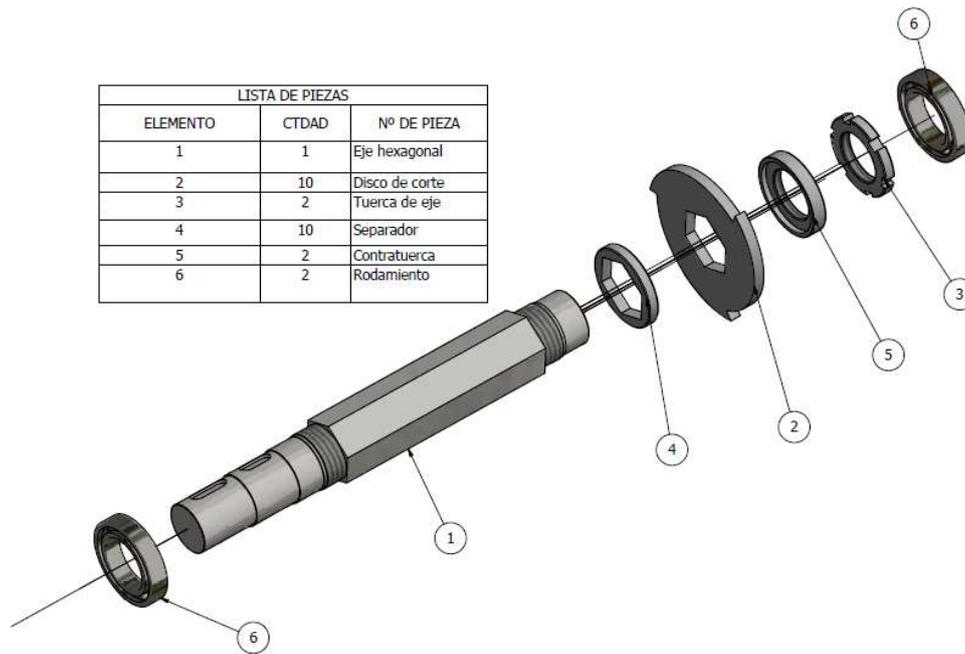


Figura 35: Explosionado de configuración de ejes

Cálculo de Rotor principal

Distribución de fuerzas

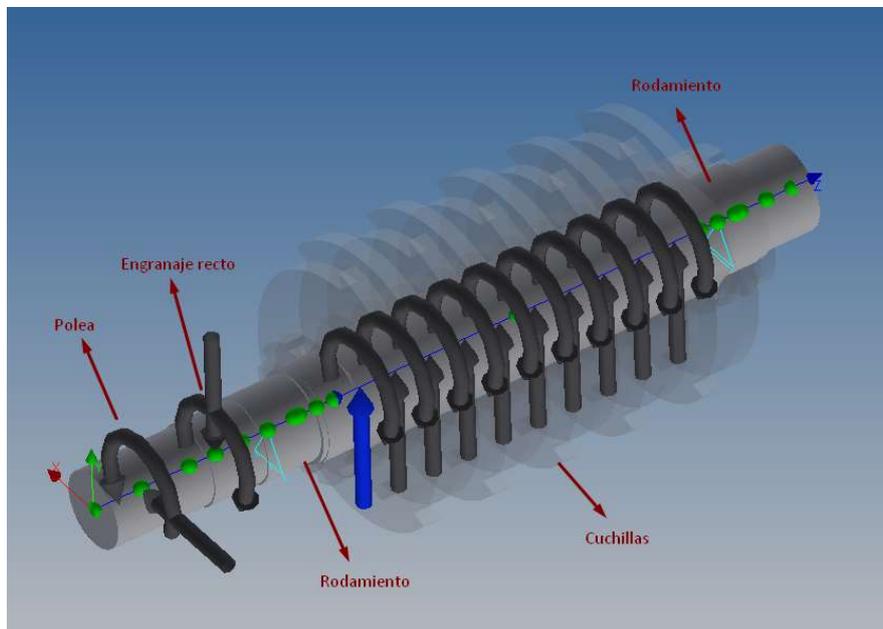


Figura 36: Distribución de fuerzas

Polea

- Par torsor: 64 Nm
- Fuerza radial: 518 N
- Fuerza de pretensado: 875 N

Engranaje

- Par torsor: 32 Nm
- Fuerza radial: 533 N

Cuchilla (cada una)

- Par torsor: 3,2 Nm
- Fuerza radial: 40 N

Selección del material del árbol

Seleccionaremos un acero SAE 1045 templado en aceite (815°C) y revenido (430°C) con las siguientes propiedades:

- $\sigma_R = 8100 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma_F = 5600 \text{ kg/cm}^2$

Tensión admisible $\sigma_{adm} = 3733 \text{ kg/cm}^2$ (tomando un $N_s=1,5$):

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

Realizaremos el cálculo del diámetro por rigidez a la torsión, en la sección más comprometida (polea-engranaje: 64Nm)

$$\theta_{adm} (\text{°/m}) = 0,25^\circ/\text{m} \times (2\pi/360^\circ) = 0,00436 \text{ rad/m}$$

Diámetro mínimo necesario por rigidez:

$$\theta = \frac{Mt}{G * J_p} < \theta_{ad} = \frac{Mt}{G \frac{\pi d^4}{32}} = \frac{32 Mt}{G \pi * d^4}$$

Para una Potencia de 5HP (3,73 Kw) y velocidad angular de entrada $\omega=700\text{rpm}$

$$Mt = 64 \text{ Nm}$$

$$d1 = \sqrt[4]{\frac{32 Mt}{\theta_{ad} * \pi * G}} \rightarrow d1 = \sqrt[4]{\frac{32 * 64 \text{ Nm}}{0,00436 \frac{\text{rad}}{\text{m}} * \pi * 80 * 10^9 \text{ N/m}^2}}$$

$$\rightarrow [d1 = 0,03697 \text{ m} = 36,97 \text{ mm}]$$

Dimensionamiento por Resistencia

Gráficos y diámetro recomendado mediante software Autodesk Inventor 2019

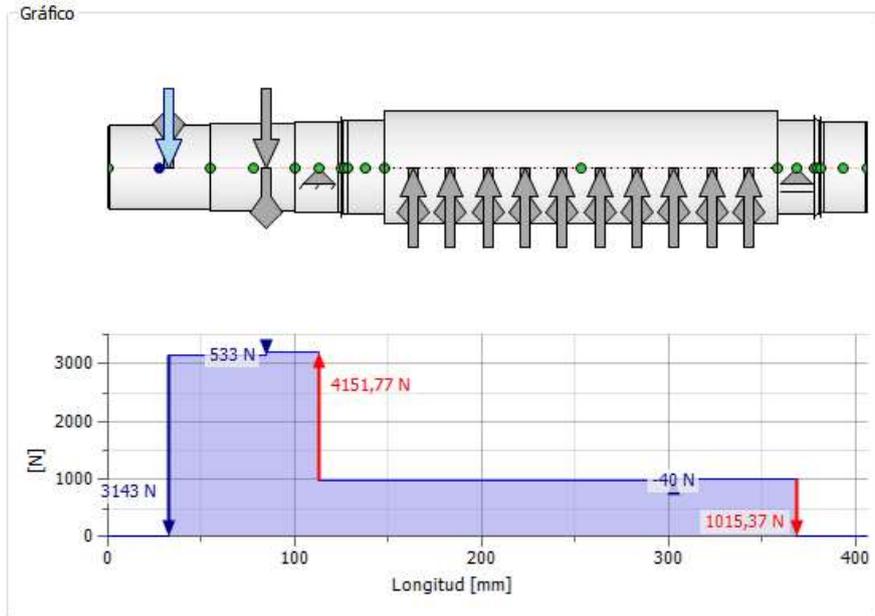


Figura 37: Diagrama de corte total

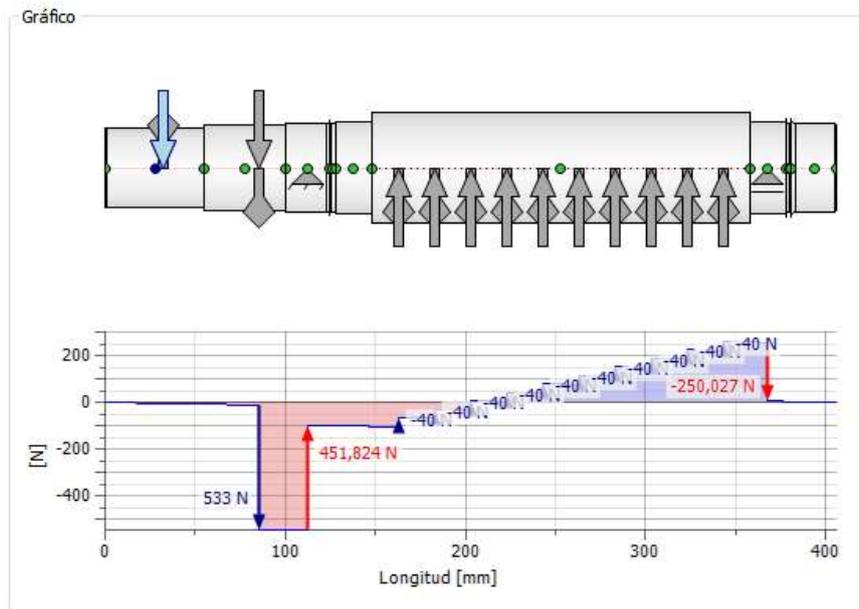


Figura 38: Diagrama de corte plano YZ

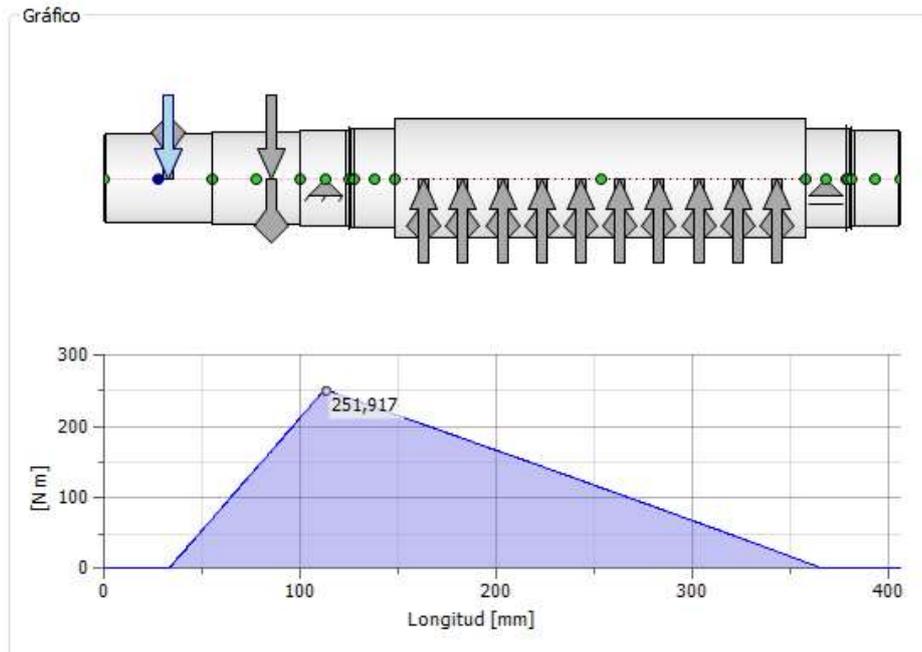


Figura 39: Diagrama de momento flector

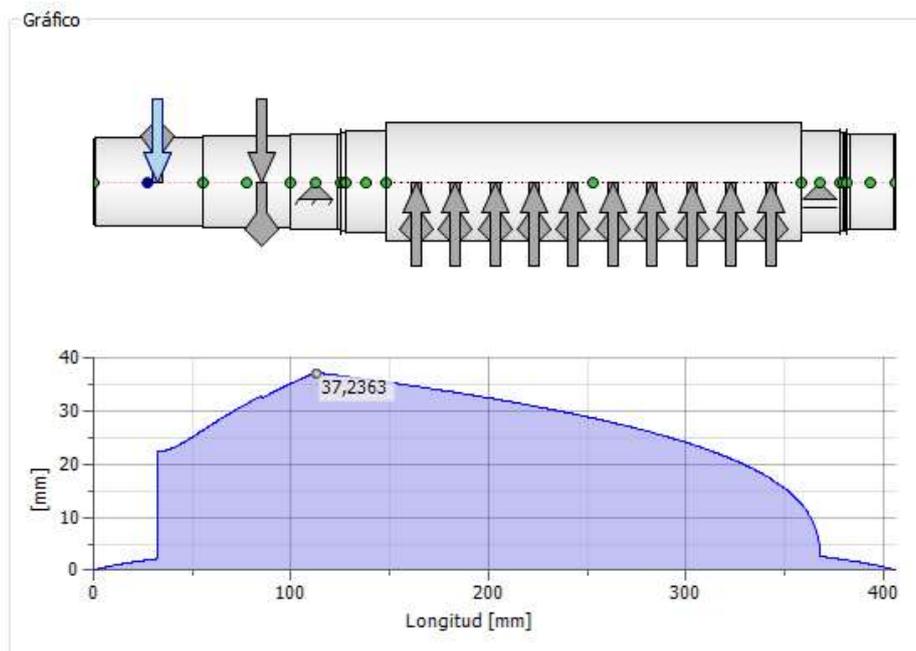


Figura 40: Diagrama de diámetro recomendado

Se puede observar que, en la sección más comprometida, se recomienda un diámetro mayor a 37,24mm.

Verificación por resistencia

Cálculo de los esfuerzos en la sección más comprometida (M_f resultante 212,8 Nm):

- ✓ Solicitación axil Alternativa: $F_a = 0 \rightarrow$ La solicitación axil actúa de forma constante
- ✓ Solicitación axil media: **$F_m = 0 \text{ Kg}$** (No hay esfuerzos normales en el eje).
- ✓ Momento flexor alternativo: $M_{fa} = \sqrt{(M_{fyx^2} + M_{fzx^2})} \rightarrow$ **$M_{fa} = 251,9 \text{ Nm}$**
 $M_{fa} = 2170 \text{ Kgcm}$ \rightarrow Como el árbol gira el M_f es alternativo.
- ✓ Momento flexor medio: **$M_{fm} = 0$** \rightarrow Como vimos anteriormente el momento flexor actúa en forma alternativa.
- ✓ Momento torsor alternativo: **$M_{ta} = 32 \text{ Nm}$** \rightarrow Consideramos árbol trabajando alternativamente por los esfuerzos de corte.
- ✓ Momento torsor medio: **$M_{tm} = 32 \text{ Nm} = 326 \text{ Kgcm}$**

Determinación de la fórmula para el cálculo del diámetro del árbol por resistencia

Para el cálculo por resistencia utilizaremos la fórmula del diámetro que considera el segundo criterio de Soderberg y la teoría de rotura de Von Mises.

$$D_e = \sqrt[3]{K_1 * \sqrt{c_f * (k_2 + M_{fm} + K_3 * K_4)^2 + 0,75 * C_t * K_5^2}}$$

$$K_1 = 32 * \frac{N_s}{\pi * \sigma_F (1 - \alpha^4)} \left[\frac{cm^2}{Kg} \right] \rightarrow \alpha = \frac{D_i}{D_e} = 0 \text{ por ser una arbol macizo}$$

$$K_2 = k_{ff} * \frac{\sigma_F}{\sigma_E} * M_{fa} [Kgcm]$$

$$K_3 = D_e * \frac{(1 - \alpha^2)}{8} [cm]$$

$$K_4 = k_{fn} * \frac{\sigma_F}{\sigma_E} * F_a + F_m [Kg] \rightarrow \text{Como } F_a = 0 \rightarrow K_4 = F_m$$

$$K_5 = k_{ft} * \frac{\sigma_F}{\sigma_E} * M_{ta} + M_{tm} [Kg] \rightarrow \text{Como } M_{ta} = 0 \rightarrow K_5 = M_{tm}$$

Selección de los coeficientes necesarios para el cálculo

Coficiente de seguridad: $N_s = 4 \rightarrow$ Para servicio seguro contra rotura.

Nivel de exigencia	Aceros y materiales dúctiles		Materiales Frágiles
	Contra Fluencia	Contra Rotura	Contra Rotura
Servicio Normal	1,5	3	4,5
Servicio Seguro	2	4	6
Servicio muy Seguro	2,5	5	7,5

Tabla 39: Factor de servicio

Coefficiente de concentración de tensiones: $k_{tf} = 1,6$ (con $D/d = 1,1$ y $r_1/d = 0,1$):

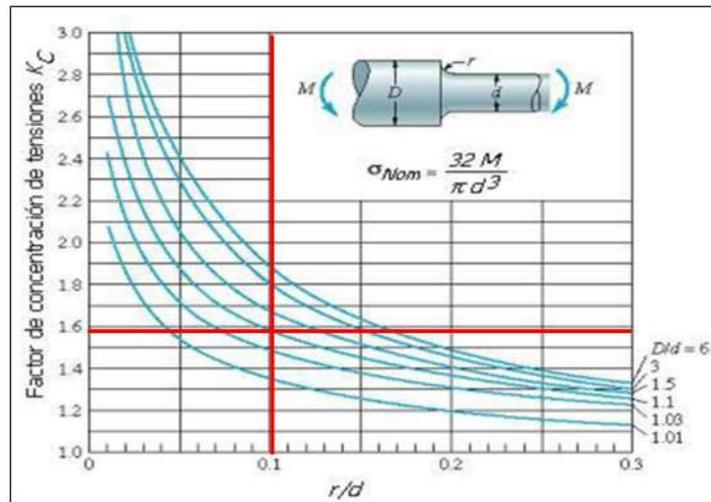


Gráfico 2: Coeficiente de concentración de tensiones a momento flexor

Coefficiente de concentración de tensiones: $k_{tf} = 1,09$ (con $D/d = 1,09$ y $r_1/d = 0,1$):

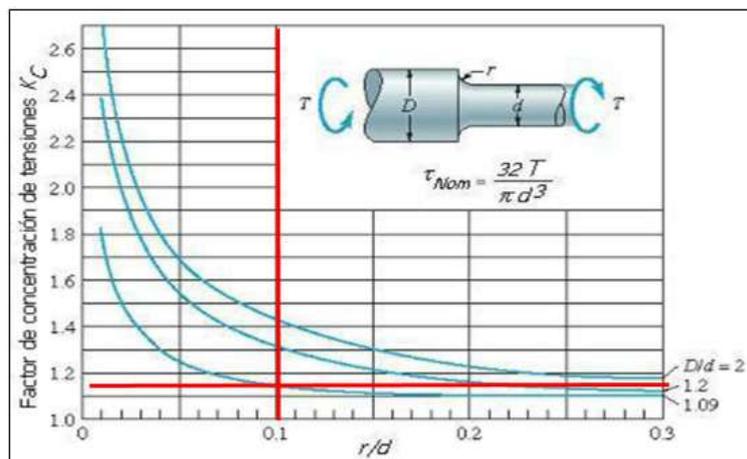


Gráfico 3: Coeficiente de concentración de tensiones a momento torsor

Coefficientes de fatiga por torsión y flexión

kt adim	kf					Acero > 200Br
	F. Gris σ_{28}	F. Gris σ_{42}	F. Gris σ_{56}	F. Maleable Al Fund Acero < 200Br		
1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	
1,05	1,01	1,01	1,02	1,05	1,05	
1,10	1,01	1,02	1,04	1,10	1,10	
1,15	1,02	1,03	1,05	1,15	1,15	
1,20	1,02	1,04	1,07	1,20	1,20	
1,25	1,03	1,05	1,09	1,25	1,25	
1,30	1,03	1,06	1,11	1,29	1,30	Coefficiente de fatiga por torsión
1,35	1,04	1,06	1,12	1,34	1,35	
1,40	1,04	1,07	1,14	1,38	1,40	
1,45	1,05	1,08	1,16	1,42	1,45	
1,50	1,06	1,09	1,18	1,45	1,50	
1,55	1,06	1,10	1,19	1,49	1,55	
1,60	1,07	1,11	1,21	1,52	1,60	
1,65	1,07	1,12	1,23	1,55	1,65	Coefficiente de fatiga por flexión

Tabla 40: Coeficientes de fatiga por torsión y flexión

Coefficiente de confianza: $K_c = 1,15$ para un 95% de confianza

Supervivencia	%	50,00	90,00	95,00	98,00	99,00	99,90	99,99
Factor	ϕ_c	0,00	1,28	1,64	2,05	2,33	3,08	3,62
Coefficiente de confianza	k_c	1,00	1,11	1,15	1,20	1,23	1,33	1,44

Tabla 41: Coeficiente de confianza

Coefficiente de masa: $K_m = 1,11$, tomando en cuenta los diámetros de los resultados anteriores.

Diámetro (mm)	Tracción / Compresión	Flexión Rotativa o Alternativa	Torsión Alternativa
7,62 a 50	1	1,11	1,11
50 a 250	1	1,54	1,54

Coefficiente de temperatura: $K_T = 1$ para temperatura $< 70^\circ\text{C}$

Coefficiente de choque por flexión: $C_f = 1,1 \rightarrow$ Para choque liviano

Nivel de carga		Estático	Choque liviano	Choque medio	Choque pesado
Coeficientes	C_f	1	$> 1 \text{ a } \leq 1,25$	$> 1,25 \text{ a } \leq 1,5$	$> 1,5 \text{ a } \leq 2,0$
	C_t	1	-	$> 1 \text{ a } \leq 1,5$	$> 1,5 \text{ a } \leq 2,0$

Coefficiente de choque por torsión: $C_t = 1,1 \rightarrow$ Para choque medio

Nivel de carga		Estático	Choque liviano	Choque medio	Choque pesado
Coeficientes	C_f	1	$> 1 \text{ a } \leq 1,25$	$> 1,25 \text{ a } \leq 1,5$	$> 1,5 \text{ a } \leq 2,0$
	C_t	1	-	$> 1 \text{ a } \leq 1,5$	$> 1,5 \text{ a } \leq 2,0$

Determinación de las tensiones admisibles del árbol

Tensión de fluencia $\rightarrow \sigma_F/N_s \rightarrow \sigma_f = 5600 \text{ kg/cm}^2$ (SAE 1045 templado)

Límite de manufactura $\rightarrow \sigma_{E'} = 3606 \text{ kg/cm}^2$, del gráfico de Lyson y Noll con tensión de rotura 8100 kg/cm^2 y rectificado.

σ_r	$\sigma_{E'} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$				
	Forjado	Laminado	Mecanizado	Rectificado	Pulido
8100	1510	2015	2930	3606	4050

Límite de fatiga 2° criterio de Soderberg $\rightarrow \sigma_E = \frac{\sigma_{E'}}{k_w k_m k_c K_T} \rightarrow \sigma_E = 2824,9 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Límite de fatiga admisible 2° criterio de Soderberg $\rightarrow \sigma_e = \frac{\sigma_E}{N_s} = 706,2 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

Cálculo del diámetro necesario por resistencia

Con el diámetro obtenido por rigidez, calcularemos el diámetro mínimo necesario considerando la sollicitación axil:

$$De = \sqrt[3]{\frac{32 Ns}{\pi * \sigma F} * \sqrt{cf * (kff * \frac{\sigma F}{\sigma E} * Mfa + Mfm + \frac{De}{8} * Fm)^2 + 0,75 Ct Mtm^2}}$$

$$\rightarrow [De = 4,00 \text{ cm} = 40,0 \text{ mm}]$$

Como el diámetro necesario para que la pieza verifique por resistencia (40,0 mm) es mayor tanto al necesario por rigidez a la torsión ($d1'' = 36,97 \text{ mm}$) como al obtenido por Inventor ($d_{ideal} = 37,24 \text{ mm}$), adoptaremos el resultado más conservativo obtenido por fatiga.

Verificación de la chaveta en sección polea

Se decide tomar un diámetro de sección de polea de 46mm.

La chaveta se diseñará según parámetros usados en norma ISO 2491 A, pero se realizará un diseño personalizado a fin de utilizar este sistema de chavetero como fusible del sistema ante posibles bloqueos del sistema triturador. Por eso, el diseño será el siguiente:

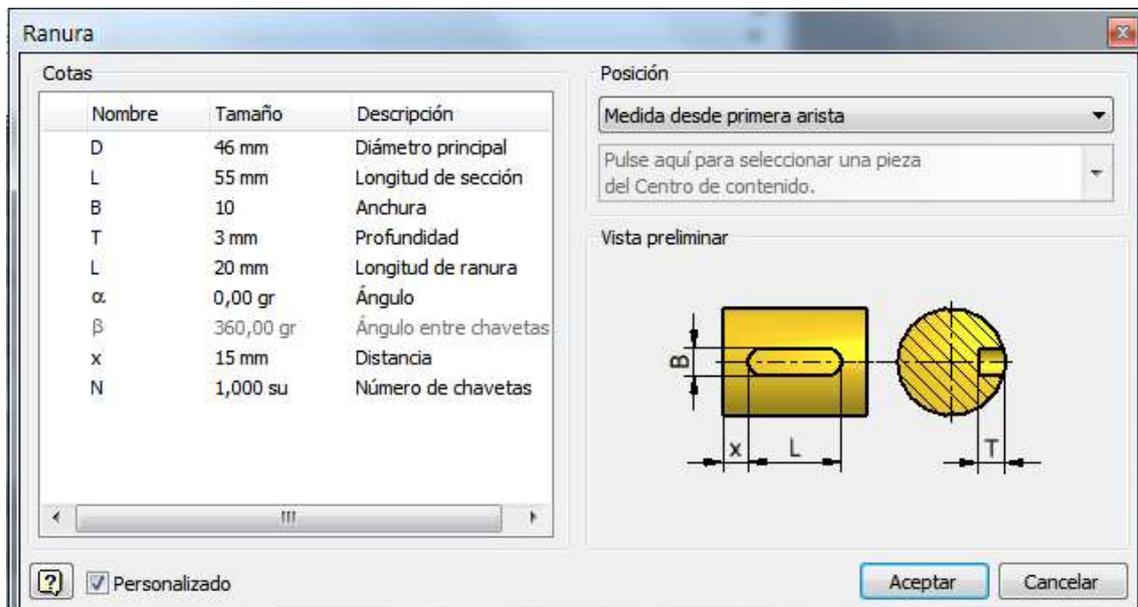


Figura 41: Resultados chaveta 1 Inventor

Verificación al aplastamiento

Para verificar la tensión debido al aplastamiento deberá ser menor a la tensión admisible:

- Tomando como material para la chaveta un acero SAE 1010
- $\sigma_F = 2500 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_R = 3500 \text{ kg/cm}^2$
- Tomando un coeficiente de seguridad $N_s=2$

$$\sigma_{adm} = 1666 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad \tau_{adm} = 834 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_T = 64 \text{ Nm} = 652 \text{ Kgcm}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{4 * M_t}{d * l * t}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{4 * 652 \text{ kg.cm}}{4,6 \text{ cm} * 2,5 \text{ cm} * 0,35 \text{ cm}}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = 944,92 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{aplastamiento} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación al cizallamiento

$$\tau_{corte} = \frac{2 * M_t}{d * b * l}$$

$$\tau_{corte} = \frac{2 * 652 \text{ kg.cm}}{4,6 \text{ cm} * 1,4 \text{ cm} * 3,6 \text{ cm}}$$

$$\tau_{corte} = 141,73 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm} > \tau_{corte} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = d_1 - 2 * t$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = 46 \text{ mm} - 2 * 3 \text{ mm}$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = 40 \text{ mm}$$

En la sección más comprometida de la polea se tiene un momento flector de valor máximo 100 Nm, es decir, 60% menor a la máxima en todo el eje. Utilizando el mismo método de cálculo por resistencia, comparado también a los resultados por rigidez torsional y cálculo de software Inventor, se concluye que la sección cumple con el diámetro mínimo requerido.

Verificación de la chaveta en sección engranaje

Se decide diseñar la chaveta según norma ISO 2491 A, pero personalizando el largo de la chaveta debido a los bajos esfuerzos torsionales.

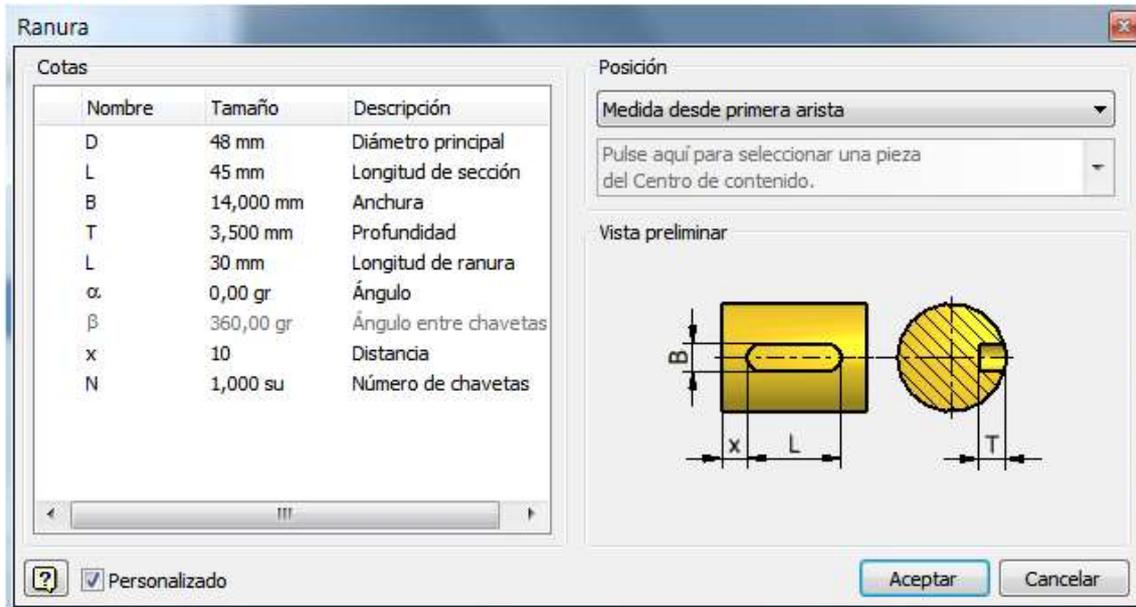


Figura 42: Resultados chaveta 2 Inventor

Verificación al aplastamiento:

Para verificar la tensión debido al aplastamiento deberá ser menor a la tensión admisible:

- Tomando como material para la chaveta un acero SAE 1010
- $\sigma_F = 2500 \text{ kg/cm}^2$; $\sigma_R = 3500 \text{ kg/cm}^2$
- Tomando un coeficiente de seguridad $N_s=3$

$$\sigma_{adm} = 833 \text{ kg/cm}^2 \quad ; \quad \tau_{adm} = 417 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_T = 64 \text{ Nm} = 652 \text{ Kgcm}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{4 * M_t}{d * l * t}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = \frac{4 * 652 \text{ kg.cm}}{4,8 \text{ cm} * 3,0 \text{ cm} * 0,35 \text{ cm}}$$

$$\sigma_{aplastamiento} = 517,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{adm} > \sigma_{aplastamiento} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación al cizallamiento:

$$\tau_{corte} = \frac{2 * M_t}{d * b * l}$$

$$\tau_{corte} = \frac{2 * 652 \text{ kg.cm}}{4,8 \text{ cm} * 1,4 \text{ cm} * 3,0 \text{ cm}}$$

$$\tau_{corte} = 64,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{adm} > \tau_{corte} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = d1 - 2 * t$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = 48 \text{ mm} - 2 * 3,5 \text{ mm}$$

$$d_{base \text{ chaveta}} = 41 \text{ mm}$$

Según el resultado, el diámetro base de chaveta cumple con el parámetro requerido.

Verificación por rigidez a la flexión

Debemos verificar que la flecha máxima no supere el 1% del módulo del engranaje.

$$f_{max \text{ ad}} = 0,01 \text{ m} = 0,01 * 2 \text{ mm} \rightarrow [f_{max \text{ ad}} = 0,02 \text{ mm} = 20 \mu\text{m}]$$

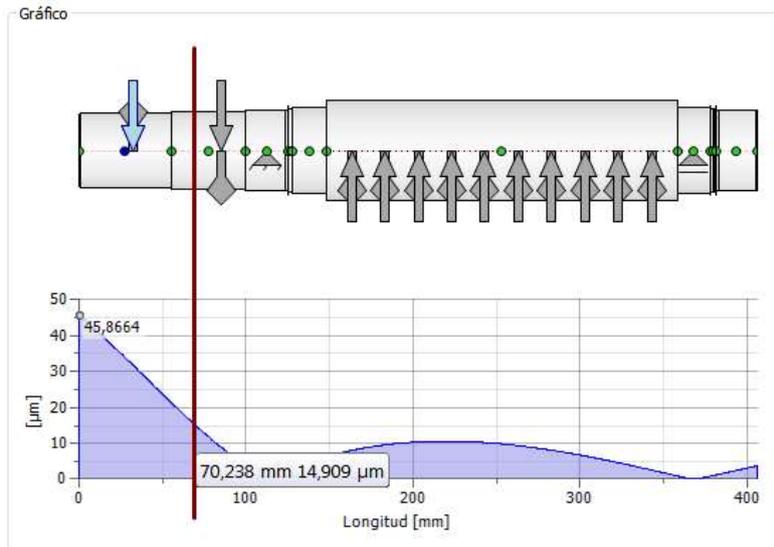


Figura 43: Diagrama de flecha

Flecha por rigidez a la flexión

Como $f_{max} > f_{max \text{ ad}}$ en la zona comprendida del engranaje \rightarrow El árbol verifica por rigidez a la flexión.

$$20 \mu\text{m} > 15,0 \mu\text{m} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación por velocidad crítica

Para calcular la velocidad crítica del árbol, ocasionada por las deflexiones, debido a las fuerzas centrífugas de los elementos en él y sus imperfecciones en la fabricación, se utilizará el método de Dunkerley.

La fórmula que define la velocidad crítica es la siguiente:

$$n_c = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum y_i}}$$

Siendo:

- $n_c =$ Velocidad crítica [rpm]
- $y_i =$ deflexión bajo carga en la ubicación del i –ésimo cuerpo actuando unitariamente [m]

El método de cálculo de las deflexiones de cada carga, debido a la complejidad en los cambios y tipos de sección del árbol, se realizó con ayuda del Software Autodesk Inventor 2019.

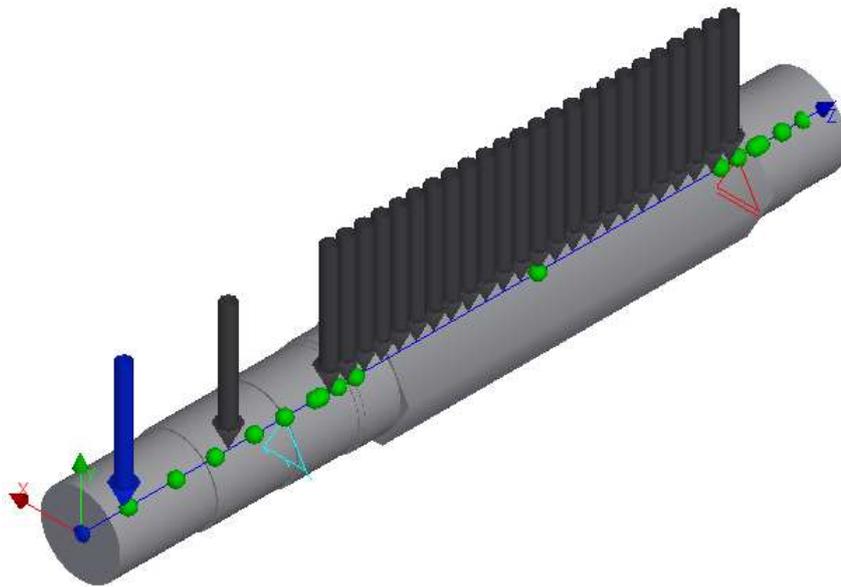


Figura 44: Esquema de distribución de cargas, con eje de coordenadas en el inicio de la sección izquierda.

Los análisis fueron evaluados para cada carga de forma individual, como así lo solicita el método de Dunkerley. El esquema presentado es para poder apreciar la posición de los distintos esfuerzos de los elementos a evaluar.

De esta forma, se pudo elaborar una lista con las propiedades de los elementos aportantes de fuerza peso, en el árbol conductor, de la siguiente forma:

Índice	Descripción	Peso [N]	Ubicación [mm]	Flecha [μ m]
1	Polea	113,31	25	1,976
2	Engranaje recto	37,49	85	0,203
3	Tuerca	1,83	143	0,0815
4	Contratuerca	2,01	153	0,0825

Índice	Descripción	Peso [N]	Ubicación [mm]	Flecha [μm]
5	Cuchilla	9,04	163	0,0972
6	Espaciador	1,46	173	0,0828
7	Cuchilla	9,04	183	0,104
8	Espaciador	1,46	193	0,0838
9	Cuchilla	9,04	203	0,109
10	Espaciador	1,46	213	0,0845
11	Cuchilla	9,04	223	0,113
12	Espaciador	1,46	233	0,0850
13	Cuchilla	9,04	243	0,115
14	Espaciador	1,46	253	0,0852
15	Cuchilla	9,04	263	0,115
16	Espaciador	1,46	273	0,0849
17	Cuchilla	9,04	283	0,112
18	Espaciador	1,46	293	0,0843
19	Cuchilla	9,04	303	0,107
20	Espaciador	1,46	313	0,0832
21	Cuchilla	9,04	323	0,101
22	Espaciador	1,46	333	0,0823
23	Cuchilla	9,04	343	0,0935
24	Espaciador	1,46	353	0,0811
25	Contratuercia	2,01	363	0,0808
26	Tuerca	1,83	373	0,0798

Tabla 42: Elementos aportantes de fuerza peso

Reemplazando los datos obtenidos en la fórmula de Dunkerley:

$$n_c = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum y_i}} = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,004074}} = 4518 \text{ rpm}$$

Según el dato obtenido, y sabiendo que el eje conductor rota a una velocidad angular $w = 500 \text{ rpm}$, un valor muy inferior al de la velocidad crítica, podemos asegurar que el árbol verifica a la velocidad crítica en un estado **hiporresonante**.

Cálculo de Rotor Conducido

Distribución de fuerzas

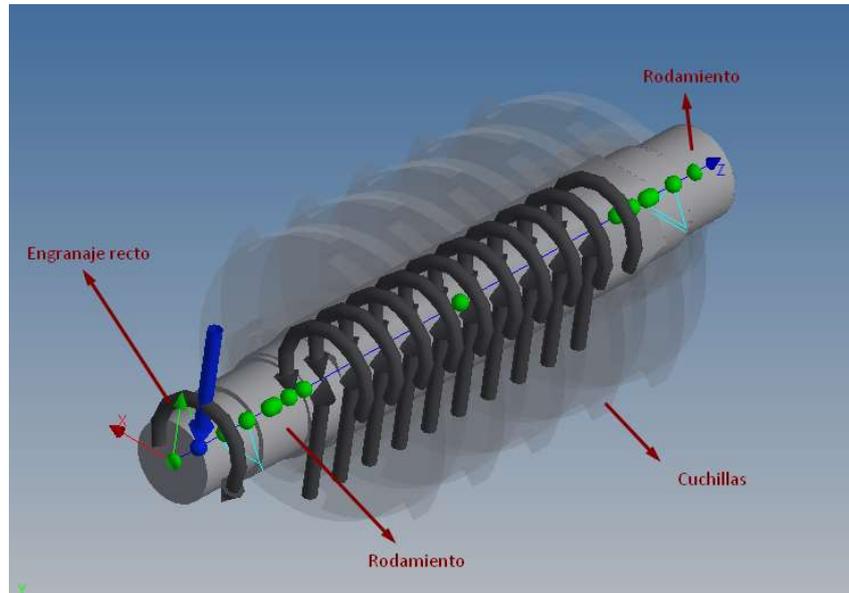


Figura 45: Distribución de fuerzas para el eje de la trituradora

Engranaje

- Par torsor: 32 Nm
- Fuerza radial: 533 N

Cuchilla (cada una)

- Par torsor: 3,2 Nm
- Fuerza radial: 40 N

Selección del material del árbol

Seleccionaremos un acero SAE 1045 templado en aceite (815°C) y revenido (430°C) con las siguientes propiedades:

- $\sigma_R = 8100 \text{ kg/cm}^2$
- $\sigma_F = 5600 \text{ kg/cm}^2$

Tensión admisible $\sigma_{adm} = 3733 \text{ kg/cm}^2$ (tomando un $N_s=1,5$)

$$E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$$

Realizaremos el cálculo del diámetro por rigidez a la torsión, en la sección más comprometida (polea-engranaje: 64Nm):

$$\theta_{adm} (\text{°/m}) = 0,25^\circ/\text{m} \times (2\pi/360^\circ) = 0,00436 \text{ rad/m}$$

Diámetro mínimo necesario por rigidez:

$$\theta = \frac{Mt}{G * J_p} < \theta_{ad} = \frac{Mt}{G \frac{\pi d^4}{32}} = \frac{32 Mt}{G \pi * d^4}$$

Para un $Mt = 32 Nm$

$$d1 = \sqrt[4]{\frac{32 Mt}{\Theta_{ad} * \pi * G}} \rightarrow d1 = \sqrt[4]{\frac{32 * 32 Nm}{0,00436 \frac{rad}{m} * \pi * 80 * 10^9 N/m^2}}$$

$$\rightarrow [d1 = 0,03109 m = 31,09 mm]$$

Dimensionamiento por Resistencia

Gráficos y diámetro recomendado mediante software Inventor

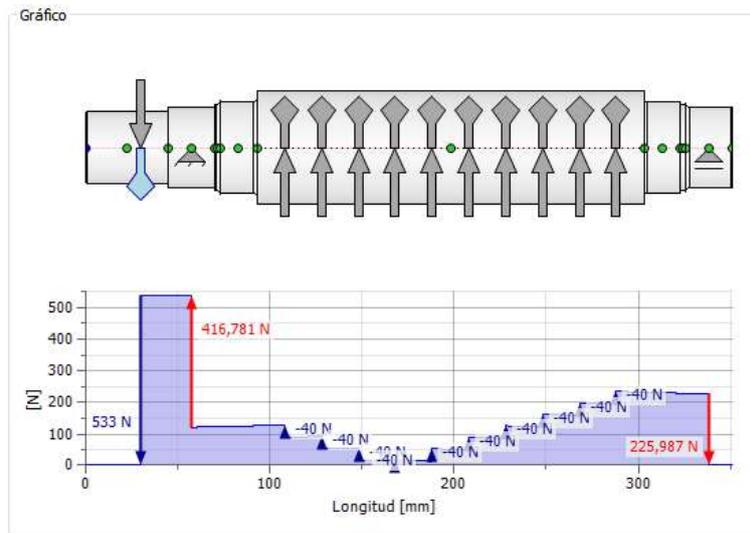


Figura 46: Diagrama de corte total

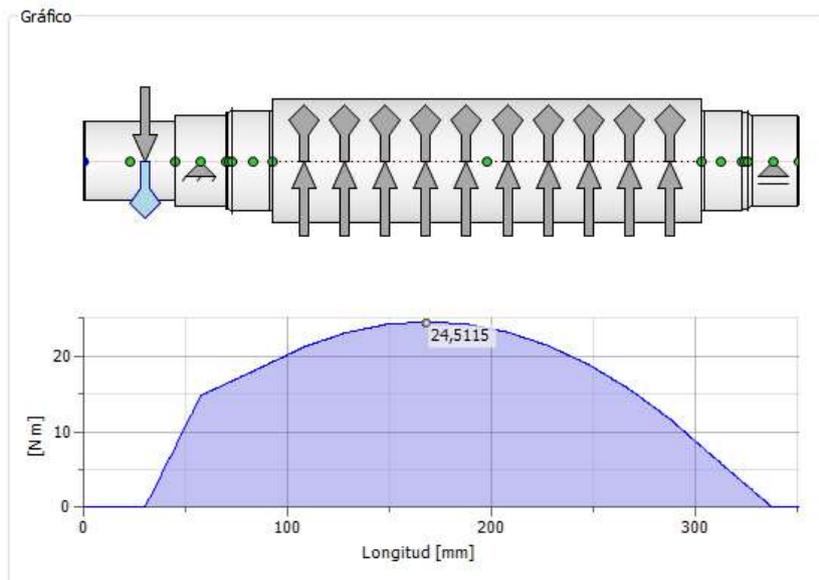


Figura 47: Diagrama de momento flector

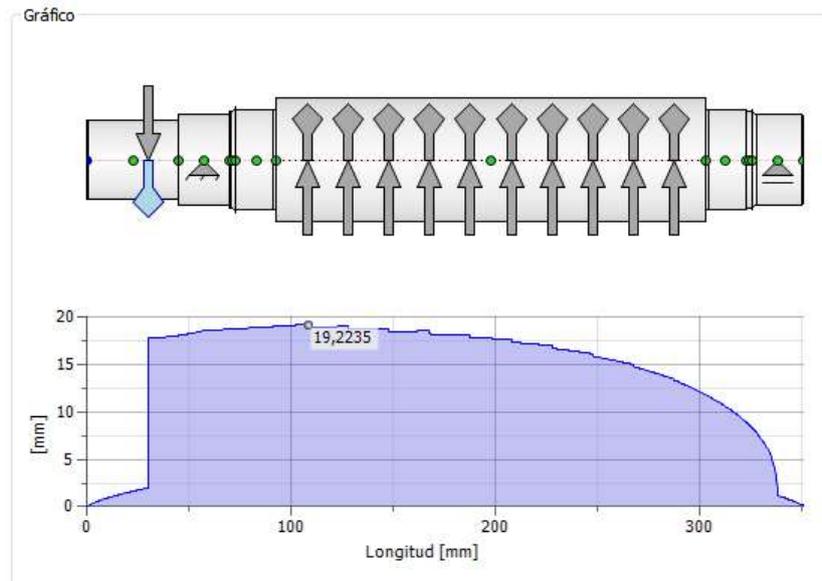


Figura 48: Diagrama de diámetro recomendado

Se puede observar que, en la sección más comprometida, se recomienda un diámetro mayor a 19,2 mm.

Verificación por resistencia

Cálculo de los esfuerzos en la sección más comprometida (M_f resultante 26,73 Nm):

- ✓ Solicitación axial Alternativa: $F_a = 0$ → La sollicitación axial actúa de forma constante.
- ✓ Solicitación axial media: **$F_m = 0$ Kg** (No hay esfuerzos normales en el eje).
- ✓ Momento flexor alternativo: $M_{fa} = \sqrt{(M_{fyx}^2 + M_{fzx}^2)}$ → **$M_{fa} = 24,5$ Nm = 250,0 Kgcm** → Como el árbol gira el M_f es alternativo.
- ✓ Momento flexor medio: **$M_{fm} = 0$** → Como vimos anteriormente el momento flexor actúa en forma alternativa.
- ✓ Momento torsor alternativo: **$M_{ta} = 16$ Nm** → Consideramos árbol trabajando alternativamente por los esfuerzos de corte.
- ✓ Momento torsor medio: **$M_{tm} = 16$ Nm = 163,3 Kgcm**

Determinación de la fórmula para el cálculo del diámetro del árbol por resistencia:

Para el cálculo por resistencia utilizaremos la fórmula del diámetro que considera el segundo criterio de Soderberg y la teoría de rotura de Von Mises.

$$De = \sqrt[3]{K1 * \sqrt{cf * (k2 + Mfm + K3 * K4)^2 + 0,75 * Ct * K5^2}}$$

$$K1 = 32 * \frac{Ns}{\pi * \sigma F (1 - \alpha^4)} \left[\frac{cm^2}{Kg} \right] \rightarrow \alpha = \frac{Di}{De} = 0 \text{ por ser una arbol macizo}$$

$$K2 = kff * \frac{\sigma F}{\sigma E} * Mfa [Kgcm]$$

$$K3 = De * \frac{(1 - \alpha^2)}{8} [cm]$$

$$K4 = kfn * \frac{\sigma F}{\sigma E} * Fa + Fm [Kg] \rightarrow \text{Como } Fa = 0 \rightarrow K4 = Fm$$

$$K5 = kft * \frac{\sigma F}{\sigma E} * Mta + Mtm [Kg] \rightarrow \text{Como } Mta = 0 \rightarrow K5 = Mtm$$

Selección de los coeficientes necesarios para el cálculo

Dadas las similitudes en las cargas y las condiciones de funcionamiento del eje analizado anteriormente, se tomarán los mismos valores para los coeficientes analizados:

Tensión de rotura del material	σR	8100	kg/cm ²
Tensión de fluencia del material	σF	5600	kg/cm ²
Coefficiente de seguridad	Ns	4	adim
Coefficiente de concentración de tensiones a la flexión	k _{tf}	1,6	adim
Coefficiente de concentración de tensiones a la torsión	k _{tt}	1,09	adim
Coefficiente de fatiga por flexión	k _{ff}	1,65	adim
Coefficiente de fatiga por torsión	k _{ft}	1,3	adim
Coefficiente del tipo de sollicitación	k _w	1	adim
Coefficiente de confianza	k _c	1,15	adim
Coefficiente de masa	k _m	1,11	adim
Coefficiente de temperatura	k _T	1	adim
Límite de manufactura	$\sigma E'$	3606	kg/cm ²
Coefficiente de choque por flexión	C _f	1,1	adim
Coefficiente de choque por torsión	C _t	1,1	adim

Determinación de las tensiones admisibles del árbol

- ✓ Tensión de fluencia $\rightarrow \sigma F / Ns \rightarrow \sigma f = 5600 \text{ kg/cm}^2$ (SAE 1045 templado)
- ✓ Límite de manufactura $\rightarrow \sigma E' = 3606 \text{ kg/cm}^2$, del gráfico de Lypson y Noll con tensión de rotura 8100 kg/cm² y rectificado.

σ kg/cm ²	$\sigma E'$ (kg/cm ²)				
	Forjado	Laminado	Mecanizado	Rectificado	Pulido
8100	1510	2015	2930	3606	4050

Límite de fatiga 2° criterio de Soderberg $\rightarrow \sigma_E = \frac{\sigma_{E'}}{k_w k_m k_c k_T} \rightarrow \sigma_E = 2824,9 \frac{kg}{cm^2}$

Límite de fatiga admisible 2° criterio de Soderberg $\rightarrow \sigma_e = \frac{\sigma_E}{N_s} = 706,2 \frac{kg}{cm^2}$

Cálculo del diámetro necesario por resistencia

Con el diámetro obtenido por rigidez, calcularemos el diámetro mínimo necesario considerando la sollicitación axil:

$$D_e = \sqrt[3]{\frac{32 N_s}{\pi * \sigma_F} * \sqrt{c_f * (k_{ff} * \frac{\sigma_F}{\sigma_E} * M_{fa} + M_{fm} + \frac{D_e}{8} * F_m)^2 + 0,75 C_t M_{tm}^2}}$$

$$\rightarrow [D_e = 1,840 \text{ cm} = 18,40 \text{ mm}]$$

Como el diámetro necesario para que la pieza verifique por rigidez a la torsión ($d_1'' = 31 \text{ mm}$) es mayor tanto al obtenido por resistencia (18,40 mm) como por el Inventor ($d_{ideal} = 19,2 \text{ mm}$), vemos que la pieza verifica a la fatiga, pero para cumplir con la condición de rigidez torsional adoptamos el diámetro $d_1 = 31 \text{ mm}$.

Verificación de la chaveta en sección engranaje

Se decide diseñar la chaveta según norma DIN 6885-3A



Figura 49: Resultados chaveta según Inventor

Verificación al aplastamiento

Para verificar la tensión debido al aplastamiento deberá ser menor a la tensión admisible:

Tomando como material para la chaveta un acero SAE 1010

$$\sigma_F = 2500 \text{ kg/cm}^2; \sigma_R = 3500 \text{ kg/cm}^2$$

Tomando un coeficiente de seguridad $N_s = 3$

$$\sigma_{adm} = 833 \text{ kg/cm}^2 ; \tau_{adm} = 417 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_T = 64 \text{ Nm} = 652 \text{ Kgcm}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{4 * M_t}{d * l * t}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{4 * 326 \text{ kg.cm}}{4,0 \text{ cm} * 2,8 \text{ cm} * 0,39 \text{ cm}}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 298,53 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{\text{adm}} > \sigma_{\text{aplastamiento}} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación al cizallamiento

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{2 * M_t}{d * b * l}$$

$$\tau_{\text{corte}} = \frac{2 * 652 \text{ kg.cm}}{4,0 \text{ cm} * 1,2 \text{ cm} * 2,8 \text{ cm}}$$

$$\tau_{\text{corte}} = 48,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_{\text{adm}} > \tau_{\text{corte}} \rightarrow \text{VERIFICA}$$

$$d_{\text{base chaveta}} = d_1 - 2 * t$$

$$d_{\text{base chaveta}} = 40 \text{ mm} - 2 * 3,9 \text{ mm}$$

$$d_{\text{base chaveta}} = 32,2 \text{ mm}$$

Según el resultado, el diámetro base de chaveta cumple con rigidez torsional.

Verificación por rigidez a la flexión

Debemos verificar que la flecha máxima no supere el 1% del módulo del engranaje.

$$f_{\text{max ad}} = 0,01 \text{ m} = 0,01 * 2 \text{ mm} \rightarrow [f_{\text{max ad}} = 0,02 \text{ mm} = 20 \mu\text{m}]$$

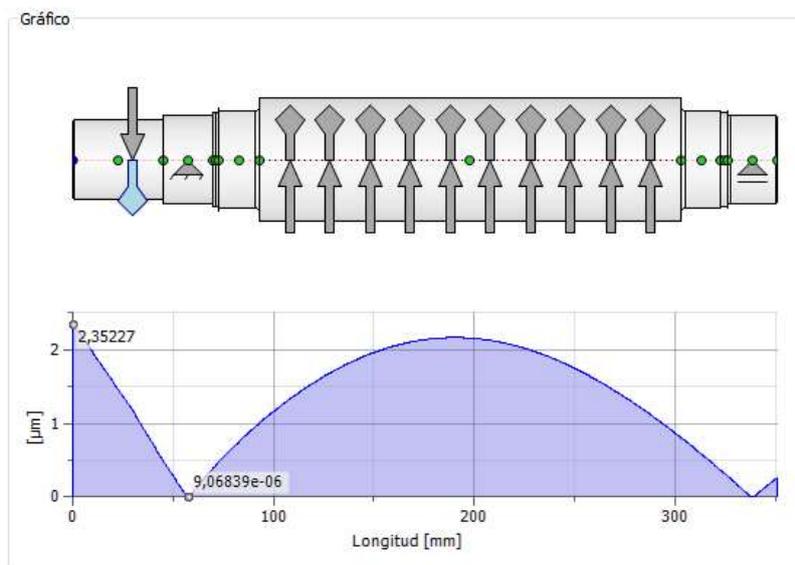


Figura 50: Diagrama de flecha o desplazamiento

Flecha por rigidez a la flexión

Como $f_{max} > f_{max\ ad}$ en la zona comprendida del engranaje → El árbol verifica por rigidez a la flexión.

$$20\ \mu m > 2,35\ \mu m \rightarrow \text{VERIFICA}$$

Verificación por velocidad crítica

De la misma forma que el caso anterior, para calcular la velocidad crítica del árbol, se utilizará el método de Dunkerley.

La fórmula que define la velocidad crítica es la siguiente:

$$n_c = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum y_i}}$$

Siendo:

- $n_c =$ Velocidad crítica [rpm]
- $y_i =$ deflexión bajo carga en la ubicación del i –ésimo cuerpo actuando unitariamente [m]

El método de cálculo de las deflexiones de cada carga, debido a la complejidad en los cambios y tipos de sección del árbol, se realizó con ayuda del Software Autodesk Inventor 2019.

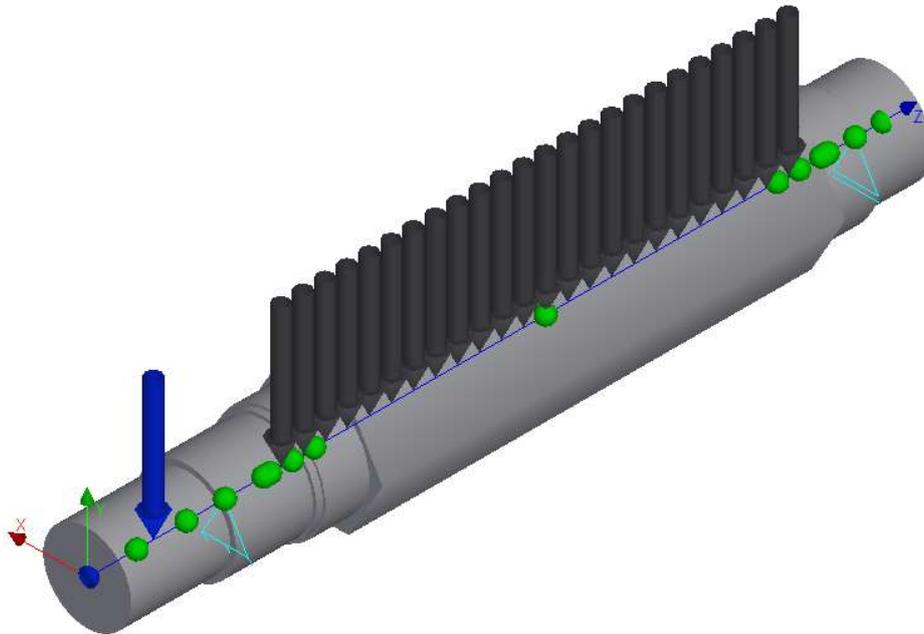


Figura 51: Esquema de distribución de cargas, con eje de coordenadas en el inicio de la sección izquierda

Los análisis fueron evaluados para cada carga de forma individual, como así lo solicita el método de Dunkerley. El esquema presentado es para poder apreciar la posición de los distintos esfuerzos de los elementos a evaluar.

De esta forma, se pudo elaborar una lista con las propiedades de los elementos aportantes de fuerza peso, en el árbol conductor, de la siguiente forma:

Índice	Descripción	Peso [N]	Ubicación [mm]	Flecha [μm]
1	Engranaje recto	37,49	30	0,1027
2	Tuerca	1,83	88	0,1684
3	Contratuerca	2,01	98	0,1697
4	Espaciador	1,46	108	0,1694
5	Cuchilla	9,04	118	0,1921
6	Espaciador	1,46	128	0,1707
7	Cuchilla	9,04	138	0,1997
8	Espaciador	1,46	148	0,1718
9	Cuchilla	9,04	158	0,2060
10	Espaciador	1,46	168	0,1727
11	Cuchilla	9,04	178	0,2106
12	Espaciador	1,46	188	0,1733
13	Cuchilla	9,04	198	0,2131
14	Espaciador	1,46	208	0,1735
15	Cuchilla	9,04	218	0,2128
16	Espaciador	1,46	228	0,1732
17	Cuchilla	9,04	238	0,2097
18	Espaciador	1,46	248	0,1725
19	Cuchilla	9,04	258	0,2046
20	Espaciador	1,46	268	0,1715
21	Cuchilla	9,04	278	0,1979
22	Espaciador	1,46	288	0,1703
23	Cuchilla	9,04	298	0,1899
24	Contratuerca	2,01	308	0,1702
25	Tuerca	1,83	318	0,1689

Tabla 43: Elementos aportantes de fuerza peso árbol conductor

Reemplazando los datos obtenidos en la fórmula de Dunkerley:

$$n_c = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{\sum y_i}} = 300 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,004535}} = 4454 \text{ rpm}$$

Según el dato obtenido, y sabiendo que el eje conductor rota a una velocidad angular $w = 500 \text{ rpm}$, un valor muy inferior al de la velocidad crítica, podemos asegurar que el árbol verifica a la velocidad crítica en un estado **hiporresonante**.

Elemento Fusible

A continuación, se mostrará los resultados de realizar una simulación de elementos finitos mediante Software Autodesk Inventor 2019, para obtener los resultados de tensiones en el filo de la cuchilla para el caso de un bloqueo. Se tomará el análisis para momento nominal de 64 Nm concentrado en una sola cuchilla, en un único frente de corte.

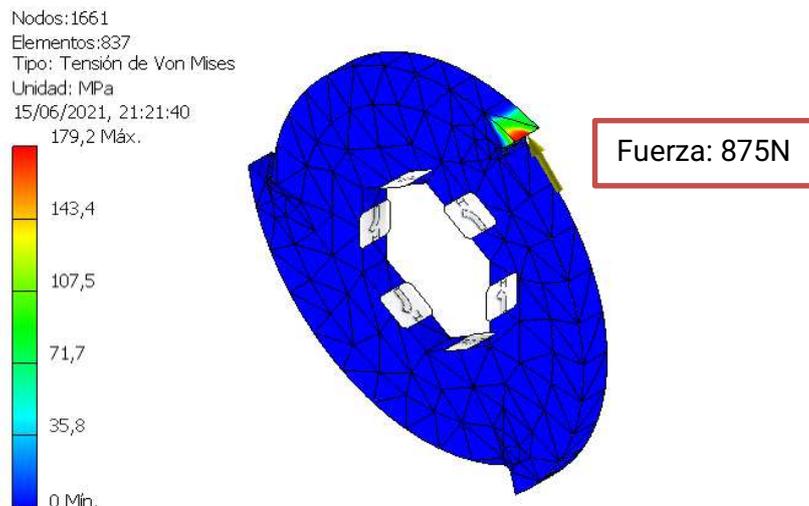


Figura 52: Simulación de esfuerzos máximos por bloqueo de cuchilla

Como se mencionó anteriormente, el material del cual está fabricado la cuchilla es SAE D2, que según bibliografía tiene las siguientes propiedades mecánicas (para templado en aceite y revenido):

- Resistencia a la fluencia: 1385 Mpa (14.123 kg/cm^2)
- Resistencia a la fractura: 1390 Mpa (14.174 kg/cm^2)
- Deformación porcentual: 0.74%

La carga máxima en la cuchilla nos da un factor de seguridad frente a la rotura de aproximadamente 7.75 . Cuando analizamos el dimensionamiento de la chaveta del eje conductor en la sección de la polea, se tuvo en cuenta un diseño que permita que dicho elemento sea el fusible de sistema en caso de que se presentase un bloqueo de la trituración, como analizamos recientemente.

Para los datos obtenidos en el diseño de la chaveta, nos dio que frente a la carga nominal de 64 Nm , el coeficiente de seguridad frente a la rotura es de aproximadamente 3.7 . Llegado a producirse un aumento del momento torsor, producto de las fuerzas de impacto, el elemento más vulnerable a la rotura será la chaveta. De esta forma se protegerá la integridad de las cuchillas y la intervención para reparación será más sencilla.

6.4.8.2.5 Rodamientos

A continuación, se desarrollará la selección de los rodamientos tanto para el árbol conductor como para el árbol conducido. Para la misma se utilizó el software del fabricante SKF.

A partir del dimensionamiento de los ejes, podemos obtener los datos que respectan a las fuerzas y a los diámetros necesarios para los cuales deberemos seleccionar el rodamiento adecuado.

Árbol Conductor - Rodamiento 1

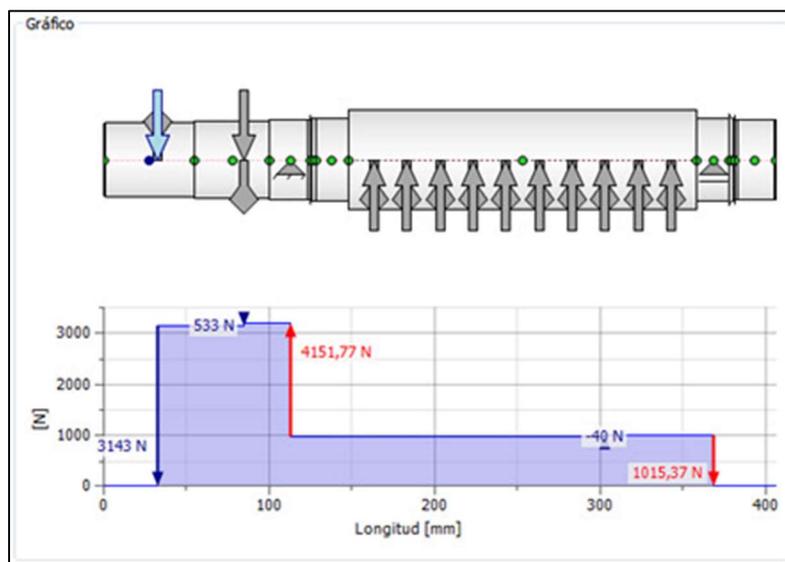


Figura 53: Diagrama de esfuerzos de corte Árbol Conductor

Primero se selecciona si el árbol tendrá una o 2 posiciones de rodamiento. En el caso que analizaremos, se considera que tendrá 2 rodamientos por árbol, pero se realizará el análisis individualmente por cada uno. Luego se procede a introducir los datos de diámetro interior del rodamiento (50 mm) y se selecciona uno que cumplan con el mismo, en este caso corresponde a un rodamiento rígido de bolas denominación **SKF 6010** para la unidad izquierda según el gráfico anterior.

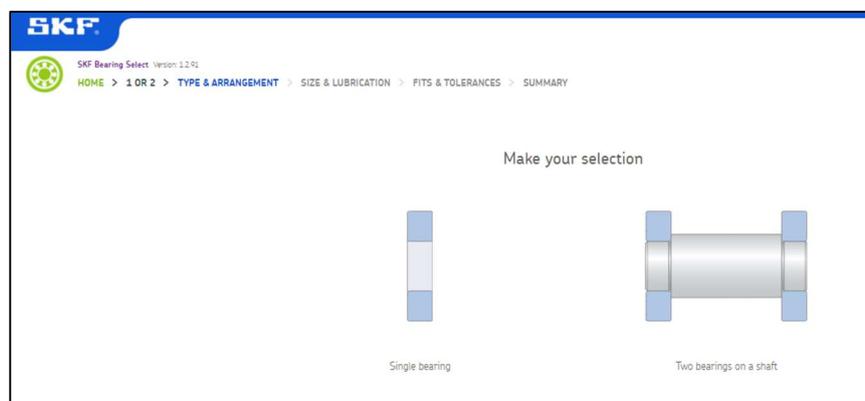


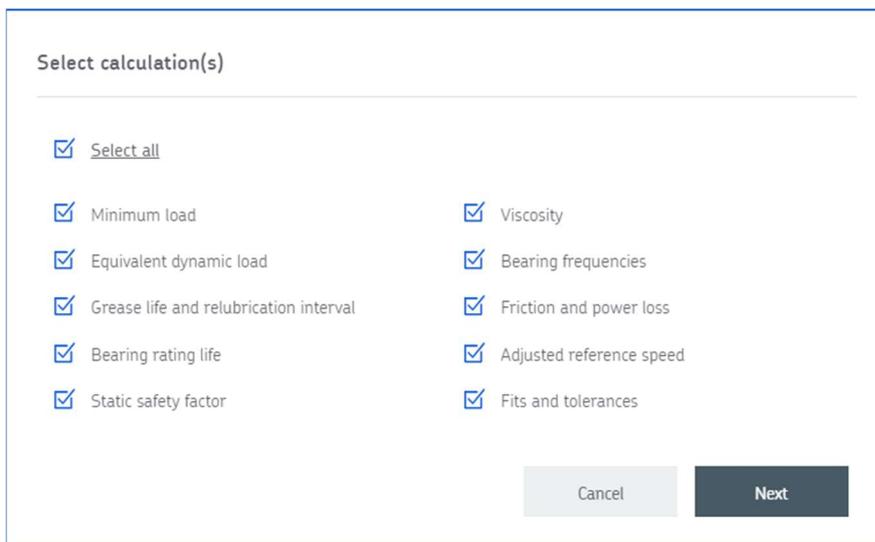
Figura 54: Selección del tipo y configuración de los rodamientos - Fuente: SKF



Search designation

d	D	B	C	C ₀	Designation
mm			kN		
50	110	40	81.9	69.5	4310 ATN9
50	80	16	22.9	16	▶ 6010
50	80	16	22.9	16	6010 N
50	80	16	22.9	15.6	6010 NR
50	80	16	22.9	15.6	▶ 6010-2RS1
50	80	16	22.9	15.6	6010-2RZ
50	80	16	22.9	15.6	▶ 6010-2Z

Se seleccionan los cálculos a realizar.



Select calculation(s)

- Select all
- Minimum load
- Equivalent dynamic load
- Grease life and relubrication interval
- Bearing rating life
- Static safety factor
- Viscosity
- Bearing frequencies
- Friction and power loss
- Adjusted reference speed
- Fits and tolerances

Cancel Next

Se introducen cargas, velocidad y temperaturas al software. Se tomó como temperatura de referencia 70-65°C para luego hacer el cálculo de temperatura de trabajo.



Forces	Speed	Temperature	
Radial kN	Axial r/min	Inner ring °C	Outer ring °C
4.15	700	70	65

+ Add load case

Calculate

Selección del factor de velocidad.

$$V = rpm * dm = 700 * 65 = 45500 \text{ mm/min}$$

Selección del rango de temperaturas y de cargas de la grasa.

Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa				
Rango de velocidad		Factor de velocidad Rodamientos de bolas	Rodamientos de agujas, de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, de rodillos toroidales CARB	Rodamientos de rodillos cilíndricos
		$A = n \cdot d_m$		
		mm/min		
VL	Muy lenta	–	< 30 000	< 30 000
L	Lenta	< 100 000	< 75 000	< 75 000
M	Media	< 300 000	< 210 000	< 270 000
H	Alta	< 500 000	≥ 210 000	≥ 270 000
VH	Muy alta	< 700 000	–	–
EH	Extremadamente alta	≥ 700 000	–	–

n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

Nota: Para obtener cálculos confiables de la vida útil de la grasa, se deben considerar los intervalos de velocidad detallados en esta tabla.

Tabla 44: Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa – Fuente: Catalogo SKF

Tabla 2				Tabla 3	
Rangos de temperatura de las grasas				Rangos de carga de las grasas	
Rango de temperaturas		Rango		Rango de carga	Relación de carga C/P
		°C	°F		
L	Baja	< 50	< 120	L	Baja > 15
M	Media	de 50 a 100	de 120 a 210	M	Media > 8
H	Alta	de 100 a 150	de 210 a 300	H	Alta < 4
VH	Muy alta	> 150	> 300	VH	Muy alta < 2

Tabla 45: Rango de temperatura y carga de las grasas - Fuente: Catalogo SKF

$$P = 0,56 F_r + 1,7 F_a = 2,32 \text{ KN}$$

$$C/P = 22,9/2,32 = 9,87$$

Selección de una grasa estándar SKF según la clasificación de las condiciones de funcionamiento. Clasificación M-L-M a partir de datos disponibles. Según tabla se selecciona lubricante LGWA 2.

Grasas SKF: especificaciones técnicas y características									
Designación	Descripción	Temperatura	Velocidad	Carga	Clase NLGI	Rango de temperaturas ¹⁾		Viscosidad del aceite base a	
						LTL	HTPL	40 °C (105 °F)	100 °C (210 °F)
-	-	-	-	-	-	°C/°F		mm ² /s	
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	M	M	La M	2	-30 -20	120 250	110	11
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	M	M	La M	3	-30 -20	120 250	120	12
LGEP 2	Presión extrema, cargas elevadas	M	La M	H	2	-20 -5	110 230	200	16
LGWA 2	Amplio rango de temperaturas ²⁾ , presión extrema	Ma H	La M	La H	2	-30 -20	140 285	185	15
LGFP 2	Compatible con alimentos	M	M	La M	2	-20 -5	110 230	130	7,3
LGGB 2	Ecológica, biodegradable, baja toxicidad	La M	La M	Ma H	2	-40 -40	90 ²⁾ 195	110	13
LGBB 2	Grasa para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	La M	VL	Ma H	2	-40 -40	120 250	68	10
LGLT 2	Bajas temperaturas, velocidades extremadamente altas	La M	Ma EH	L	2	-50 -60	110 230	18	4,5
LGWM 1	Presión extrema, bajas temperaturas	La M	La M	H	1	-30 -20	110 230	200	16

Tabla 46: Especificaciones técnicas de las grasas - Fuente: Catalogo SKF

Acto seguido se establece la lubricación y limpieza.

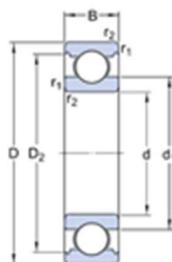
Operating conditions		
 Lubrication & contamination	 Shaft orientation	 Radial clearance
Grease LGWA2 Normal cleanliness	Horizontal	Normal

Resultados

	BEARING PROPERTIES	6010
	MINIMUM LOAD	$F_{r,m} : 0.0998 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 2.08$
	BEARING LOADS	C/P: 5.52
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 5760 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 11300 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 3.86$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : 19200 \text{ h}$
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICTION	$M : 132 \text{ Nmm}, P_{loss} : 9.7 \text{ W}$

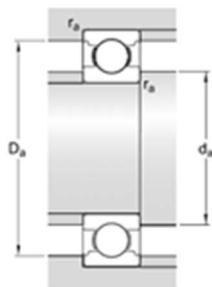
Technical specification

Display units: Metric Imperial



DIMENSIONS

d	50 mm
D	80 mm
B	16 mm
d ₁	≈ 59.75 mm
D ₂	≈ 72.8 mm
r ₁₂	min. 1 mm



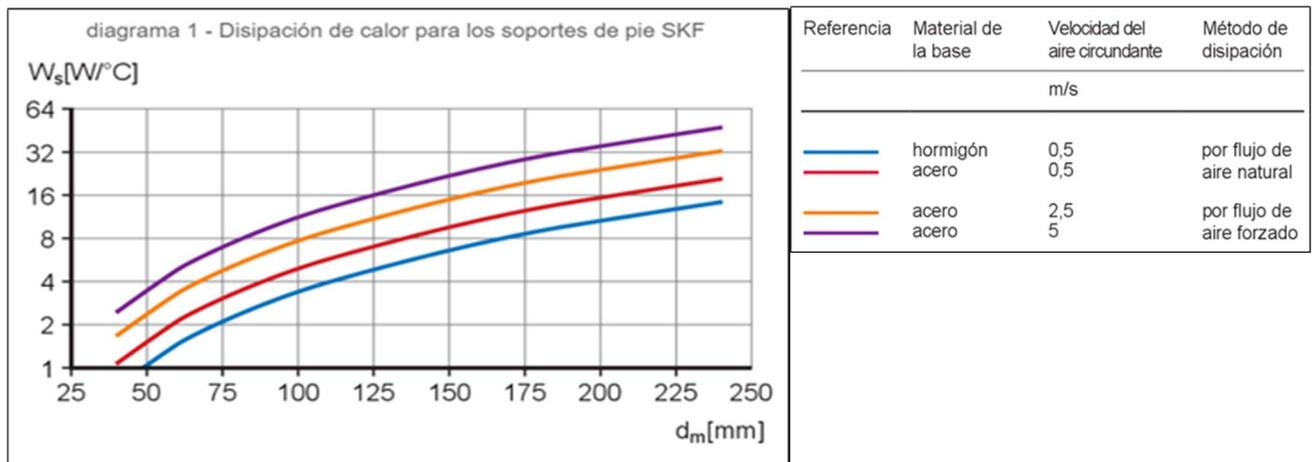
ABUTMENT DIMENSIONS

d_a	min. 54.6 mm
D_a	max. 75.4 mm
r_a	max. 1 mm

CALCULATION DATA

Basic dynamic load rating	C	22.9 kN
Basic static load rating	C_0	16 kN
Fatigue load limit	P_u	0.71 kN
Reference speed		18 000 r/min
Limiting speed		11 000 r/min
Calculation factor	k_r	0.025
Calculation factor	f_0	14.7

Cálculo de la temperatura de trabajo



$D_m = 65\text{mm}$

$W_s = 3\text{ W/}^\circ\text{C}$



$$T_{rod} = (P_{p\acute{e}rdida} / W_s) + T_{amb}$$

donde

T_{rod}	es la temperatura media de funcionamiento calculada del rodamiento [°C]
$P_{p\acute{e}rdida}$	es la pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s	es la disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [W/°C]
T_{amb}	temperatura ambiente [°C]

$$W_s = 3 \text{ W/°C}$$

$$P_{perd} = Nr = 9,7 \text{ W}$$

$$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$$

$$T_{rod} = N_r/W_s + T_{amb} = 28,2 \text{ °C}$$

Verificación de la temperatura de trabajo

Temperature ⓘ	
Inner ring	Outer ring
°C	
30	25

- ⓘ BEARING PROPERTIES 6010
- ⬇ MINIMUM LOAD $F_{rm} : 0.419 \text{ kN}$
- ⚡ VISCOSITY $k : 17.9$
- ⬇ BEARING LOADS $C/P : 5.52$
- ⚡ GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL $t_f : 11500 \text{ h}$

- ⊙ ADJUSTED REFERENCE SPEED $n_{gr} : 11300 \text{ r/min}$
- ⊙ STATIC SAFETY FACTOR $S_0 : 3.86$
- ⊙ BEARING RATING LIFE $L_{10mh} : 62300 \text{ h}$
- ! High viscosity ratio k, no asperity contact. $k > 4$ will no further increase bearing rating life but result in higher viscous frictional losses.
- ⊙ FREQUENCIES Please unfold to see results
- ⊙ FRICTION $M : 205 \text{ Nmm}, P_{1022} : 15 \text{ W}$

Por ser k mayor a 4, **NO VERIFICA.**



Modificación de la grasa seleccionada y verificación

Mediante iteración, terminamos utilizando una grasa LEGE 2

BEARING PROPERTIES	6010
MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0935 \text{ kN}$
VISCOSITY	$\kappa : 1.89$
BEARING LOADS	$C/P : 5.52$
GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 11500 \text{ h}$
ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 15100 \text{ r/min}$
STATIC SAFETY FACTOR	$S_D : 3.86$
BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : 15800 \text{ h}$
FREQUENCIES	Please unfold to see results
FRICTION	$M : 130 \text{ Nmm}, P_{loss} : 9.6 \text{ W}$

Verificación con una temperatura ambiente alternativa a $T_{amb} = 30^\circ\text{C}$.

$$W_s = 3 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$P_{perd} = Nr = 9,6 \text{ W}$$

$$T_{amb} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{rod} = Nr/W_s + T_{amb} = 33,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

BEARING PROPERTIES	6010	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 15100 \text{ r/min}$
MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0812 \text{ kN}$	STATIC SAFETY FACTOR	$S_D : 3.86$
VISCOSITY	$\kappa : 1.53$	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : 10400 \text{ h}$
BEARING LOADS	$C/P : 5.52$	FREQUENCIES	Please unfold to see results
GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 11500 \text{ h}$	FRICTION	$M : 129 \text{ Nmm}, P_{loss} : 9.5 \text{ W}$

Árbol Conductor- Rodamiento 2

Para el caso del rodamiento derecho, el procedimiento resulta igual al rodamiento izquierdo. Se comienza con la opción cuya designación es 6010 y se lo calcula por medio de los siguientes parámetros

Select calculation(s)

[Select all](#)

Minimum load

Equivalent dynamic load

Grease life and relubrication interval

Bearing rating life

Static safety factor

Viscosity

Bearing frequencies

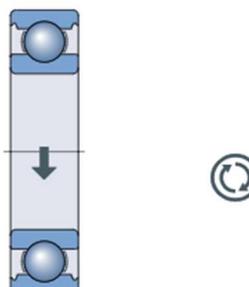
Friction and power loss

Adjusted reference speed

Fits and tolerances

Cancel
Next

Se introducen cargas, velocidad y temperaturas al software. Se tomó como temperatura de referencia 70-65°C para luego hacer el cálculo de temperatura de trabajo.



Forces		Speed	Temperature ⓘ	
Radial kN	Axial		Inner ring ° C	Outer ring
1.02	0	700	70	65

+ Add load case

▶ Calculate



Selección del factor de velocidad, temperatura y cargas

Tabla 1

Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa

Rango de velocidad		Factor de velocidad Rodamientos de bolas	Rodamientos de agujas, de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, de rodillos toroidales CARB	Rodamientos de rodillos cilíndricos
		$A = n d_m$		
-		mm/min		
VL	Muy lenta	-	< 30 000	< 30 000
L	Lenta	< 100 000	< 75 000	< 75 000
M	Media	< 300 000	< 210 000	< 270 000
H	Alta	< 500 000	≥ 210 000	≥ 270 000
VH	Muy alta	< 700 000	-	-
EH	Extremadamente alta	≥ 700 000	-	-

n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

Nota: Para obtener cálculos confiables de la vida útil de la grasa, se deben considerar los intervalos de velocidad detallados en esta tabla.

Tabla 47: Selección de factor de velocidad

Tabla 2

Rangos de temperatura de las grasas

Rango de temperaturas		Rango	
		°C	°F
-			
L	Baja	< 50	< 120
M	Media	de 50 a 100	de 120 a 210
H	Alta	de 100 a 150	de 210 a 300
VH	Muy alta	> 150	> 300

Tabla 3

Rangos de carga de las grasas

Rango de carga		Relación de carga C/P
L	Baja	> 15
M	Media	> 8
H	Alta	< 4
VH	Muy alta	< 2

Tabla 48: Selección del rango de temperatura y carga de las grasas

$$P = 0,56 F_r + 1,7 F_a = 0,57 \text{ KN}$$

$$C/P = 22,9 / 0,57 = 40$$

Se selecciona una grasa estándar SKF según la clasificación de las condiciones de funcionamiento. Clasificación M-L-L. Según tabla se selecciona lubricante LGWA 2



Grasas SKF: especificaciones técnicas y características									
Designación	Descripción	Temperatura	Velocidad	Carga	Clase NLGI	Rango de temperaturas ¹⁾		Viscosidad del aceite base a	
						LTL	HTPL	40 °C (105 °F)	100 °C (210 °F)
-	-	-	-	-	-	°C/°F		mm ² /s	
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	M	M	L a M	2	-30 -20	120 250	110	11
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	M	M	L a M	3	-30 -20	120 250	120	12
LGEP 2	Presión extrema, cargas elevadas	M	L a M	H	2	-20 -5	110 230	200	16
LGWA 2	Amplio rango de temperaturas ²⁾ , presión extrema	Ma H	L a M	L a H	2	-30 -20	140 285	185	15
LGFP 2	Compatible con alimentos	M	M	L a M	2	-20 -5	110 230	130	7,3
LGGB 2	Ecológica, biodegradable, baja toxicidad	L a M	L a M	Ma H	2	-40 -40	90 ³⁾ 195	110	13
LGBB 2	Grasa para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	L a M	VL	Ma H	2	-40 -40	120 250	68	10
LGLT 2	Bajas temperaturas, velocidades extremadamente altas	L a M	Ma EH	L	2	-50 -60	110 230	18	4,5
LGWM 1	Presión extrema, bajas temperaturas	L a M	L a M	H	1	-30 -20	110 230	200	16

Tabla 49: Especificaciones técnicas de las grasas

Se establecen las condiciones de limpieza y se procede a realizar los cálculos.

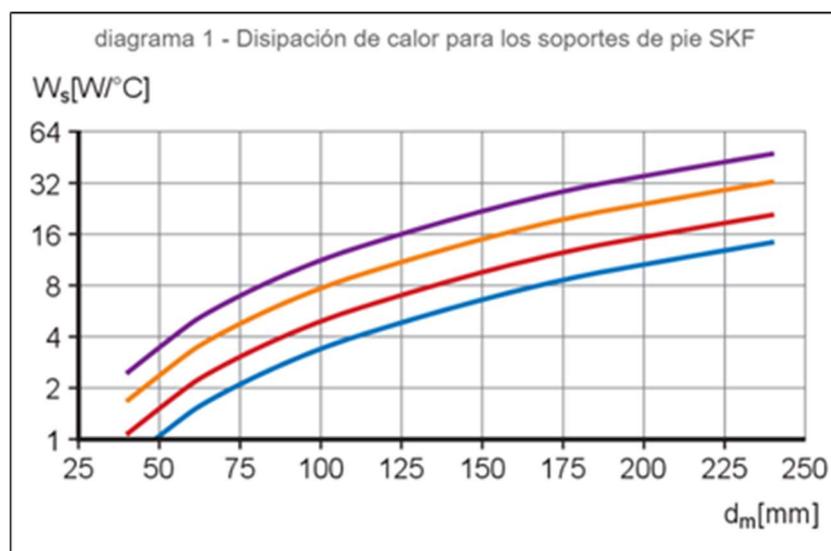
Operating conditions		
Lubrication & contamination	Shaft orientation	Radial clearance
Grease LGWA2 Normal cleanliness	Horizontal	Normal

Resultados

	BEARING PROPERTIES	6010
	MINIMUM LOAD	$F_{r,m} : 0.0998 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 2.08$
	BEARING LOADS	C/P: 22.45
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 18500 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{cr} : 17500 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 15.7$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICTION	$M : 35.7 \text{ Nmm}, P_{loss} : 2.6 \text{ W}$

Se utiliza el mismo rodamiento (SKF 6010) anteriormente utilizado en este mismo eje.

A continuación, se realiza el cálculo de temperatura de trabajo.



Referencia	Material de la base	Velocidad del aire circundante m/s	Método de disipación
	hormigón	0,5	por flujo de aire natural
	acero	0,5	
	acero	2,5	por flujo de aire forzado
	acero	5	

$$D_m = 65\text{mm}$$

$$W_s = 3 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$T_{\text{rod}} = (P_{\text{pérdida}} / W_s) + T_{\text{amb}}$	
donde	
T_{rod}	es la temperatura media de funcionamiento calculada del rodamiento [°C]
$P_{\text{pérdida}}$	es la pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s	es la disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [W/°C]
T_{amb}	temperatura ambiente [°C]

$$W_s = 3 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{perd}} = N_r = 2,6 \text{ W}$$

$$T_{\text{amb}} = 25^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{rod}} = N_r / W_s + T_{\text{amb}} = 25,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

Verificación de la temperatura de trabajo

Temperature ⓘ	
Inner ring	Outer ring
°C	
30	25

	BEARING PROPERTIES	6010
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.419 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 17.9$
	BEARING LOADS	C/P: 22.45
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 17500 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 15.7$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
<p>! High viscosity ratio κ, no asperity contact. $\kappa > 4$ will no further increase bearing rating life but result in higher viscous frictional losses.</p>		
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICTION	$M : 71.3 \text{ Nmm}$, $P_{loss} : 5.2 \text{ W}$

Por ser κ mayor a 4, **NO VERIFICA**

Modificación de la grasa seleccionada y verificación.

Mediante iteración, terminamos utilizando una grasa LEGE 2

	BEARING PROPERTIES	6010
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0935 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 1.89$
	BEARING LOADS	C/P: 22.45
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 31200 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 15.7$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$



FREQUENCIES *Please unfold to see results*

FRICION *M: 34.5 Nmm, P_{loss} : 2.5 W*

Se verifica con una temperatura ambiente alternativa a $T_{amb} = 30^{\circ}C$

$$W_s = 3 \text{ W/}^{\circ}C$$

$$P_{perd} = N_r = 2,5 \text{ W}$$

$$T_{amb} = 25^{\circ}C$$

$$T_{rod} = N_r / W_s + T_{amb} = 30,8^{\circ}C$$

BEARING PROPERTIES 6010

MINIMUM LOAD $F_{rm} : 0.0812 \text{ kN}$

VISCOSITY $\kappa : 1.53$

BEARING LOADS $C/P : 22.45$

GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL $t_f : 30000 \text{ h}$

ADJUSTED REFERENCE SPEED $n_{gr} : 31200 \text{ r/min}$

STATIC SAFETY FACTOR $S_0 : 15.7$

BEARING RATING LIFE $L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$

FREQUENCIES *Please unfold to see results*

FRICION *M: 32 Nmm, P_{loss} : 2.3 W*

A continuación, se expone un cuadro resumen con las principales características de los rodamientos seleccionados

Arbol Conductor						
	Designación	Diametro interior	Diametro exterior	Grasa	Vida Grasa	Vida Rodamiento
Rodamiento 1	6010	50mm	80mm	LEGE 2	11.500hs	10.400 hs
Rodamiento 2	6010	50mm	80mm	LEGE 2	30.000hs	200.000 hs

Se seleccionaron ambos rodamientos de la designación **SKF 6010** y se evidencia que el rodamiento 1 tendrá una vida significativamente menor al rodamiento 2 ya que será sometido a mayores esfuerzos. La vida esperada de los mismos junto con la vida de la grasa son factores que se tienen en cuenta en el mantenimiento del equipo.

Árbol Conducido- Rodamiento 1

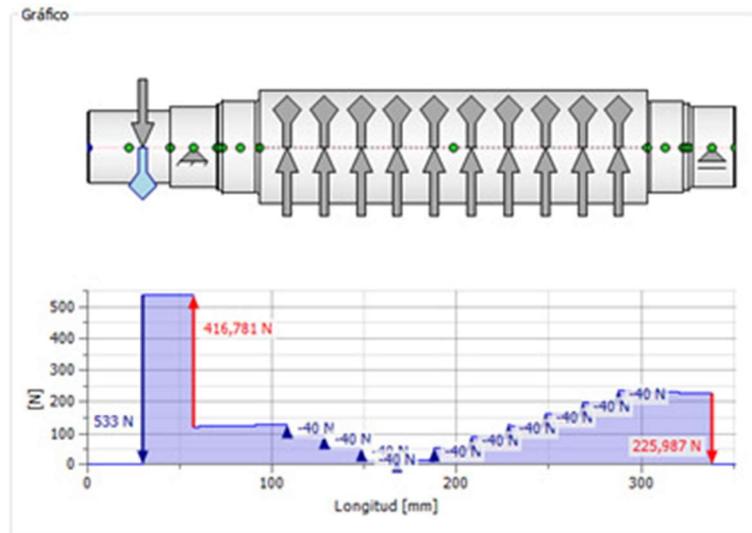


Figura 55: Diagrama de corte Árbol conducido

Para el caso del eje conducido, el procedimiento resulta igual al árbol conductor, en este caso el diámetro interior del rodamiento será igual a 45mm

× Deep groove ball bearing
▼

45 d D min-max

B min-max

Enter exact dimensions or ranges in mm to filter
(e.g. 23-27, -40)

Search designation 🔍

d	D	B	C	C ₀	Designation
mm			kN		
45	75	10	16.5	10.8	▶ 16009
45	85	19	35.2	30	209
45	85	19	35.2	30	209 NR
45	85	19	35.2	30	209-2Z

■ SKF Explorer

▶ Popular item

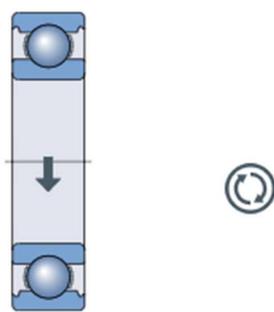
Se comienza seleccionado un rodamiento rígido de bolas para la unidad izquierda denominación **SKF 16009** para el cual se harán los siguientes cálculos.

Select calculation(s)

- [Select all](#)
- Minimum load
- Equivalent dynamic load
- Grease life and relubrication interval
- Bearing rating life
- Static safety factor
- Viscosity
- Bearing frequencies
- Friction and power loss
- Adjusted reference speed
- Fits and tolerances

Cancel
Next

Se introducen cargas, velocidad y temperaturas al software. Se tomó como temperatura de referencia 70-65°C para luego hacer el cálculo de temperatura de trabajo.



Forces		Speed	Temperature ⓘ	
Radial	Axial		Inner ring	Outer ring
kN		r/min	° C	
0.417	0	700	70	65

+ Add load case

▶ Calculate

Selección del factor de velocidad, temperatura y cargas

Tabla 1

Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa

Rango de velocidad		Factor de velocidad	Rodamientos de agujas, de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, de rodillos toroidales CARB	Rodamientos de rodillos cilíndricos
		Rodamientos de bolas		
		$A = n d_m$		
-		mm/min		
VL	Muy lenta	-	< 30 000	< 30 000
L	Lenta	< 100 000	< 75 000	< 75 000
M	Media	< 300 000	< 210 000	< 270 000
H	Alta	< 500 000	≥ 210 000	≥ 270 000
VH	Muy alta	< 700 000	-	-
EH	Extremadamente alta	≥ 700 000	-	-

n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

Nota: Para obtener cálculos confiables de la vida útil de la grasa, se deben considerar los intervalos de velocidad detallados en esta tabla.

Tabla 50: Factor de velocidad

Tabla 2

Rangos de temperatura de las grasas

Rango de temperaturas	Rango	Rango	
		°C	°F
-			
L	Baja	< 50	< 120
M	Media	de 50 a 100	de 120 a 210
H	Alta	de 100 a 150	de 210 a 300
VH	Muy alta	> 150	> 300

Tabla 3

Rangos de carga de las grasas

Rango de carga		Relación de carga C/P
L	Baja	> 15
M	Media	> 8
H	Alta	< 4
VH	Muy alta	< 2

Tabla 51: Rangos de temperatura y carga de las grasas

$$P = 0,56 F_r + 1,7 F_a = 0,234 \text{ KN}$$

$$C/P = 16,5/0,234 = 70,5$$

Se selecciona una grasa estándar SKF según la clasificación de las condiciones de funcionamiento. Clasificación M-L-L. Según tabla se selecciona lubricante LGWA 2

Grasas SKF: especificaciones técnicas y características									
Designación	Descripción	Temperatura	Velocidad	Carga	Clase NLGI	Rango de temperaturas ¹⁾		Viscosidad del aceite base a	
						LTL	HTPL	40 °C (105 °F)	100 °C (210 °F)
-	-	-	-	-	-	°C/°F		mm ² /s	
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	M	M	L a M	2	-30 -20	120 250	110	11
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	M	M	L a M	3	-30 -20	120 250	120	12
LGEP 2	Presión extrema, cargas elevadas	M	L a M	H	2	-20 -5	110 230	200	16
LGWA 2	Amplio rango de temperaturas ²⁾ , presión extrema	M a H	L a M	L a H	2	-30 -20	140 285	185	15
LGFP 2	Compatible con alimentos	M	M	L a M	2	-20 -5	110 230	130	7,3
LGGB 2	Ecológica, biodegradable, baja toxicidad	L a M	L a M	M a H	2	-40 -40	90 ²⁾ 195	110	13
LGBB 2	Grasa para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	L a M	VL	M a H	2	-40 -40	120 250	68	10
LGLT 2	Bajas temperaturas, velocidades extremadamente altas	L a M	M a EH	L	2	-50 -60	110 230	18	4,5
LGWM 1	Presión extrema, bajas temperaturas	L a M	L a M	H	1	-30 -20	110 230	200	16

Tabla 52: Especificaciones técnicas de las grasas

Se establecen las condiciones de limpieza y se procede a realizar los cálculos.

Operating conditions		
 Lubrication & contamination	 Shaft orientation	 Radial clearance
Grease LGWA2 Normal cleanliness	Horizontal	Normal

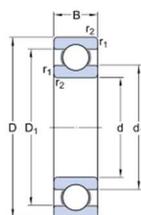
Resultados

	<u>Unfold all</u>
	BEARING PROPERTIES 16009
	MINIMUM LOAD $F_{r,m} : 0.0524 \text{ kN}$
	VISCOSITY $\kappa : 1.35$
	BEARING LOADS $C/P : 39.57$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL $t_f : 18900 \text{ h}$

	ADJUSTED REFERENCE SPEED $n_{ar} : 20000 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR $S_0 : 25.9$
	BEARING RATING LIFE $L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES <i>Please unfold to see results</i>
	FRICTION $M: 15.2 \text{ Nmm}, P_{loss} : 1.1 \text{ W}$

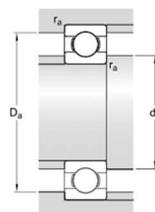
Technical specification

Display units: Metric Imperial



DIMENSIONS

d	45 mm
D	75 mm
B	10 mm
d ₁	≈ 55 mm
D ₁	≈ 65 mm
r _{1,2}	min. 0.6 mm



ABUTMENT DIMENSIONS

d _a	min. 48.2 mm
D _a	max. 71.8 mm
r _a	max. 0.6 mm

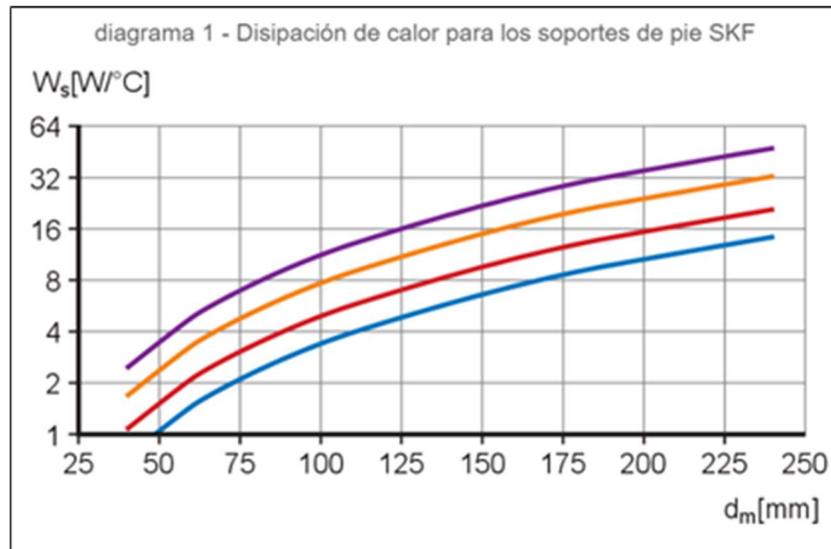
CALCULATION DATA

Basic dynamic load rating	C	16.5 kN
Basic static load rating	C ₀	10.8 kN
Fatigue load limit	P _u	0.52 kN
Reference speed		20 000 r/min
Limiting speed		12 000 r/min
Calculation factor	k _r	0.02
Calculation factor	f ₀	14.2

MASS

Mass bearing	0.17 kg
--------------	---------

A continuación, se realiza el cálculo de temperatura de trabajo.



Referencia	Material de la base	Velocidad del aire circundante	Método de disipación
		m/s	
	hormigón	0,5	por flujo de aire natural
	acero	0,5	por flujo de aire natural
	acero	2,5	por flujo de aire forzado
	acero	5	por flujo de aire forzado

$$Dm = 60mm$$

$$W_s = 2 W/^{\circ}C$$

$T_{rod} = (P_{pérdida} / W_s) + T_{amb}$

donde

T_{rod}	es la temperatura media de funcionamiento calculada del rodamiento [$^{\circ}C$]
$P_{pérdida}$	es la pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s	es la disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [$W/^{\circ}C$]
T_{amb}	temperatura ambiente [$^{\circ}C$]

$$W_s = 2 W/^{\circ}C$$

$$P_{perd} = N_r = 1,1 W$$

$$T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$$

$$T_{rod} = N_r / W_s + T_{amb} = 25,55^{\circ}\text{C}$$

Verificación de la temperatura de trabajo

Temperature ⓘ	
Inner ring	Outer ring
°C	
30	25

⌵ **Unfold all**

⌵ **BEARING PROPERTIES** 16009

⌵ **MINIMUM LOAD** $F_{rm} : 0.195 \text{ kN}$

⌵ **VISCOSITY** $\kappa : 9.68$

⌵ **BEARING LOADS** $C/P : 39.57$

⌵ **GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL** $t_f : 30000 \text{ h}$

⌵ **ADJUSTED REFERENCE SPEED** $n_{ar} : 20000 \text{ r/min}$

⌵ **STATIC SAFETY FACTOR** $S_0 : 25.9$

⌵ **BEARING RATING LIFE** $L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$

! *High viscosity ratio κ , no asperity contact. $\kappa > 4$ will no further increase bearing rating life but result in higher viscous frictional losses.*

⌵ **FREQUENCIES** *Please unfold to see results*

⌵ **FRICTION** $M : 35.4 \text{ Nmm}, P_{loss} : 2.6 \text{ W}$

Por ser κ mayor a 4, **NO VERIFICA**

Modificación de la grasa seleccionada y verificación.

Mediante iteración, terminamos utilizando una grasa LEGE 2

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0637 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 1.81$
	BEARING LOADS	$C/P: 39.57$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{ar} : 36600 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 25.9$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICITION	$M: 17.3 \text{ Nmm}, P_{loss} : 1.3 \text{ W}$

Se verifica con una temperatura ambiente alternativa a $T_{amb} = 30^\circ\text{C}$

$$W_s = 2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$P_{perd} = N_r = 1,3 \text{ W}$$

$$T_{amb} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{rod} = N_r / W_s + T_{amb} = 30,65^\circ\text{C}$$

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0554 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 1.46$
	BEARING LOADS	$C/P: 39.57$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$

	ADJUSTED REFERENCE SPEED $n_{gr} : 36600 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR $S_0 : 25.9$
	BEARING RATING LIFE $L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES <i>Please unfold to see results</i>
	FRICTION $M : 15.8 \text{ Nmm}, P_{loss} : 1.2 \text{ W}$

Árbol Conducido- Rodamiento 2

Para el caso del rodamiento derecho, seleccionamos el mismo que para el izquierdo, **SKF 16009** y realizamos los siguientes cálculos.

Select calculation(s)

Select all

<input checked="" type="checkbox"/> Minimum load	<input checked="" type="checkbox"/> Viscosity
<input checked="" type="checkbox"/> Equivalent dynamic load	<input checked="" type="checkbox"/> Bearing frequencies
<input checked="" type="checkbox"/> Grease life and relubrication interval	<input checked="" type="checkbox"/> Friction and power loss
<input checked="" type="checkbox"/> Bearing rating life	<input checked="" type="checkbox"/> Adjusted reference speed
<input checked="" type="checkbox"/> Static safety factor	<input checked="" type="checkbox"/> Fits and tolerances

Se introducen cargas, velocidad y temperaturas al software. Se tomó como temperatura de referencia $70-65^{\circ}\text{C}$ para luego hacer el cálculo de temperatura de trabajo.



Selección del factor de velocidad, temperatura y cargas

Tabla 1

Rangos de velocidad para rodamientos radiales lubricados con grasa

Rango de velocidad		Factor de velocidad Rodamientos de bolas	Rodamientos de agujas, de rodillos a rótula, de rodillos cónicos, de rodillos toroidales CARB	Rodamientos de rodillos cilíndricos
		$A = n d_m$		
-		mm/min		
VL	Muy lenta	-	< 30 000	< 30 000
L	Lenta	< 100 000	< 75 000	< 75 000
M	Media	< 300 000	< 210 000	< 270 000
H	Alta	< 500 000	≥ 210 000	≥ 270 000
VH	Muy alta	< 700 000	-	-
EH	Extremadamente alta	≥ 700 000	-	-

n = velocidad de giro [r. p. m.]
 d_m = diámetro medio del rodamiento [mm]
 $= 0,5 (d + D)$

Nota: Para obtener cálculos confiables de la vida útil de la grasa, se deben considerar los intervalos de velocidad detallados en esta tabla.

Tabla 2

Rangos de temperatura de las grasas

Rango de temperaturas		Rango	
		°C	°F
-			
L	Baja	< 50	< 120
M	Media	de 50 a 100	de 120 a 210
H	Alta	de 100 a 150	de 210 a 300
VH	Muy alta	> 150	> 300

Tabla 3

Rangos de carga de las grasas

Rango de carga		Relación de carga C/P
L	Baja	> 15
M	Media	> 8
H	Alta	< 4
VH	Muy alta	< 2

$$P = 0,56 F_r + 1,7 F_a = 0,127 \text{ KN}$$

$$C/P = 16,5 / 0,127 = 130$$

Se selecciona una grasa estándar SKF según la clasificación de las condiciones de funcionamiento. Clasificación M-L-L. Según tabla se selecciona lubricante LGWA 2



Grasas SKF: especificaciones técnicas y características									
Designación	Descripción	Temperatura	Velocidad	Carga	Clase NLGI	Rango de temperaturas ¹⁾		Viscosidad del aceite base a	
						LTL	HTPL	40 °C (105 °F)	100 °C (210 °F)
-	-	-	-	-	-	°C/°F		mm ² /s	
LGMT 2	Uso general industrial y automoción	M	M	La M	2	-30 -20	120 250	110	11
LGMT 3	Uso general industrial y automoción	M	M	La M	3	-30 -20	120 250	120	12
LGEP 2	Presión extrema, cargas elevadas	M	La M	H	2	-20 -5	110 230	200	16
LGWA 2	Amplio rango de temperaturas ²⁾ , presión extrema	Ma H	La M	La H	2	-30 -20	140 285	185	15
LGFP 2	Compatible con alimentos	M	M	La M	2	-20 -5	110 230	130	7,3
LGGB 2	Ecológica, biodegradable, baja toxicidad	La M	La M	Ma H	2	-40 -40	90 ²⁾ 195	110	13
LGBB 2	Grasa para rodamientos de orientación y de palas de turbinas eólicas	La M	VL	Ma H	2	-40 -40	120 250	68	10
LGLT 2	Bajas temperaturas, velocidades extremadamente altas	La M	Ma EH	L	2	-50 -60	110 230	18	4,5
LGWM 1	Presión extrema, bajas temperaturas	La M	La M	H	1	-30 -20	110 230	200	16

Se establecen las condiciones de limpieza y se procede a realizar los cálculos.

Operating conditions		
Lubrication & contamination <i>Grease</i> <i>LGWA2</i> <i>Normal cleanliness</i>	Shaft orientation <i>Horizontal</i>	Radial clearance <i>Normal</i>

Resultados

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.068 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 2$
	BEARING LOADS	$C/P : 73.01$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 18900 \text{ h}$



- ⌚
 ADJUSTED REFERENCE SPEED $n_{ar} : 20000 \text{ r/min}$
- S_s
 STATIC SAFETY FACTOR $S_0 : 47.8$
- L₁₀
 BEARING RATING LIFE $L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
- 🔊
 FREQUENCIES *Please unfold to see results*
- μ
 FRICTION $M : 12.2 \text{ Nmm}, P_{loss} : 0.9 \text{ W}$

A continuación, se realiza el cálculo de temperatura de trabajo.



Referencia	Material de la base	Velocidad del aire circundante	Método de disipación
		m/s	
—	hormigón	0,5	por flujo de aire natural
—	acero	0,5	por flujo de aire natural
—	acero	2,5	por flujo de aire forzado
—	acero	5	por flujo de aire forzado

$$D_m = 60 \text{ mm}$$

$$W_s = 2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$



$$T_{rod} = (P_{p\acute{e}rdida} / W_s) + T_{amb}$$

donde

T_{rod}	es la temperatura media de funcionamiento calculada del rodamiento [°C]
$P_{p\acute{e}rdida}$	es la pérdida de potencia por fricción del rodamiento [W]
W_s	es la disipación total de calor por grado por encima de la temperatura ambiente [W/°C]
T_{amb}	temperatura ambiente [°C]

$$W_s = 2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$P_{perd} = N_r = 0,9 \text{ W}$$

$$T_{amb} = 25^\circ\text{C}$$

$$T_{rod} = N_r / W_s + T_{amb} = 25,45 \text{ }^\circ\text{C}$$

Verificación de la temperatura de trabajo

Temperature ⓘ	
Inner ring	Outer ring
°C	
30	25

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.286 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 17.2$
	BEARING LOADS	$C/P : 73.01$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$

	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 20000 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 47.8$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
! High viscosity ratio k , no asperity contact. $k > 4$ will no further increase bearing rating life but result in higher viscous frictional losses.		
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICION	$M : 27.7 \text{ Nmm}, P_{loss} : 2 \text{ W}$

Por ser k mayor a 4, **NO VERIFICA**

Modificación de la grasa seleccionada y verificación.

Mediante iteración, terminamos utilizando una grasa LEGE 2

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{rm} : 0.0637 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 1.81$
	BEARING LOADS	$C/P : 73.01$
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{gr} : 36600 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 47.8$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICION	$M : 11.7 \text{ Nmm}, P_{loss} : 0.86 \text{ W}$

Se verifica con una temperatura ambiente alternativa a $T_{amb} = 30^\circ\text{C}$



$$W_s = 2 \text{ W/}^\circ\text{C}$$

$$P_{\text{perd}} = N_r = 0,86 \text{ W}$$

$$T_{\text{amb}} = 30^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{rod}} = N_r / W_s + T_{\text{amb}} = 30,43 \text{ }^\circ\text{C}$$

	BEARING PROPERTIES	16009
	MINIMUM LOAD	$F_{r,m} : 0.0554 \text{ kN}$
	VISCOSITY	$\kappa : 1.46$
	BEARING LOADS	C/P: 73.01
	GREASE LIFE AND RELUBRICATION INTERVAL	$t_f : 30000 \text{ h}$
	ADJUSTED REFERENCE SPEED	$n_{or} : 36600 \text{ r/min}$
	STATIC SAFETY FACTOR	$S_0 : 47.8$
	BEARING RATING LIFE	$L_{10mh} : > 2 \times 10^5 \text{ h}$
	FREQUENCIES	Please unfold to see results
	FRICITION	$M : 10.5 \text{ Nmm}, P_{\text{loss}} : 0.78 \text{ W}$

A continuación, se expone un cuadro resumen con las principales características de los rodamientos seleccionados

Arbol Conducido						
	Designación	Diametro interior	Diametro exterior	Grasa	Vida Grasa	Vida Rodamiento
Rodamiento 1	16009	45mm	75mm	LEGE 2	30.000hs	200.000 hs
Rodamiento 2	16009	45mm	75mm	LEGE 2	30.000hs	200.000 hs

Se concluye utilizar ambos rodamientos de denominación **SKF 16009** para el árbol conducido. En este caso, los rodamientos resultan tener una gran cantidad de horas de vida ya que los esfuerzos a los que serán sometidos son bajos y la vida de la grasa será un factor crítico en dicho mantenimiento.

6.4.8.2.6 Bastidor de trituradora

El bastidor o caja será el elemento soporte de los ejes de la trituradora, así como sus componentes asociados.

Se ha decidido optar por un diseño que permita su ensamble por separado, para luego finalizar con un conjunto soldado.

El material a utilizar será un acero al carbono SAE 1045 de espesor 6mm. A continuación, se ilustran los componentes del bastidor.

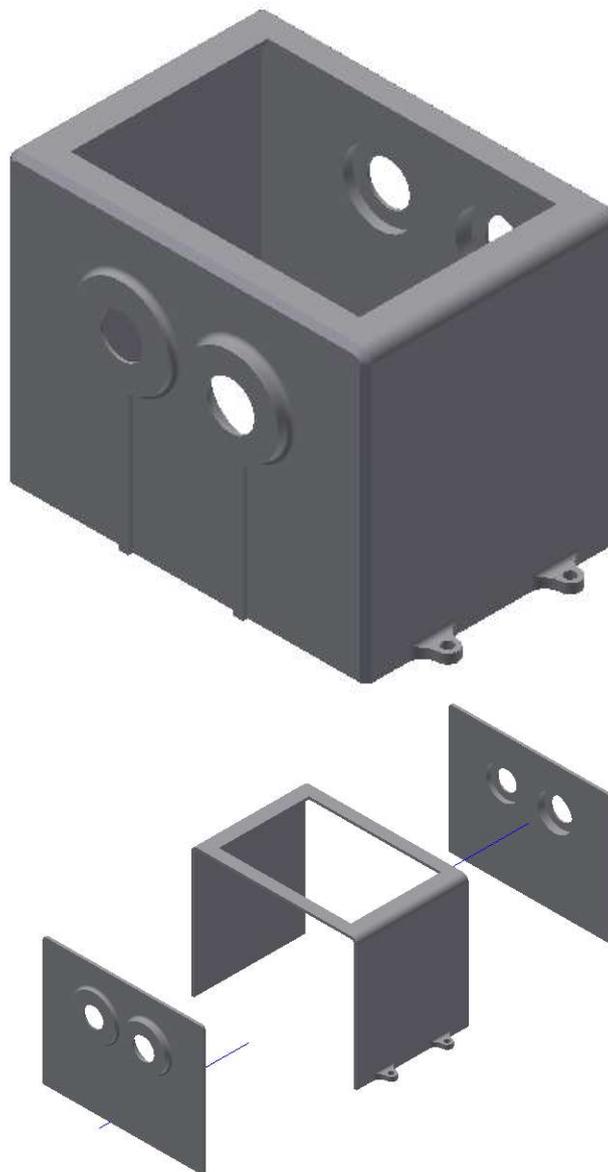


Figura 56: Bastidor Modelado en 3D

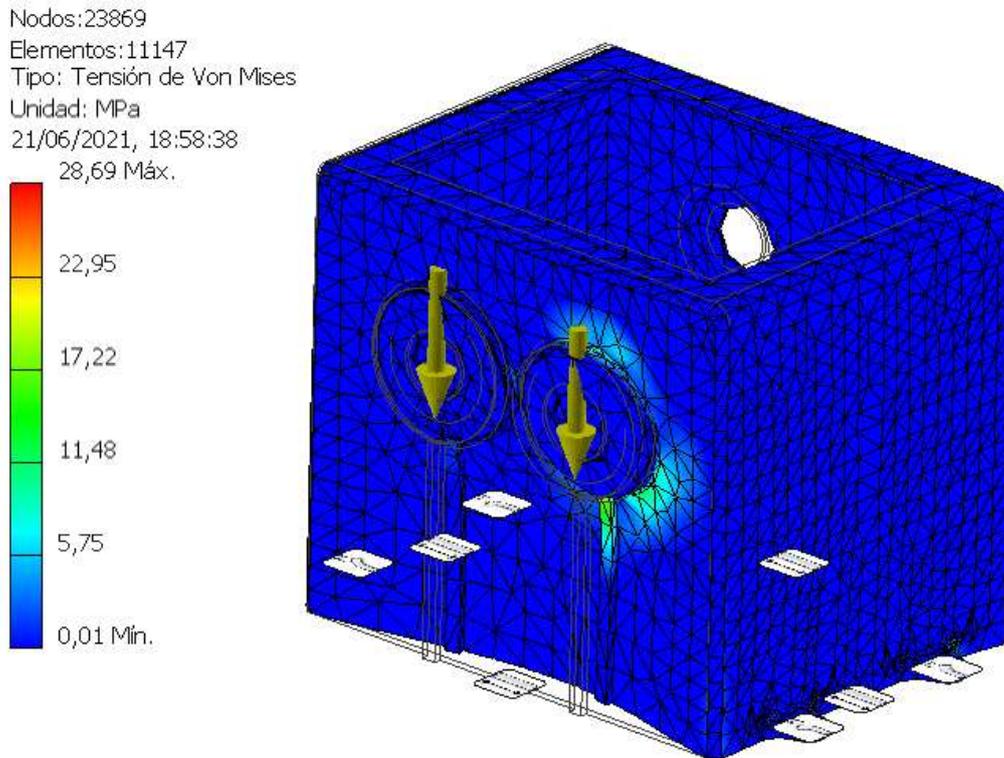


Figura 57: Diagrama de tensiones principales de Von Mises

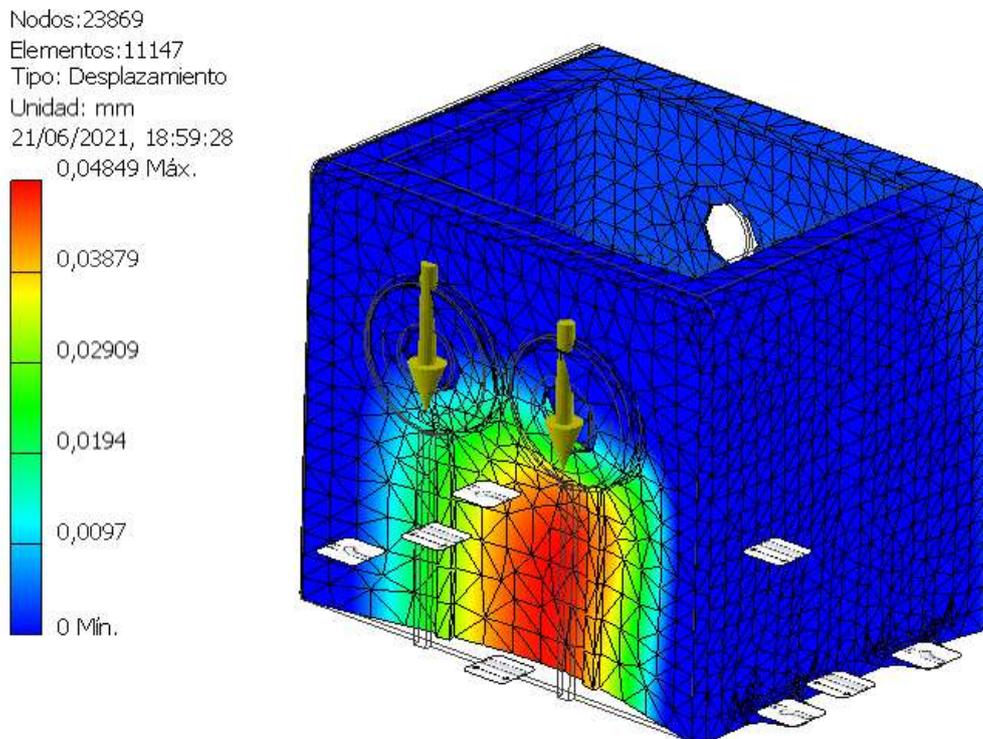


Figura 58: Diagrama de desplazamiento por deformaciones en la estructura

Composición vectorial de esfuerzos

Los esfuerzos en el bastidor son transmitidos mediante los rodamientos. El análisis principal será sobre la tapa donde se encuentran los engranajes y la polea, debido a su mayor esfuerzo transmitido por los árboles, siendo las fuerzas actuantes las siguientes:

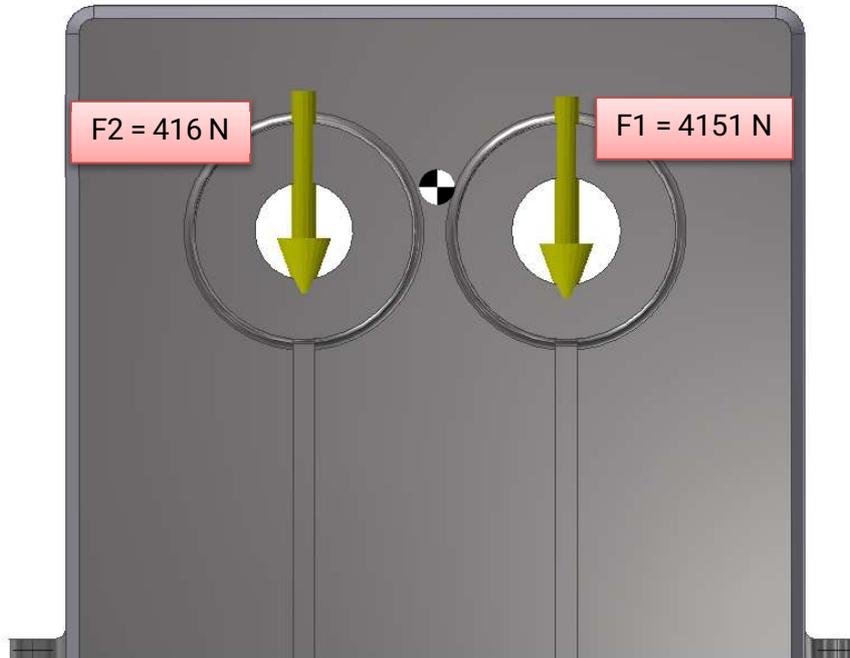


Figura 59: Fuerzas transmitidas por los rodamientos al bastidor

Cálculo del baricentro del cordón de soldadura

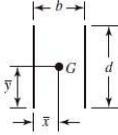
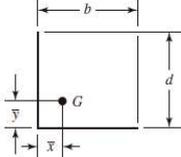
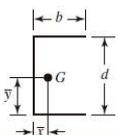
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento polar unitario del área
	$A = 0.70 \, hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = d^3/12$
	$A = 1.41 \, hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2(b+d)}$ $\bar{y} = \frac{d^2}{2(b+d)}$	$J_u = \frac{(b+d)^4 - 6b^2d^2}{12(b+d)}$
	$A = 0.707h(2b + d)$	$\bar{x} = \frac{b^2}{2b+d}$ $\bar{y} = d/2$	$J_u = \frac{8b^3 + 6bd^2 + d^3}{12} - \frac{b^4}{2b+d}$

Tabla 53:Tabla de fórmulas para cálculo de baricentro, área de garganta y segundo momento polar unitario del área. Fuente: Budynas, R. and Nisbett, J., 2008. Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (8a. ed.). Distrito Federal: McGraw-Hill Interamericana, p.466

$$\bar{X} = \frac{b^2}{2(b+d)} = \frac{(302\text{mm})^2}{2(302\text{mm} + 338\text{mm})} = 71,25 \text{ mm}$$

$$\bar{Y} = \frac{d}{2} = \frac{338\text{mm}}{2} = 169 \text{ mm}$$

- Apoyo 1 (60mm ;25mm)
- Apoyo 2 (-60mm ;25mm)

Nótese que las posiciones de las fuerzas son consideradas desde el baricentro de la tapa del bastidor.

$$\sum F_y = 4151 \text{ N} + 416 \text{ N} = 4567 \text{ N}$$

$$\sum M_z = 4151 \text{ N} * 0,06 \text{ m} - 416 \text{ N} * 0,06\text{m} = 224,1 \text{ Nm}$$

Para el análisis de resistencia de soldadura se utilizará ayuda del software Autodesk Inventor 2019, sometiendo al conjunto a los esfuerzos de corte y momento obtenidos.

6.5.8.2.7 Diseño y análisis de soldadura

Se ha dispuesto un cordón de soldadura en ángulo mediante electrodo revestido serie E6013.

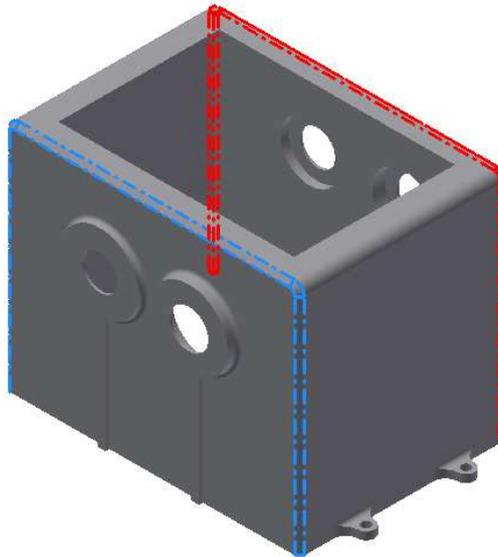


Figura 60: Esquema de ubicación de cordones de soldadura

Cálculo de coeficientes de seguridad para soldadura:

A continuación, se seleccionarán coeficientes de seguridad para el dimensionamiento del cordón de soldadura. Como fuente se ha decidido adoptar tablas y recomendaciones de diseño según el Manual del Ingeniero – Autodesk Inventor:

$$\sigma_e = \sigma'_e k_a k_b k_c k_d k_e k_f \text{ [MPa, lpc]}$$

donde:

σ'_e	límite de resistencia básica de una barra de prueba del material seleccionado [MPa, lpc]
k_a	factor de superficie [-]
k_b	factor de tamaño [-]
k_c	factor de fiabilidad [-]
k_d	factor de temperatura de funcionamiento [-]
k_e	factor modificado de concentración de tensión [-]
k_f	factor de efectos diversos [-]

1. Límite de resistencia básica σ'_e

Si no dispone de los resultados de las pruebas del material seleccionado para la unión por soldadura y no conoce el valor exacto del límite de resistencia básica, puede calcular su valor. El cálculo diseña el límite básico de resistencia mediante las siguientes fórmulas empíricas.

$$\sigma'_e \approx 0.5 S_U \text{ - para plegado invertido}$$

$$\sigma'_e \approx 0.4 S_U \text{ - para tracción invertida - presión}$$

$$\sigma'_e \approx 0.28 S_U \text{ - para torsión invertida (corte)}$$

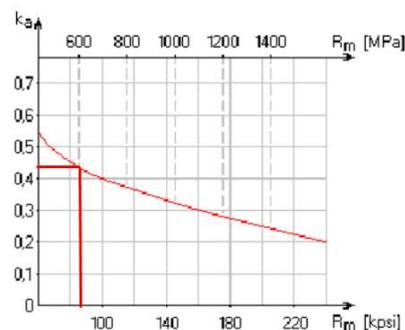
S_U tensión máxima de tracción [MPa, lpc]

Sin embargo, dado que se conoce el límite de resistencia del material del electrodo revestido serie E60XX, se utilizará dicho valor.

2. Factor de superficie k_a

Para describir la dependencia del límite de resistencia en la calidad de la superficie, la resistencia a la fatiga de la pieza con carga de fatiga asciende con el aumento de la calidad de la superficie. Este efecto se aprecia más en materiales de alta calidad. Utilice curvas experimentales para describir el efecto que la calidad de la superficie tiene en el límite de resistencia según la resistencia del material y para distintas superficies maquinadas.

La siguiente curva para uniones por soldadura de calidad estándar se utiliza para determinar el factor k_a .



3. Factor de tamaño k_b

El tamaño de la junta no afecta a la resistencia a la fatiga de las uniones por soldadura cargadas con tracción invertida (presión). Por lo tanto, el factor de tamaño para este tipo de carga es $k_b = 1$.

Cuando la junta está cargada con plegado invertido o torsión (de corte), su tamaño puede afectar en gran medida a su resistencia a la fatiga. La resistencia disminuye cuando las cotas de la junta aumentan.

La determinación de la relación exacta entre el tamaño de la soldadura y la resistencia a la fatiga de la junta solo se puede realizar mediante pruebas de fatiga experimentales en la unión por soldadura especificada. Resulta prácticamente imposible. Por ello, se ha desarrollado un procedimiento teórico simplificado que tiene su origen en las pruebas de fatiga experimentales realizadas en barras de prueba uniformes de distintos diámetros. Este procedimiento permite estimar el tamaño aproximado del factor k_b , según la teoría que recoge que el diámetro comparativo virtual de una barra de prueba se puede asignar a la sección concreta de la soldadura.

A continuación se incluyen las fórmulas de cálculo para la determinación del factor k_b .

$$k_b = 0.869 \cdot \bar{d}^{-0.097}$$

- Unidades imperiales

$$k_b = 1.189 \cdot \bar{d}^{-0.097}$$

- unidades métricas

siempre que se cumpla lo siguiente:

$$k_b \geq 0.6$$

$$k_b = 1 \text{ para}$$

$$\bar{d} < 0.3 \text{ [in]}, \quad \bar{d} < 8 \text{ [mm]}$$

donde la fórmula se utiliza para el cálculo del diámetro comparativo virtual:

$$\bar{d} \approx \sqrt{\frac{0.06 \cdot A}{0.0766}}$$

$$k_b = 1$$

4. Factor de fiabilidad k_c

Este factor representa la influencia de la fiabilidad requerida de la junta en combinación con el valor de la resistencia a la fatiga. El valor del factor se incluye en el rango $<0,5 \dots 1>$ y disminuye con el aumento de los requisitos de fiabilidad. El valor de $k_c = 1$ corresponde a una fiabilidad del 50 por ciento, es decir, un 50 de probabilidad de que falle la unión por soldadura cargada con la fatiga específica.

La práctica habitual nos dice que lo más común es disponer de piezas mecánicas con un 95 por ciento de fiabilidad. En el caso de que el fallo de las juntas pueda suponer una amenaza para las vidas humanas o provocar pérdidas económicas significativas, se deberá seleccionar una unión por soldadura con mayor fiabilidad.

5. Factor de temperatura de funcionamiento k_d

El efecto que la temperatura de funcionamiento tiene sobre el límite de resistencia depende en gran medida de las propiedades del material utilizado. El límite de resistencia de los aceros estructurales de uso común que funcionan en el rango aproximado de -20 a 200 °C no depende en exceso de la temperatura y, por tanto, se puede utilizar el factor $k_d = 1$.

Los diseños que tienen en cuenta los fallos de fatiga a altas temperaturas suponen un problema complejo, ya que, en general, surgen interacciones entre la deformación, la fatiga y las inestabilidades metalúrgicas. La información teórica que describe este problema no es lo suficientemente completa. Utilice los resultados de las pruebas experimentales para un buen cálculo del factor k_d .

$$k_c = 0,85$$

$$k_d = 1$$

6. Factor modificado de concentración de tensión k_e

En las juntas se originan concentraciones de altas tensiones locales cuando la unión por soldadura tiene carga de fatiga debido al efecto de la muesca de la soldadura. Estas concentraciones reducen considerablemente la resistencia a la fatiga de la junta. El factor modificado de concentración de tensión viene determinado por la fórmula $k_e = 1/K$, donde el factor K de reducción de resistencia a la fatiga depende del tipo, la forma, el diseño, la calidad y la carga de unión de la soldadura. A continuación, se proporcionan los valores recomendados del factor de concentración de tensión para los tipos y las cargas de soldadura seleccionados.

Tipo de soldadura, método de carga	K
Soldadura a tope final cargada con plegado y tracción (presión)	1.2
Soldadura a tope final con torsión (de corte)	1.8
Junta en T con soldadura a tope de doble cara	2.0
Soldadura de empalme con carga perpendicular	1.5
Soldadura de empalme con carga paralela al eje de soldadura	2.7

Si se tiene en cuenta la aparición de concentraciones de tensión local, las piezas más peligrosas de la unión por soldadura son las transiciones entre la soldadura y el material básico. Por este motivo, se debe tener cuidado y utilizar un diseño de soldadura adecuado, así como una mecanización perfecta de las caras de transición y las uniones por soldadura están cargadas con fatiga. La raíz mal soldada de una soldadura a tope o un hueco no soldado en la raíz de una soldadura de empalme podrían influir negativamente en la vida útil de la fatiga de la soldadura. Tenga en cuenta la calidad del diseño de la soldadura al definir un factor de tamaño de concentración de tensión.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los factores y el límite de resistencia básica, se obtiene:

$$\sigma_{adm} = 0,85 * 0,45 * 0,55 * S_u = 0,2103 * S_u$$

El coeficiente de seguridad sobre la tensión máxima de tracción resulta ser 4,753.

Se utilizará un electrodo serie E60XX, el cual tiene las siguientes propiedades mecánicas:

$$S_u = 425 \text{ Mpa (resistencia máxima a tracción)}$$

$$S_y = 345 \text{ Mpa (límite de elasticidad)}$$

Dado que el software Autodesk Inventor trabaja sobre el límite de elasticidad:

$$\sigma_{adm} = \frac{1}{N_s} \cdot S_u = \frac{1}{N_{s2}} S_y$$

$$\frac{1}{N_{s2}} = \frac{425 \text{ Mpa} \cdot 0,2103}{345 \text{ Mpa}}$$

$$N_{s2} = 3,86$$

$$\therefore \sigma_{adm} = 89,38 \text{ Mpa}$$

Los análisis se realizarán para un valor de altura de soldadura inicial de 6mm, análogamente al espesor de la chapa.

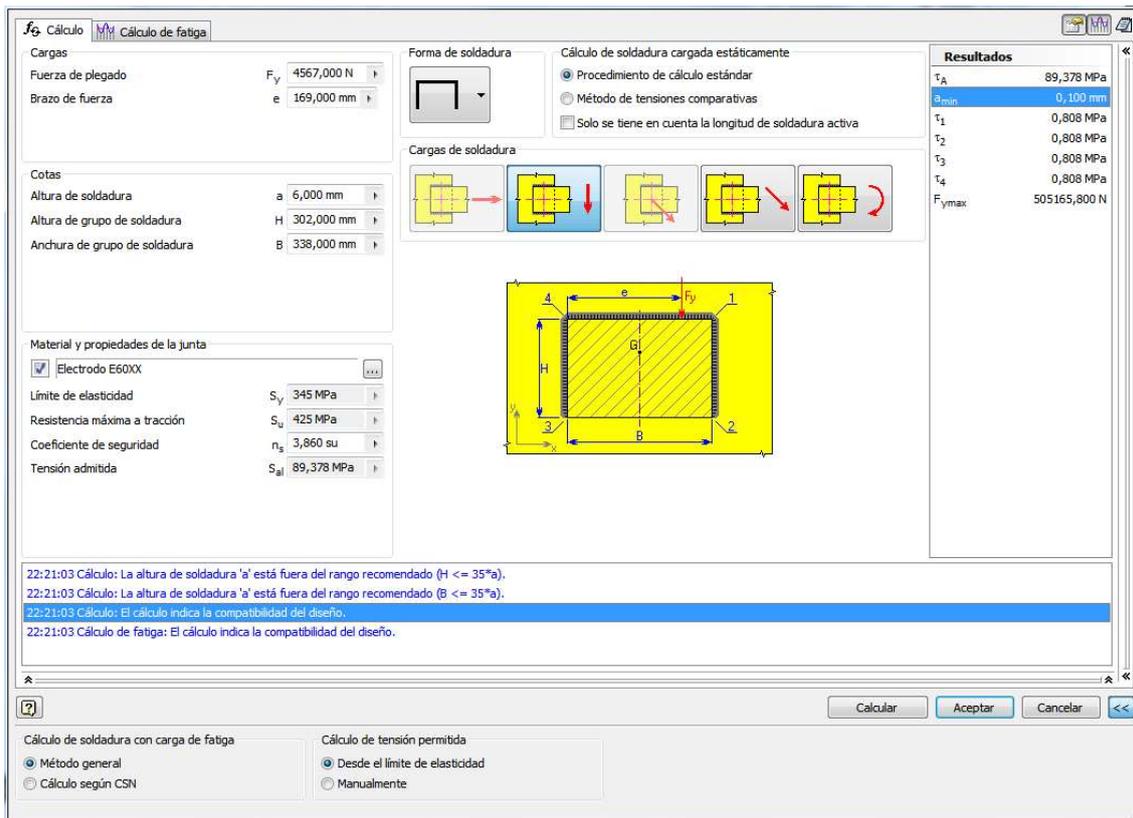


Figura 61: Análisis de resistencia al corte

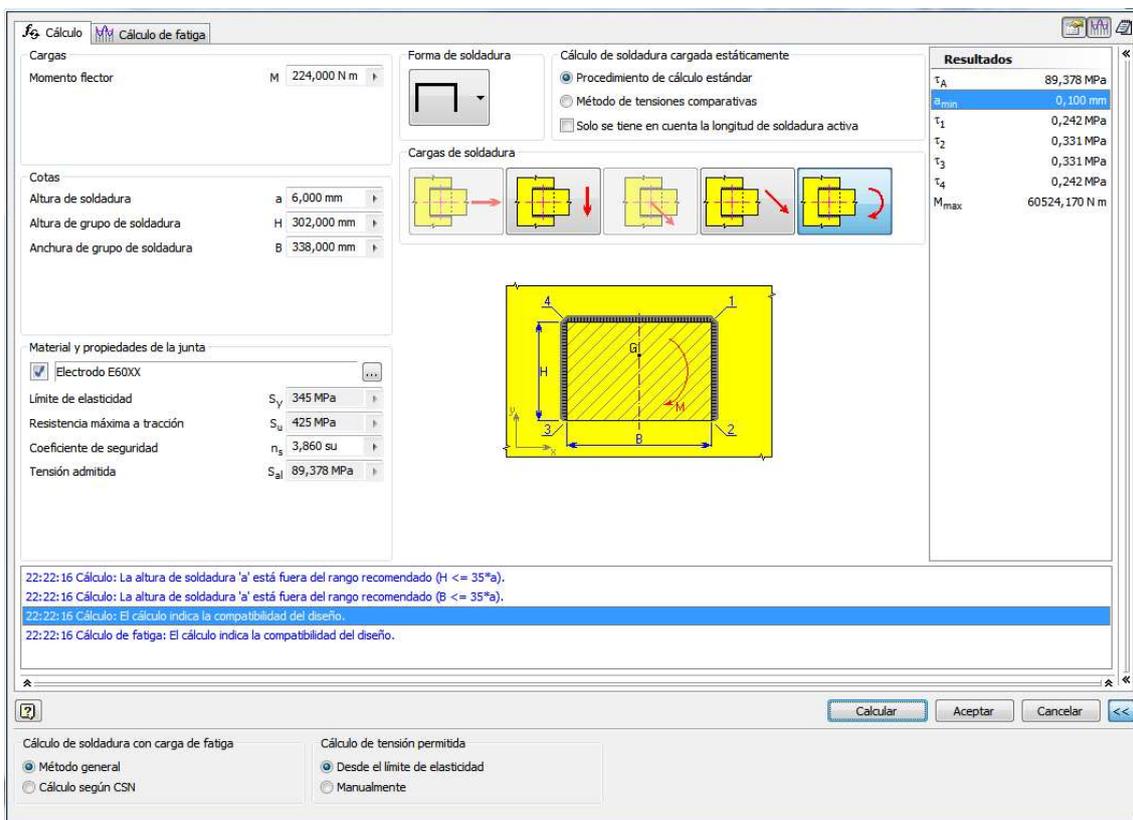


Figura 62: Análisis de resistencia a la torsión

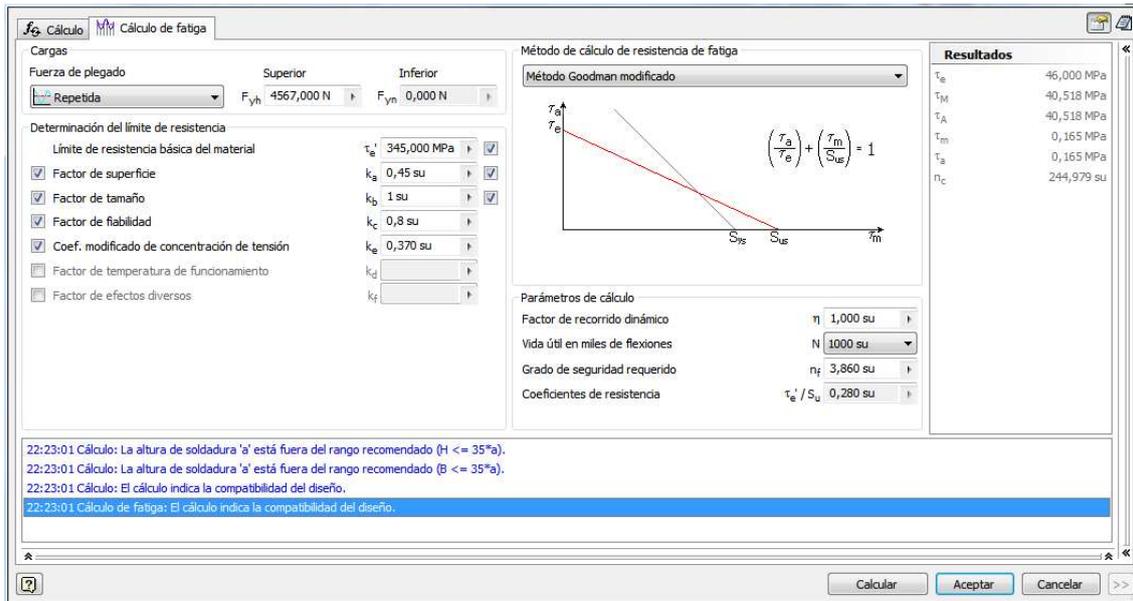


Figura 63: Análisis de resistencia a la fatiga al corte mediante el método de Goodman modificado

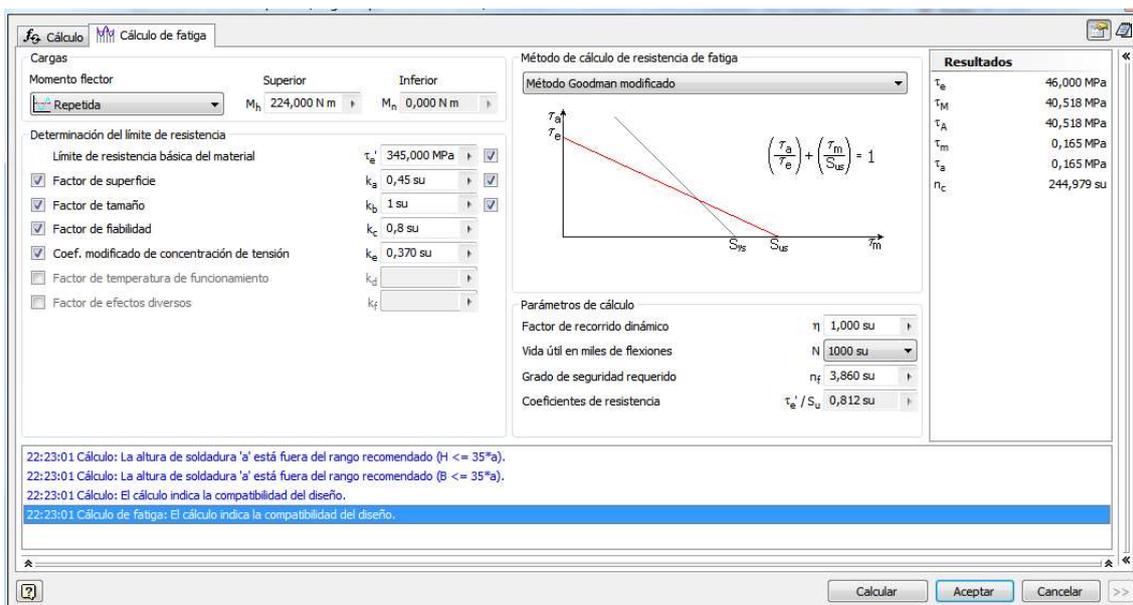


Figura 64: Análisis de resistencia a la fatiga a la torsión mediante el método de Goodman modificado

Se puede observar que la soldadura verifica para altura de soldadura mayor a 1mm, siendo 6mm el adoptado, debido al espesor de la chapa. Dado que la otra tapa tiene la misma configuración de soldadura con una carga menor, también verifica al mismo análisis.

6.4.8.2.8 Uniones Roscadas

Esta etapa del proyecto consiste en dimensionar las uniones roscadas que permiten fijar la caja a una base empotrada en el piso.

Se determinó seleccionar cuatro restricciones fijas distribuidas en la base.

Cálculo de las reacciones de vínculo

Para el cálculo de las reacciones de vínculo se utilizó el Autodesk Inventor.

Para simplificar el cálculo de las reacciones, se aplicaron las cargas externas solamente sobre la estructura de la caja. Sin embargo, el peso considerado fue el peso total (incluidos engranajes, ejes, cuchillas y polea).

Además de las cargas se establecieron cuatro agujeros, que es donde se colocarán las uniones roscadas.

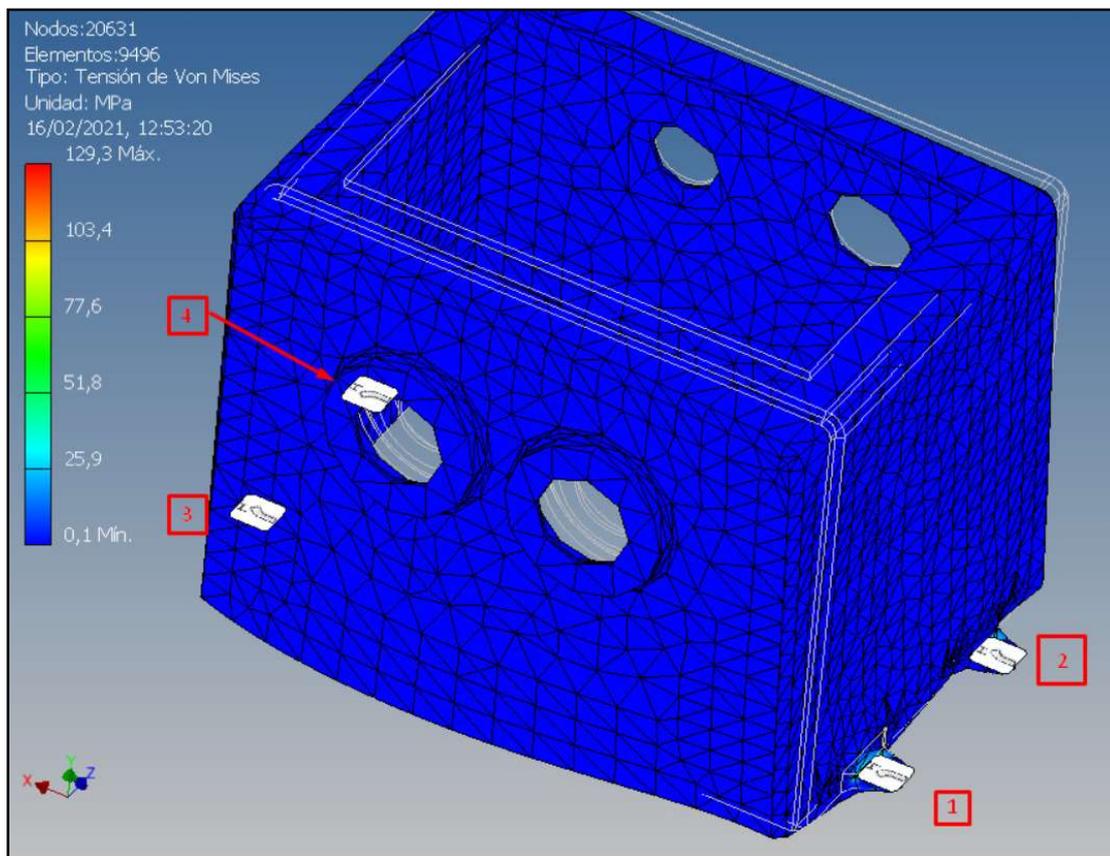


Figura 65: Caja de trituración modelada

Se obtuvieron valores de fuerzas y pares de reacción en cada uno de los cuatro agujeros con sus correspondientes componentes según la terna de referencia (x, y, z).

▣ **Fuerza y pares de reacción en restricciones**

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	2566,11 N	863,847 N	1,32644 N m	0,329885 N m
		-2406,03 N		0,223949 N m
		222,953 N		1,2651 N m
Restricción fija:2	3887,88 N	-1250,21 N	2,26704 N m	0,593373 N m
		3672,93 N		0,218097 N m
		-249,428 N		-2,17711 N m
Restricción fija:3	4500,74 N	503,156 N	2,89368 N m	0,453724 N m
		4471,8 N		0,149594 N m
		80,597 N		2,85397 N m
Restricción fija:4	2427,23 N	-281,876 N	1,47833 N m	0,608838 N m
		-2410,19 N		0,227699 N m
		-54,2538 N		-1,32776 N m

Tabla 54: Resultados de fuerzas por Autodesk Inventor

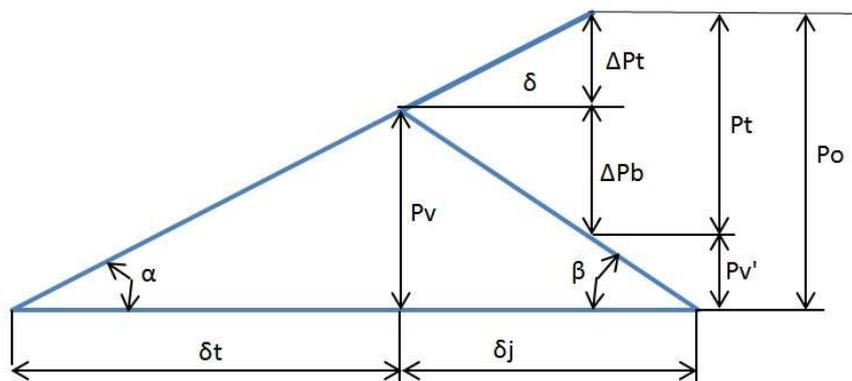


Figura 66: Diagrama de la junta de la base

Cálculo de la fuerza de apriete mínima total $P_{v'tot}$

$$RX = P_{v'tot} * \mu$$

Según la siguiente tabla, se selecciona el coeficiente de rozamiento asumiendo que las dos piezas son de acero sin presencia de lubricantes, de tabla 1 $\rightarrow \mu = 0,15$

Combinación de materiales	μ	
	Seco	Lubricado
Acero-Acero	0,10 a 0,23	0,07 a 0,12
Acero - Fundición gris	0,12 a 0,24	0,06 a 0,10
Fundición gris - Fundición gris	0,15 a 0,30	0,2
Bronce - Acero	0,12 a 0,28	0,18
Fundición gris - Bronce	0,28	0,15 a 0,20
Acero - Aleaciones de cobre	0,07	-
Acero - Aleaciones de aluminio	0,10 a 0,28	0,5 a 0,18
Aluminio - Aluminio	0,21	-

Tabla 55: Coeficiente de rozamiento por materiales

$$Pv'tot_1 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_1 = \frac{2566,11}{0,15} \rightarrow Pv'tot_1 = 17107 N$$

$$Pv'tot_2 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_2 = \frac{3887,88}{0,15} \rightarrow Pv'tot_2 = 25919 N$$

$$Pv'tot_3 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_3 = \frac{4500,74}{0,15} \rightarrow Pv'tot_3 = 30005 N$$

$$Pv'tot_4 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_4 = \frac{2427,23}{0,15} \rightarrow Pv'tot_4 = 16182 N$$

Cálculo de la fuerza de apriete mínima por tornillo Pv'

Usando el valor de la reacción 3 (ya que es el más solicitado):

$$Pv' = \frac{Pv'tot}{n \text{ de tornillos}} \rightarrow Pv' = \frac{30005}{1} \rightarrow 30005 N$$

Cálculo de la carga máxima de tracción por tornillos

$$Po = Pv' + Pt$$

Siendo:

$$Pt = \frac{Ry}{N \text{ de tornillos}}$$

PT1	-2406,03 N
PT2	3672,93 N
PT3	4471,8 N
PT4	-2410,19 N

Considerando que se trata de una caja bidireccional se sumará el módulo de Pt (en la dirección calculada es compresión), obteniendo de dicha forma un resultado más conservativo

$$Po_{max} = Pv' + Pt = 30005 N + 4471,8N = 34476,8 N$$

Selección del material del tornillo

Clase del tornillo	σ_R N/mm ² (Mpa)	σ_f N/mm ² (Mpa)	Propiedad tuerca recomendada
3.6	300	180	4
4.6	400	240	4
4.8	400	320	4
5.6	500	300	5
5.8	500	400	5
6.8	600	480	6
8.8	800	640	8
9.8	900	720	10
10.9	1000	900	10
12.9	1200	1080	12

Tabla 56: Calidades de tornillos

Se utilizará un tornillo de calidad 12.9, con un coeficiente de seguridad N_s de 2.
Se procede a calcular la tensión admisible del tornillo

$$\sigma_{adt} = \frac{\sigma_f}{N_s} = \frac{1080 \text{ N/mm}^2}{2} = 540 \text{ N/mm}^2$$

Cálculo de la sección resistente mínima del tornillo y selección del diámetro nominal:

$$\sigma_{adt} = \frac{P_o}{A_{tmin}}; A_{tmin} = \frac{P_o}{\sigma_{adt}}; A_{tmin} = \frac{34476,8 \text{ N}}{540 \text{ N/mm}^2}$$

$$A_{tmin} = 63,84 \text{ mm}^2$$

Se selecciona un tornillo de paso métrico normal M12 según ISO 898/I-1988 que cumple con Sección Resistente (A_t) > A_{tmin} .

Diámetro (Denom)	Diámetro	Diámetro del núcleo	Paso	Sección resistente	Altura del filete	Ancho del filete
	d (mm)	d3 (mm)	P(mm)	As (mm ²)	H1 (mm)	b (mm)
M3	3	2,35	0,50	5,03	0,32	0,42
M3,5	3,5	2,72	0,60	6,78	0,39	0,50
M4	4	3,09	0,70	8,78	0,45	0,58
M5	5	3,96	0,80	14,20	0,52	0,67
M6	6	4,70	1,00	20,10	0,65	0,83
M7	7	5,70	1,00	28,90	0,65	0,83
M8	8	6,38	1,25	36,60	0,81	1,04
M10	10	8,05	1,50	58,00	0,97	1,25
M12	12	9,73	1,75	84,30	1,14	1,46

Tabla 57: Selección de tornillos - Fuente: ISO 898/I-1988

El mismo posee las siguientes características:

Diámetro del tornillo seleccionado (Denominación)	d (denom)	M12	
Diámetro del tornillo seleccionado	d	12,00	mm
Diámetro del núcleo	d3	9,73	mm
Paso	P	1,75	mm
Área del núcleo del tornillo	At	84,30	mm ²
Altura del filete	h	1,14	mm
Ancho del filete	b	1,46	mm

Tabla 58: Características tornillo seleccionado

Se determina el diámetro de apoyo de la cabeza del tornillo

$$S = 1,5 d = 18 \text{ mm}$$

Y se selecciona el diámetro del agujero "da", tal que $d_a > d$

$$da = 13 \text{ mm}$$

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Separación entre tornillos mínima requerida	Smin	42	mm	$S_{\min} = 3,5 \times d$
Área nominal de la junta	Ab	131,8	mm ²	$Ab = \pi (s^2 - da^2) / 4$
Constante elástica de tornillo	kt	1770300,0	N/mm	$kt = At Et / (100 e)$
Constante elástica de la junta	kb	2766761,4	N/mm	$kb = Ab Eb / (100 e)$
Variación de carga en la junta	Δpb	666,7	N	$\Delta pb = Pti kb / (kt+kb)$
Variación de carga en el tornillo	Δpt	426,6	N	$\Delta pt = \Delta pb kt/kb$
Precarga necesaria	Pvi	7955,7	N	$Pvi = Po - \Delta pt$
Precarga necesaria	Pvi	8,0	kN	$Pvi \text{ (kN)} = Pvi \text{ (N)} / 1000$

Tabla 59: *Párametros de instalación tornillo seleccionado*

Cálculo de torque de apriete

Se selecciona el coeficiente de fricción del tornillo vs pieza y de la cabeza del tornillo vs la pieza, asumiendo que son dos piezas de acero sin presencia de lubricantes

$$uth = 0,15$$

$$ub = 0,15$$

Se ingresa un ángulo de filete de 60 grados ya que se trata de una rosca de una rosca métrica

$$\alpha = 60^\circ$$

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Ángulo del filete	α	1,05	rad	$\alpha_{\text{rad}} = \alpha_{\text{grad}} \times 2\pi / 360$
Diámetro efectivo de la cabeza del tornillo	Db	15	mm	$Db = (s+d)/2$
Coficiente 1 (Precarga efectiva)	k1	0,28	mm	$k1 = P/2\pi$
Coficiente 2 (Efecto del rozamiento entre filetes)	k2	1,04	mm	$k2 = d \mu_{th} / 2 \cos(\alpha/2)$
Coficiente 3 (Efecto del rozamiento de la cabeza)	k3	1,13	mm	$k3 = Db \mu_b / 2$
Torque	T	19,43	Nm	$T = Pvi \times (k1+k2+k3) \rightarrow Pv \text{ (kN)}$

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de aplastamiento en los filetes

Tensión de aplastamiento mínima admisible	$\sigma_{p \text{ ad}}$	320	N/mm ² (Mpa)	Seleccionar el valor de σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca
Área de aplastamiento de un filete	Aapf	34,73	mm ²	$Aapf = \pi \times d3 \times h$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	0,75	hilos	$i = Po / (\sigma_{p \text{ ad}} \times Aap)$
Longitud mínima de contacto	Lmin	1,32	mm	$L_{\min} = P \times n^\circ \text{ fill}$

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de corte en los filetes

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Tensión de corte mínima admisible	Tad	240	N/mm ² (Mpa)	Seleccionar el valor de σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca y multiplicarlo x 0,75
Sección de corte resistente de un filete	Acf	44,55	mm ²	$Acf = \pi \times d3 \times b$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	0,78	hilos	$i = Po / (\sigma_{p \text{ ad}} \times Ac)$
Longitud mínima de contacto	Lmin	1,37	mm	$L_{\min} = P \times n^\circ \text{ fill}$

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de flexión en los filetes

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Tensión admisible	σ_{adm}	320	N/mm ² (Mpa)	Seleccionar el valor de σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca
Módulo resistente del filete	W_f	10,82	mm ³	$W_f = (\pi d^3 b^2)/6$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	1,38	hilos	$\sigma_{adm} = P_o h / (2 i W_f) \rightarrow i = P_o h / (2 \sigma_{adm} W_f)$
Longitud mínima de contacto	L_{min}	2,41	mm	$L_{min} = P \times n^\circ \text{ fill}$

Verificación al aplastamiento en la cabeza del tornillo

Se calcula la tensión de aplastamiento en la cabeza del tornillo

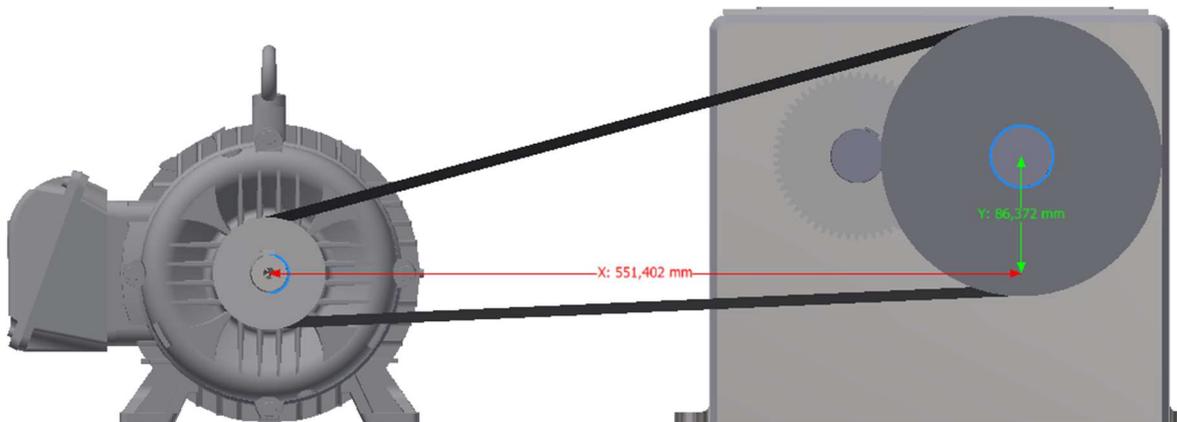
$$\sigma_{ap} = \frac{P_o}{A_b} = 8382,3 \text{ N} / 131,8 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ap} = 63.59 \text{ N/mm}^2$$

Ya que σ_{pad} (320 N/mm²) > σ_{ap} , el cálculo **VERIFICA**. En caso contrario se tendría que adoptar un s mayor u seleccionar otro material.

Diseño de uniones roscadas en patas de motor eléctrico

A continuación, se realizará en análisis de tensiones en atas de motor eléctrico con el objetivo de diseñar las uniones roscadas y los soportes adecuados.



Fuerzas actuantes en eje motor:

- ✓ $F = 875 \text{ N}$ (accionamiento de correas)
- ✓ $M_t = 20,6 \text{ Nm}$ (Par motor)

Descomponiendo la fuerza por el ángulo entre centros de las poleas:

- ✓ Ángulo = $\arctg(86,372/551,402) = 8.903^\circ$
- ✓ $F_x = 864,4 \text{ N}$
- ✓ $F_y = 135,4 \text{ N}$
- ✓ $M_t = 20,6 \text{ Nm}$

Se procederá a calcular los esfuerzos provocados en las patas del motor eléctrico, para diseñar la unión roscada, mediante software Autodesk Inventor 2019 en su entorno de análisis de elementos finitos.

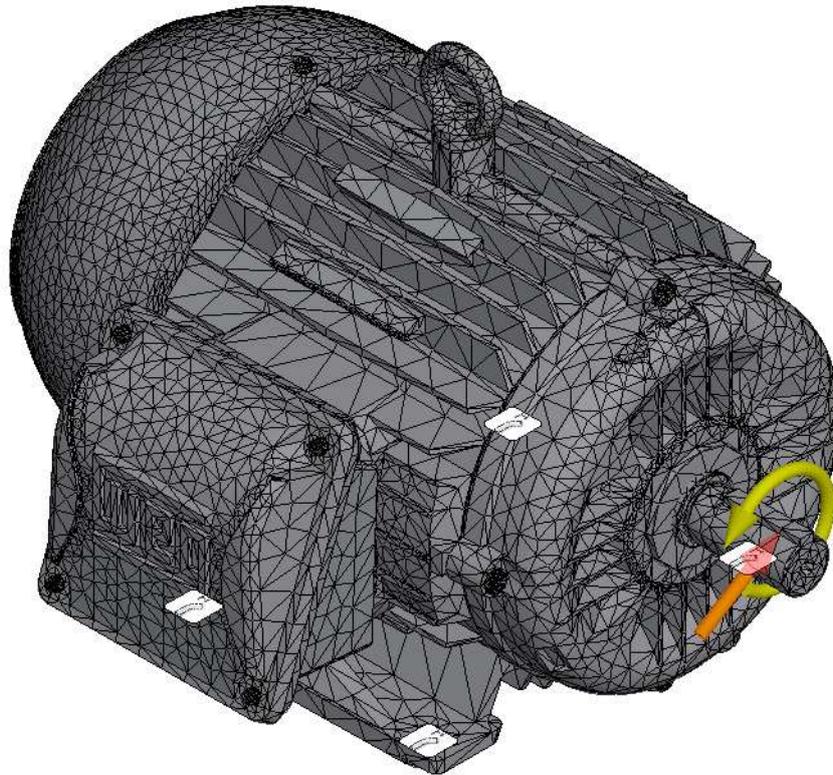


Figura 67: Esquema mallado del motor para el cálculo de esfuerzos por elementos finitos

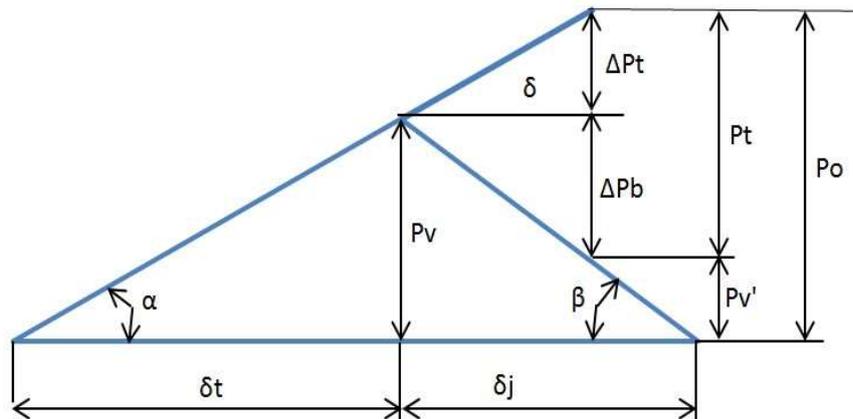
Cálculo de Uniones Roscadas para Motor Eléctrico

▣ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija:1	900,554 N	-456,093 N	0,152335 N m	0,1422 N m
		559,472 N		0,00190719 N m
		538,486 N		-0,0546017 N m
Restricción fija:2	1163,5 N	-583,34 N	0,114071 N m	0,0867505 N m
		623,628 N		-0,0016916 N m
		790,268 N		-0,0740525 N m
Restricción fija:3	1617,68 N	-1092,85 N	0,142992 N m	-0,119189 N m
		-1084,64 N		0,00142772 N m
		-496,103 N		-0,0789853 N m
Restricción fija:4	1077,3 N	-460,641 N	0,105088 N m	-0,084333 N m
		-504,817 N		0,00321546 N m
		-832,797 N		-0,0626182 N m

Tabla 60: Fuerza y pares de reacciones obtenidas por Autodesk inventor

Diagrama de la junta de la base

Cálculo de la fuerza de apriete mínima total $Pv'tot$

$$RX = Pv'tot * \mu$$

Coeficiente de rozamiento

De acuerdo al material del motor eléctrico (hierro fundido) y asumiendo una junta de acero sin presencia de lubricantes, se adopta de la tabla: $\rightarrow \mu = 0,2$

Combinación de materiales	μ	
	Seco	Lubricado
Acero-Acero	0,10 a 0,23	0,07 a 0,12
Acero - Fundición gris	0,12 a 0,24	0,06 a 0,10
Fundición gris - Fundición gris	0,15 a 0,30	0,2
Bronce - Acero	0,12 a 0,28	0,18
Fundición gris - Bronce	0,28	0,15 a 0,20
Acero - Aleaciones de cobre	0,07	-
Acero - Aleaciones de aluminio	0,10 a 0,28	0,5 a 0,18
Aluminio - Aluminio	0,21	-

Tabla 61: Combinación de materiales

$$Pv'tot_1 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_1 = \frac{900,56}{0,2} \rightarrow Pv'tot_1 = 4503 \text{ N}$$

$$Pv'tot_2 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_2 = \frac{1163,5}{0,2} \rightarrow Pv'tot_2 = 5818 \text{ N}$$

$$Pv'tot_3 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_3 = \frac{1617,68}{0,2} \rightarrow Pv'tot_3 = 8089 \text{ N}$$

$$Pv'tot_4 = \frac{R1}{\mu} \rightarrow Pv'tot_4 = \frac{1077,3}{0,2} \rightarrow Pv'tot_4 = 5387 \text{ N}$$

Cálculo de la fuerza de apriete mínima por tornillo Pv'

Usando el valor de la reacción 3 (ya que es el más solicitado):

$$Pv' = \frac{Pv'tot}{n \text{ de tornillos}} \rightarrow Pv' = \frac{8089}{1} \rightarrow 8089 \text{ N}$$

Cálculo de la carga máxima de tracción por tornillos

$$Po = Pv' + Pt$$

Siendo

$$Pt = \frac{Ry}{N \text{ de tornillos}}$$

PT1	559,5 N
PT2	623,7 N
PT3	-1084,7 N
PT4	-504,9 N

Considerando que se trata de un motor eléctrico unidireccional, se sumará el módulo de Pt (en la dirección calculada es compresión), obteniendo de dicha forma un resultado más conservativo

$$Po_{max} = Pv' + Pt = 8089 \text{ N} + 1084,7 \text{ N} = 9173,7 \text{ N}$$

Selección del material del tornillo

Clase del tornillo	σ_R N/mm ² (Mpa)	σ_f N/mm ² (Mpa)	Propiedad tuerca recomendada
3.6	300	180	4
4.6	400	240	4
4.8	400	320	4
5.6	500	300	5
5.8	500	400	5
6.8	600	480	6
8.8	800	640	8
9.8	900	720	10
10.9	1000	900	10
12.9	1200	1080	12

Tabla 62: Clase de tornillos

Se utilizará un tornillo de calidad 9.8, con un coeficiente de seguridad N_s de 2.

Se procede a calcular la tensión admisible del tornillo

$$\sigma_{adt} = \frac{\sigma_f}{N_s} = \frac{720 \text{ N/mm}^2}{2} = 360 \text{ N/mm}^2$$

Cálculo de la sección resistente mínima del tornillo y selección del diámetro nominal

$$\sigma_{adt} = \frac{Po}{Atmin}; \quad Atmin = \frac{Po}{\sigma_{adt}}; \quad Atmin = \frac{9173,7 N}{360 N/mm^2}$$

$$At min = 25,5 mm^2$$

Se selecciona un tornillo de paso métrico normal según ISO 898/I-1988 que cumple con Sección Resistente (A_t) > A_{tmin} y además, que posea la calidad recomendada de acuerdo a la tabla anterior. Considerando que el diámetro de los agujeros de la base del motor es de 12 mm, se adopta un tornillo M10.

Diámetro (Denom)	Diámetro	Diámetro del núcleo	Paso	Sección resistente	Altura del filete	Ancho del filete
	d (mm)	d3 (mm)	P(mm)	As (mm ²)	H1 (mm)	b (mm)
M3	3	2,35	0,50	5,03	0,32	0,42
M3,5	3,5	2,72	0,60	6,78	0,39	0,50
M4	4	3,09	0,70	8,78	0,45	0,58
M5	5	3,96	0,80	14,20	0,52	0,67
M6	6	4,70	1,00	20,10	0,65	0,83
M7	7	5,70	1,00	28,90	0,65	0,83
M8	8	6,38	1,25	36,60	0,81	1,04
M10	10	8,05	1,50	58,00	0,97	1,25
M12	12	9,73	1,75	84,30	1,14	1,46

Tabla 63: Selección de tornillo métrico- Fuente: Norma ISO 898/I-1988

El mismo posee las siguientes características:

Diámetro del tornillo seleccionado (Denominación)	Simbología	M10	Unidad
Diámetro del tornillo seleccionado	d	10,00	mm
Diámetro del núcleo	d3	8,05	mm
Paso	P	1,50	mm
Área del núcleo del tornillo	At	58,00	mm ²
Altura del filete	h	0,97	mm
Ancho del filete	b	1,25	mm

Se determina el diámetro de apoyo de la cabeza del tornillo

$$S = 1,5 d = 15mm$$

Y se selecciona el diámetro del agujero "da", tal que da > d

$$da = 12 mm$$

Cálculo de torque de apriete

Se selecciona el coeficiente de fricción del tornillo vs pieza y de la cabeza del tornillo vs la pieza, asumiendo que son dos piezas de acero sin presencia de lubricantes

$$uth = 0,2$$

$$ub = 0,2$$

Se ingresa un ángulo de filete de 60 grados ya que se trata de una rosca de una rosca métrica

$$\alpha = 60^\circ$$

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Ángulo del filete	α	1,05	rad	$\alpha_{rad} = \alpha_{grad} \times 2\pi / 360$
Diámetro efectivo de la cabeza del tornillo	D_b	13	mm	$D_b = (s+d)/2$
Coficiente 1 (Precarga efectiva)	k_1	0,24	mm	$k_1 = P/2\pi$
Coficiente 2 (Efecto del rozamiento entre filetes)	k_2	0,87	mm	$k_2 = d \mu_{th} / 2 \cos(\alpha/2)$
Coficiente 3 (Efecto del rozamiento de la cabeza)	k_3	0,94	mm	$k_3 = D_b \mu_b / 2$
Torque	T	16,05	Nm	$T = P_{vi} \times (k_1+k_2+k_3) \rightarrow P_v$ (kN)

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de aplastamiento en los filetes

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Tensión de aplastamiento mínima admisible	$\sigma_{ap ad}$	360	N/mm ² (Mpa)	El valor de σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca
Área de aplastamiento de un filete	A_{apf}	24,64	mm ²	$A_{apf} = \pi \times d_3 \times h$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	0,94	hilos	$i = P_o / (\sigma_{ap ad} \times A_{ap})$
Longitud mínima de contacto	L_{min}	1,42	mm	$L_{min} = P \times n^\circ \text{ fill}$

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de corte en los filetes

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Tensión de corte mínima admisible	T_{ad}	270	N/mm ² (Mpa)	σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca multiplicado x 0,75
Sección de corte resistente de un filete	A_{cf}	31,61	mm ²	$A_{cf} = \pi \times d_3 \times b$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	0,98	hilos	$i = P_o / (\sigma_{ap} \times A_c)$
Longitud mínima de contacto	L_{min}	1,47	mm	$L_{min} = P \times n^\circ \text{ fill}$

Cálculo del número de filetes mínimos en contacto por tensiones de flexión en los filetes

Descripción	Símbolo	Valor	Unidad	Fórmula
Tensión admisible	σ_{adm}	360	N/mm ² (Mpa)	σ_{adm} menor entre el tornillo y la tuerca
Módulo resistente del filete	Wf	6,58	mm ³	$Wf = (\pi d^3 b^2)/6$
Número de filetes mínimo necesario calculado	i	1,72	hilos	$\sigma_{adm} = P_o h / (2 i Wf) \rightarrow i = P_o h / (2 \sigma_{adm} Wf)$
Longitud mínima de contacto	Lmin	2,58	mm	$L_{min} = P \times n^\circ$

Verificación al aplastamiento en la cabeza del tornillo

Se calcula la tensión de aplastamiento en la cabeza del tornillo

$$\sigma_{ap} = \frac{P_o}{Ab} = 9173,7 \text{ N} / 131,8 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{ap} = 69,6 \text{ N/mm}^2$$

Ya que $\sigma_{apad} (360\text{N/mm}^2) > \sigma_{ap}$, el cálculo **VERIFICA**. En caso contrario se tendría que adoptar un s mayor u seleccionar otro material

6.4.9 Subsistema 4: Sistema de ingreso y tolva

La función principal de este subsistema es la de contener al residuo para que este caiga sobre las cuchillas trituradoras.

Dado que en el proceso de triturado puede presentar que trozos de plástico sean expulsados de las cuchillas, por efecto de rebote, será necesario que esta tolva tenga cierta altura para así lograr que estos trozos vuelvan a caer dentro de las cuchillas, así como también de resguardar al usuario. Además, se adopta una altura determinada la cual se pretende que el usuario pueda colocar las botellas de gaseosas de manera directa, sin necesidad de recortar o aplastar.

A continuación, se muestra un croquis del sistema de ingreso de botellas, etiquetas y tapas con sus recipientes correspondientes. Las dimensiones generales propuestas podrán variar a medida que los cálculos de diseño sean verificados.

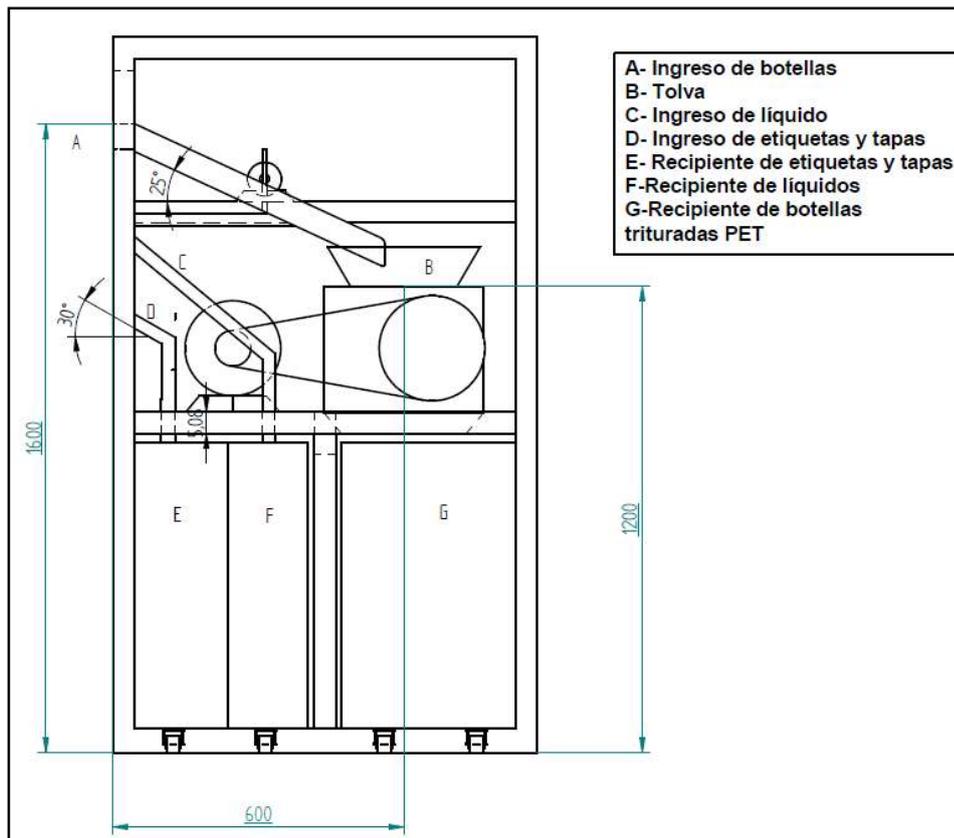


Figura 68: Croquis del sistema de ingreso

Por otra parte, otra de las funciones que tiene esta parte de la máquina es la de asegurar cierto nivel de seguridad en el momento de la utilización, ya que debajo se encuentran las cuchillas las cuales son elementos móviles en donde su principio de funcionamiento es el de atrapar un elemento para luego cortarlo, por ende, se corre el riesgo de atrapamiento.

Por este motivo, se implementa un dimensionamiento de resguardo para garantizar la inaccesibilidad a las partes peligrosas de la máquina, los resguardos deben dimensionarse correctamente, es decir, deben asegurar que no se puede acceder al órgano agresivo por encima, por debajo, alrededor, por detrás o a través de este cuando permanece correctamente ubicado. El dimensionamiento de los resguardos exige valorar conjunta e integradamente su abertura o posicionamiento y la distancia a la zona de peligro.

6.4.9.1 Distancias de seguridad

A continuación, se deben determinar las distancias de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores. Para dimensionar la protección cuando el elemento peligroso está a una determinada altura, inferior a 2,50 - 2,70 m, con respecto al plano de referencia del trabajador (nivel en el que la persona se sitúa normalmente), se valoran conjuntamente tres parámetros que influyen en el alcance por encima de una estructura de protección:

- La Altura del punto de peligro desde el suelo representa la **cota a**.
- La Altura del borde de la barrera representa la **cota b**.
- La Distancia horizontal desde el punto de peligro representa la **cota c**.

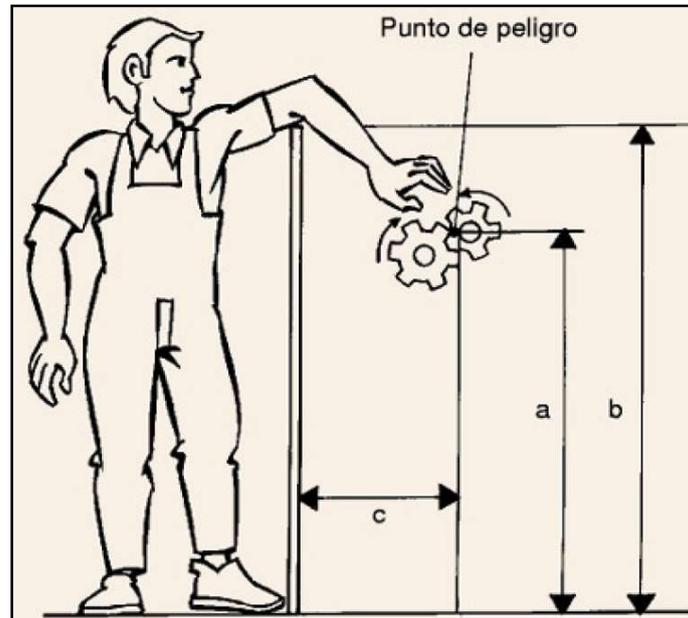


Figura 69: Dimensionamiento de resguardos para impedir el alcance hacia arriba o por encima de una estructura de protección-Fuente: Distancias de Seguridad en Máquinas de Safework, 2021

En la siguiente tabla se representan los valores mínimos que deben tener esos parámetros a fin de garantizar la inaccesibilidad al elemento peligroso, fijando como criterio de aplicación que no se deben hacer interpolaciones a partir de los valores de la tabla.

h Altura del punto de peligro desde el suelo (mm)	H Altura del borde de la barrera (mm)							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000
	S Distancia horizontal desde el punto de peligro (mm)							
2400	100	100	100	100	100	100	100	100
2200	-	250	350	400	500	500	600	600
2000	-	-	350	500	600	700	900	1100
1800	-	-	-	600	900	900	1000	1100
1600	-	-	-	500	900	900	1000	1300
1400	-	-	-	100	800	900	1000	1300
1200	-	-	-	-	500	900	1000	1400
1000	-	-	-	-	300	900	1000	1400
800	-	-	-	-	-	600	900	1300
600	-	-	-	-	-	-	500	1200
400	-	-	-	-	-	-	300	1200
200	-	-	-	-	-	-	200	1100
0	-	-	-	-	-	-	200	1100

Tabla 64: Distancias permitidas para un punto de peligro- Fuente: Distancias de Seguridad en Máquinas de Safework, 2021

Si los valores de las distancias están situados entre dos valores de la tabla, se elegirá el valor que entrañe el mayor nivel de seguridad.

De acuerdo, a la tabla y al croquis del sistema de ingreso, se verifican las distancias de ingreso de brazos a puntos de peligro:

- Altura de la trituradora desde el suelo (h): **1200 mm**
- Altura de la boca de entrada de botellas (H): **1600 mm**

h Altura del punto de peligro desde el suelo (mm)	H Altura del borde de la barrera (mm)							
	2400	2200	2000	1800	1600	1400	1200	1000
	S Distancia horizontal desde el punto de peligro (mm)							
2400	100	100	100	100	100	100	100	100
2200	-	250	350	400	500	500	600	600
2000	-	-	350	500	600	700	900	1100
1800	-	-	-	600	900	900	1000	1100
1600	-	-	-	500	900	900	1000	1300
1400	-	-	-	100	800	900	1000	1300
1200	-	-	-	-	500	900	1000	1400
1000	-	-	-	-	300	900	1000	1400
800	-	-	-	-	-	600	900	1300
600	-	-	-	-	-	-	500	1200
400	-	-	-	-	-	-	300	1200
200	-	-	-	-	-	-	200	1100
0	-	-	-	-	-	-	200	1100

Tabla 65: Distancias de ingresos mínimas - Fuente: Fuente: Distancias de Seguridad en Máquinas de Safework, 2021

Con las medidas propuestas, se obtiene que la distancia mínima horizontal desde la entrada de botellas y la trituradora es de 500 mm. De acuerdo con las dimensiones previamente calculadas, la distancia horizontalmente de la trituradora y el sistema de ingreso es de 600 mm aproximadamente, debido a esto, cumple con la reglamentación.

También, se implementa la tolva para poder alejar la boca de ingreso de las cuchillas, logrando que una persona no pueda acceder de una manera involuntaria a ellas.

Al ingresar la botella a la tolva, consta de una puerta de entrada que accionará un final de carrera para activar y desactivar el motor eléctrico con el fin de evitar encender la máquina cuando el usuario ingresa la botella. Además, se cumplirán las dimensiones de resguardos para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores. Estos elementos de seguridad adicional permiten disminuir el nivel de riesgo posible entre persona y máquina.

El material del que va a ser constituida la tolva es de chapa de acero de aproximadamente 1mm de espesor. Las dimensiones de la tolva van a coincidir con el área de la caja de trituración efectiva y con una altura de 500 mm.

6.4.10 Subsistema 5: Sistema de control y electrónica

Este subsistema tiene como función principal el control del funcionamiento de la trituradora.

La selección de los componentes y el diseño de este subsistema se realizó teniendo en cuenta tanto la seguridad del equipo como el de las personas que lo utilizarán.

6.4.10.1 Microcontrolador: Arduino

El microcontrolador es el componente encargado de administrar, ordenar, dirigir y regular el comportamiento del dispositivo.

Como se especificó en el apartado de factibilidades tecnológicas se seleccionó un microcontrolador Arduino por sobre un PLC, principalmente dado el alto costo y complejidad de esta última opción.

Dado su bajo costo y gran versatilidad se utilizará el microcontrolador Arduino Uno Rev3. El mismo cuenta con 14 conectores para inputs/outputs digitales y un conector USB utilizado para programar, además de un conector de 12V para alimentarlo.

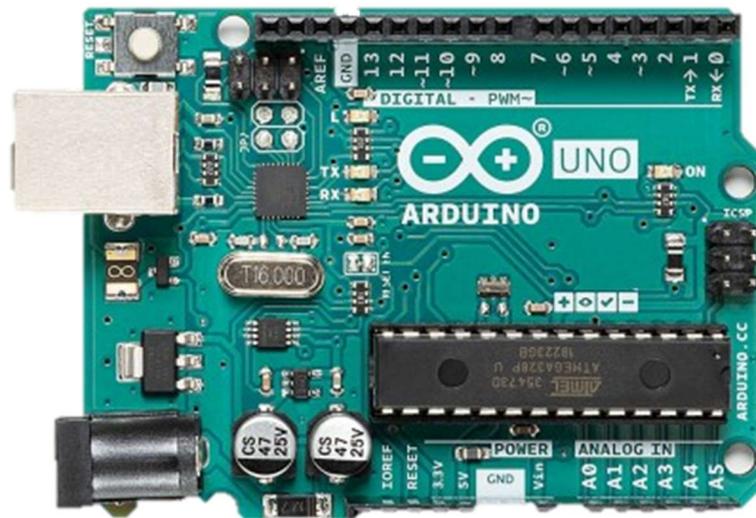


Figura 70: Arduino UNO V3

6.4.10.2 Sensores

Con el fin de garantizar la completa seguridad del equipo se instalaron diferentes sensores a lo largo del mismo.

En primera medida se seleccionó un sensor óptico de movimiento infrarrojo, el cual indicará si se ingresó una botella, o algún otro material, al equipo.



Figura 71: Sensor infrarrojo de movimiento HC Sr501

En segundo lugar, se utilizará un sensor inductivo de proximidad con el fin de detectar si fue ingresado algún tipo de metal al equipo.



Figura 72: Sensor inductivo de proximidad

Con respecto a la medición de nivel, como se planteó en la etapa de factibilidades tecnológicas, se utilizará un sensor de nivel ultrasónico:



Figura 73: Sensor de nivel ultrasónico HC-SR04

Por último, se utilizará un sensor de fin de carrera tipo switch. El mismo detectará cuando la puerta de acceso se encuentre abierta, con el fin de apagar el motor si la misma fuese abierta durante el proceso de triturado.



Figura 74: Sensor de final de carrera tipo switch

6.4.10.3 Servomotor y Cerradura

Dado que la trampa anti-accidentes no posee un peso considerable, y no se requiere de una gran fuerza para accionarla, se utilizará un servomotor para este fin.

Además, este tipo de motores son muy económicos, fáciles de programar, y altamente compatibles con el microcontrolador ARDUINO.



Figura 75: Servomotor con torque 1,2kg.cm

Junto con el servomotor se instalará una cerradura eléctrica que está controlada por el ARDUINO y que tiene como fin asegurar la trampa accidentes

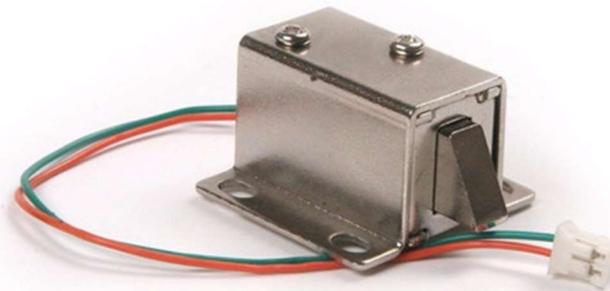


Figura 76: Cerradura eléctrica 12V

La misma permitirá que la trampa no se abra accidentalmente por algún motivo (peso de algún objeto, distensión del resorte, etc.). Una vez que los sensores comprueben que el objeto es apto para la trituración, se accionará la cerradura y permitirá la apertura de la trampa y como consecuencia, el paso de la botella.

6.4.10.4 Protecciones eléctricas

Siguiendo las buenas prácticas de la industria, así como también las normas vigentes, se utilizarán las protecciones eléctricas requeridas para una instalación con un motor monofásico.

La primera protección se trata de un fusible a la entrada de alimentación del motor monofásico. El mismo busca protegerlo principalmente ante cortocircuitos que puedan ocurrir.

Para la selección del fusible, primeramente, se calcula la intensidad o corriente que circula por el circuito eléctrico.

	Pi	T	li	cos α
Nombre	KW	V	A	
Motor WEG W22 132M	3,73	220	10,30	0,95

Dado los resultados obtenidos, se selecciona un fusible de 15 A y un porta fusible de las medidas correspondientes



Figura 77: Fusible de 15A



Figura 78: Porta fusible 1P 10X38

Para protegerlo en el caso de sobrecarga será utilizado un guardamotor termomagnético.

Se selecciona un guardamotor termomagnético de marca Schneider de 12A, lo que significa un valor 25% por encima de la corriente circulante, esto nos otorga un buen grado de protección ante posibles sobrecargas.



Figura 79: Guardamotor termomagnético Tesys 12A

6.4.10.5 Otros componentes

Relay

Un relay es un dispositivo electromagnético que funciona como interruptor. El mismo puede ser controlado por un sistema electrónico y, por medio de una bobina y un electroimán accionar un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otro circuito eléctrico independiente.

En este caso, el relay será controlado por el Arduino UNO, y accionará a su vez el contactor del motor.

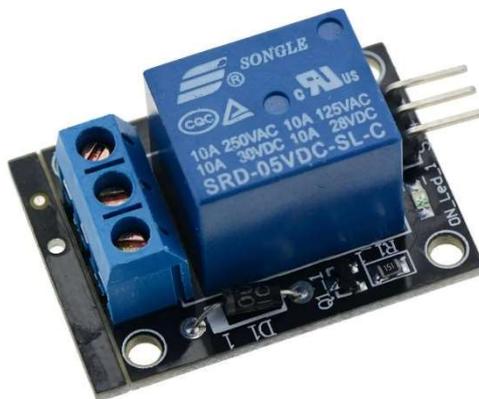


Figura 80: Relay para Arduino

El relay seleccionado es para uso específico en circuitos con Arduino, funciona bajo un voltaje nominal de 5V y hasta 1A, y puede conmutar cargas de hasta 10A y 250VAC, lo que lo hace ideal para nuestra aplicación.

Contactor

El contactor es el elemento encargado de accionar cargas elevadas en los circuitos eléctricos. En este caso será accionado por el relay, y a la vez accionará al motor monofásico.



Figura 81: Contactor Schneider 4P 2Na+2Nc 12A Ac1 220V

Este elemento se seleccionó teniendo en cuenta el número de polos del motor monofásico seleccionado y la corriente y voltaje de alimentación del mismo.

Pantalla LED

Se utilizará una pantalla LED a color de 3,5 pulgadas para mostrar el código QR, así como también las instrucciones de la maquina cuando sean necesarias.



Figura 82: Display Touch LCD 3,5" para Arduino

El display estará conectado a una de las salidas digitales del ARDUINO, lo que permitirá customizar los mensajes de salida. En este caso se utilizará para mostrar las siguientes instrucciones de uso, así como también el código QR:



Figura 83: Instrucciones mostradas en display

6.4.10.6 Cableado y conexión

6.4.10.6.1 Diagrama unifilar

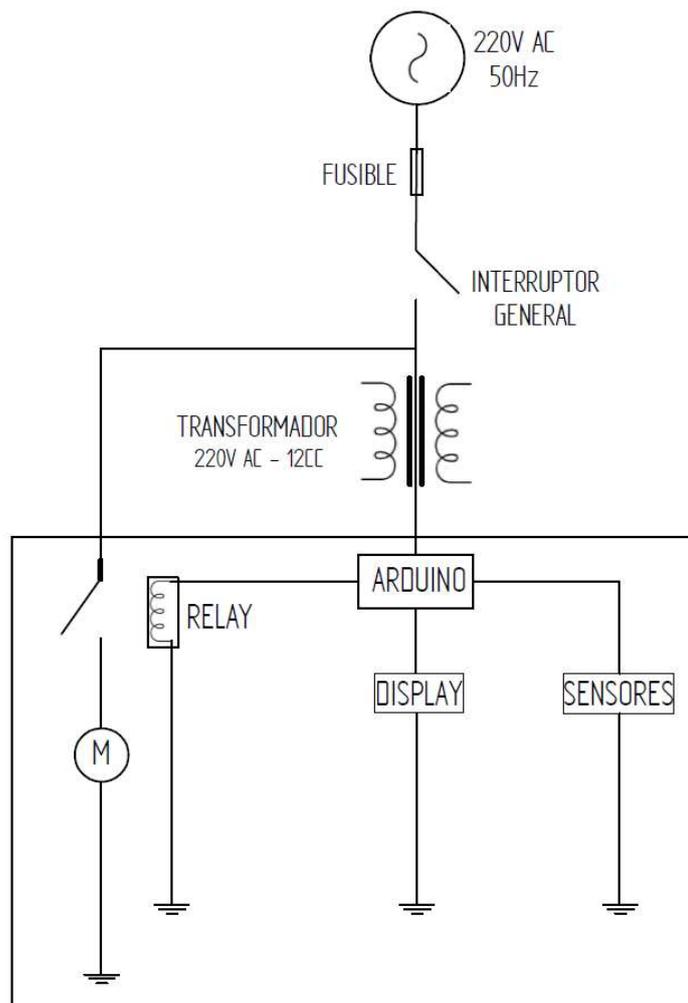


Gráfico 4: Diagrama Unifilar

6.4.10.6.2 Diagrama de potencia

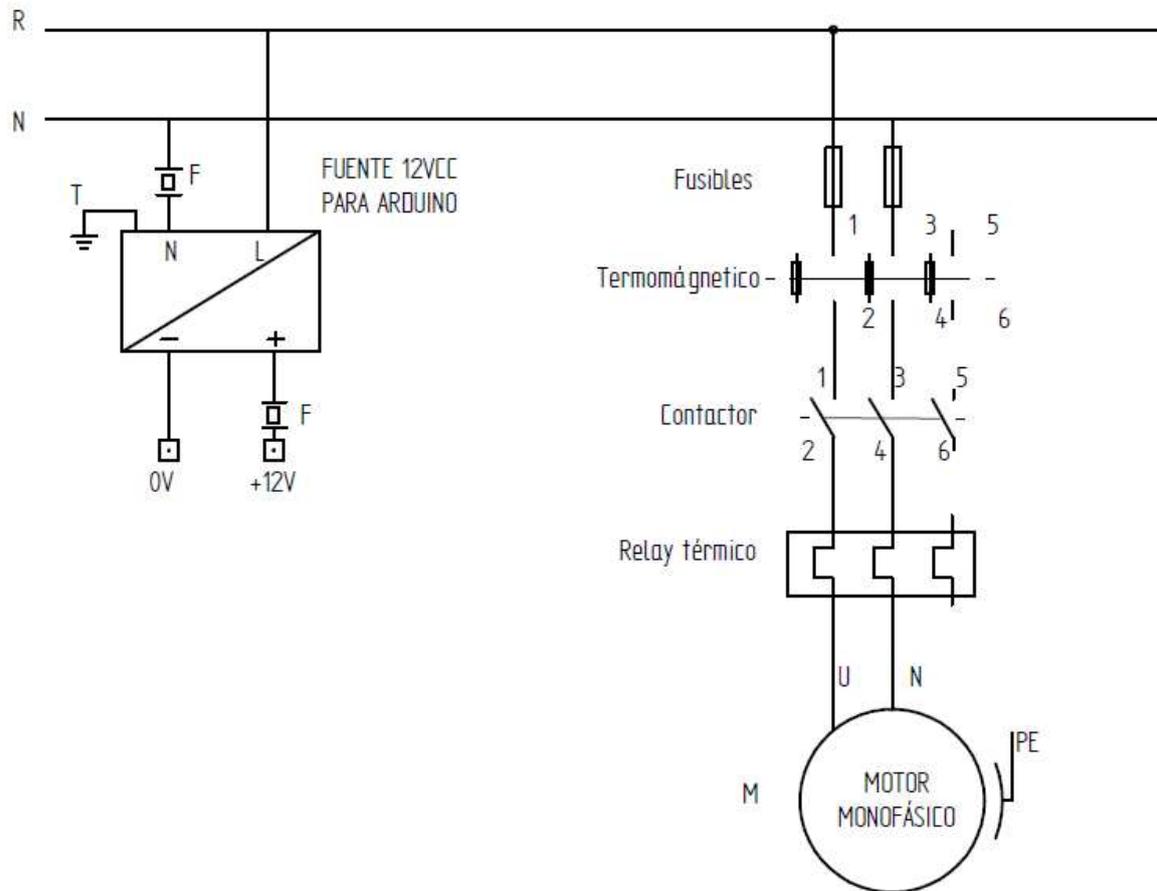


Gráfico 5: Diagrama de potencia

6.4.10.6.3 Diagrama de comando

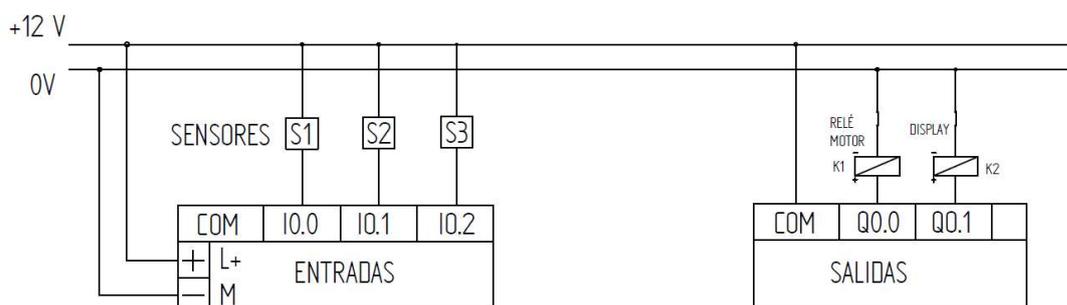


Gráfico 6: Diagrama de comando

6.4.10.6.4 Diagrama de flujo de programación

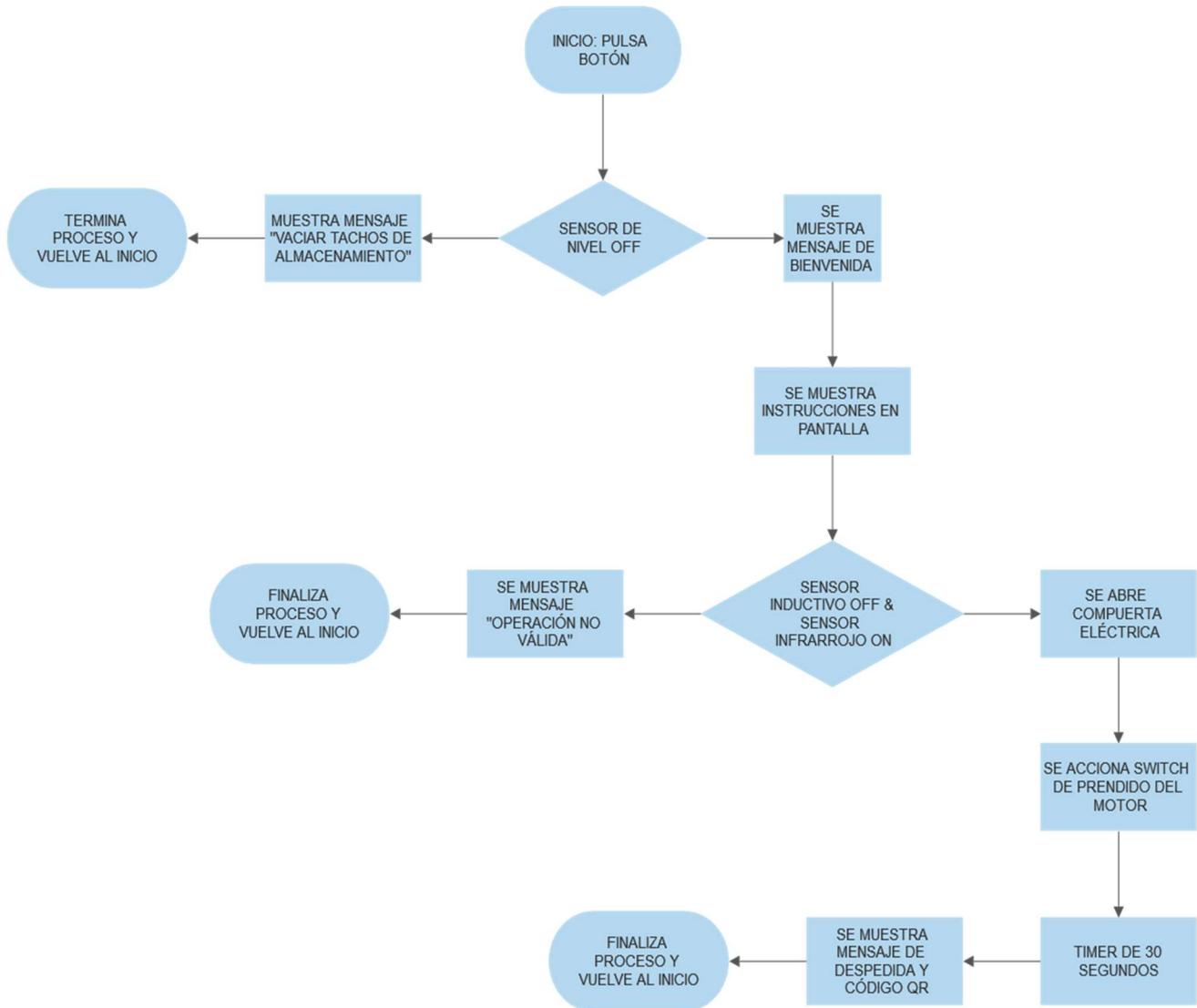


Gráfico 7: Flujograma de programación

6.4.11 Subsistema 6: Estructura interna

6.4.11.1 Dimensiones y selección de materiales

Para el diseño de la estructura interna de contención del sistema de trituración, se han tenido en cuenta los esfuerzos provocados por el sistema de trituración, así como el peso de todos sus componentes. El diseño preliminar consta de siguiente modelo:

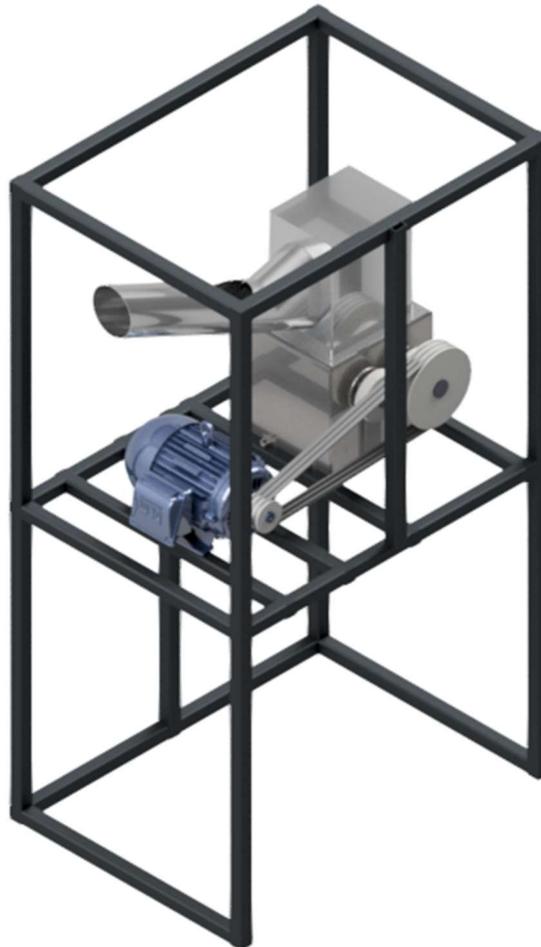


Figura 84: Modelado de la estructura interna

Las dimensiones del chasis son:

- Largo: 1000 mm
- Ancho: 750 mm
- Alto: 1700 mm

La estructura está conformada por perfiles normalizados según norma DIN 59410 sección 40x40x2.9, mientras que sus miembros cruzados (numerados a continuación) son de DIN 59410 40x40x4.

Se detallarán a continuación los pesos de los principales componentes que estarán apoyados sobre la estructura, para luego realizar el cálculo estructural.

Índice	Descripción	Peso [N]	Cantidad
1	Engranaje recto	37,49	2
2	Tuerca	1,83	4
3	Contratuerca	2,01	4
4	Espaciador	1,46	20
5	Cuchilla	9,04	20
6	Árbol conductor	71,5	1
7	Árbol conducido	60,0	1
8	Rodamiento SKF 6010	2,7	2
9	Rodamiento SKF 16009	1,7	2
10	Bastidor	184,5	1
11	Polea conducida	115	1
12	Polea conductora	13,5	1
13	Tolva superior	100,9	1
14	Canal de ingreso	30,2	1
15	Motor eléctrico	650	1

Tabla 66: Pesos de los principales componentes

El peso total en el soporte del lado motor es de 663,5 N.

De la misma forma, el peso total en el soporte del lado de la trituradora es de 871,4 N.

Según la configuración de los soportes, se decide simplificar el cálculo adoptando que cada apoyo (de cada sector, motor y trituración) recibirá la mitad del esfuerzo del peso calculado.

Con los datos obtenidos del cálculo de uniones roscadas, también se tendrán en cuenta dichos esfuerzos en los soportes del chasis.

El análisis de los miembros cruzados (soportes de motor y trituradora) se realizará según la numeración detallada a continuación:

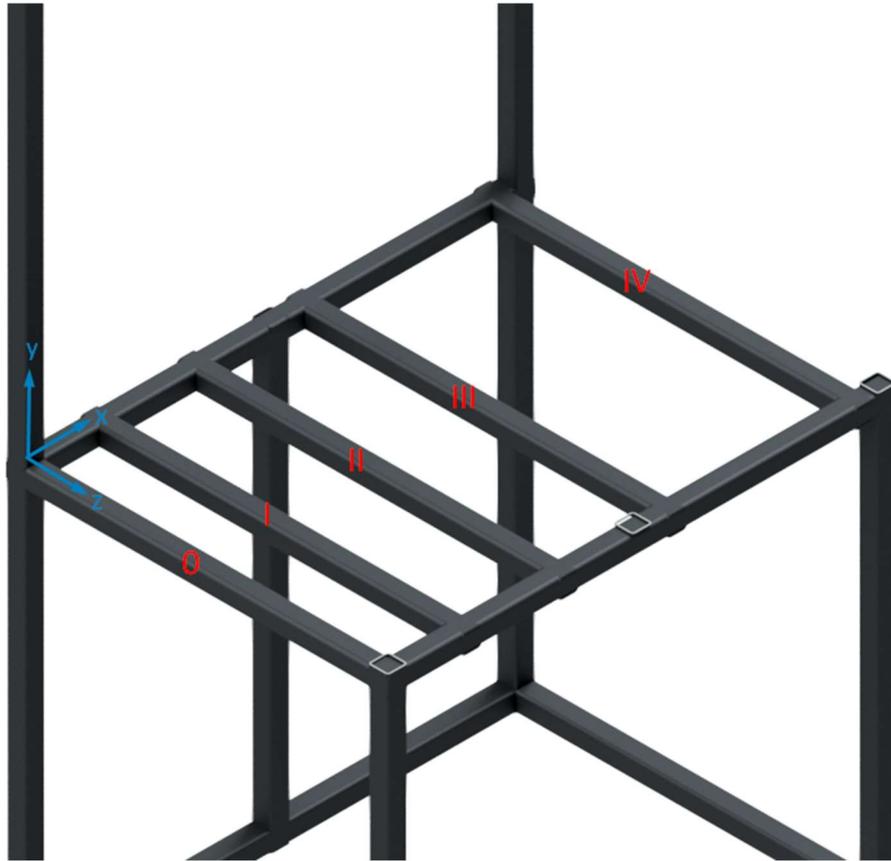


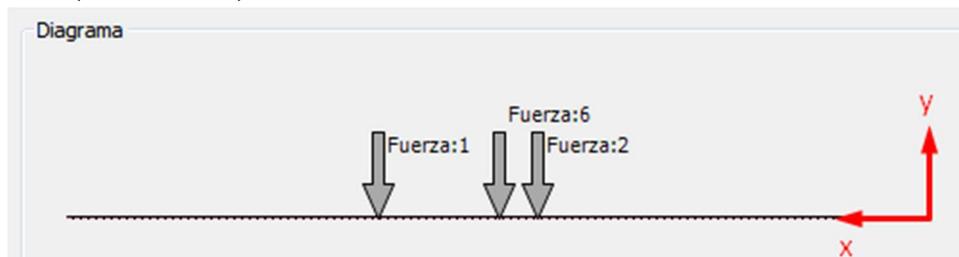
Figura 85: Denominación de miembros cruzados.

6.4.11.1.1 Distribución de cargas

El estado de cargas a analizar será sobre la condición de máxima exigencia del sistema. Esta no será la situación de funcionamiento normal, dado que el sistema no requerirá de la potencia máxima para poder triturar el material, pero será contemplado como condición de máxima exigencia para el dimensionamiento del soporte.

Miembro 0 ($x = 0\text{mm}$, no posee cargas externas actuantes)

Miembro 1 ($x = 145\text{ mm}$)



Distribución de fuerzas.

Fuerza 1 ($x = 480\text{ mm}$)

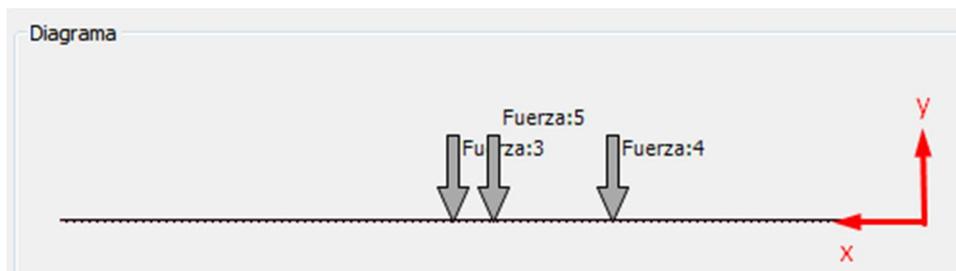
Fuerza 6 ($x = 375\text{mm}$)

Fuerza 2 (x = 340 mm)

Fuerza:1	
F_x	-1092,722 N
F_y	1083,273 N
F_z	496,000 N
Fuerza:2	
F_x	-460,333 N
F_y	499,694 N
F_z	832,000 N
Fuerza:6	
F_x	0,221 N
F_y	-331,750 N
F_z	0,000 N

Vectores de fuerza

Miembro 2 (x = 335 mm)



Distribución de fuerzas.

Fuerza 3 (x = 480 mm)

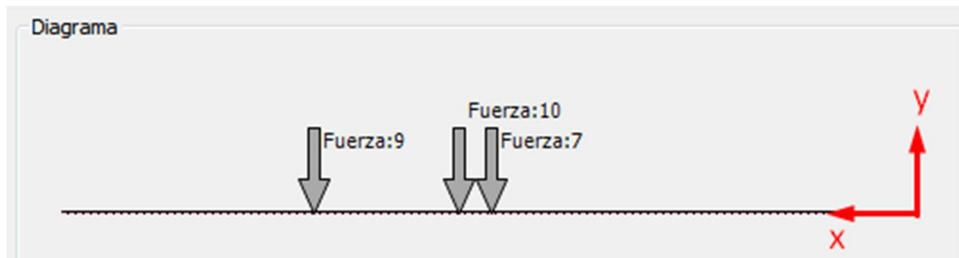
Fuerza 5 (x = 375mm)

Fuerza 4 (x = 340 mm)

Fuerza:3	
F_x	582,585 N
F_y	-623,388 N
F_z	790,000 N
Fuerza:4	
F_x	455,628 N
F_y	-559,304 N
F_z	538,000 N
Fuerza:5	
F_x	-0,221 N
F_y	-331,750 N
F_z	-0,000 N

Vectores de fuerza.

Miembro 3 (x = 550 mm)

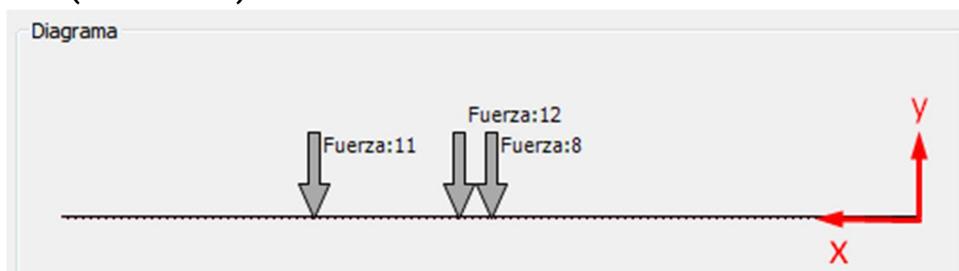


Fuerza 9 (x = 530 mm)
 Fuerza 10 (x = 402mm)
 Fuerza 7 (x = 375 mm)

Fuerza:7	
F_x	-0,290 N
F_y	-435,700 N
F_z	-0,000 N
Fuerza:9	
F_x	-502,686 N
F_y	-4033,666 N
F_z	80,000 N
Fuerza:10	
F_x	-281,288 N
F_y	-1933,813 N
F_z	50,000 N

Vectores de fuerza.

Miembro 4 (x = 915 mm)



Fuerza 11 (x = 530 mm)
 Fuerza 12 (x = 402mm)
 Fuerza 8 (x = 375 mm)



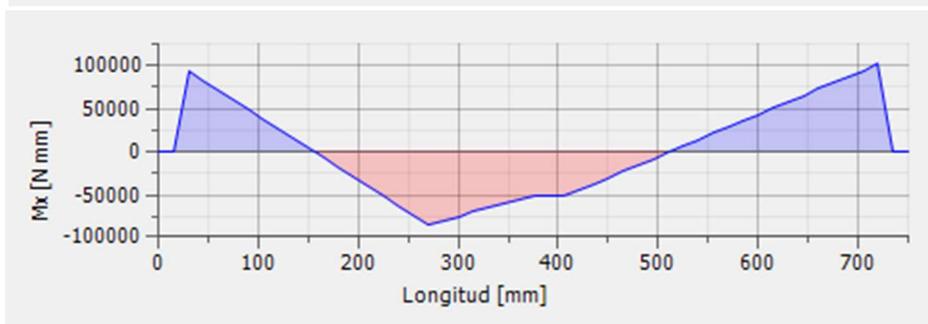
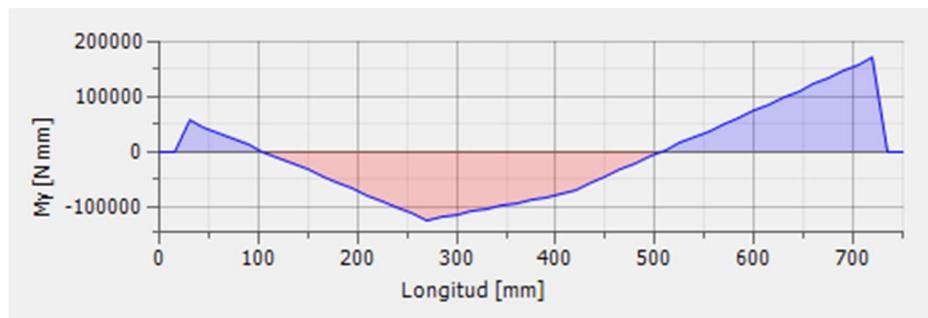
Fuerza:8	
F_x	-0,290 N
F_y	-435,700 N
F_z	-0,000 N
Fuerza:11	
F_x	-1247,865 N
F_y	3206,832 N
F_z	250,000 N
Fuerza:12	
F_x	-861,712 N
F_y	1934,574 N
F_z	222,000 N

Vectores de fuerza.

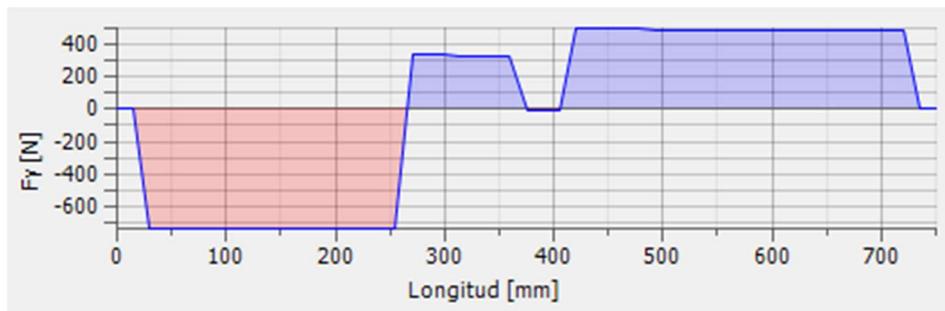
Diagramas de esfuerzos

Miembro 1

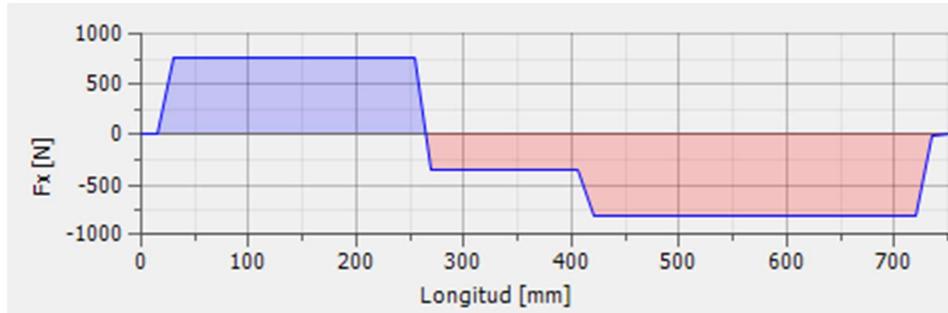
Momento flector



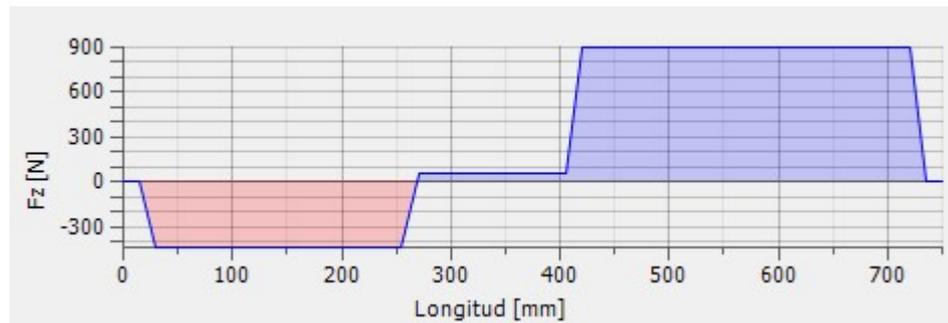
Corte Y



Corte X



Solicitudión axil



Tensión normal

Se considerará para el cálculo de tensiones normales los esfuerzos de momento flector y solicitudión axil mediante la siguiente ecuación, para una flexión compuesta:

$$\sigma_{max} = \frac{N}{A} + \frac{M_x}{W_x} + \frac{M_y}{W_y}$$

Donde:

N : Fuerza normal [N]

A : Área de la sección [m^2]

M : Momento flector [Nm]

W : Módulo resistente [m^3]

Teniendo en cuenta que el punto más solicitado se encuentra en la ubicación $x:750\text{mm}$, donde los esfuerzos son los siguientes:

$$M_x = 101,9 \text{ Nm}$$

$$M_y = 170,6 \text{ Nm}$$

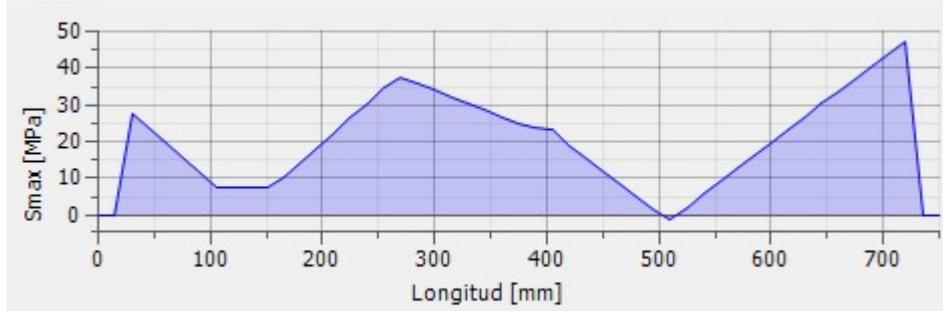
$$N = 894 \text{ N}$$

Según norma DIN 59410 para perfiles cuadrados de sección $40 \times 40 \times 4$, estos poseen un área y módulo resistente de valores $5,62 \text{ cm}^2$ y $6,05 \text{ cm}^3$ respectivamente, por lo tanto:

$$\sigma_{max} = \frac{894 \text{ N}}{0,000562 \text{ m}^2} + \frac{101,9 \text{ Nm}}{6,05 * 10^{-6} \text{ m}^3} + \frac{170,6 \text{ Nm}}{6,05 * 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$\sigma_{max} = 46,63 \text{ Mpa}$$

Contrastando con los resultados obtenidos mediante software Autodesk inventor 2019:

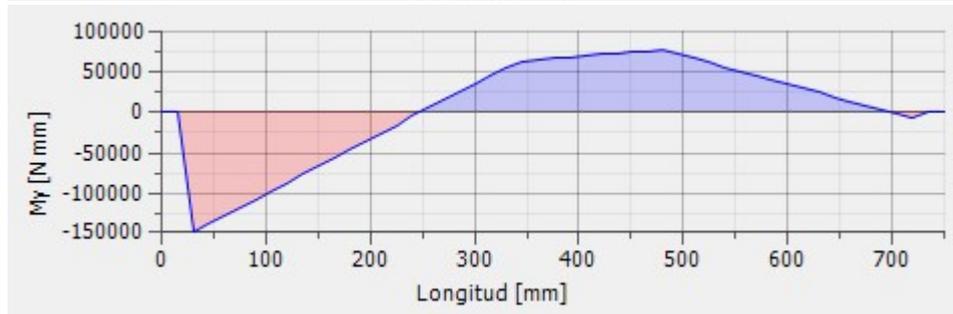
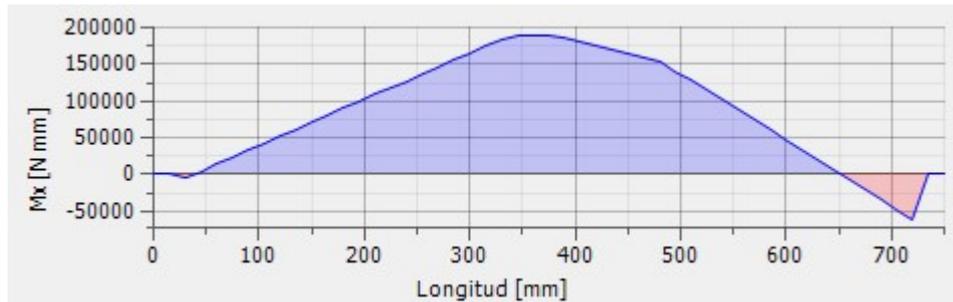


Podemos observar que los resultados son semejantes. Se despreciarán tensiones provocadas por esfuerzos de corte y torsión, debido a su baja incidencia en función de las distribuciones de fuerzas.

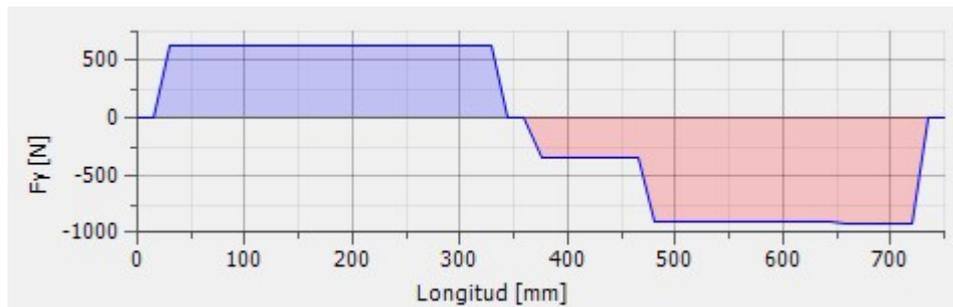
Se procederá de la misma forma para los siguientes miembros, detallando únicamente los resultados obtenidos por el mismo procedimiento, debido a la semejanza de cargas.

Miembro 2

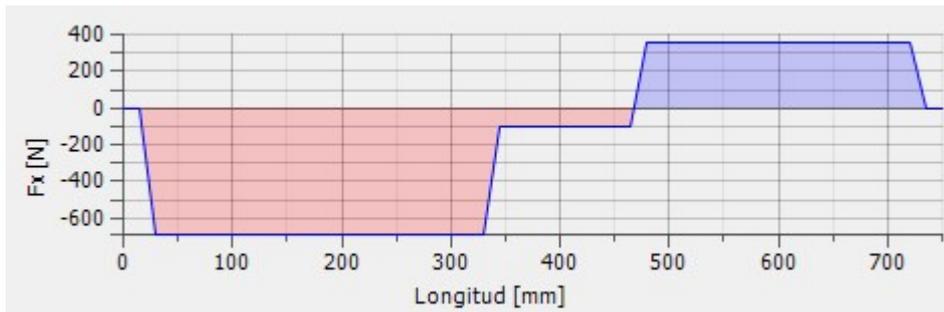
Momento flector



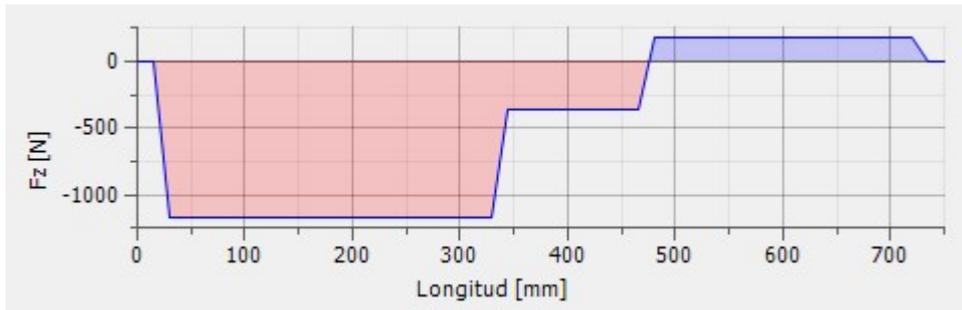
Corte Y



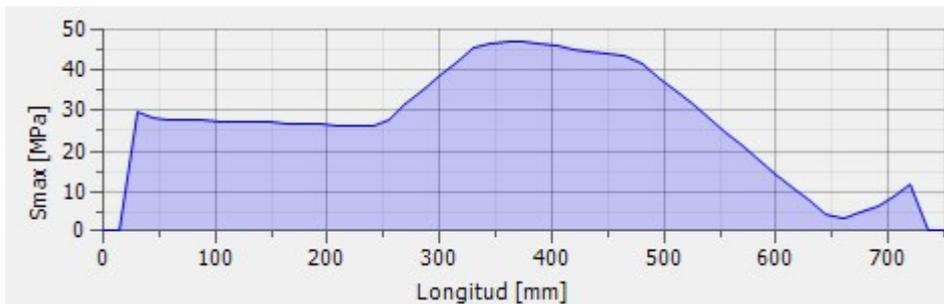
Corte X



Solicitación axil



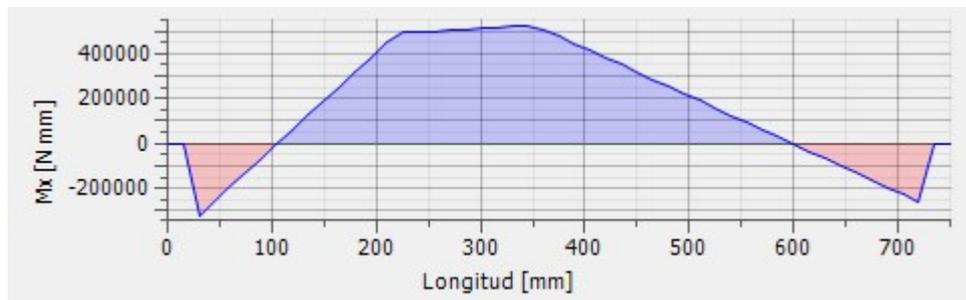
Tensiones normales

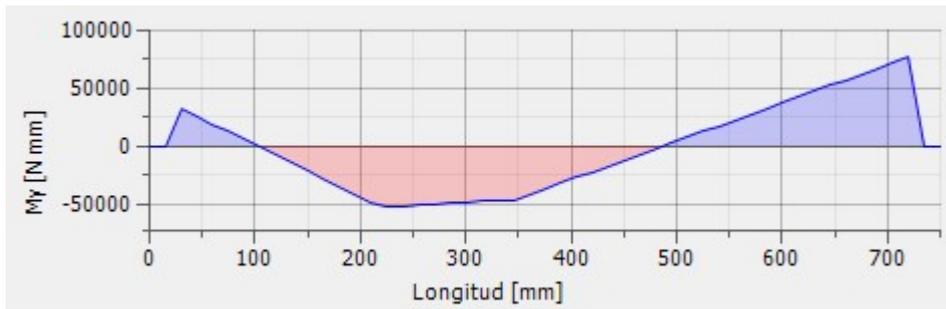


En este caso la solicitación máxima por tensiones normales estará en la mitad de la viga, con una magnitud de 47,14 Mpa.

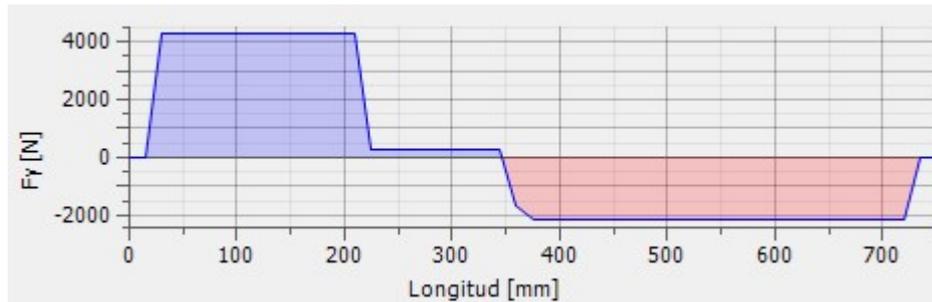
Miembro 3

Momento flector

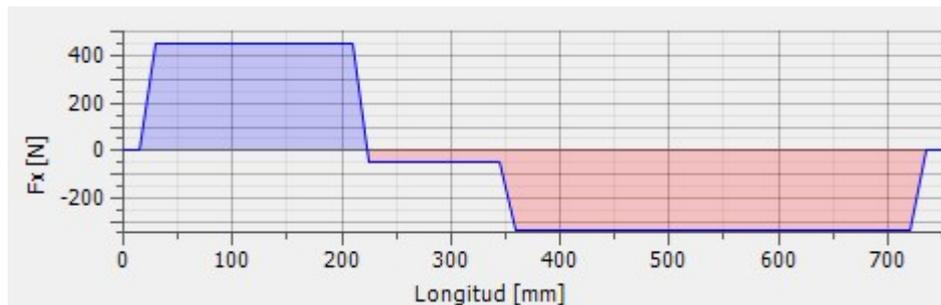




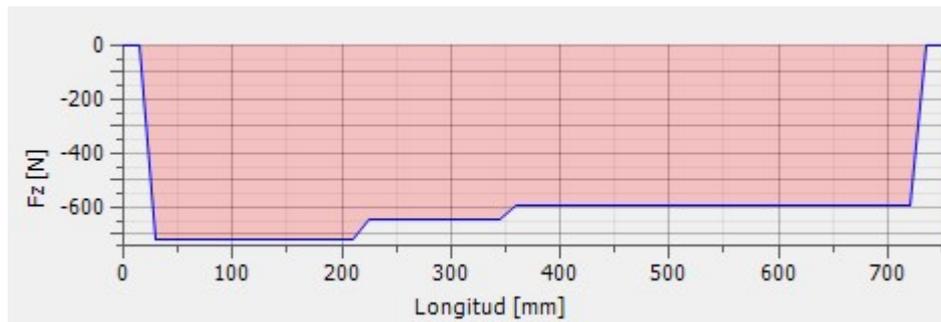
Corte Y



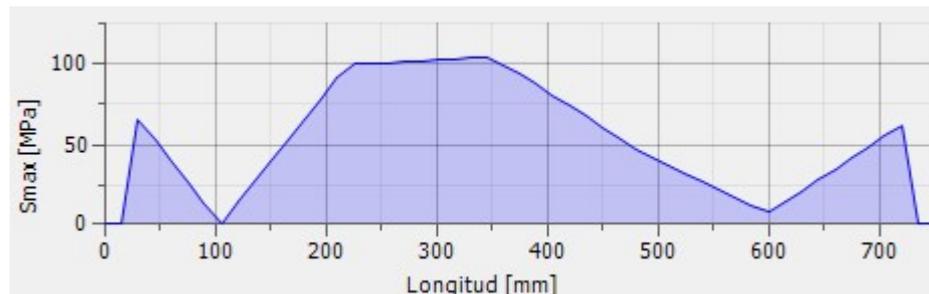
Corte X



Solicitación axil



Tensiones normales

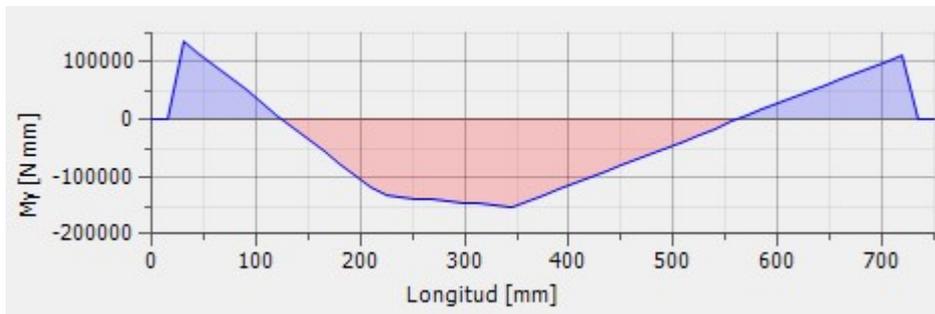
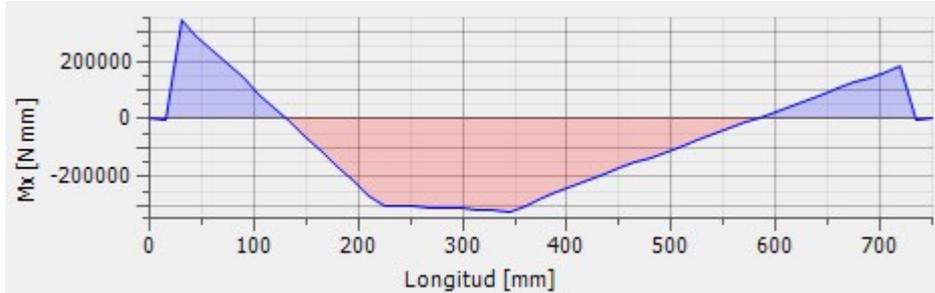




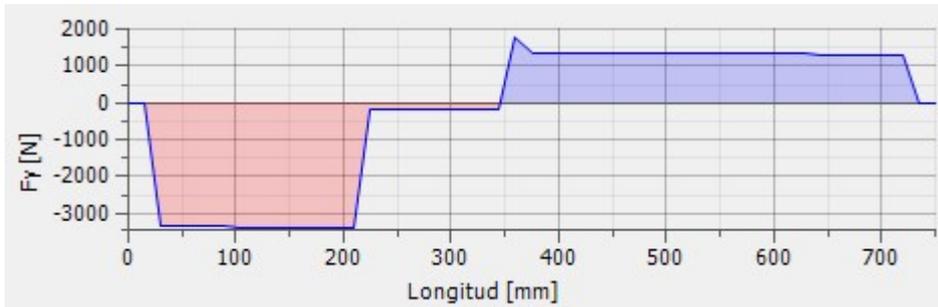
En este caso la sollicitación máxima por tensiones normales estará en la mitad de la viga, con una magnitud de 104 Mpa.

Miembro 4

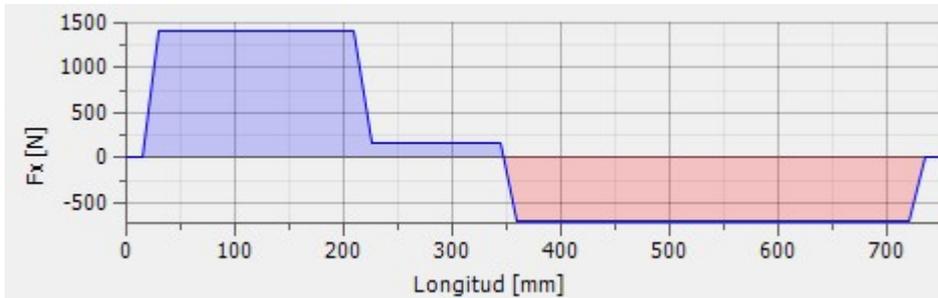
Momento flector



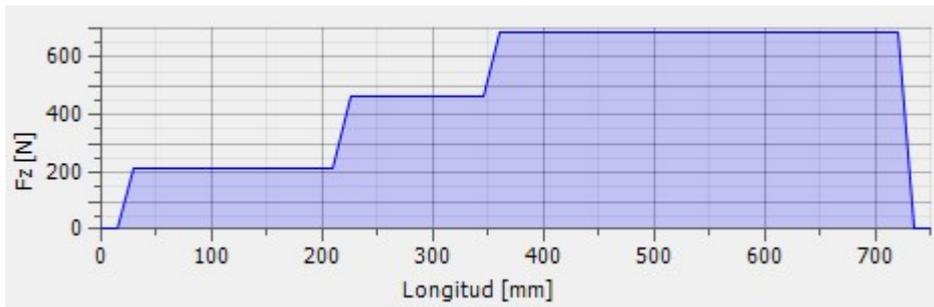
Corte Y



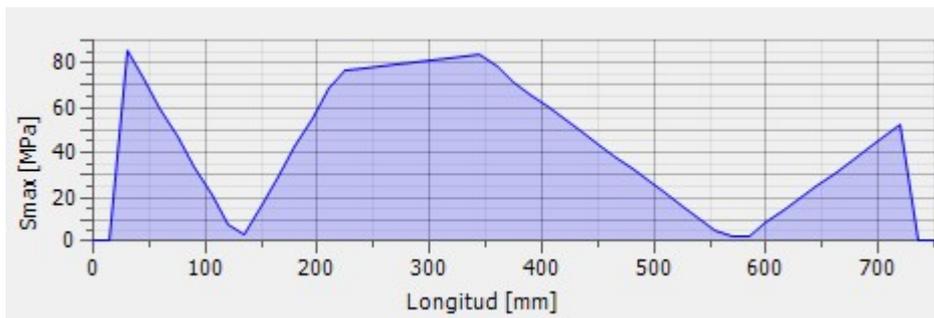
Corte X



Solicitación axil

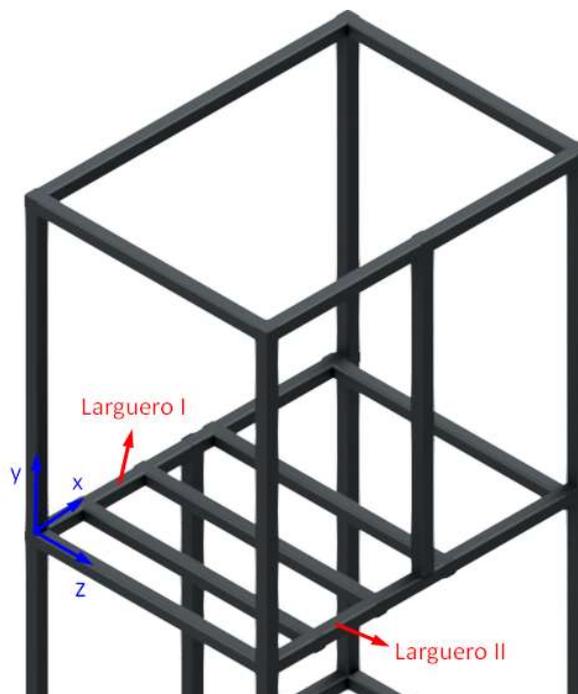


Tensiones normales



En este caso la solicitación máxima por tensiones normales estará en el inicio de la viga ($x=0$), con una magnitud de 86,5 Mpa.

Análisis de largueros



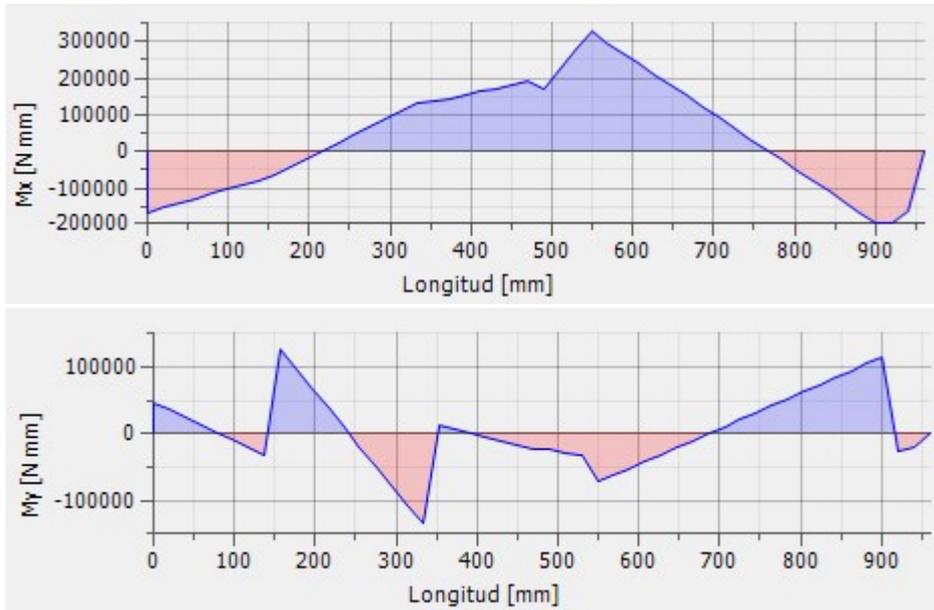
Denominación de largueros.



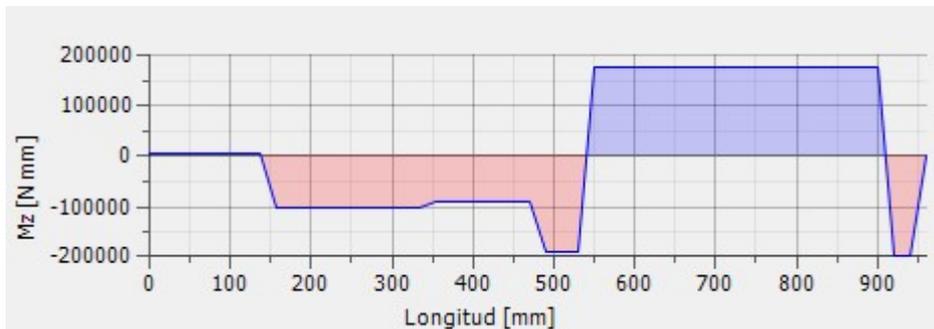
De la misma forma, se analizarán las tensiones y esfuerzos en los largueros. Al no poseer fuerzas externas, recibirán esfuerzos de los miembros cruzados, obteniéndose los siguiente:

Larguero I

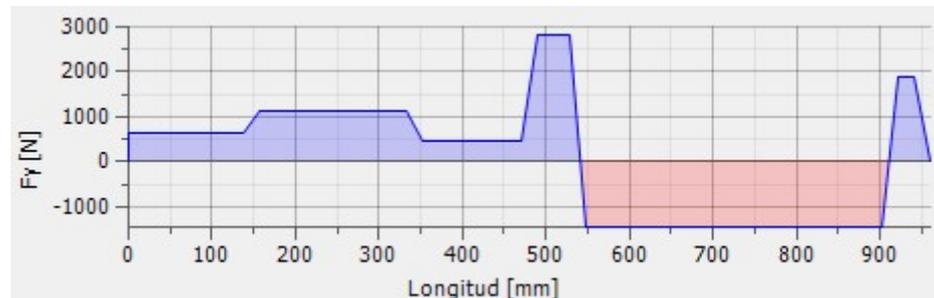
Momento flector



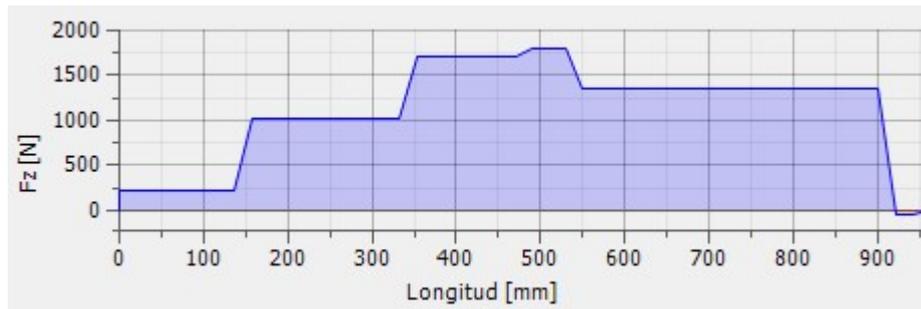
Momento Torsor



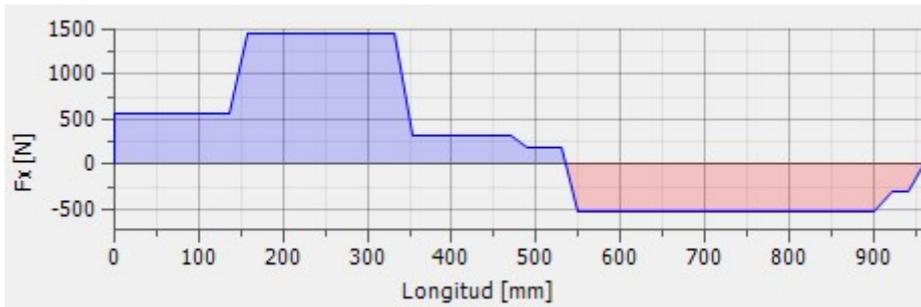
Corte Y



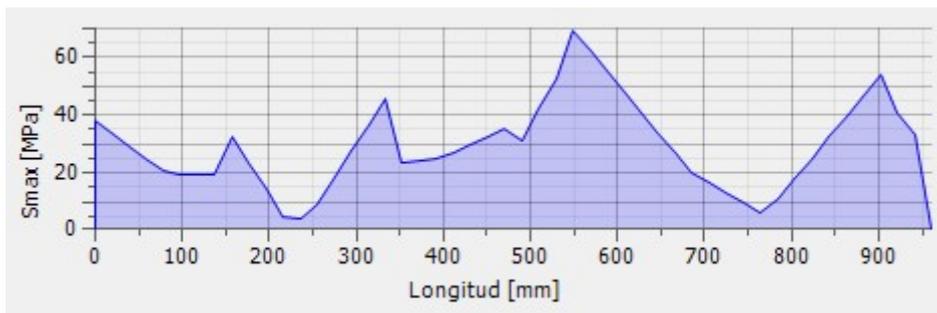
Corte Z



Solicitación axil



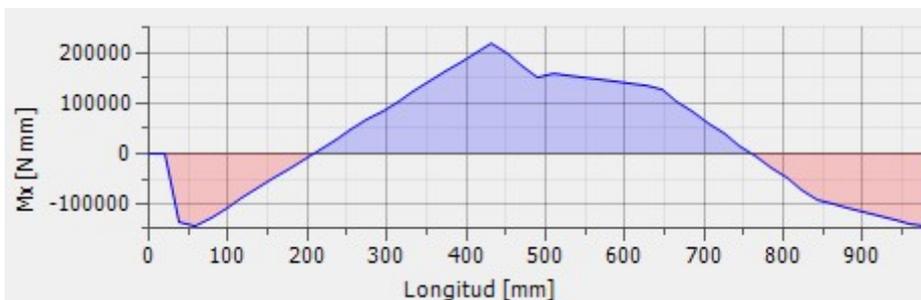
Tensiones normales

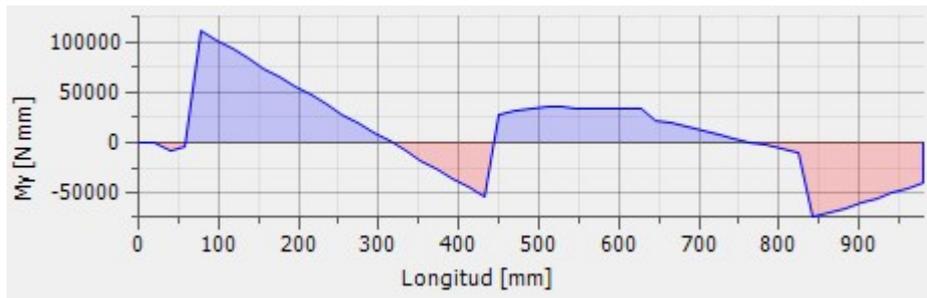


En este caso la solicitación máxima por tensiones normales estará la posición $x=550$, con una magnitud de 59,1 Mpa.

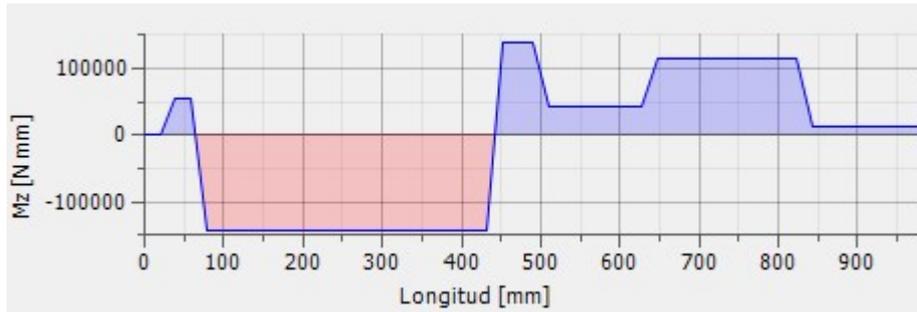
Larguero II

Momento flector

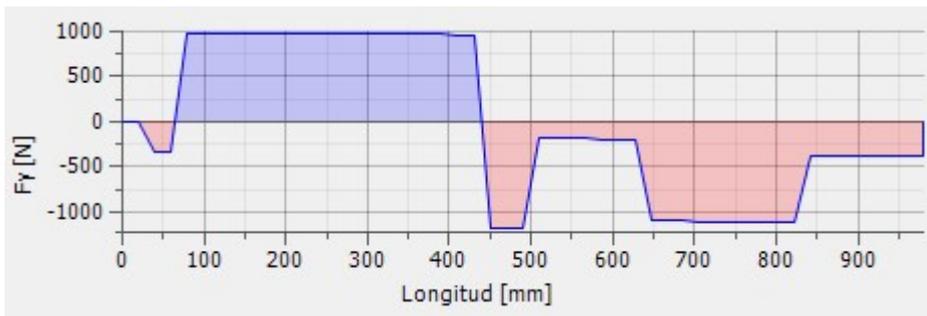




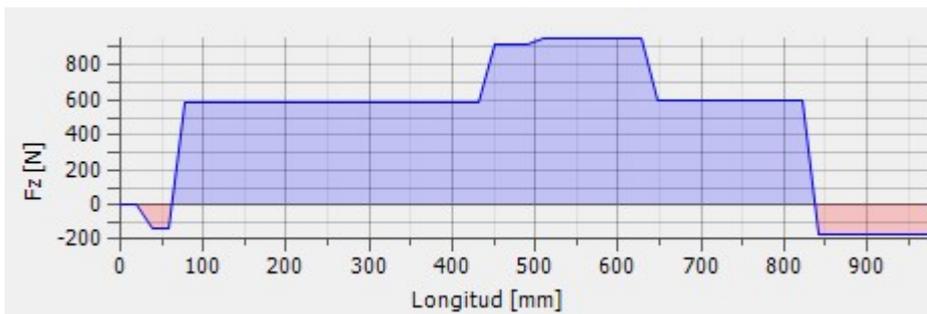
Momento Torsor



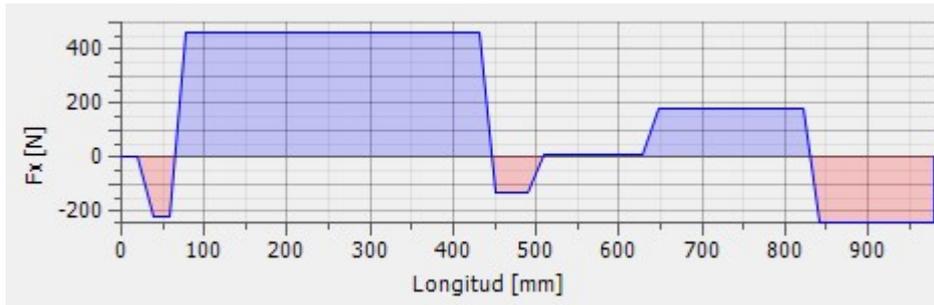
Corte Y



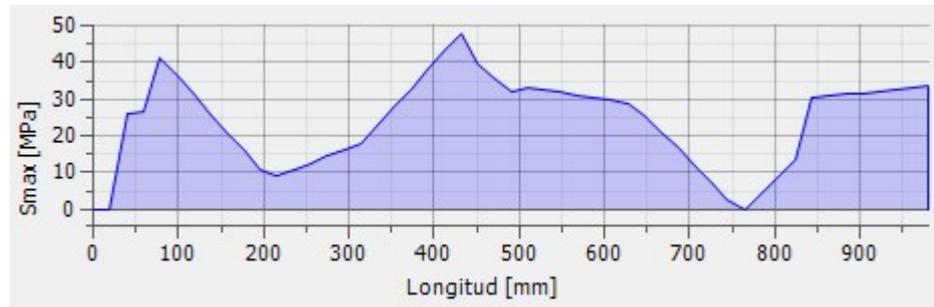
Corte Z



Solicitudión axil



Tensiones normales



En este caso la sollicitación máxima por tensiones normales estará la posición $x=430$, con una magnitud de 47,9 Mpa.

Análisis de columnas

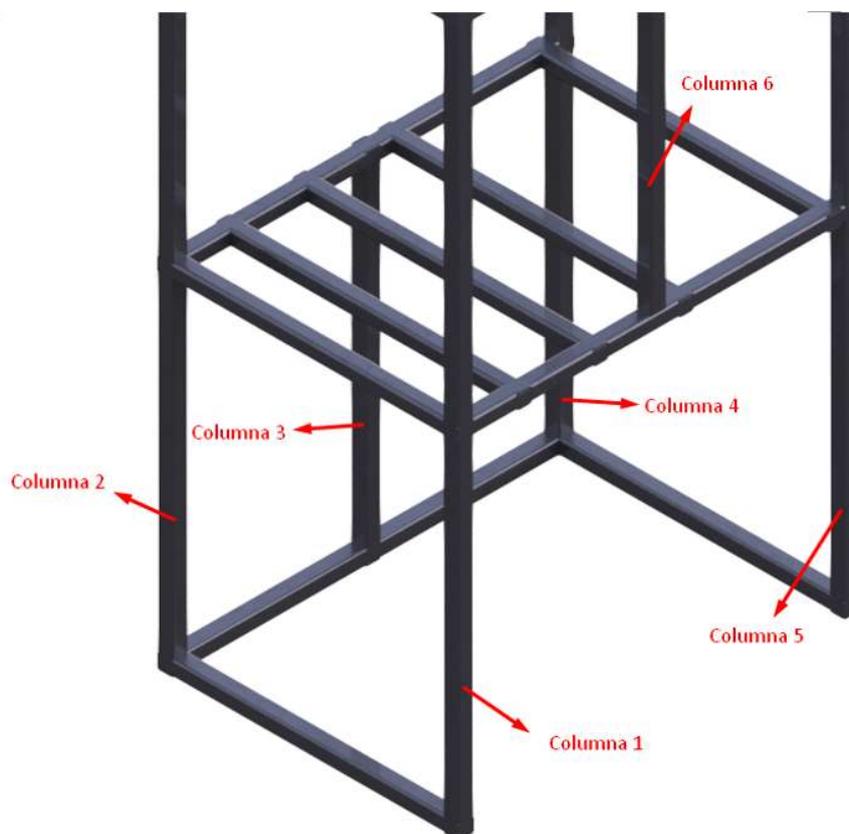
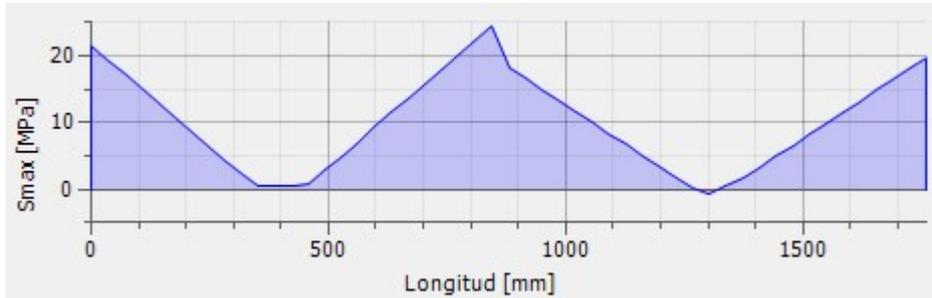


Figura 86: Denominación de columnas.

Para simplificar el análisis, se tendrán en cuenta esfuerzos por sollicitación axil, generados por los esfuerzos transmitidos de los miembros y largueros que soportan el sistema de trituración.

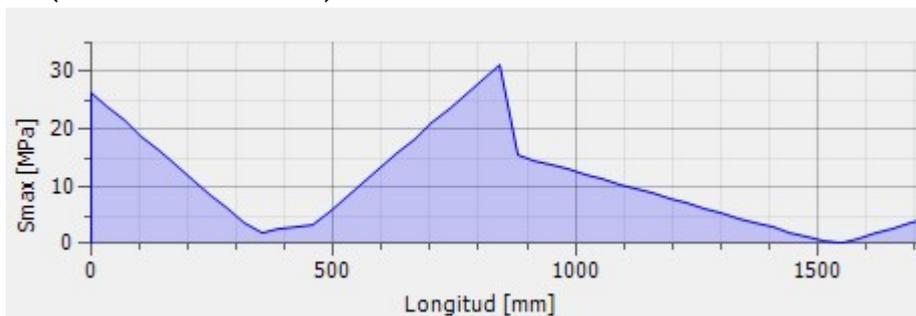
Se tendrán en cuenta los resultados obtenidos mediante software, al igual que los procedimientos anteriores.

Columna 1 (Tensiones normales)



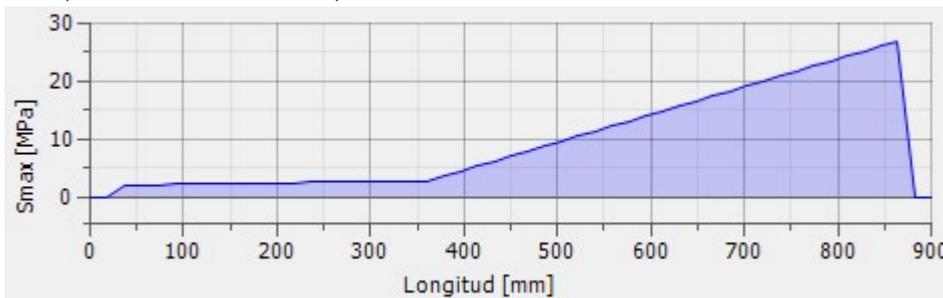
Tensión máx: 25 Mpa

Columna 2 (Tensiones normales)



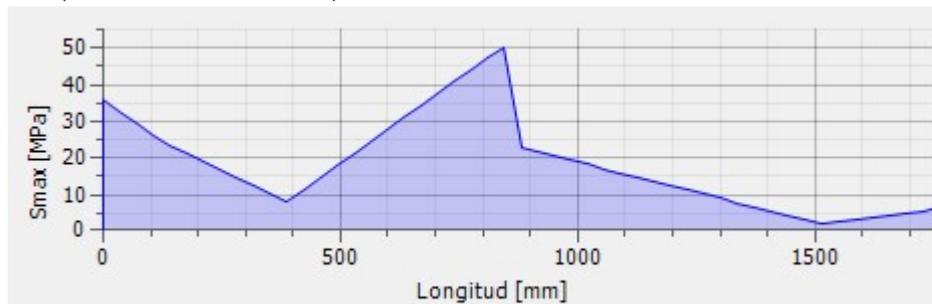
Tensión máx: 31,2 Mpa

Columna 3 (Tensiones normales)



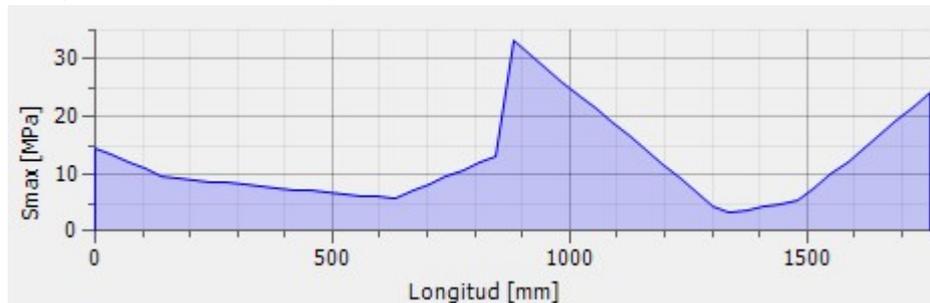
Tensión máx: 27Mpa

Columna 4 (Tensiones normales)



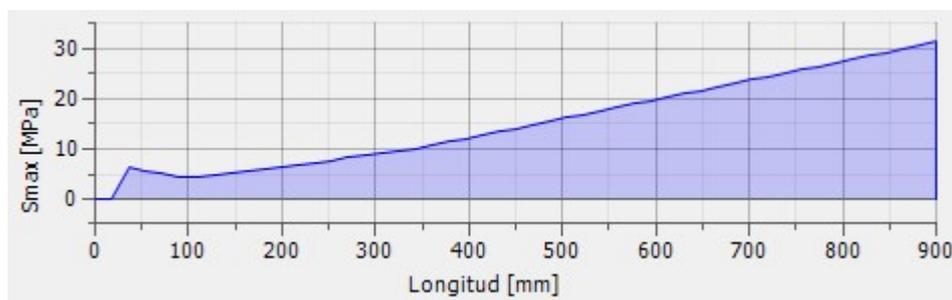
Tensión máx: 50,4 Mpa

Columna 5 (Tensiones normales)



Tensión máx: 33,3 Mpa

Columna 6 (Tensiones normales)



Tensión máx: 31,2 Mpa

Verificación del dimensionamiento

En función de los resultados obtenidos y, asumiendo que el dimensionamiento se hará según la mayor sollicitación presente (104 Mpa en el miembro 3), adoptando un mismo perfil para todos los miembros, y tomando un valor de tensión de fluencia para el acero de construcción según norma DIN 17100 grado St37.2 de 235 Mpa, vemos que el coeficiente de seguridad frente a la fluencia es de 2,25. Siendo esta la condición máxima no nominal de funcionamiento, se considera que la estructura verifica a las sollicitaciones analizadas.

6.4.11.2 Uniones soldadas

De acuerdo con el análisis y cálculo estructural realizado en los pasos anteriores, se decide por analizar la viga más solicitada (miembro 3). Sin embargo, el cálculo de uniones soldadas de la estructura interna se obtendrá analizando la resistencia de la soldadura solicitado por esfuerzos de corte (tensiones tangenciales), es decir, no se tomarán esfuerzos por flexión considerados en el análisis estructural, debido a que la deflexión de la viga en su punto de mayor magnitud es de 1,495mm, como se puede apreciar en el siguiente diagrama:

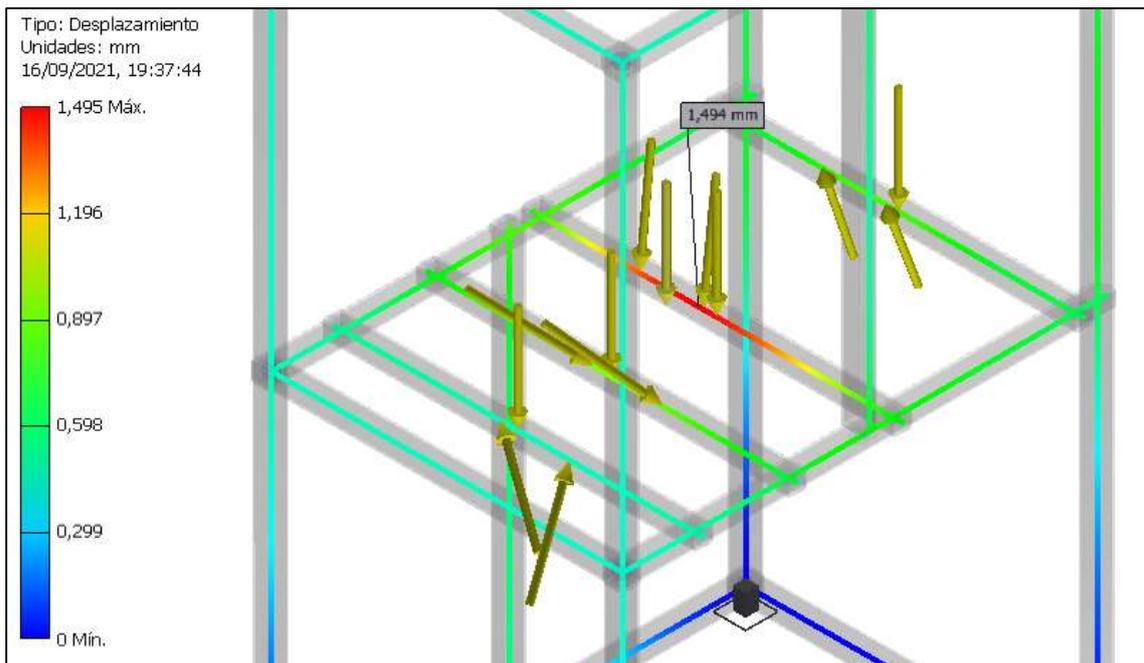


Figura 87: Análisis de deformaciones mediante método de elementos finitos utilizando software Autodesk Inventor 2019.

Esto representa un valor porcentual de $1,495/750 = 0,2\%$, por lo cual se despreciarán los momentos provocados en los apoyos.

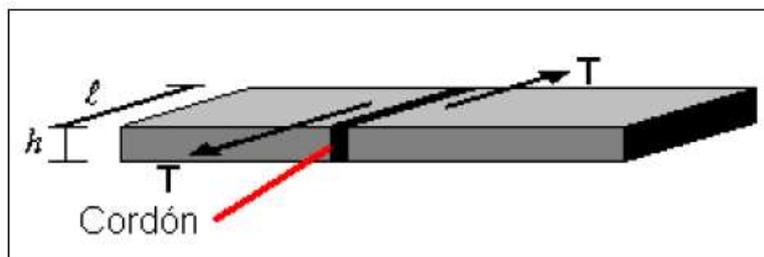


Figura 70: Cordón de soldadura solicitado a esfuerzos de corte.

Se considerará para el cálculo de tensiones tangenciales los esfuerzos de corte en toda la sección soldada mediante la siguiente ecuación:

$$\tau_{adm} = \frac{T}{h * l} \leq 0,4 * \sigma_{mat}$$

Donde:

τ_{adm} : Tensión admisible $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

σ_{mat} : Tensión admisible del material $\left[\frac{N}{m^2} \right]$

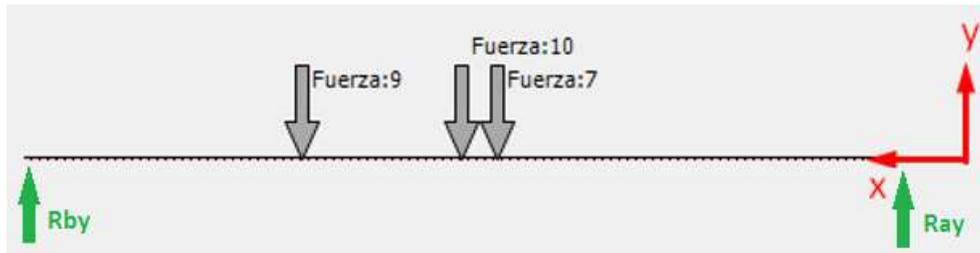
T : Fuerzas paralelas a la sección [N]

h : Altura del cordón de soldadura [m]

l : Longitud del perímetro soldado [m]

Teniendo en cuenta las dimensiones de las vigas (caños cuadrados huecos) del miembro 3, se procede a calcular la tensión admisible de acuerdo con los siguientes datos:

Miembro 3 (x = 550 mm)



Fuerza 9 (x = 530 mm)

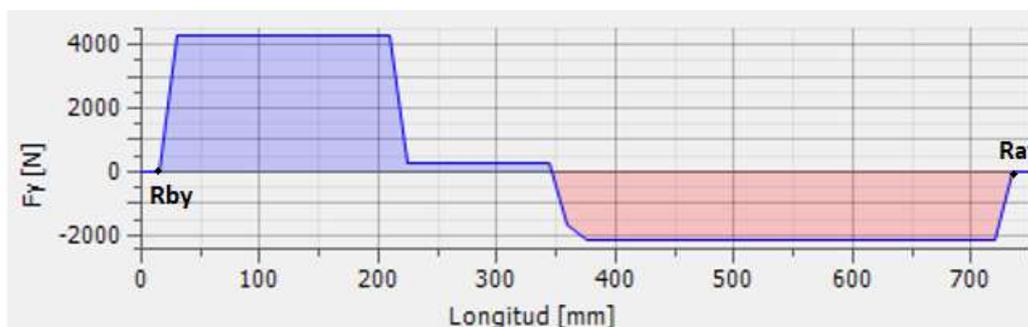
Fuerza 10 (x = 402mm)

Fuerza 7 (x = 375 mm)

Fuerza:7	
F_x	-0,290 N
F_y	-435,700 N
F_z	-0,000 N
Fuerza:9	
F_x	-502,686 N
F_y	-4033,666 N
F_z	80,000 N
Fuerza:10	
F_x	-281,288 N
F_y	-1933,813 N
F_z	50,000 N

Vectores de fuerza.

Corte Y



Se obtienen los valores de las reacciones de vínculo en los extremos soldados respecto del eje Y.

- $R_{ay} = 2298,35 N$
- $R_{by} = 4104,85 N$

El cálculo estará adoptado para el vínculo más solicitado (R_{by}) de acuerdo con los siguientes datos:

- $\sigma_{mat}: 2,35 * 10^8 \left[\frac{N}{m^2} \right]$
- $h: 0,04[m]$
- $l: 0,04[m]$

$$\tau_{adm} = \frac{4104,85 N}{0,04 m * 0,04 m} \leq 0,4 * 2,35 * 10^8$$

$$\tau_{adm} = 2,57 Mpa \leq 94 Mpa$$

VERIFICA

6.4.12 Subsistema 7: Estructura externa

6.4.12.1 Chapa

La finalidad de la estructura externa es dar protección al usuario que interactúa con la máquina y brindar un factor estético en el lugar donde esté instalada. Por esta razón, se definió que el material que cubrirá el interior de la máquina será de chapa galvanizada de 2 mm de espesor a través de plegado en frío y como ajuste a la estructura interna se utiliza remaches y tornillos según la pieza a montar.

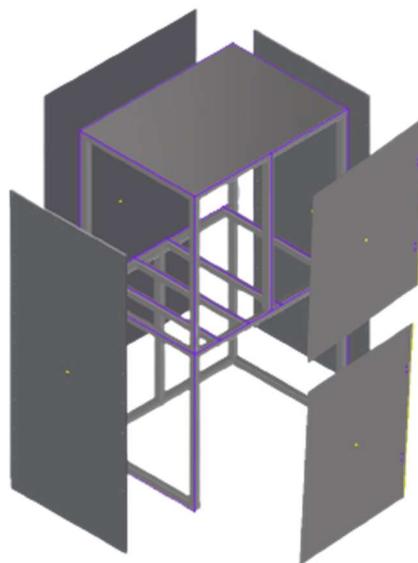


Figura 88: Ilustración de montaje de chapas exteriores en Autodesk inventor

En total, se van a necesitar de 6 piezas, una pieza trasera, dos piezas laterales, una pieza superior (techo) y 2 piezas frontales que estarán montadas con bisagras comerciales cada una de ellas. La primera pieza frontal superior es para tener acceso al sistema de trituración, correas y motor, la segunda pieza frontal inferior, se tiene en cuenta para el manejo de los recipientes tanto líquido como sólidos triturados.

La chapa trasera, laterales y superior deberá contar con los agujeros correspondientes para fijar los remaches a la estructura interna de caños cuadrados.

En cuanto a las chapas frontales deberá contar con los agujeros correspondientes para fijar tornillos a la estructura interna de caños cuadrados. Cada uno de los tornillos serán M6 el cual tendrán que ser desajustados si hay que hacer un ajuste de correas o verificar el sistema de trituración del equipo.

6.4.12.2 Insonorización

La máquina deberá estar aislada acústicamente, para reducir los ruidos provenientes de proceso de trituración. Este diseño será parte del ensayo de validación, dado que es prácticamente imposible predecir cuál será la magnitud del nivel sonoro producido por el sistema.

En el ensayo de validación se deberá analizar el nivel de ruido producido y, en función de los resultados, determinar la protección acústica necesaria para que el usuario de la máquina no esté expuesto a sonidos molestos o, incluso, perjudiciales para la audición.

La siguiente imagen ilustra la intensidad de sonido en dB según la fuente de emisión.

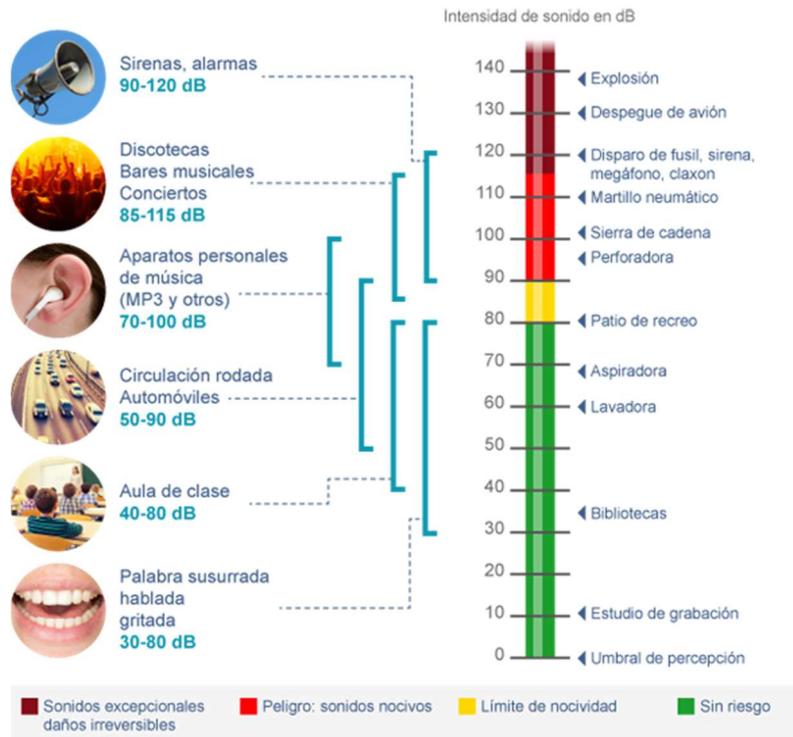


Figura 89: Referencia Intensidad de sonido- Fuente: Franmass Ingeniería Acústica

De acuerdo con esto, se decide fijar un nivel de ruido externo de máximo 65dBA, es decir, un valor de ruido menor que una aspiradora (70 dB). Además, el equipo no está constantemente operando por lo que su nivel de ruido será en un lapso relativamente corto.

Con respecto a la protección acústica, se utilizarán paneles acústicos fonoabsorbente:

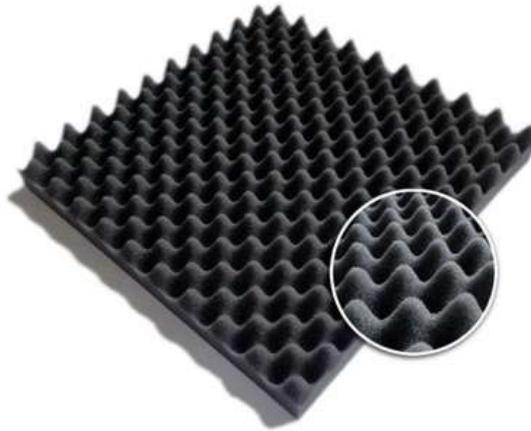


Figura 90: Paneles Acústicos Fonoabsorbentes- Fuente: Espuflex Distribuidora de poliuretano

Los paneles acústicos Fonoabsorbentes ampliamente utilizado en diversas aplicaciones, se colocará pegado en la parte interior de las chapas exteriores en cada una de ellas. Medida estándar por panel: 200 x 50 cm. Fácil manipulación, por lo que se podrá cortar y acoplar de acuerdo con las dimensiones de las chapas. Al utilizar estas placas fonoabsorbentes, el sonido disminuye por debajo de 30 dB teniendo un aislamiento acústico mínimo del interior hacia el exterior.

6.4.13 Subsistema 8: Sistema de almacenamiento

6.4.13.1 Recipiente de PET triturado



Figura 91: Recipiente para PET Triturado

El mismo cumple la función de almacenar el PET que proviene de la trituradora.

Consiste en un contenedor de chapas de aluminio plegadas, las cuales solo requieren de soldadura (MIG) en las uniones de los laterales. La verificación del espesor de la base y los laterales soldados se realizará por medio de software en su situación de máxima carga (entre 6000 y 6500 botellas PET trituradas)

El recipiente cuenta con 600mm de largo, 440mm de ancho y 650mm de alto. Se ubica en la parte trasera inferior del gabinete y cuenta con pintura de base látex y esmalte sintético.

GIRATORIA



									
80	30	107	100x85	80x60	9	39	120	120	0.61
100	30	128	100x85	80x60	9	35	120	170	0.65
150	45	194	140x110	105x80	11	56	156	300	1.77
200	50	240	140x110	105x80	11	56	156	300	2.2

Figura 92: Ficha técnica Rueda Giratoria - Fuente: FAMIQ

Está compuesto por cuatro ruedas giratorias, dos de las cuales cuentan con un freno que va a evitar el desplazamiento indeseado. Considerando que el peso máximo previsto a almacenar es de entre 60 y 65kg, variando según cantidad y tamaño de las botellas.

GIRATORIA CON FRENO



									
80	30	107	100x85	80x60	9	39	120	120	0.78
100	30	128	100x85	80x60	9	35	120	170	0.83
150	45	194	140x110	105x80	11	56	156	300	1.1
200	50	240	140x110	105x80	11	56	156	300	2.48

Figura 93: Ficha técnica rueda giratoria con freno - Fuente: FAMIQ

Teniendo las fichas técnicas del fabricante anteriormente citado, se seleccionan cuatro ruedas, dos con freno y dos sin el mismo, de diámetro 80mm con una capacidad de máxima carga de 120 kg por cada una. Sabiendo que el peso máximo a almacenar es de 65kg, se considera a las mismas aptas para dicha función.

6.4.13.2 Recipiente de tapas y etiquetas/ líquidos



Figura 94: Recipiente para tapas y etiquetas/líquidos

Este recipiente cuenta con las mismas medidas que el de PET triturado (alto de 650mm, largo 600mm y ancho de 440mm) pero cuenta con una división que divide a la mitad al mismo, obteniéndose un recipiente para tapas y etiquetas y otro para líquidos, los cuales serán retirados e ingresados previa introducción de la botella a la máquina. Se ubica en la parte delantera inferior del gabinete y cuenta con pintura de base látex y esmalte sintético.

Consiste en un contenedor de chapas de aluminio plegadas, las cuales solo requieren de soldadura (MIG) en las uniones de los laterales. La verificación del espesor de la base y los laterales soldados se realizará por medio de software en su situación de máxima carga.

Cada recipiente cuenta con una capacidad de 85lts. En este caso es más difícil estimar la capacidad según cantidad de botellas de PET ya que no todas van a verter la misma cantidad de líquido al recipiente, por lo tanto, se requiere de un mantenimiento acorde con la frecuencia del lugar para evitar posibles desbordes

Teniendo en cuenta que:

- Densidad del polipropileno 900kg/m^3
- Densidad aprox. de gaseosas 1020kg/m^3

Podemos estimar un peso máximo, en el recipiente de 165 kg. Por lo tanto, seleccionamos las mismas ruedas que el recipiente de PET triturado, las cuales son las de menor carga que provee el fabricante y satisface la necesidad demandada.

Además de las verificaciones que respecta a las fuerzas distribuidas en el recipiente (incluyendo la presión hidrostática), se establece un procedimiento de control de fugas que permite asegurar pérdidas a través del cordón de soldadura.

También incluye una válvula esférica que permite la fácil extracción de los líquidos. La misma es de acero inoxidable AISI 304 para evitar posible corrosión y de 1" de diámetro (fabricante JEKLO)



Figura 95: Válvula esférica de 1" Acero Inox AISI 304 - Fuente: JEKLO

7 Validación

Dado que el proyecto se basa en el diseño y la comercialización de un producto serializado, y, con el fin de garantizar un alto grado de calidad, surge la necesidad de validar los cálculos y suposiciones que se han ido realizando durante el proceso de diseño.

Con este fin se fabricará un prototipo y luego se recurrirá a una serie de ensayos para validar el mismo. Algunos de ellos serán realizados por el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), ente gubernamental con una gran reputación en la industria, y otros se realizarán dentro de la empresa.

Se llevarán estudios de verificación de los siguientes parámetros críticos:

1. Verificación y validación de los niveles de ruido durante el funcionamiento

Este estudio buscará verificar que los niveles de ruido no superen los valores máximos estipulados en la sección de factibilidades legales.

El mismo consiste en la medición de los decibels generados por la máquina mediante la utilización de calibradores acústicos, micrófonos, amplificadores, analizadores en tiempo real de sonido y una cámara de insonorización.

Los valores medidos luego son registrados y catalogados, teniendo en cuenta las siguientes variables atmosféricas:

- Temperatura ambiente: 23 ± 2 °C
- Presión atmosférica: (1013 ± 10) hPa.
- Humedad relativa: (50 ± 20) %

Considerando que el equipo se ubicará en lugares públicos se apuntará a que el mismo no produzca más ruido que una heladera estándar. Según la norma IRAM una heladera que supera los 53dBA puede considerarse como ruidosa.

Por último, se verifica que el nivel máximo registrado no supere a este valor (53dBA) y al admitido por la normativa vigente (45 dBA).

Este estudio, dada la complejidad de los equipos requeridos para llevarlo a cabo, será realizado por el INTI.

2. Verificación del sistema de trituración

Dado que el sistema de trituración fue diseñado en base a recomendaciones de fabricantes y buenas prácticas en la industria, es necesario validar el producto final obtenido.

Para ello se realizarán ensayos con 100 botellas de diversos tamaños (500ml, 1,5L y 2,25L).

Las mismas se introducirán en la trituradora y se verificarán las siguientes condiciones de funcionamiento:

- ✓ Tiempo total de triturado menor a 45 segundos.
- ✓ Tamaño promedio del producto obtenido menor a 15mm y calidad del triturado.
- ✓ Verificar que no queden residuos plásticos atrapados dentro de las cuchillas o entre los peines.
- ✓ Verificar que las botellas se deslicen correctamente por el sistema de entrada y que no queden trabadas en el recorrido.

Dada la baja complejidad del ensayo y que no se requieren herramientas extra, el mismo será llevado a cabo por personal de la empresa.

3. Verificación del sistema de control y de las medidas de seguridad.

Ya que la trituradora será ubicada principalmente en lugares públicos y que podrá ser utilizada por cualquier persona, sin importar el grado de conocimientos técnicos, es de alta importancia la verificación y validación de los sistemas de seguridad implementados.

En el mismo se pondrán a prueba todos los mecanismos: sensores, interruptor general, cableado y conexión, elementos de protección eléctrica, etc.

Además, se verificará que sea imposible el ingreso de alguna extremidad mientras el equipo se encuentre en funcionamiento.

Para la realización de estos ensayos se contará con un licenciado en higiene y seguridad que posea experiencia en maquinaria similar y pueda verificar y validar los ensayos realizados.

4. Validación de la integridad de los componentes para dos años de uso:

Para verificar el correcto funcionamiento de los componentes durante el período establecido en el uso pretendido, se establecerá un acuerdo con una de las empresas de reciclaje de la provincia de Buenos Aires. Este acuerdo consistirá en entregar tres unidades del producto a dicha empresa, por un período de un mes para ser utilizadas durante el proceso de reciclaje. De esta manera, se somete la máquina a condiciones considerablemente más exigentes que las habituales.

Dentro de las condiciones se acordará que todos los gastos de transporte correrán a cuenta nuestra. La empresa de reciclaje se beneficiará dado que puede usufructuar de la máquina durante un mes y, además, se le otorgará un descuento en la futura adquisición del producto si fuese de su interés.

Durante el período de prueba, se buscará la ocurrencia de fallas tempranas, así como cualquier otro inconveniente que pueda surgir. Dichas ocurrencias serán documentadas para luego ser mitigadas.

Una vez finalizado el mes de prueba, se corroborará el estado de todos los componentes del producto y su nivel de desgaste.

Si no se presenta ninguna falla o desgaste excesivo de algún componente, se determina que el producto cumple con los parámetros de diseño y, por ende, el ensayo se considera validado.

7.1 Resumen del ensayo de validación

A modo de resumen de lo desarrollado con anterioridad se presenta la siguiente tabla que describe brevemente los ensayos especificados, los parámetros a validar y el criterio de aceptación de cada uno.

N°	Ensayo	Número de muestras	Cantidad de repeticiones por muestra	Criterios de aceptación
1	Verificación y validación de los niveles de ruido durante el funcionamiento.	3	2	Nivel máximo de ruido registrado no supere al valor máximo admitido por la normativa vigente (45 dBA).
2	Verificación del sistema de trituración	3	100	Tiempo total de triturado menor a 45 segundos.
				Tamaño promedio del producto obtenido menor a 15mm.
				Verificar que no queden residuos plásticos atrapados dentro de las cuchillas o entre los peines.
3	Verificación del sistema de control y de las medidas de seguridad.	3	1	Verificar que las botellas se deslicen correctamente por el sistema de entrada y que no queden trabadas en el recorrido.
				Se pondrán a prueba todos los mecanismos: sensores, interruptor general, cableado y conexión, elementos de protección eléctrica, etc.
4	Validación de la integridad de los componentes para dos años de uso.	3	1	Se verificará que sea imposible el ingreso de alguna extremidad mientras el equipo se encuentre en funcionamiento.
				No ocurrencia de fallas tempranas o desgaste excesivo.

Tabla 67: Ensayos de validación

8 Revisión de las factibilidades económicas

Luego de definir todos los parámetros básicos del diseño del equipo es necesario revisar y actualizar el estudio financiero realizado en el inciso de factibilidades económicas.

Esta actualización es necesaria ya que durante el análisis preliminar se realizaron suposiciones sobre el equipamiento y la materia prima requeridas para el ensamblaje del producto, las cuales, en muchos casos, sufrieron modificaciones.

Además, en este apartado se tuvieron en cuenta los ensayos de validación que también tienen asociado un precio, el cual, para alguno de los ensayos, puede ser considerable.

En primer lugar, se actualiza la planilla de función producción y costos, teniendo en cuenta estos cambios que se han realizado.

N°	Factor producción	Especif.Técnicas	Unidad de medida	Precio Unitario U\$D	Cant. por unidad de producto	Precio por unidad de producto	Costo Mensual
RECURSOS Y MATERIAS PRIMAS							
1 MÁQUINARIA ELÉCTRICA							
1,1	MOTOR MONOFÁSICO	Motor WEG	UNI	\$250,00	1	\$250,00	\$ 1.250,00
1,2	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN	Guardamotor, fusible	UNI	\$20,00	2	\$40,00	\$ 200,00
2 DISPOSITIVOS DE REDUCCIÓN DE VOLÚMEN							
2,1	CUCHILLAS	Acero AISI D2 3 dientes	UNI	\$10,00	10	\$100,00	\$ 500,00
2,2	EJES HEXAGONALES	SAE 1045	UNI	\$50,00	2	\$100,00	\$ 500,00
2,3	PEINES Y ESPACIADORES	Acero AISI D2	UNI	\$140,00	1	\$140,00	\$ 700,00
2,4	RODAMIENTOS	SKF	UNI	\$2,00	4	\$8,00	\$ 40,00
2,5	ESTRUCTURA EXTERNA	Hierro fundido	UNI	\$150,00	1	\$150,00	\$ 750,00
3 DISPOSITIVO DE REDUCCIÓN MECÁNICO							
3,1	POLEAS	Diametros: 250mm (motriz) y 85mm (accionada)	UNI	\$40,00	1	\$40,00	\$ 200,00
3,2	CORREA	OPTIBELT PERFIL A/13	UNI	\$10,00	3	\$30,00	\$ 150,00
3,3	ENGRANAJES RECTOS	Diametro exterior: 225mm relación 1:1	UNI	\$40,00	2	\$80,00	\$ 400,00
3,4	LUBRICACIÓN	Grasa para engranajes	L	\$2,50	0,2	\$0,50	\$ 2,50
4 SISTEMAS DE CONTROL							
4,1	ARDUINO UNO		UNI	\$7,50	1	\$7,50	\$ 37,50
4,2	SENSORES	Infrarrojo, inductivo, de final	UNI	\$10,00	3	\$30,00	\$ 150,00
4,3	DISPLAY	LCD TOUCH 3,5"	UNI	\$20,00	1	\$20,00	\$ 100,00
4,4	SERVOMOTOR		UNI	\$2,00	1	\$2,00	\$ 10,00
4,5	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	Relay, transistores, etc.	UNI	\$10,00	1	\$10,00	\$ 50,00
4,6	FICHAS Y CABLES PARA EL		UNI	\$5,00	1	\$5,00	\$ 25,00
5 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO							
5,1	RECIPIENTE SÓLIDOS		UNI	\$6,00	1	\$6,00	\$ 30,00
5,2	RECIPIENTE LÍQUIDOS		UNI	\$8,00	1	\$8,00	\$ 40,00
6 ESTRUCTURA INTERNA Y EXTERNA							
6,1	CHAPA GALVANIZADA CONFORMADA		M2	\$5,00	5	\$25,00	\$ 125,00
6,2	ESTRUCTURA INTERNA METÁLICA		M	\$2,00	18	\$36,00	\$ 180,00
6,3	TOLVA		UNI	\$5,00	1	\$5,00	\$ 25,00
6,4	BULONERÍA	Arandelas, tornillos, tuercas,	UNI	\$50,00	0,14	\$10,00	\$ 50,00
7 INSUMOS							
7,1	ELEMENTOS DE PAÑOL		UNI	\$70,00	-	\$14,00	\$ 70,00
7,2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA		UNI	\$70,00	-	\$14,00	\$ 70,00
7,3	INSUMOS DE SOLDADURA	Electrodos, estaño, gas inerte	UNI	\$50,00	-	\$10,00	\$ 50,00
8 PACKAGING							
8,1	PALLET DE MADERA		UNI	\$10,00	1	\$10,00	\$ 50,00
8,2	PAPELERÍA	Caja de cartón, telgopores, plástico burbuja	UNI	\$20,00	1	\$20,00	\$ 100,00
Subtotal factor RECURSOS						\$1.161,00	\$ 5.805,00



N°	Factor producción	Especif.Técnicas	Unidad de medida	Precio Unitario U\$D	Cant. por unidad de producto	Precio por unidad de producto	Costo Mensual
TRABAJO							
9	MANO DE OBRA DIRECTA						
9,1	OPERARIOS	2 operarios encargados del ensamblaje y otras tareas	MO	\$1.000,00	-	-	\$ 1.000,00
9,2	SUPERVISOR		MO	\$650,00	-	-	\$ 650,00
9,3	PERSONAL DE LIMPIEZA		MO	\$400,00	-	-	\$ 400,00
Subtotal factor TRABAJO							\$ 2.050,00
CAPITAL E INVERSIONES							
10	TESTS DE VALIDACIÓN						
10,1	VALIDACIÓN DE RUIDOS	Realizada por INTI	SV	\$1.000,00	-	-	-
10,2	VERIFICACIÓN PROTOTIPO	Realizada in-house	SV	\$50,00	-	-	-
10,3	VERIFICACIÓN SEGURIDAD	Realizado por técnico HSE	SV	\$350,00	-	-	-
11	BIENES DE USO						
11,1	ELEMENTOS DE MEDICIÓN		UNI	\$100,00	-	-	-
11,2	AMOLADORA		UNI	\$60,00	-	-	-
11,3	AGUJERADORA DE BANCO		UNI	\$300,00	-	-	-
11,4	SIERRA SIN FIN HORIZONTAL		UNI	\$1.500,00	-	-	-
11,5	SOLDADORA MIG		UNI	\$600,00	-	-	-
11,6	SOLDADORA DE ESTAÑO		UNI	\$20,00	-	-	-
11,7	KIT DESTORNILLADORES		UNI	\$23,00	-	-	-
11,8	KIT DE LLAVES Y TUBOS		UNI	\$120,00	-	-	-
11,9	CABINA DE PINTURA		UNI	\$6.000,00	-	-	-
11,10	PISTOLA ROCIADORA DE PINTURA		UNI	\$20,00	-	-	-
11,11	COMPRESOR DE AIRE		UNI	\$200,00	-	-	-
11,12	FRESADORA DE BANCO		UNI	\$3.500,00	-	-	-
11,13	PLEGADORA-GUILLOTINA DE CHAPA		UNI	\$650,00	-	-	-
11,14	MATERIAL DE OFICINAS		UNI	\$3.000,00	-	-	-
11,15	ZORRA HIDRÁULICA		UNI	\$250,00	-	-	-
12	INSTALACIONES						
12,1	SERVICIO DE AGUA		SV	\$75,00	-	-	\$75,00
12,2	SERVICIO DE ELECTRICIDAD		SV	\$500,00	-	-	\$500,00
12,3	SERVICIO DE GAS		SV	\$150,00	-	-	\$150,00
12,4	ALQUILER DE GALPÓN		SV	\$1.000,00	-	-	\$1.000,00
Subtotal factor CAPITAL y COMERCIALIZACIÓN							\$ 1.725,00
COMERCIALIZACIÓN							
13	MARKETING						
13,1	CAMPAÑA DE MARKETING (costo inicial)	Diseño de logotipos y slogan, pagina web y perfiles de redes sociales (Instagram, LinkedIn)	SV	\$5.000,00	-	-	-
13,2	MARKETING SOPORTE	Mantenimiento mensual de la pagina web, perfiles de redes sociales, folletos, etc.	SV	\$200,00	-	-	\$200,00
14	LOGÍSTICA						
14,1	PICK-UP	Amortización mensual de la pick-up	UNI	\$10.000,00	-	-	-
14,2	COSTO DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO	Seguro, combustible, patente, verificación técnica vehicular, mantenimiento	SV	\$100,00	-	-	\$ 100,00
15	SISTEMAS INFORMÁTICOS Y DESARROLLO APP						
15,1	DESARROLLO APP	Desarrollo de aplicación sistema de puntos	SV	\$2.500,00	-	-	-
15,2	APP SOPORTE	Agregado de nuevos clientes, mantenimiento de servidores, updates, etc.	SV	\$150,00	-	-	\$ 150,00
Subtotal factor COMERCIALIZACIÓN							\$ 300,00

RESUMEN DE COSTOS		
Costos VARIABLES		
Código	Denominación	Costo unitario
1,1	MOTOR MONOFÁSICO	\$ 250,00
1,2	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICOS	\$ 40,00
2,1	CUCHILLAS	\$ 100,00
2,2	EJES HEXAGONALES	\$ 100,00
2,3	PEINES Y ESPACIADORES	\$ 140,00
3,1	POLEAS	\$ 40,00
3,2	CORREA	\$ 30,00
3,3	ENGRANAJES RECTOS	\$ 80,00
3,4	LUBRICACIÓN	\$ 0,50
2,4	RODAMIENTOS	\$ 8,00
2,5	ESTRUCTURA EXTERNA	\$ 150,00
4,1	ARDUINO UNO	\$ 7,50
4,2	SENSORES	\$ 30,00
4,3	DISPLAY	\$ 20,00
4,4	SERVOMOTOR	\$ 2,00
4,5	COMPONENTES ELECTRÓNICOS	\$ 10,00
4,6	FICHAS Y CABLES PARA EL CONEXIONADO	\$ 5,00
5,1	RECIPIENTE SÓLIDOS	\$ 6,00
5,2	RECIPIENTE LÍQUIDOS	\$ 8,00
6,1	CHAPA GALVANIZADA CONFORMADA	\$ 25,00
6,2	ESTRUCTURA INTERNA METÁLICA	\$ 36,00
6,3	TOLVA	\$ 5,00
6,4	BULONERÍA	\$ 10,00
7,1	ELEMENTOS DE PAÑOL	\$ 14,00
7,2	ELEMENTOS DE LIMPIEZA	\$ 14,00
7,3	INSUMOS DE SOLDADURA	\$ 10,00
8,1	PALLET DE MADERA	\$ 10,00
8,2	PAPELERÍA	\$ 20,00
Total		\$ 1.171,00

Costos FIJOS		
Código	Denominación	Costo
9,1	OPERARIOS	\$1.000,00
9,2	SUPERVISOR	\$650,00
9,3	PERSONAL DE LIMPIEZA	\$400,00
12,1	SERVICIO DE AGUA	\$75,00
12,2	SERVICIO DE ELECTRICIDAD	\$500,00
12,3	SERVICIO DE GAS	\$150,00
12,4	ALQUILER DE GALPÓN	\$1.000,00
13,2	MARKETING SOPORTE	\$200,00
14,2	COSTO DE MANTENIMIENTO DEL VEHÍCULO	\$100,00
15,2	APP SOPORTE	\$150,00
Total		\$ 4.225,00

Inversiones		
Código	Denominación	Costo
10,1	VALIDACIÓN DE RUIDOS	\$ 1.000,00
10,2	VERIFICACIÓN PROTOTIPO	\$ 50,00
10,3	VERIFICACIÓN SEGURIDAD	\$ 350,00
11,1	ELEMENTOS DE MEDICIÓN	\$ 100,00
11,2	AMOLADORA	\$ 60,00
11,3	AGUJEREADORA DE BANCO	\$ 300,00
11,4	SIERRA SIN FIN HORIZONTAL	\$ 1.500,00
11,5	SOLDADORA MIG	\$ 600,00
11,6	SOLDADORA DE ESTAÑO	\$ 20,00
11,7	KIT DESTORNILLADORES	\$ 23,00
11,8	KIT DE LLAVES Y TUBOS	\$ 120,00
11,9	CABINA DE PINTURA	\$ 6.000,00
11,10	PISTOLA ROCIADORA DE PINTURA	\$ 20,00
11,11	COMPRESOR DE AIRE	\$ 200,00
11,12	FRESADORA DE BANCO	\$ 3.500,00
11,13	PLEGADORA-GUILLOTINA DE CHAPA	\$ 650,00
11,14	MATERIAL DE OFICINAS	\$ 3.000,00
11,15	ZORRA HIDRÁULICA	\$ 250,00
13,1	CAMPAÑA DE MARKETING (costo inicial)	\$ 5.000,00
14,1	PICK-UP	\$ 10.000,00
15,1	DESARROLLO APP	\$ 2.500,00
Total		\$ 35.243,00



Costos de materia prima [U\$D/UND]	Costos de mano de obra [U\$D/UND]	Precio de venta [U\$D/UND]	Producción [UND/día]	Stock de MP [día]	Tiempo de fabricación [día]	Stock de producto terminado [día]
\$ 1.171,00	\$ 330,00	\$ 3.000,00	0,24	9	4,2	10

Capital circulante	Costo [UM]	Tipo de capital
CSMP	\$ 2.509,29	Capital de stock de materia prima
CME	\$ 330,00	Capital de material elaborado
CSPT	\$ 7.142,86	Capital de stock de material terminado
Total Capital Circulante [U\$D]	\$ 9.982,14	

Como se puede observar, comparando con el análisis anterior, hubo un aumento no despreciable de los costos, especialmente debido a los estudios de validación.

Para poder mitigar este incremento, se aumenta el precio unitario a U\$D3.000. Este valor coincide con el límite inferior de precio de venta que los clientes están dispuestos a pagar, obtenido durante el análisis de mercado.

Con este nuevo precio de venta y costos variables, se realiza el flujo de caja.

Periodo	0	1	2	3	4	5	6
I . INGRESOS	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precio unitario	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Cantidad mensual	0	0	0	1	1	3	4
Crédito	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 20.000	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 9.000
II - EGRESOS							
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 0	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171
CV total mensual	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 3.513	\$ 4.684
Costo fijo	\$ 49.450	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225
Egreso mensual	\$ 49.450	\$ 4.808	\$ 4.808	\$ 5.979	\$ 5.979	\$ 8.321	\$ 9.492
Flujo neto de Fondos	-\$ 29.450	-\$ 4.808	-\$ 4.808	-\$ 5.979	-\$ 2.979	-\$ 5.321	-\$ 492
Acumulado	-\$ 29.450	-\$ 34.258	-\$ 39.067	-\$ 45.046	-\$ 48.025	-\$ 53.347	-\$ 53.839

Periodo	7	8	9	10	11	12
I . INGRESOS	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precio unitario	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Cantidad mensual	4	4	4	4	4	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000	\$ 12.000
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171
CV total mensual	\$ 4.684	\$ 4.684	\$ 4.684	\$ 4.684	\$ 4.684	\$ 5.855
Costo fijo	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225
Egreso mensual	\$ 9.492	\$ 9.492	\$ 9.492	\$ 9.492	\$ 9.492	\$ 10.663
Flujo neto de Fondos	\$ 2.508	\$ 2.508	\$ 2.508	\$ 2.508	\$ 2.508	\$ 1.337
Acumulado	-\$ 51.331	-\$ 48.824	-\$ 46.316	-\$ 43.808	-\$ 41.301	-\$ 39.964



Periodo	13	14	15	16	17	18
I . INGRESOS	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Precio unitario	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Cantidad mensual	5	5	5	5	5	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171
CV total mensual	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855
Costo fijo	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225
Egreso mensual	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663
Flujo neto de Fondos	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337
Acumulado	-\$ 35.627	-\$ 31.291	-\$ 26.954	-\$ 22.617	-\$ 18.281	-\$ 13.944

Periodo	19	20	21	22	23	24
I . INGRESOS	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precio unitario	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Cantidad mensual	5	5	5	5	5	5
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000	\$ 15.000
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583	\$ 583
CV unitario	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171
CV total mensual	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855	\$ 5.855
Costo fijo	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225
Egreso mensual	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663	\$ 10.663
Flujo neto de Fondos	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337	\$ 4.337
Acumulado	-\$ 9.607	-\$ 5.271	-\$ 934	\$ 3.403	\$ 7.739	\$ 12.076

A fin de no extender esta sección, se adjunta el flujo de caja hasta el período de repago (en este caso 22 meses), y el de los últimos 6 meses del proyecto. En anexos puede encontrarse la planilla completa para los 5 años de duración del emprendimiento.

Periodo	55	56	57	58	59	60
I . INGRESOS	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero
Precio unitario	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000	\$ 3.000
Cantidad mensual	6	6	6	6	6	6
Crédito	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Ingreso mensual	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000	\$ 18.000
II - EGRESOS						
Cuotas Préstamo (CFT 5%)	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
CV unitario	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171	\$ 1.171
CV total mensual	\$ 7.026	\$ 7.026	\$ 7.026	\$ 7.026	\$ 7.026	\$ 0
Costo fijo	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225	\$ 4.225
Egreso mensual	\$ 11.251	\$ 11.251	\$ 11.251	\$ 11.251	\$ 11.251	\$ 4.225
Flujo neto de Fondos	\$ 6.749	\$ 6.749	\$ 6.749	\$ 6.749	\$ 6.749	\$ 13.775
Acumulado	\$ 180.202	\$ 186.951	\$ 193.700	\$ 200.449	\$ 207.198	\$ 220.973

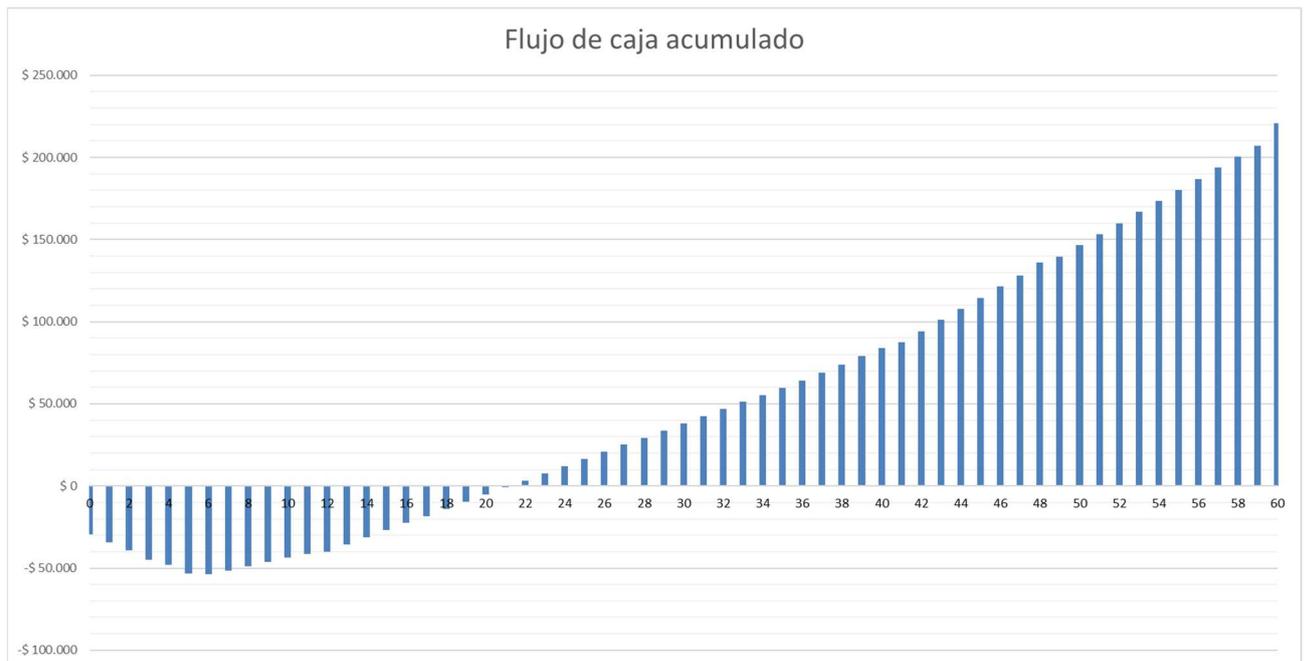


Gráfico 8: Flujo de caja acumulado

El período de repago actualizado es de 22 meses, con lo cual aumenta en un mes con respecto al del análisis económico inicial.

Luego de la revisión, el costo máximo a cubrir es de U\$S 53.839 y ocurre en el mes 6. Esto implica un desembolso de U\$S 8.973 por parte de cada uno de los 6 inversores. Esto implica un incremento de casi un 25% del valor calculado inicialmente. Sin embargo, dado que los flujos presentan valores positivos, es un costo que los inversores están dispuestos a incurrir.

Con el flujo de caja se calcula nuevamente el valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR) del proyecto.

Tasa actualización	2,50%
VAN	\$58.776,4
TIR	10,2%

Como se puede observar, los valores no difieren en gran medida de lo calculado previamente. Podemos concluir, con una mayor seguridad, que el proyecto es rentable y económicamente viable.

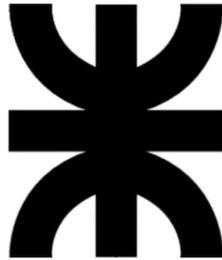
9 BIBLIOGRAFÍA

1. Aceros Ray. (s. f.). *SAE 1045 TREFILADO*. SAE 1045 Trefilado - Aceros RAY. Recuperado 14 de enero de 2021, de <http://acerosray.cl/acero-trefilado/sae-1045-%20trefilado/>
2. Acústica, F., 2021. EL DAÑO IRREPARABLE DEL RUIDO. -"FranMass Ingeniería Acústica". Recuperado el 4 de mayo de 2021, de <http://www.franmass.com/2019/11/viaje-al-mundo-de-la-audicion-franmass.html>
3. Burbidge, H. (2019). *Apunte de Cátedra Mecánica de los Fluidos*. UTN FRGP.
4. Budynas, R. and Nisbett, J., 2008. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (8a. ed.)*. Distrito Federal: McGraw-Hill Interamericana.
5. *Difference Between Izod and Charpy Test*. (s. f.). Impact Testing Machines. Recuperado 17 de enero de 2021, de <https://www.impacttestingmachine.com/new/Difference-Between-Izod-and-Charpy-Test.html>
6. *Distancias de Seguridad: Resguardos*. (s. f.). Safework: Soluciones Integrales de Seguridad. Recuperado 10 de enero de 2021, de <https://safework.es/zona-tecnica/distancias-seguridad/>
7. *El diseño en Ingeniería Mecánica*. P. Orlov y otros. Editorial MIR.
8. *Element*. 2021. *Charpy vs. Izod: An impact Testing Comparison*. Recuperado 9 de agosto de 2020, de <https://www.element.com/nucleus/2016/charpy-vs-izod-impact>
9. *Espuflex*. 2021. *Espumas Flexibles de alta calidad*. Recuperado 4 Agosto de 2021, de <https://www.espuflex.com.ar/>
10. Fructuoso, J. (2020). *Apuntes de Cátedra Elementos de Máquinas*. UTN FRGP.
11. Galván, L. (2017). *Municipios del AMBA con iniciativa municipal (oficial) de separación, clasificación y/o reciclaje de residuos sólidos urbanos*. Universidad Nacional de General Sarmiento. <http://observatorioconurbano.unqs.edu.ar/wp-content/uploads/012Indicador-planes-de-reciclado-municipios-AMBA.pdf>
12. Gobierno Nacional de la República Argentina. (s. f.). *Busco financiamiento*. *Emprender y financiamiento*. Recuperado 5 de agosto de 2020, de <https://www.argentina.gob.ar/tema/emprender/financiamiento>



13. JEKLO. (s. f.). *Fichas técnicas Válvulas Esféricas Acero Inoxidable JEKLO*. JEKLO Catalogo. Recuperado 10 de febrero de 2021, de <https://www.acerojeklo.com.ar/assets/jeklo---v%C3%A1lvula-esferica.pdf>
14. Mariano, M. (s. f.). *PET*. Tecnología de los plásticos. Recuperado 21 de diciembre de 2020, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>
15. Mott, R. L. (1984). *Diseño de elementos de máquina* (Cuarta edición, Vol. 2). Prentice Hall.
16. Optibelt, Power Transmission. Manual técnico para transmisiones por correas trapeciales.
17. ProMetal. (s. f.). *Barra de Acero*. <http://prometal.com.ar/producto/barra-de-acero-acero-co-fer-s-a/>. Recuperado 16 de febrero de 2021, de <http://prometal.com.ar/producto/barra-de-acero-acero-co-fer-s-a/>
18. Rocca, A. (2020, 20 junio). Empresas B. La economía de triple impacto suma adeptos. *La Nación*. <https://www.lanacion.com.ar/economia/negocios/empresas-b-la-economia-triple-impacto-suma-nid2380545>
19. Safework.2021. Distancias de Seguridad en Máquinas de Safework. Recuperado 15 de diciembre de 2020. <https://safework.es/zona-tecnica/distancias-seguridad/>.
20. SKF. (s. f.). *SKF Bearing Selection Software*. SKF Beraing Select. Recuperado 14 de febrero de 2021, de <https://www.skfbearingselect.com/#/bearing-selection-start>
21. tecnologiadelosplasticos.blogspot.com. 2021. *PET*. Recuperado el 15 de agosto de 2020, de <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/05/pet.html>
22. WEG. (s. f.). *Motor Eléctrico Monofásico Catálogo Comercial Mercado Latinoamericano*. Catálogo Comercial Mercado Latinoamericano. Recuperado 5 de enero de 2021, de <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h35/h2b/WEG-w22-motor-electrico-monofasico-50070884-brochure-spanish-web.pdf>
23. Nace, T. (2019, 29 octubre). Coca-Cola Named The World's Most Polluting Brand in Plastic Waste Audit. *Forbes Magazine*. <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2019/10/29/coca-cola-named-the-worlds-most-polluting-brand-in-plastic-waste-audit/#4fba146374e0>

Universidad Tecnológica Nacional



Facultad Regional General Pacheco

Cátedra Proyecto Final

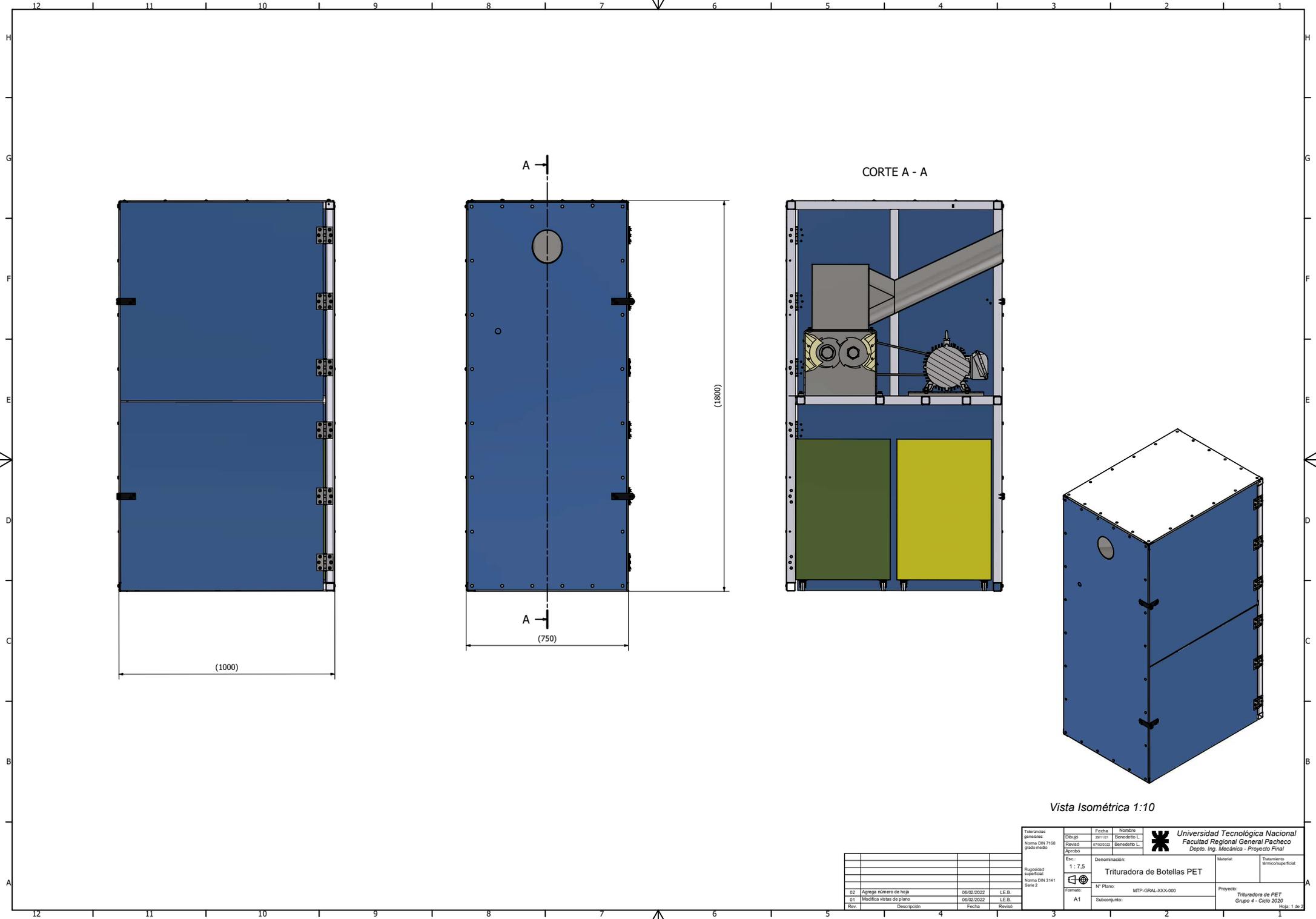
Sistema: Trituradora de PET

Ingeniería de Detalle

Fecha	Observaciones
08-10-21	Ingeniería Básica Aprobada
08-12-21	Entrega de Ingeniería de Detalle
08-02-22	Segunda Entrega de Ingeniería de Detalle

Codificación de Planos

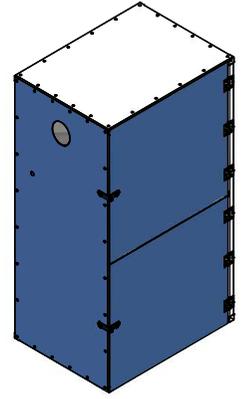
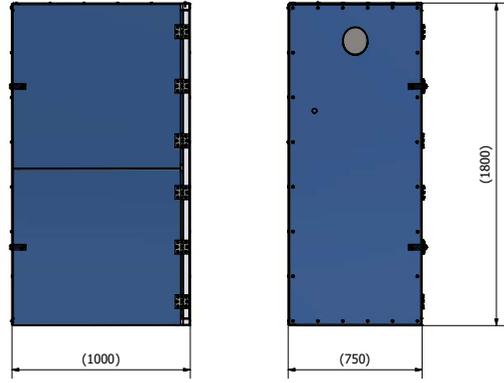
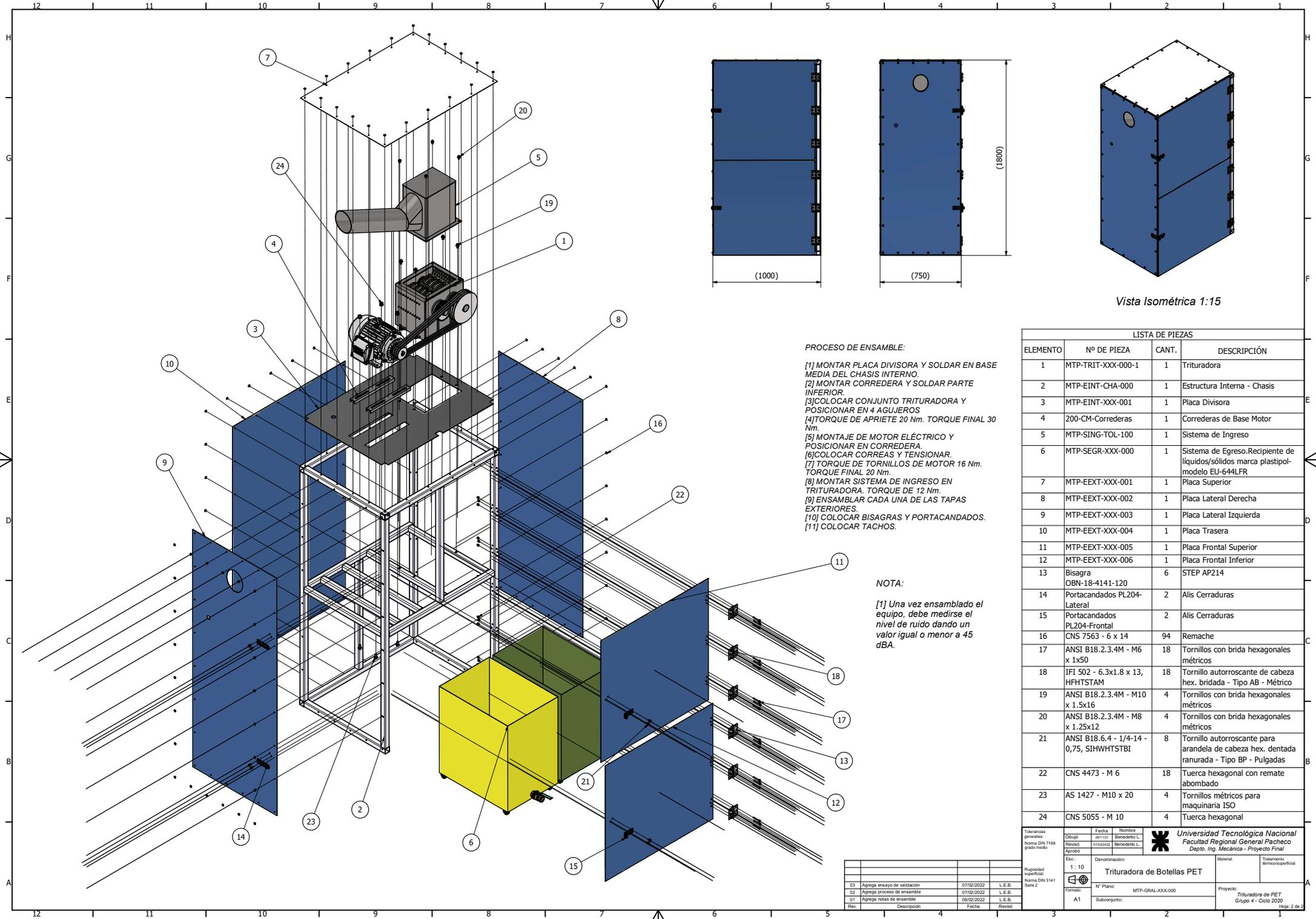
ITEM	PROYECTO	CONJUNTO	SUBCONJUNTO	PIEZA	Codificación	Descripción	Piezas	Tipo de plano
0	MTP	GRAL	XXX	0	MTP-GRAL-XXX-000	Ensamble General - Trituradora de Botellas PET	Producto final - Hoja 1	Conjunto
0	MTP	GRAL	XXX	0	MTP-GRAL-XXX-000	Ensamble General - Trituradora de Botellas PET	Todos los subconjunto- Explotado - Hoja 2	Conjunto
1	MTP	TRIT	XXX	0	MTP-TRIT-XXX-000	Ensamble Trituradora	Bastidor, peines, rotores, engranajes, poleas, correas, motor	Conjunto
	MTP	TRIT	ROT	1	MTP-TRIT-ROT-100	Ensamble Rotor Principal	Rotor Principal, cuchillas, separadores, Tuerca de Eje, Contratuercas, Rodamientos	Subconjunto
	MTP	TRIT	ROT	101	MTP-TRIT-ROT-101	Cuchillas	Cuchillas	Plano
	MTP	TRIT	ROT	102	MTP-TRIT-ROT-102	Separador	Separador	Plano
	MTP	TRIT	ROT	103	MTP-TRIT-ROT-103	Tuerca de Eje	Tuerca de Eje	Plano
	MTP	TRIT	ROT	104	MTP-TRIT-ROT-104	Contratuercas	Contratuercas	Plano
	MTP	TRIT	ROT	105	MTP-TRIT-ROT-105	Eje Principal	Eje	Plano
	MTP	TRIT	ROT	200	MTP-TRIT-ROT-200	Ensamble Conducido	Rotor Principal, cuchillas, separadores, Tuerca de Eje, Contratuercas, Rodamientos	Subconjunto
	MTP	TRIT	ROT	201	MTP-TRIT-ROT-201	Eje Conducido	Eje	Plano
	MTP	TRIT	BAS	300	MTP-TRIT-BAS-300	Ensamble bastidor	Bastidor y peines	Subconjunto
	MTP	TRIT	BAS	301	MTP-TRIT-BAS-301	Peine grande	Peine	Plano
	MTP	TRIT	BAS	302	MTP-TRIT-BAS-302	Peine chico	Peine	Plano
	MTP	TRIT	BAS	400	MTP-TRIT-BAS-400	Bastidor	Bastidor soldado (sin peines)	Subconjunto
	MTP	TRIT	BAS	401	MTP-TRIT-BAS-401	Bastidor brida	Bastidor brida	Plano
	MTP	TRIT	BAS	402	MTP-TRIT-BAS-402	Bastidor Tapa trasera	Bastidor Tapa trasera	Plano
	MTP	TRIT	BAS	403	MTP-TRIT-BAS-403	Bastidor Tapa delantera	Bastidor Tapa delantera	Plano
	MTP	TRIT	BAS	404	MTP-TRIT-BAS-404	Pata soporte de bastidor	Pata soporte de bastidor	Plano
	MTP	TRIT	BAS	400	MTP-TRIT-TRS-501	Polea motriz	Polea del motor	Plano
	MTP	TRIT	BAS	401	MTP-TRIT-TRS-502	Polea conducida	Polea de la trituradora	Plano
	MTP	TRIT	BAS	401	MTP-TRIT-TRS-503	Engranaje Recto de eje principal	Un solo engranaje	Plano
MTP	TRIT	BAS	401	MTP-TRIT-TRS-504	Engranaje Recto de eje conducido	Un solo engranaje	Plano	
2	MTP	EINT	XXX	0	MTP-EINT-XXX-000	Ensamble de chasis	Chasis de caño (estructura interna), corredera, placa soporte de motor	Conjunto
	MTP	EINT	XXX	1	MTP-EINT-XXX-001	Placa divisora	Placa	Plano
	MTP	EINT	CHA	100	MTP-EINT-CHA-100	Chasis Cotas Generales (Plano TRIT-200-100-000)	Chasis Cotas Generales - Hoja 1	Subconjunto
	MTP	EINT	CHA	100	MTP-EINT-CHA-100	Chasis Cotas de Soldaduras (Plano TRIT-200-100-000)	Estructura de caños SOLDADURA - Hoja 2	Subconjunto
	MTP	EINT	CHA	101	MTP-EINT-CHA-101	DIN40X40X2.9 -12	1720 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	102	MTP-EINT-CHA-102	DIN40X40X2.9 -13	1720 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	104	MTP-EINT-CHA-104	DIN40X40X2.9 -15	1720 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	105	MTP-EINT-CHA-105	DIN40X40X2.9 -16	920 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	107	MTP-EINT-CHA-107	DIN40X40X2.9 -21	1000 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	108	MTP-EINT-CHA-108	DIN40X40X2.9 -24	1000 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	110	MTP-EINT-CHA-110	DIN40X40X2.9 -31	820 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	111	MTP-EINT-CHA-111	DIN40X40X2.9 -32	860 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	112	MTP-EINT-CHA-112	DIN40X40X2.9 -17	670 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	113	MTP-EINT-CHA-113	DIN40X40X2.9 -20	710 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	115	MTP-EINT-CHA-115	DIN40X40X2.9 -23	710 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	117	MTP-EINT-CHA-117	DIN40X40X 4 -27	670 mm	Plano
	MTP	EINT	CHA	119	MTP-EINT-CHA-119	DIN40X40X 4 -29	670 mm	Plano
3	MTP	SING	XXX	0	MTP-SING-XXX-000	Ensamble Sistema de ingreso	Tolva, caño de entrada. Hoja 1.	Conjunto
	MTP	SING	XXX	0	MTP-SING-XXX-000	Ensamble Sistema de ingreso	Tolva, caño de entrada- Explotado. Hoja 2.	Conjunto
	MTP	SING	TOL	100	MTP-SING-TOL-100	Tolva total	Tolva total	Subconjunto
	MTP	SING	TOL	100	MTP-SING-TOL-100	Tolva total- Soldadura	Tolva total	Subconjunto
	MTP	SING	TOL	101	MTP-SING-TOL-101	Chapa de brida de tolva	Chapa de brida de tolva	Plano
	MTP	SING	TOL	102	MTP-SING-TOL-102	Cuerpo de tolva	Cuerpo de tolva	Plano
	MTP	SING	TOL	103	MTP-SING-TOL-103	Tapa superior de Tolva	Tapa superior de Tolva	Plano
	MTP	SING	TOL	104	MTP-SING-TOL-104	Media Caña	Media Caña	Plano
	MTP	SING	TOL	105	MTP-SING-TOL-105	Interfaz	Interfaz	Plano
MTP	SING	TOL	106	MTP-SING-TOL-106	Canal de ingreso	Canal de ingreso	Plano	
4	MTP	SEGR	XXX	0	MTP-SEGR-XXX-000	Ensamble Sistema de egreso	Recipiente PET, Recipiente líquido (todos los recipientes con las ruedas)	Conjunto
	MTP	SEGR	XXX	1	MTP-SEGR-XXX-001	Recipiente de PET	Recipiente sin ruedas	Plano
	MTP	SEGR	XXX	2	MTP-SEGR-XXX-002	Recipiente de Líquido	Recipiente sin ruedas	Plano
5	MTP	EEXT	XXX	1	MTP-EEXT-XXX-001	Placa superior	Placa superior	Plano
	MTP	EEXT	XXX	2	MTP-EEXT-XXX-002	Placa lateral derecha	Placa lateral derecha	Plano
	MTP	EEXT	XXX	3	MTP-EEXT-XXX-003	Placa lateral izquierda	Placa lateral izquierda (ingreso de botella)	Plano
	MTP	EEXT	XXX	4	MTP-EEXT-XXX-004	Placa Trasera	Placa trasera	Plano
	MTP	EEXT	XXX	5	MTP-EEXT-XXX-005	Placa frontal superior	Placa frontal de la polea (apto para mantenimiento)	Plano
	MTP	EEXT	XXX	6	MTP-EEXT-XXX-006	Placa frontal inferior	Placa frontal inferior (apto para retirar los tachos)	Plano



Vista Isométrica 1:10

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega número de hoja	06/02/2022	L.E.B.
01	Modifica vistas de plano	06/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha: Dibujó: Revisó: Aprobó:	Nombre: Juan V. L. Benedetto L.	<p>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final</p>	Materia:	Tuamiento Mecánica General
Esc.: 1 : 7.5	Denominación: Tritadora de Botellas PET	Formato: A1		Nº Plano: MTP-GRAL-XXX-000	Proyecto: Tritadora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2					Hoja: 1 de 2



Vista Isométrica 1:15

PROCESO DE ENSAMBLE:

- [1] MONTAR PLACA DIVISORA Y SOLDAR EN BASE MEDIA DEL CHASIS INTERNO.
- [2] MONTAR CORREDERA Y SOLDAR PARTE INFERIOR.
- [3] COLOCAR CONJUNTO TRITURADORA Y POSICIONAR EN 4 AGUJEROS.
- [4] TORQUE DE APRIETE 20 Nm. TORQUE FINAL 30 Nm.
- [5] MONTAJE DE MOTOR ELÉCTRICO Y POSICIONAR EN CORREDERA.
- [6] COLOCAR CORREAS Y TENSIONAR.
- [7] TORQUE DE TORNILLOS DE MOTOR 16 Nm. TORQUE FINAL 20 Nm.
- [8] MONTAR SISTEMA DE INGRESO EN TRITURADORA. TORQUE DE 12 Nm.
- [9] ENSAMBLAR CADA UNA DE LAS TAPAS EXTERIORES.
- [10] COLOCAR BISAGRAS Y PORTACADADOS.
- [11] COLOCAR TACHOS.

NOTA:

[1] Una vez ensamblado el equipo, debe medirse el nivel de ruido dando un valor igual o menor a 45 dBA.

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	Nº DE PIEZA	CANT.	DESCRIPCIÓN
1	MTP-TRIT-XXX-000-1	1	Trituradora
2	MTP-EINT-CHA-000	1	Estructura Interna - Chasis
3	MTP-EINT-XXX-001	1	Placa Divisora
4	200-CM-Correderas	1	Correderas de Base Motor
5	MTP-SING-TOL-100	1	Sistema de Ingreso
6	MTP-SEGR-XXX-000	1	Sistema de Egreso. Recipiente de líquidos/sólidos marca plastipol-modelo EU-644LFR
7	MTP-EEXT-XXX-001	1	Placa Superior
8	MTP-EEXT-XXX-002	1	Placa Lateral Derecha
9	MTP-EEXT-XXX-003	1	Placa Lateral Izquierda
10	MTP-EEXT-XXX-004	1	Placa Trasera
11	MTP-EEXT-XXX-005	1	Placa Frontal Superior
12	MTP-EEXT-XXX-006	1	Placa Frontal Inferior
13	Bisagra OBN-18-4141-120	6	STEP AP214
14	Portacadados PL204-Lateral	2	Alis Cerraduras
15	Portacadados PL204-Frontal	2	Alis Cerraduras
16	CNS 7563 - 6 x 14	94	Remache
17	ANSI B18.2.3.4M - M6 x 1x50	18	Tornillos con brida hexagonales métricos
18	IFI 502 - 6.3x1.8 x 13, HFHTSTAM	18	Tornillo autorroscante de cabeza hex. bridada - Tipo AB - Métrico
19	ANSI B18.2.3.4M - M10 x 1.5x16	4	Tornillos con brida hexagonales métricos
20	ANSI B18.2.3.4M - M8 x 1.25x12	4	Tornillos con brida hexagonales métricos
21	ANSI B18.6.4 - 1/4-14 - 0,75, SIHWHSTBI	8	Tornillo autorroscante para arandela de cabeza hex. dentada ranurada - Tipo BP - Pulgadas
22	CNS 4473 - M 6	18	Tuerca hexagonal con remate abombado
23	AS 1427 - M10 x 20	4	Tornillos métricos para maquinaria ISO
24	CNS 5055 - M 10	4	Tuerca hexagonal

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
03	Agrega ensayo de validación	07/02/2022	L.E.B.
02	Agrega proceso de ensamble	07/02/2022	L.E.B.
01	Agrega notas de ensamble	06/02/2022	L.E.B.

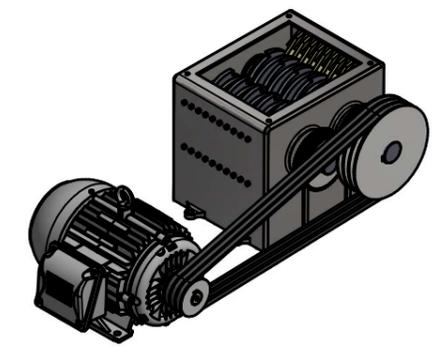
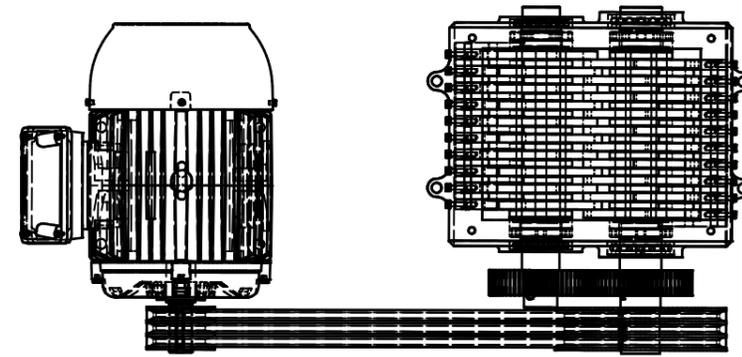
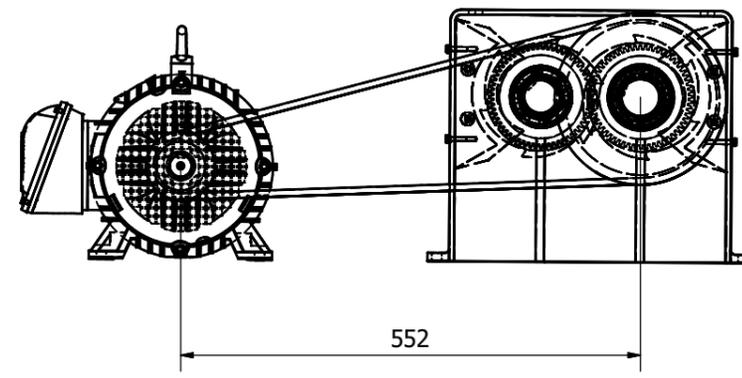
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha: 20/10/2022 Nombre: Benedito L. Benedito L.		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Escala: 1:10 Denominación: Trituradora de Botellas PET Material: Tratamiento térmico:		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020 Hoja: 2 de 2

NOTA:

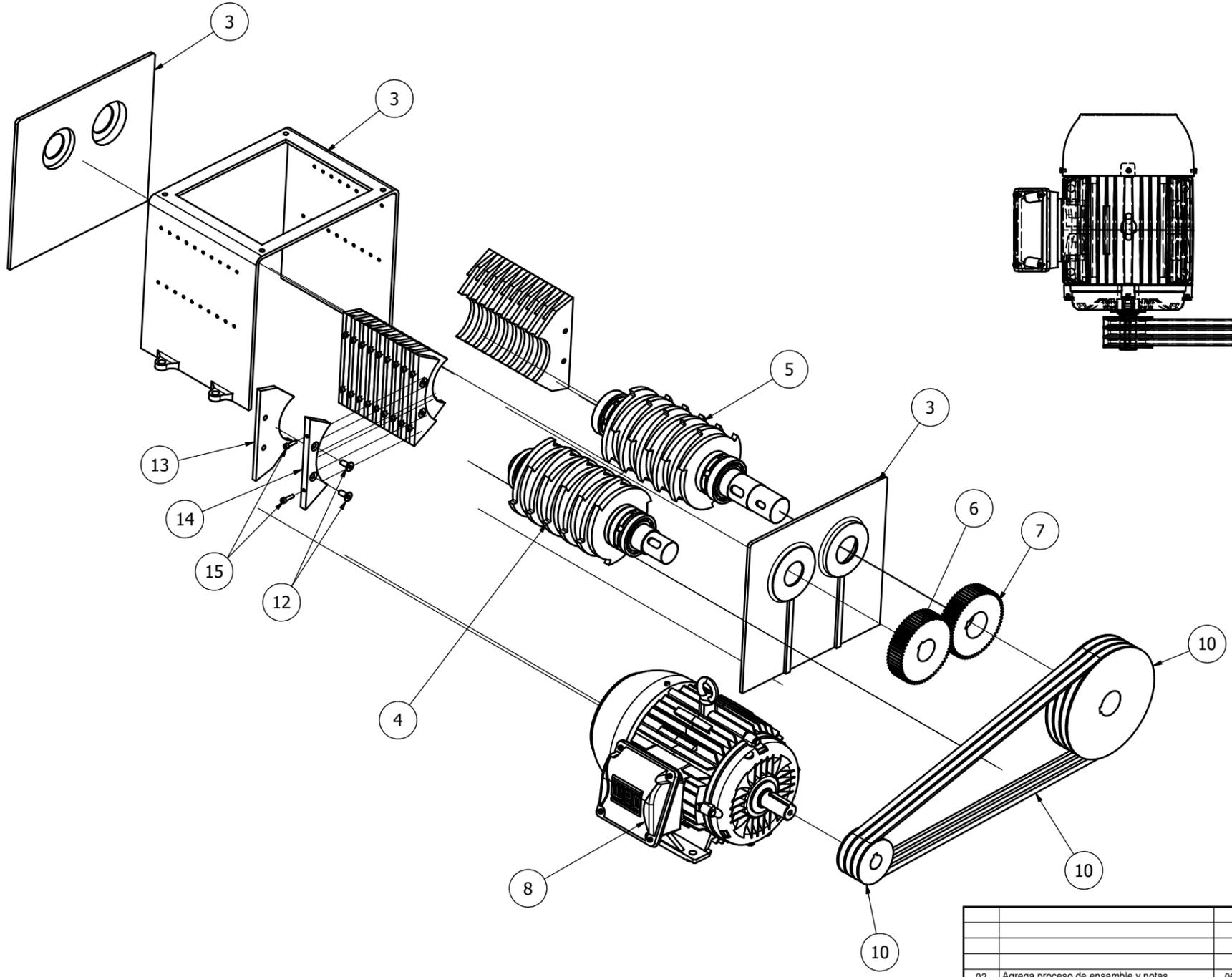
[1] POLEAS, CORREAS Y MOTOR SE ENSAMBLA EN PLANO MTP-GRAL-XXX-000.

PROCESO DE ENSAMBLE:

- [1] COLOCAR SEPARADORES Y CUCHILLAS DENTRO DE LOS EJES.
- [2] AJUSTAR CON TUERCA Y CONTRATUERCA.
- [3] MONTAR RODAMIENTOS EN AMBOS EJES.
- [4] POSICIONAR LOS PEINES Y AJUSTAR ENTRE SÍ.
- [5] MONTAR PAR DE EJES DENTRO DE LOS PEINES.
- [6] POSICIONAR DENTRO DEL BASTIDOR Y COLOCAR TAPAS TRASERA Y DELANTERA.
- [7] AJUSTAR CADA UNO DE LOS PEINES AL BASTIDOR.
- [8] SOLDAR TAPA TRASERA Y DELANTERA AL BASTIDOR.
- [9] MONTAJE DEL PAR DE ENGRANAJES.



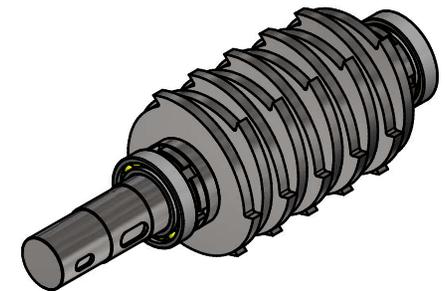
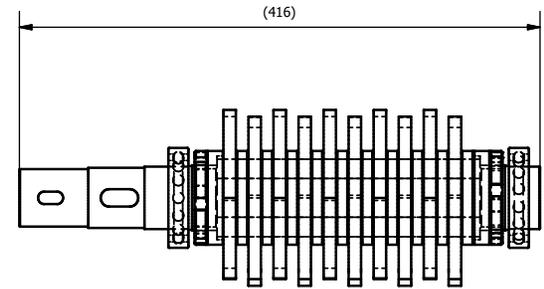
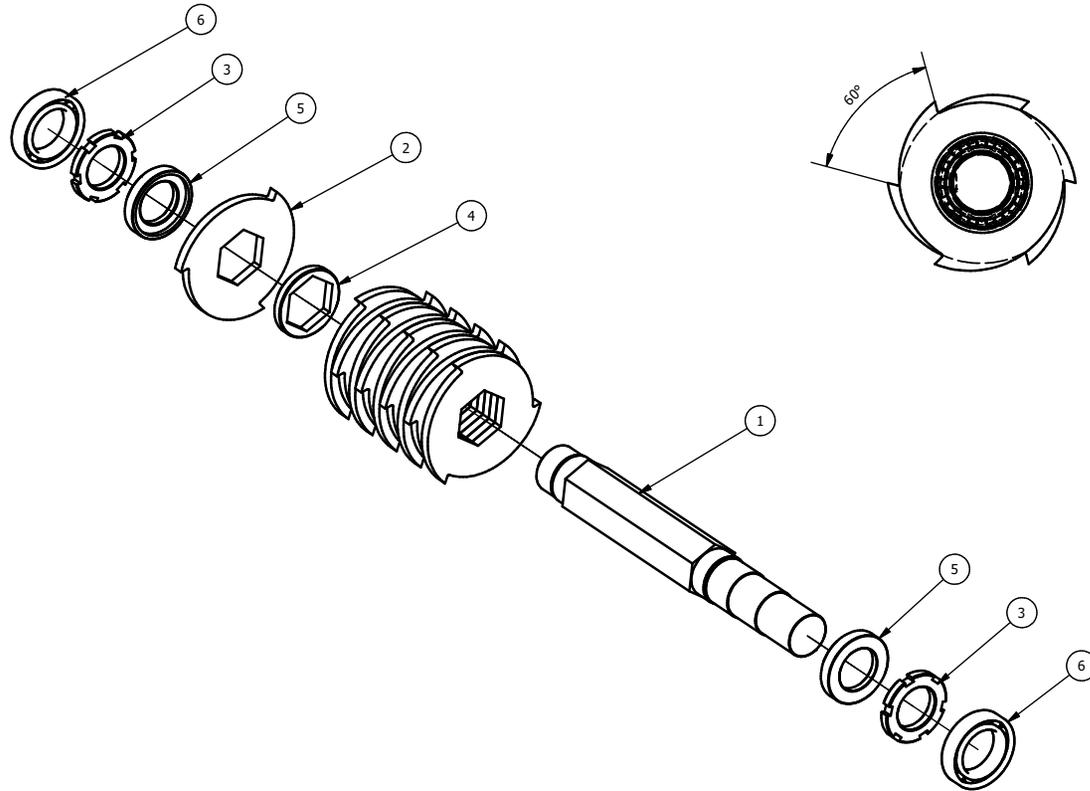
VISTA ISOMÉTRICA (ESCALA 1:10)



LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	Nº DE PARTE	TÍTULO
3	1	MTP-TRIT-BAS-401	Bastidor de brida
2	1	MTP-TRIT-BAS-402	Tapa trasera de bastidor
3	1	MTP-TRIT-BAS-403	Tapa delantera de bastidor
4	1	MTP-TRIT-ROT-200	Rotor Conducido
5	1	MTP-TRIT-ROT-100	Rotor Conductor
6	1	MTP-TRIT-TRS-504	Engranaje de eje conducido
7	1	MTP-TRIT-TRS-503	Engranaje de eje principal
8	1	Motor WEG W22 132M 5HP 1450rpm	Motor WEG wfp4-424b3l W22132M-5HP-1450
10	1	MTP-TRIT-TRS-501	Polea motriz DIN 2217 85-3 Perfil A/13
10	1	MTP-TRIT-TRS-502	Polea conducida DIN 2217 250-3 Perfil A/13
11	3	Correa trapecial DIN2216 A/13	Optibelt VB DIN2215 Ldst (Lj) = 1480 mm
12	40	ASME/ANSI B18.3.5M - M8x20(2)	
13	20	MTP-TRIT-BAS-301	Peine de trituración mayor
14	20	MTP-TRIT-BAS-302	Peine de trituración menor
15	40	AS 1420 - 1973 - M5 x 20	

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó: 5/12/2021 Revisó: 06/02/2022 Aprobó:	Fecha: 5/12/2021 Nombre: Biscontin F. Benedetto L.	<p>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final</p>	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1:6	Denominación: Sistema de trituración		Material: Tratamiento térmico/superficial:
02 Agrega proceso de ensamble y notas 06/02/2022 L.E.B.	01 Agrega número de hoja 06/02/2022 L.E.B.	Formato: A2	Nº Plano: MTP-TRIT-XXX-000 Subconjunto:	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020

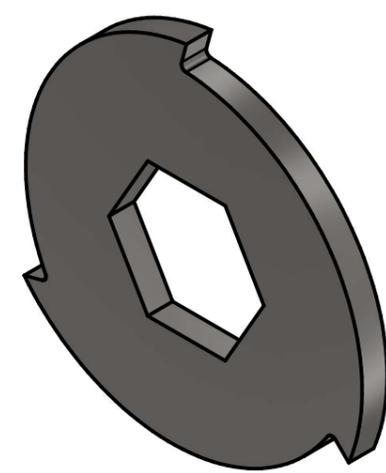
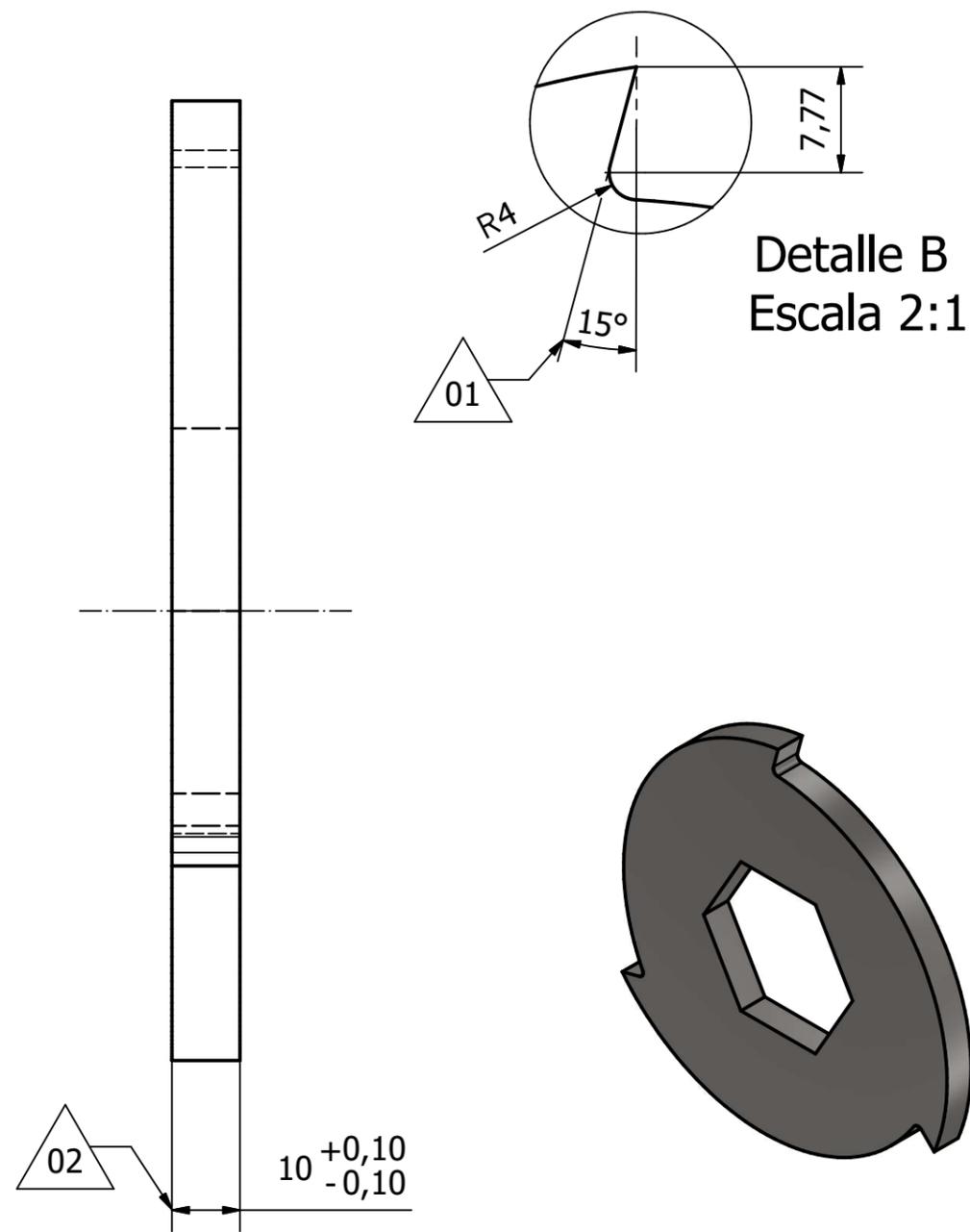
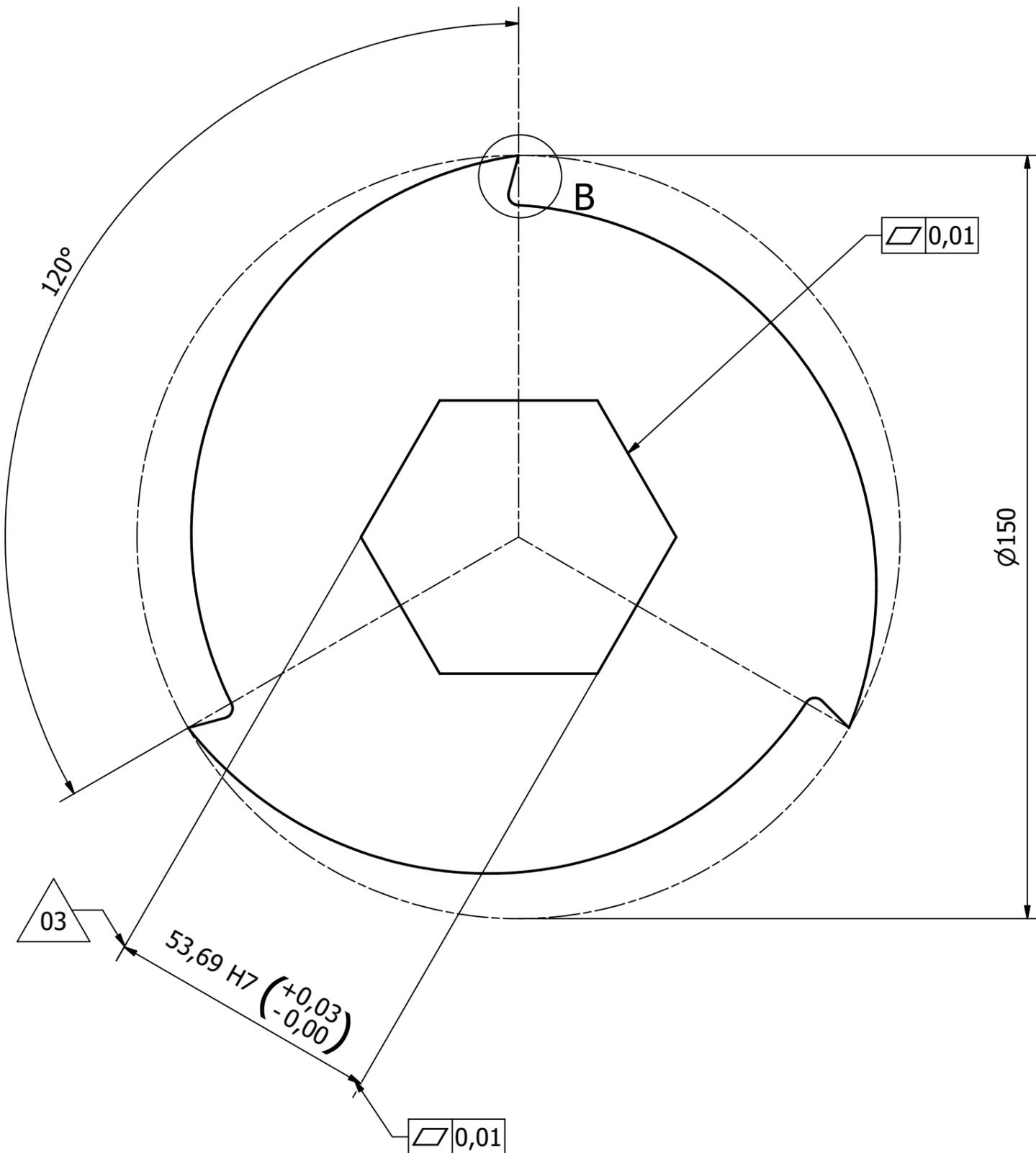
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega proceso de ensamble y notas	06/02/2022	L.E.B.
01	Agrega número de hoja	06/02/2022	L.E.B.



VISTA ISOMÉTRICA (ESCALA 1:5)

LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	PART NUMBER	TITLE
1	1	MTP-TRIT-ROT-105	Eje Principal
2	10	MTP-TRIT-ROT-101	Cuchilla
3	2	MTP-TRIT-ROT-103	Tuerca de Eje
4	10	MTP-TRIT-ROT-102	Separador
5	2	MTP-TRIT-ROT-104	Contratuerca de Eje
6	2	Rodamiento SKF 6010	

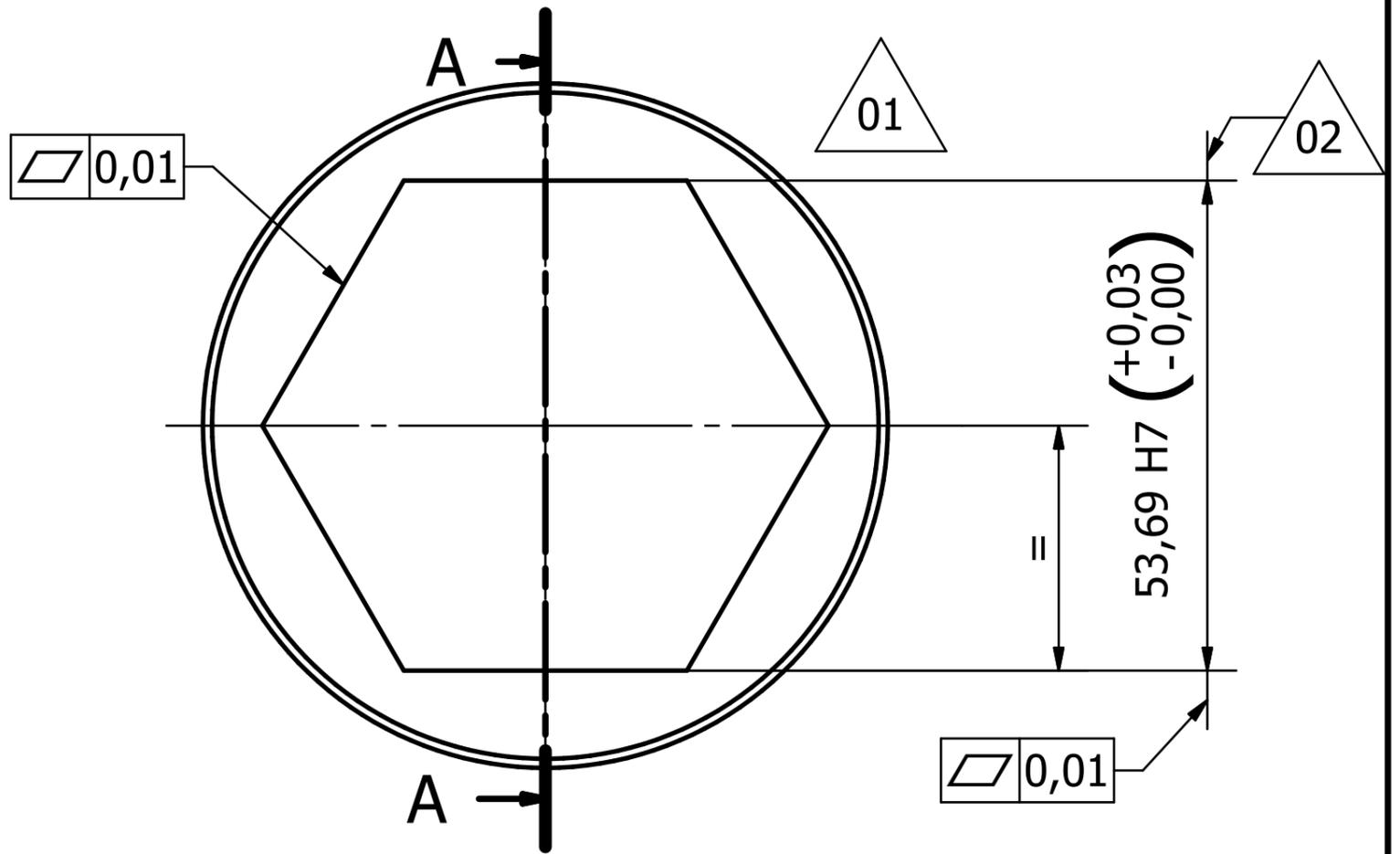
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	4/12/2021	Biscontin F.	
	Aprobó			
	Esc.: 1 : 5	Denominación: Rotor Conductor		
Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-ROT-100		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto:			



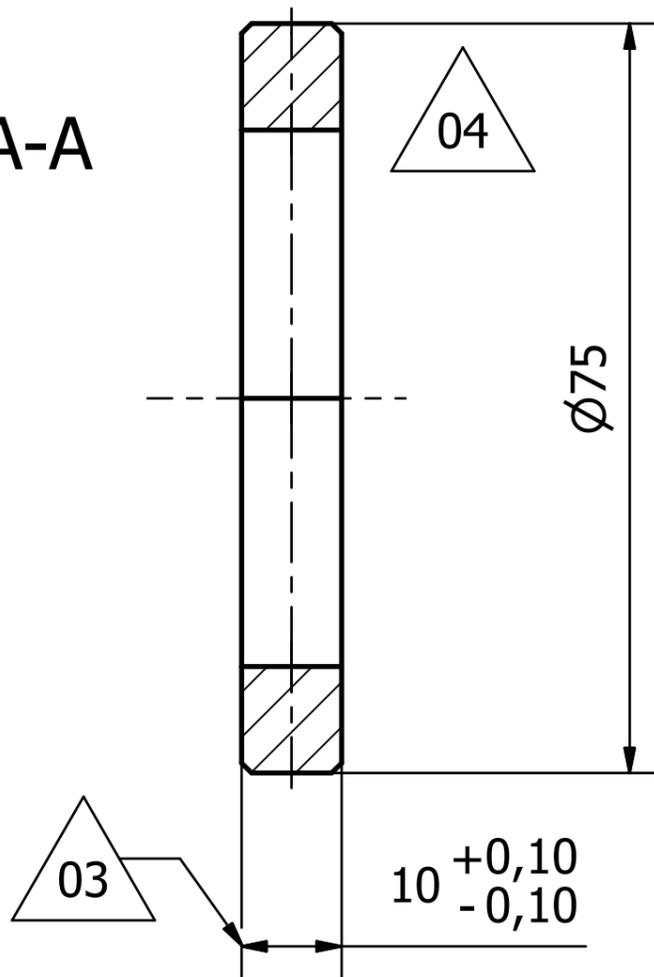
Vista Isométrica - Escala 1:2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
03	Modifica tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.
02	Modifica tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.
01	Agrega ángulo de 15°	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Dibujó	23/11/2021	Biscontin F.	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Revisó	02/02/2022	Benedetto L.		
	Aprobó				
	Esc.: 1 : 1	Denominación:	Cuchilla		Material: SAE D2
Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-ROT-101	Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020			

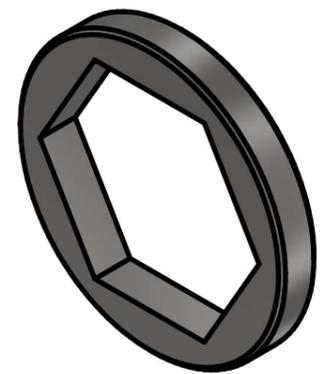


CORTE A-A



Chaflanes no acotados : 1 x 45°

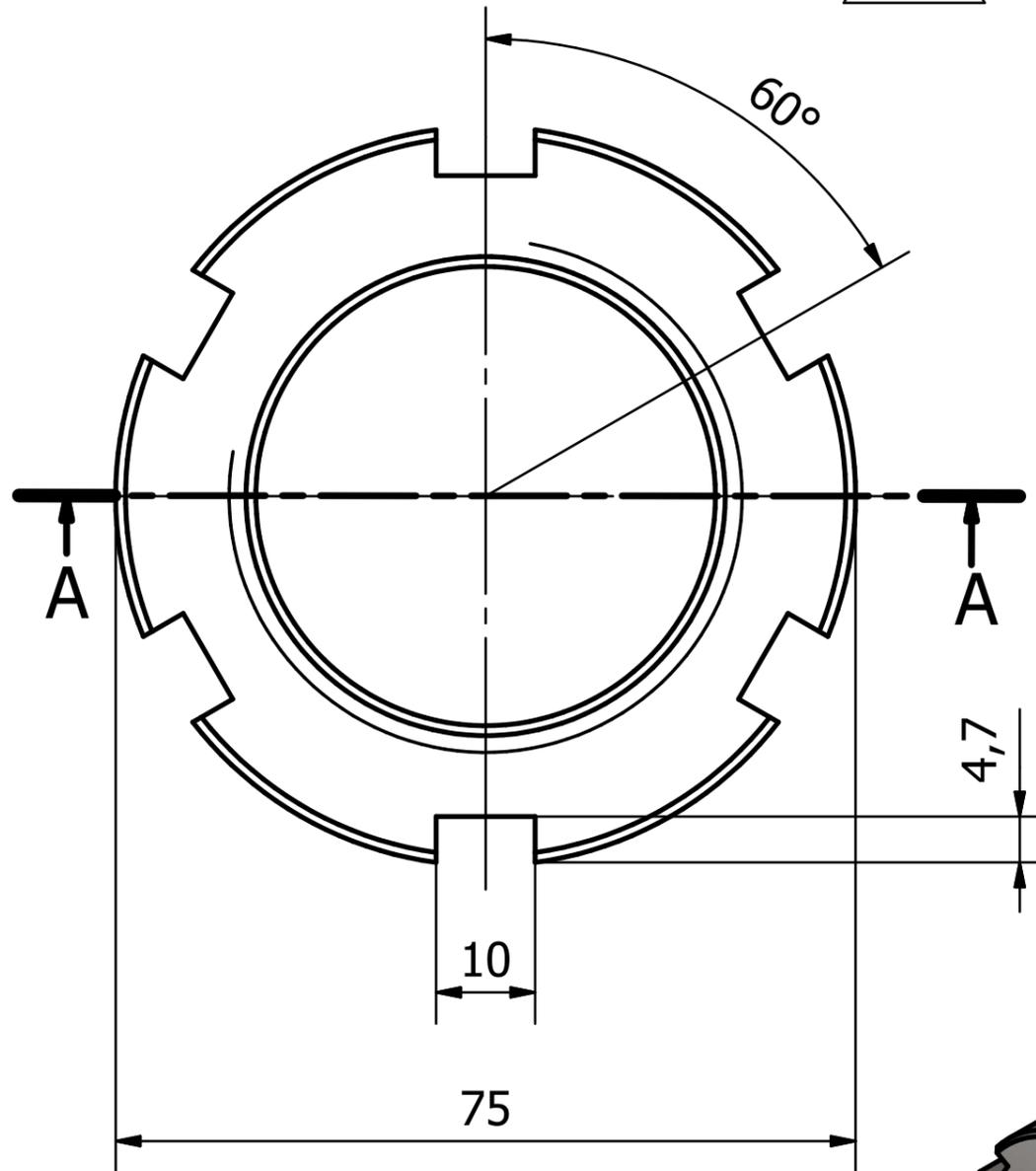
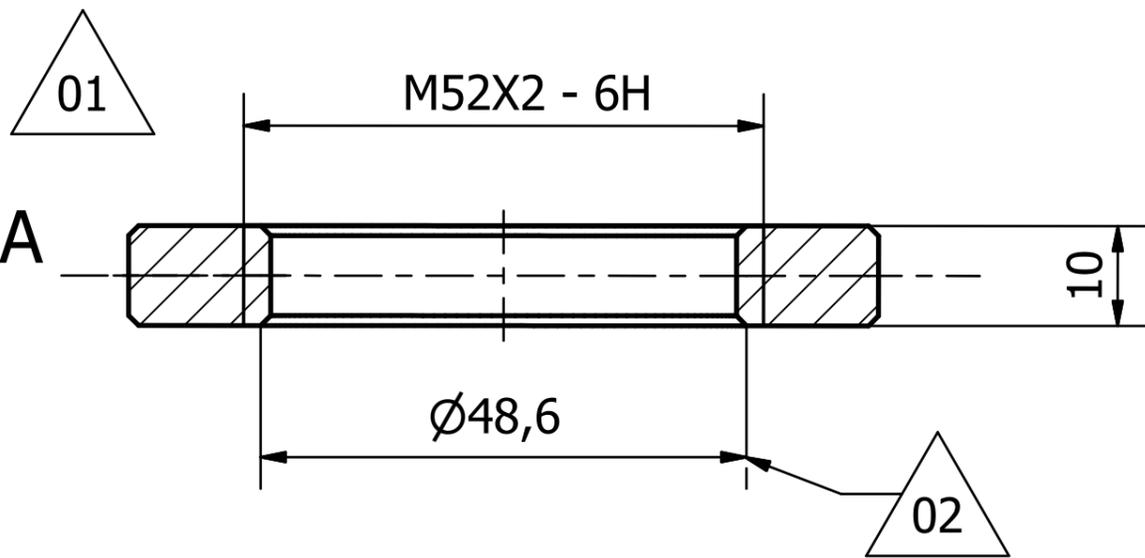
04	Elimina cota radio exterior	02/02/2022	L.E.B.
03	Modifica tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.
02	Modifica tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.
01	Elimina cota de simetría	02/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó



Vista Isométrica - Escala 1:2

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	Material: SAE D2	Tratamiento térmico/superficial: Temple y doble revenido - 63HRc
	Revisó	23/11/2021	Benedetto L.			
	Aprobó	02/02/2022	Benedetto L.			
	Esc.: 1 : 1	Denominación: Separador				
 Formato: A4	N° Plano: MTP-TRIT-ROT-102					
	Subconjunto: 000-Trituradora					

**CORTE A-A
(1:1)**



Vista Isométrica - Escala 1:2

Chafilanes no acotados : 1 x 45°

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega símbolo de diámetro cota 48,6	02/02/2022	L.E.B.
01	Agrega vista de corte A-A	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

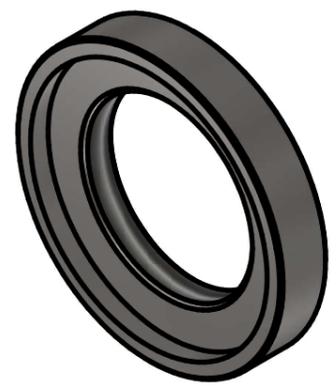
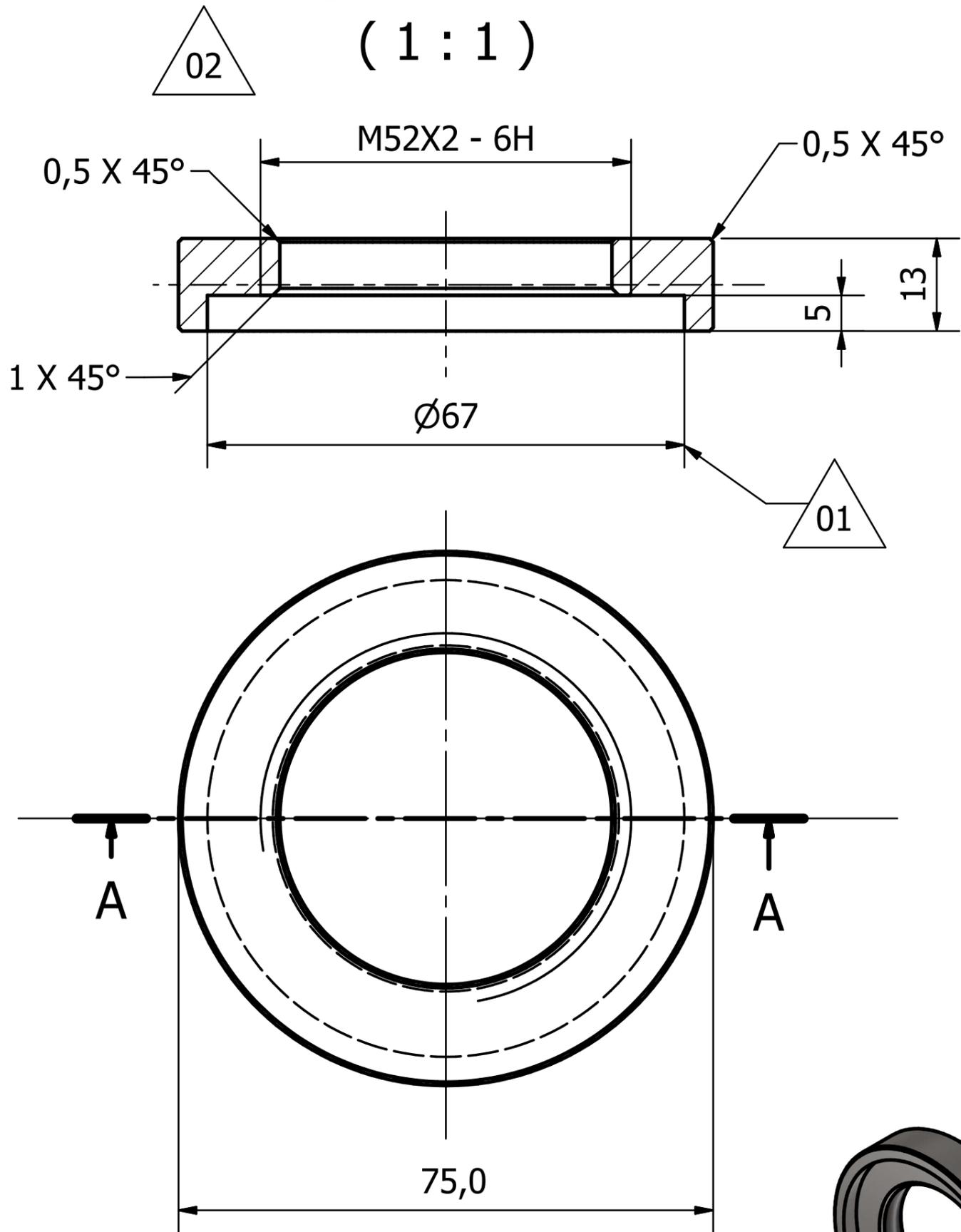
	Fecha	Nombre
Dibujó	24/11/2021	Benedetto L.
Revisó	02/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

Esc.: 1:1	Denominación: Tuerca de Eje	Material: SAE 1045	Tratamiento térmico/superficial: -
Formato: A4	N° Plano: MTP-TRIT-ROT-103	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: 000-Trituradora		

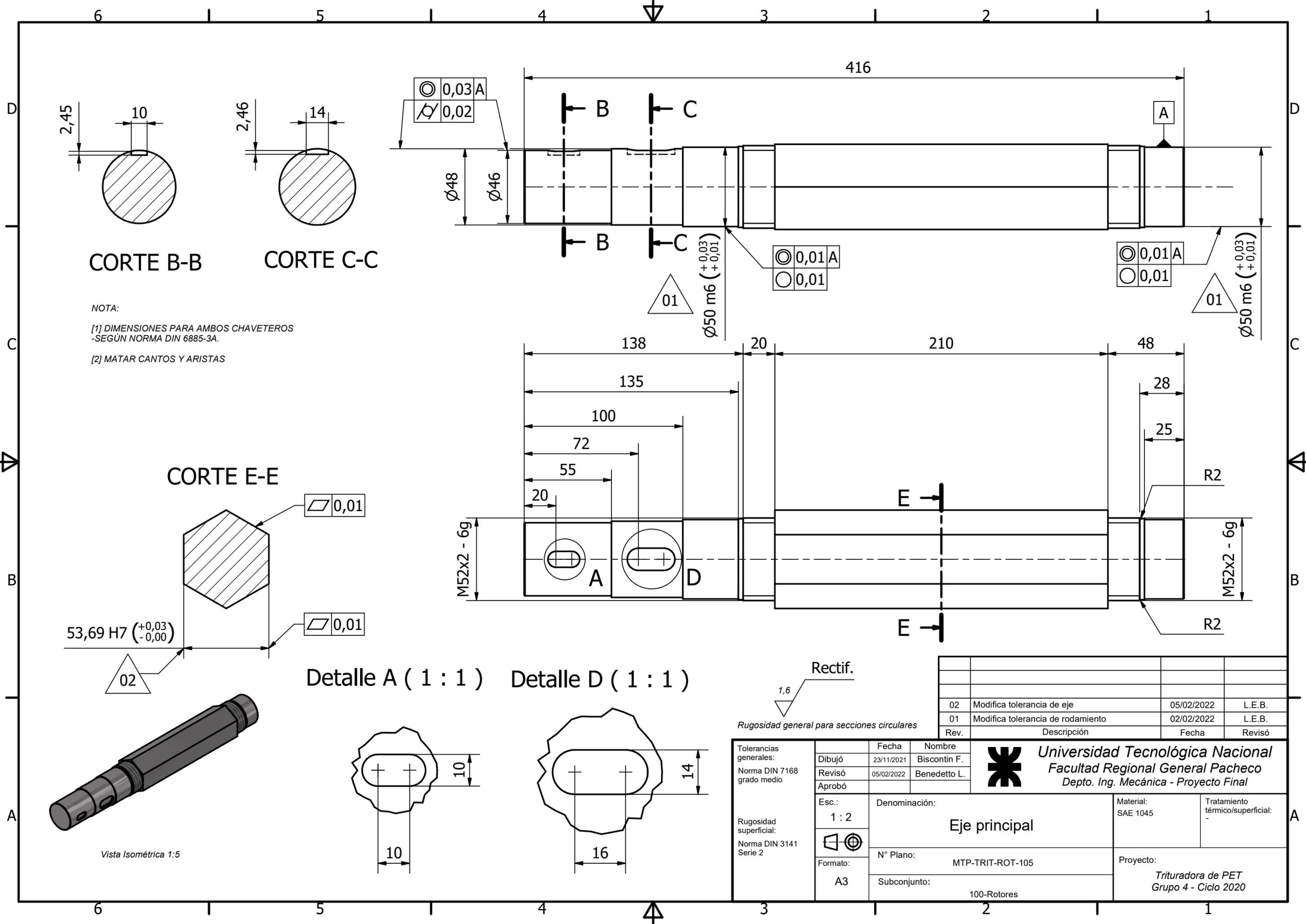
CORTE A-A (1 : 1)



Vista Isométrica - Escala 1:2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega vista de corte A-A	02/02/2022	L.E.B.
01	Agrega símbolo de diámetro cota 67	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Fecha: 24/11/2021 Nombre: Biscontin F. Revisó: 02/02/2022 Aprobó: Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final			
	Esc.: 1 : 1 		Denominación: <h2 style="text-align: center;">Contratuerca de Eje</h2>	Material: SAE 1045	Tratamiento térmico/superficial: -
	Formato: A4		N° Plano: MTP-TRIT-ROT-104	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
			Subconjunto: 000-Trituradora		



CORTE B-B

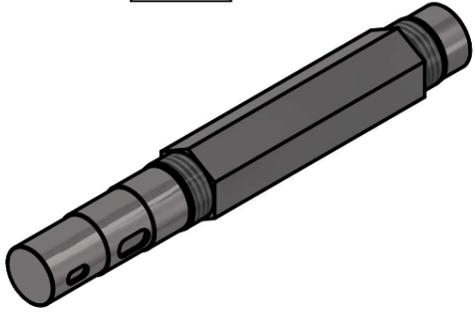
CORTE C-C

NOTA:
 [1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS
 -SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.
 [2] MATAR CANTOS Y ARISTAS

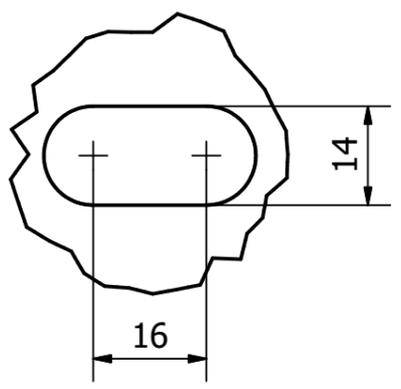
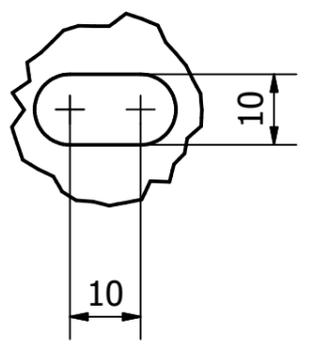
CORTE E-E

Detalle A (1 : 1)

Detalle D (1 : 1)



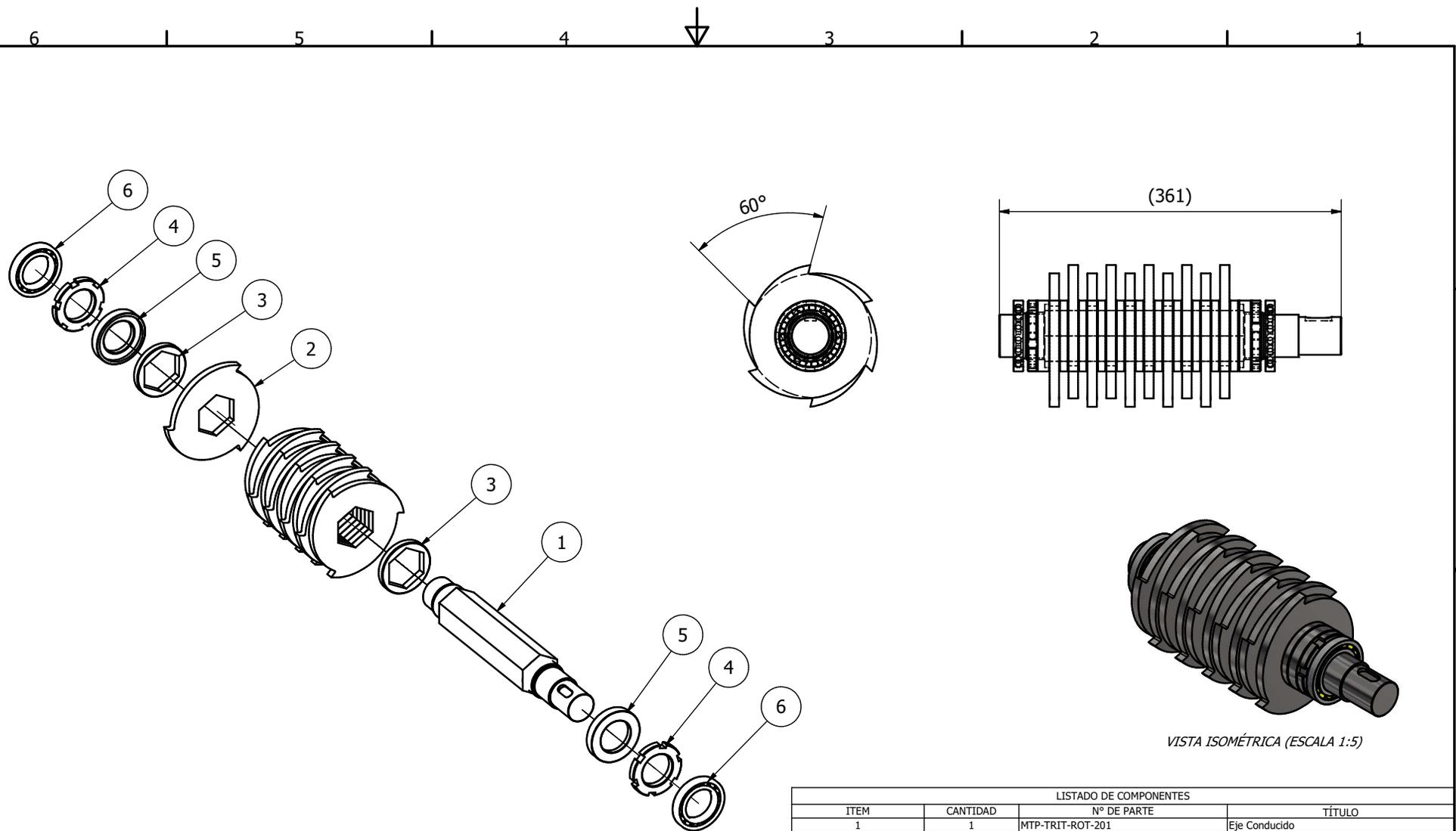
Vista Isométrica 1:5



Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha: 23/11/2021 Nombre: Biscontin F.	<p>Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final</p>
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2		Revisó: 05/02/2022 Nombre: Benedetto L.	
Esc.: 1 : 2		Denominación: Eje principal	
Formato: A3		N° Plano: MTP-TRIT-ROT-105	Material: SAE 1045
		Subconjunto: 100-Rotores	Tratamiento térmico/superficial: -
			Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Modifica tolerancia de eje	05/02/2022	L.E.B.
01	Modifica tolerancia de rodamiento	02/02/2022	L.E.B.

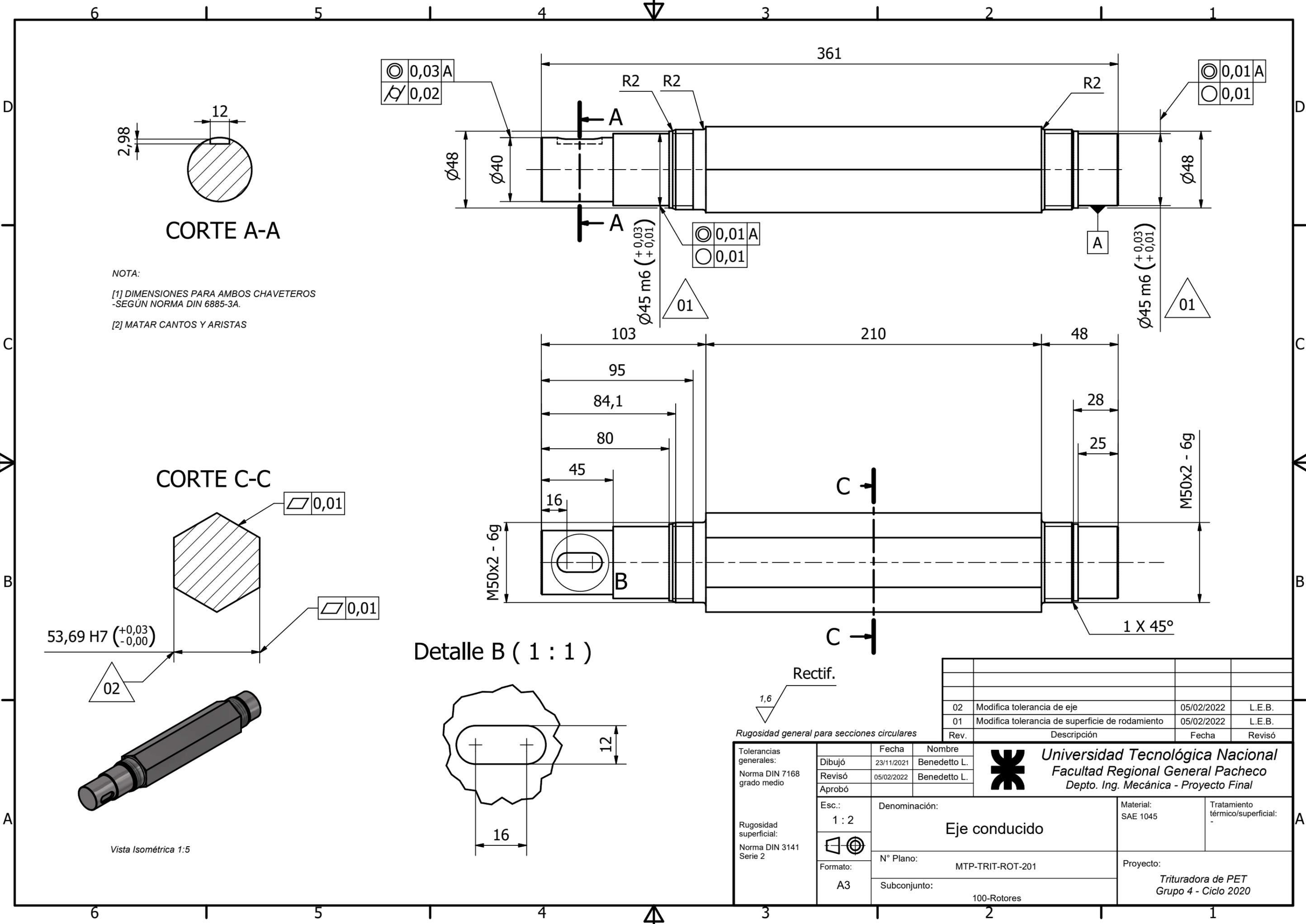
Rectif.
 1,6
 Rugosidad general para secciones circulares



VISTA ISOMÉTRICA (ESCALA 1:5)

LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	Nº DE PARTE	TÍTULO
1	1	MTP-TRIT-ROT-201	Eje Conducido
2	10	MTP-TRIT-ROT-101	Cuchilla
3	10	MTP-TRIT-ROT-102	Separador
4	2	MTP-TRIT-ROT-103	Tuerca de Eje
5	2	MTP-TRIT-ROT-104	Contratuerca de Eje
6	2	Rodamiento SKF 16009	

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	4/12/2021	Biscontin F.	
	Aprobó			
	Esc.: 1 : 5	Denominación: Rotor Conducido		
Formato: A3	Nº Plano: MTP-TRIT-ROT-200		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
		Subconjunto:		

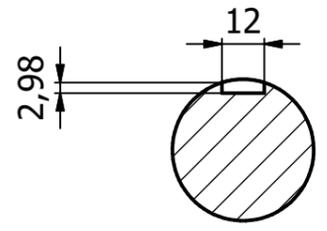


NOTA:

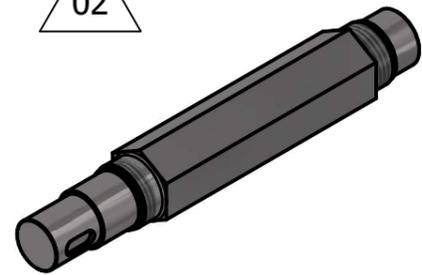
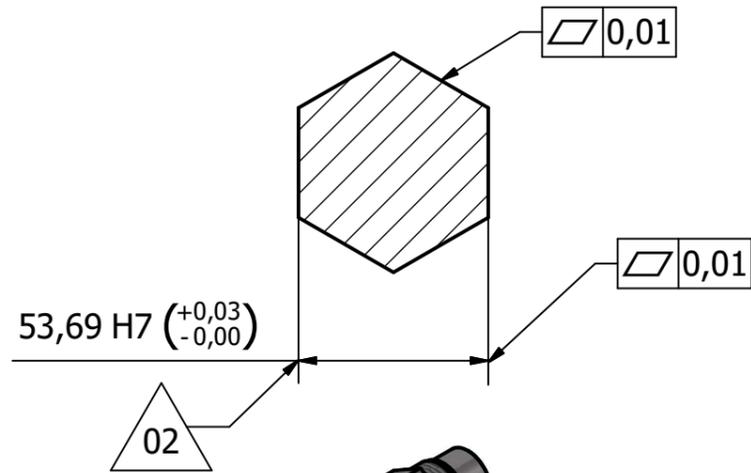
[1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS
-SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.

[2] MATAR CANTOS Y ARISTAS

CORTE A-A

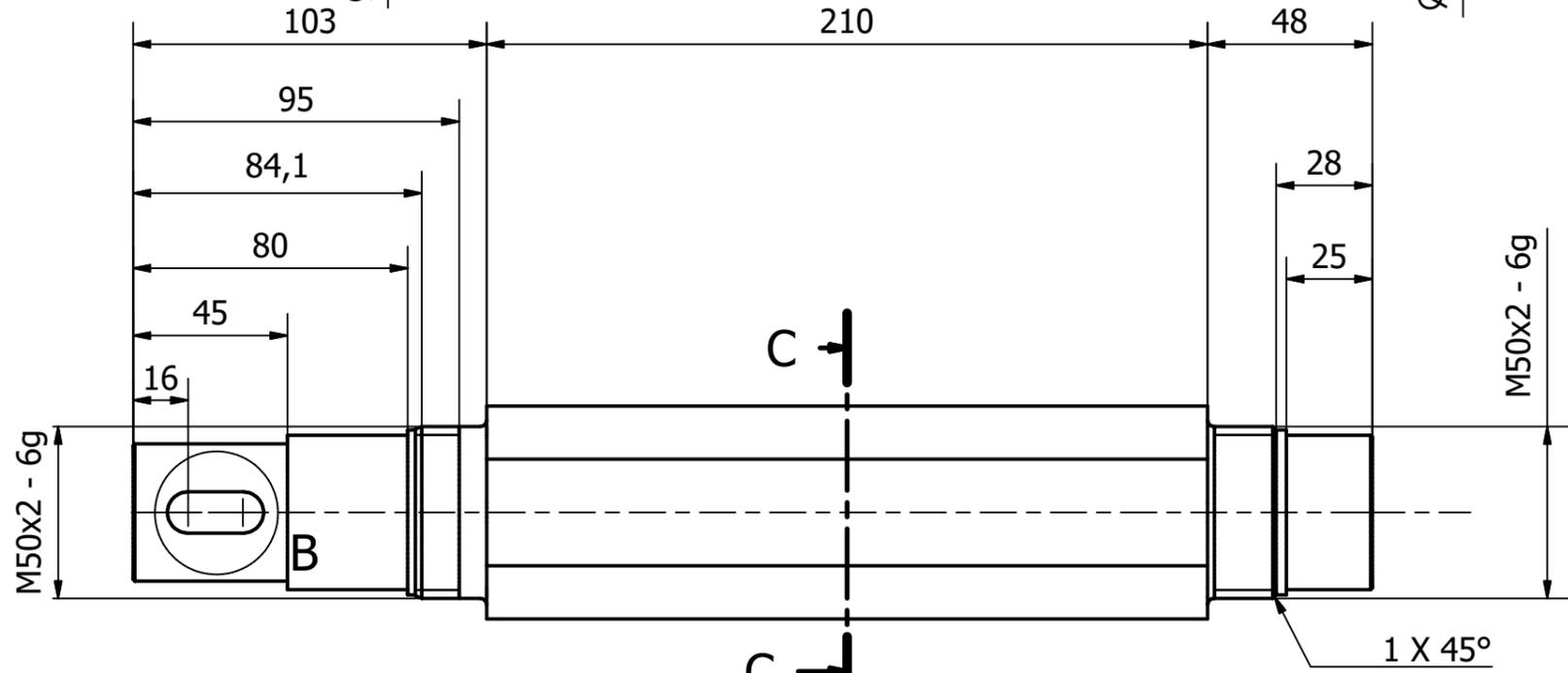
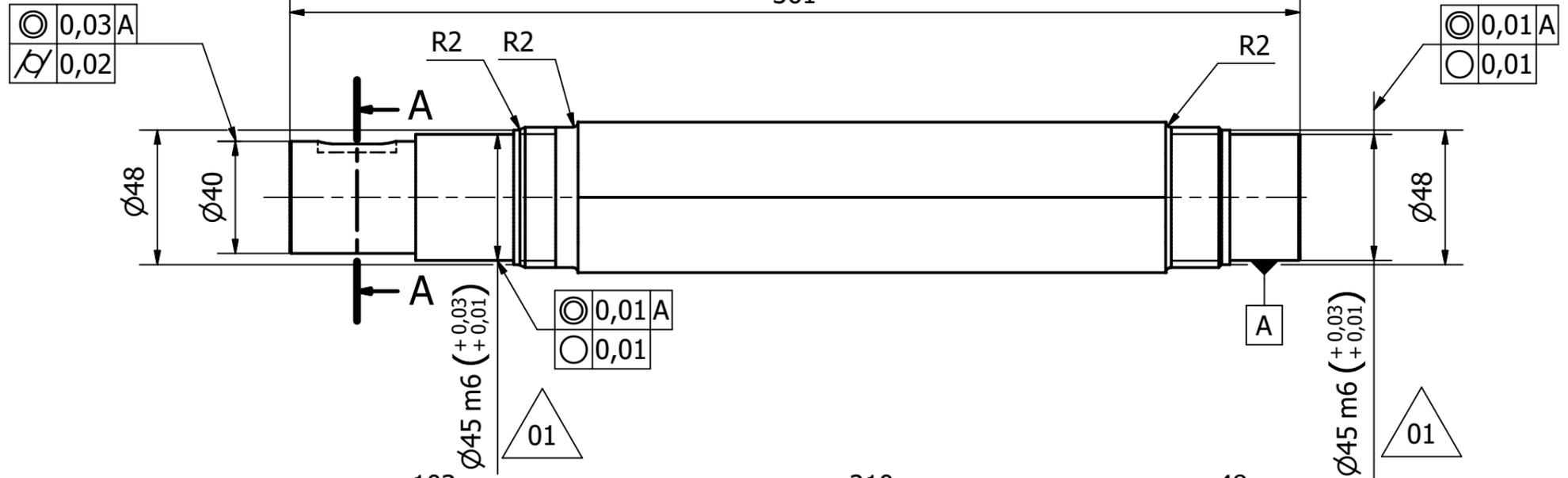
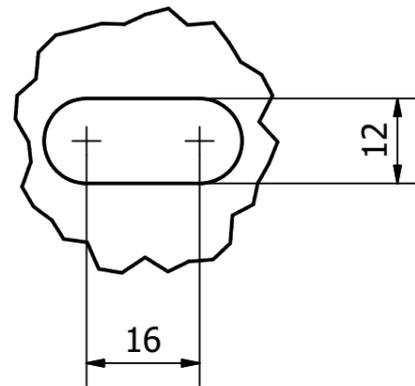


CORTE C-C



Vista Isométrica 1:5

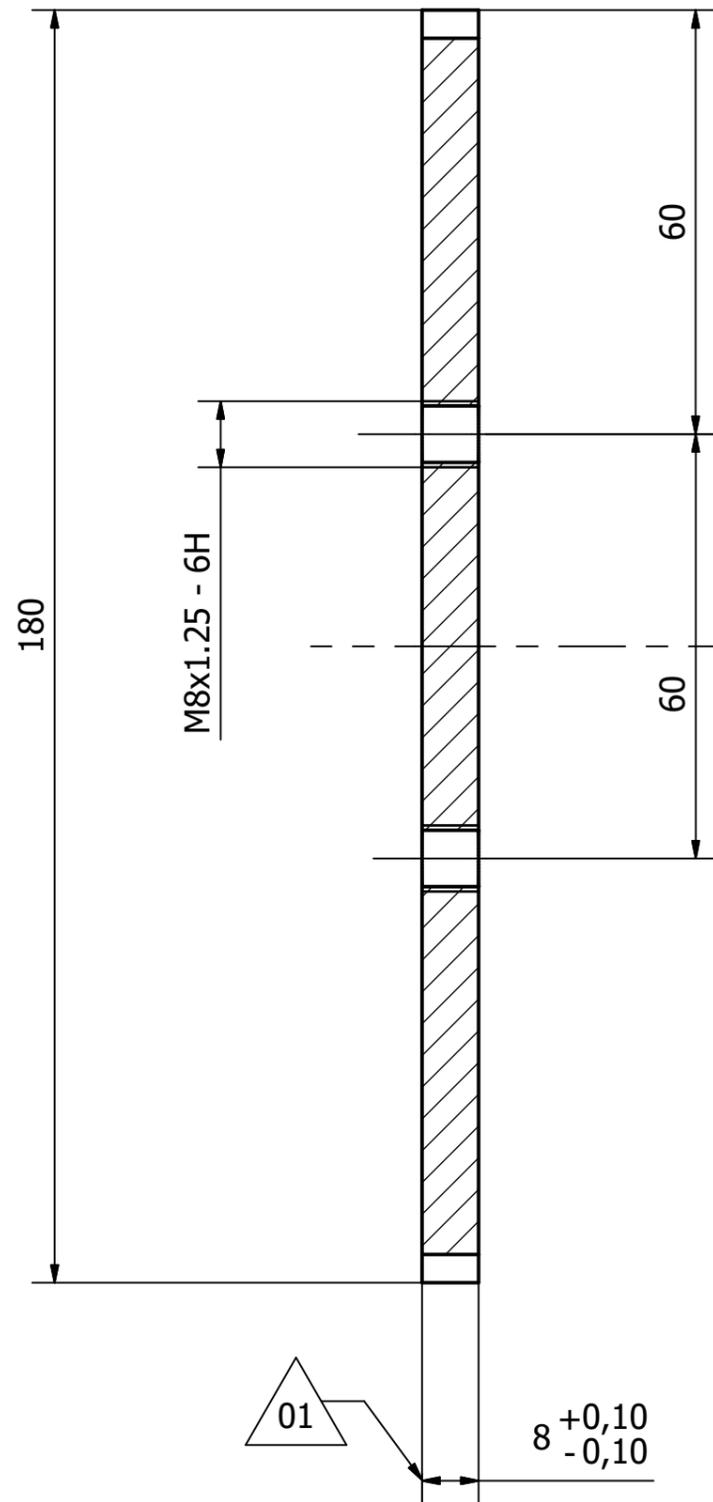
Detalle B (1 : 1)



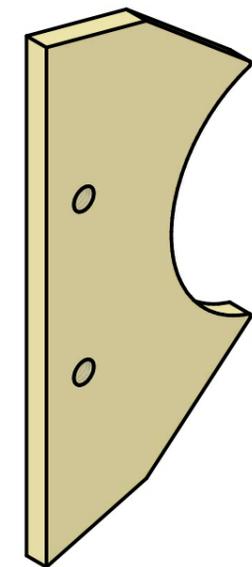
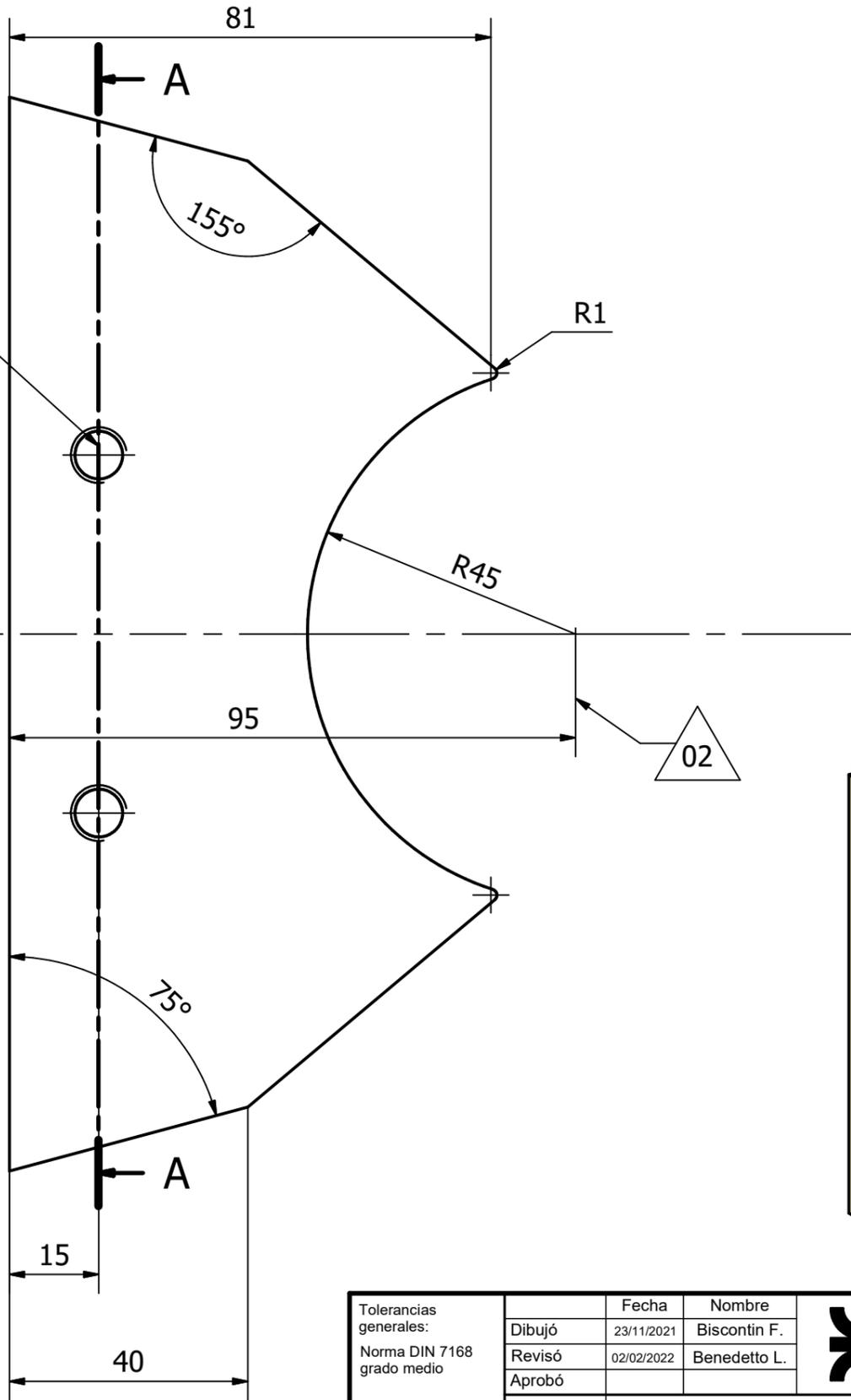
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Modifica tolerancia de eje	05/02/2022	L.E.B.
01	Modifica tolerancia de superficie de rodamiento	05/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 2	Denominación: Eje conducido	Material: SAE 1045	Tratamiento térmico/superficial: -	
	Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-ROT-201	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020		
	Rugosidad general para secciones circulares 1,6 Rectif.		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Subconjunto: 100-Rotores				

CORTE A-A



$\oplus 0,05$



Vista Isométrica - Escala 1:2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega cota 95	02/02/2022	L.E.B.
01	Modificación tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

Fecha	Nombre
Dibujó 23/11/2021	Biscontin F.
Revisó 02/02/2022	Benedetto L.
Aprobó	

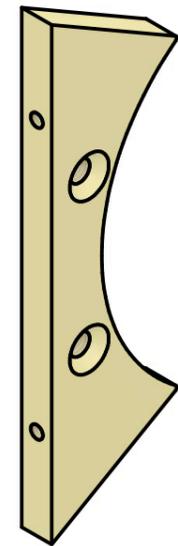
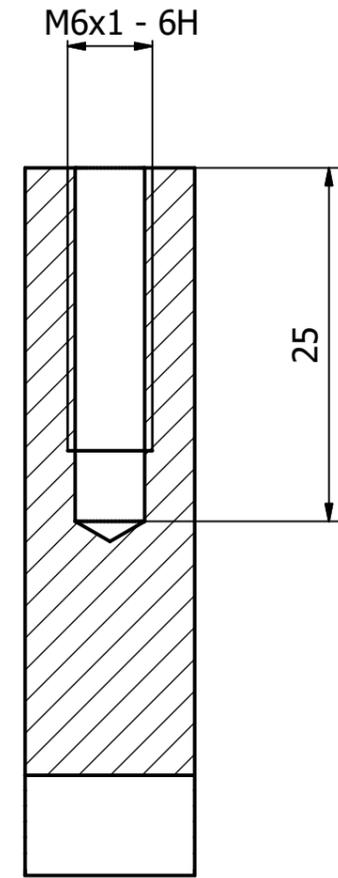
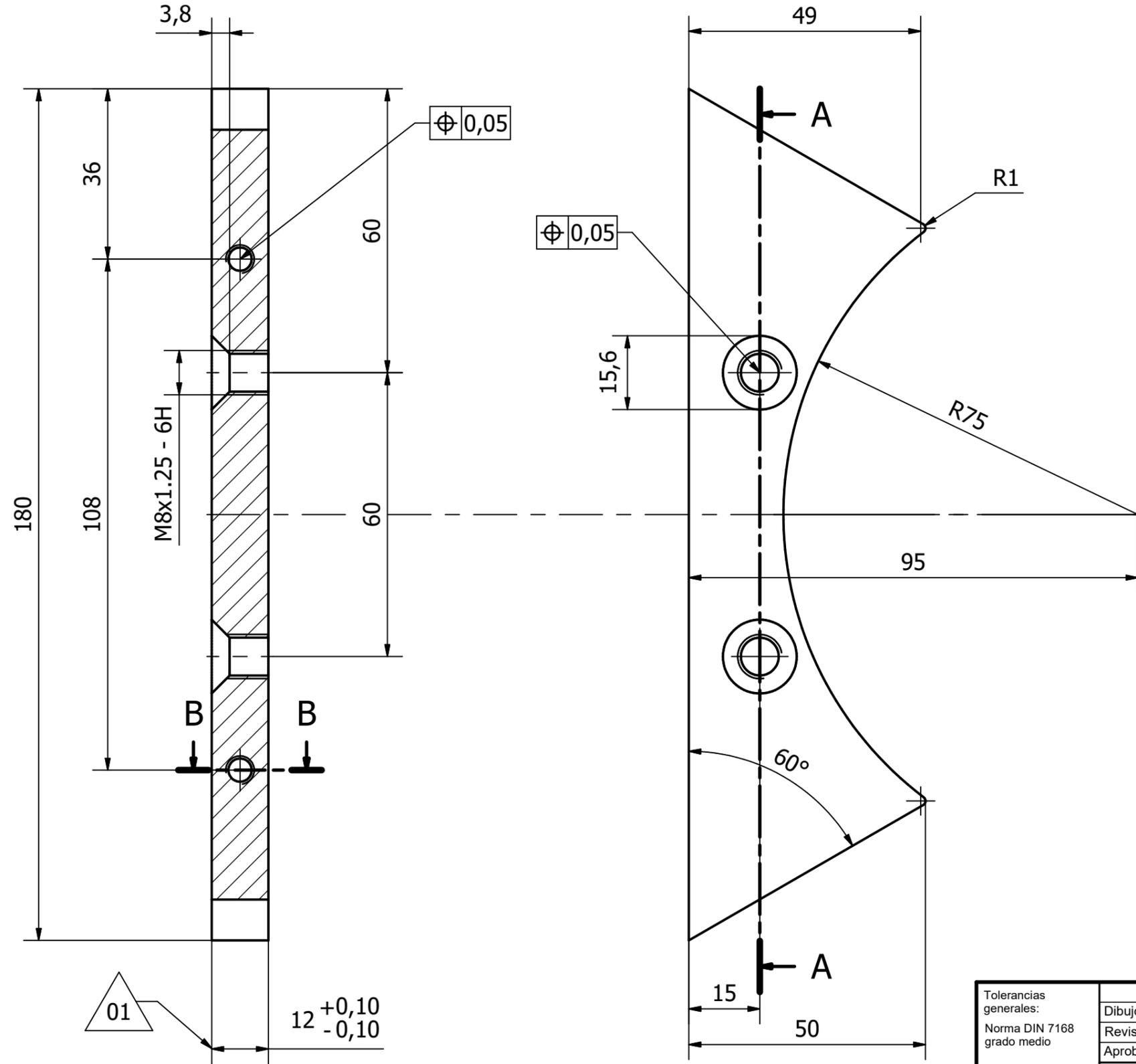


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

Esc.: 1 : 1	Denominación: Peine de trituración mayor	Material: Nylon (Poliamida 6)	Tratamiento térmico/superficial: -
Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-BAS-301	Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: TRIT-Trituradora		

CORTE A-A

CORTE B-B (2:1)



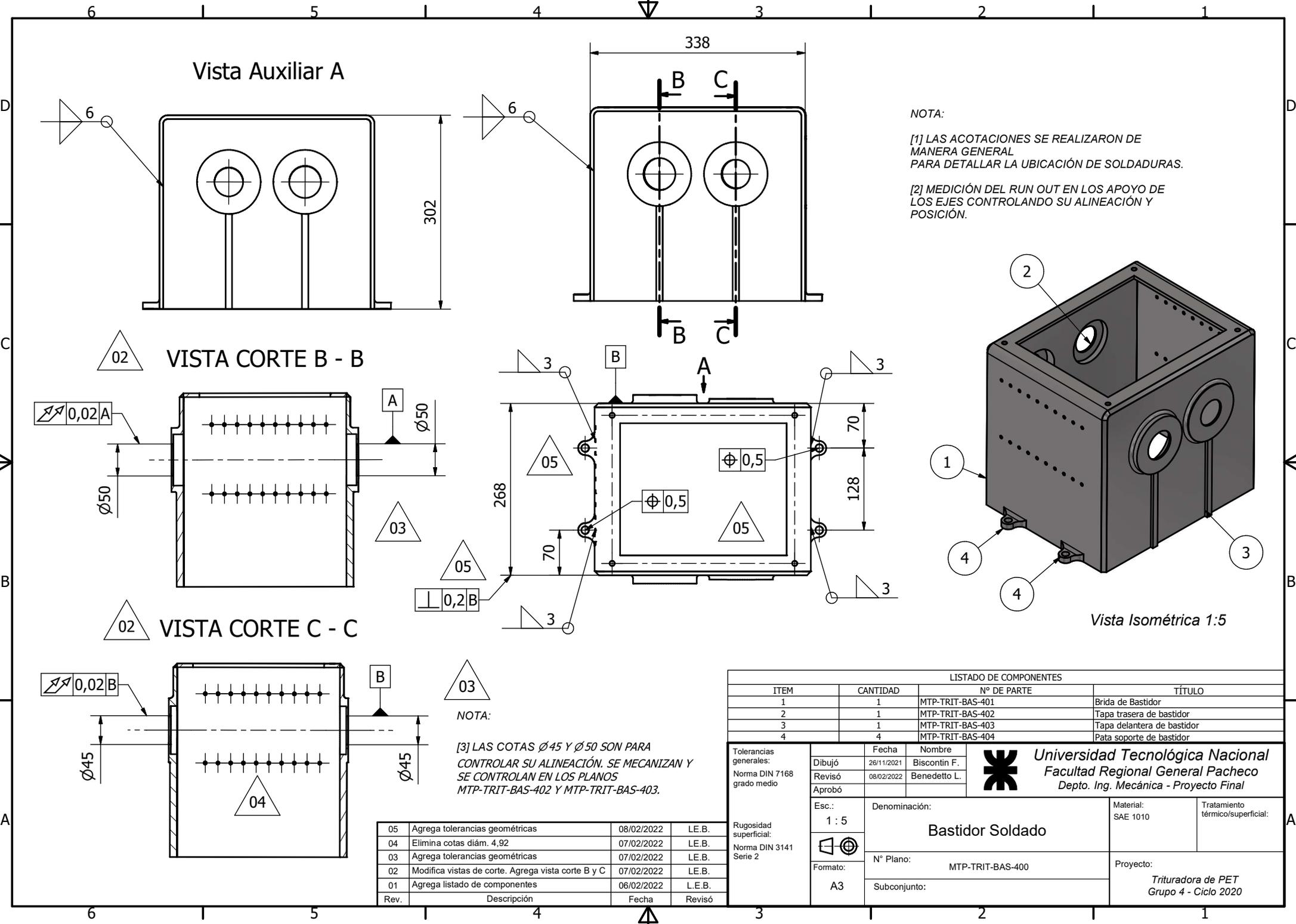
Vista Isométrica - Escala 1:2

01

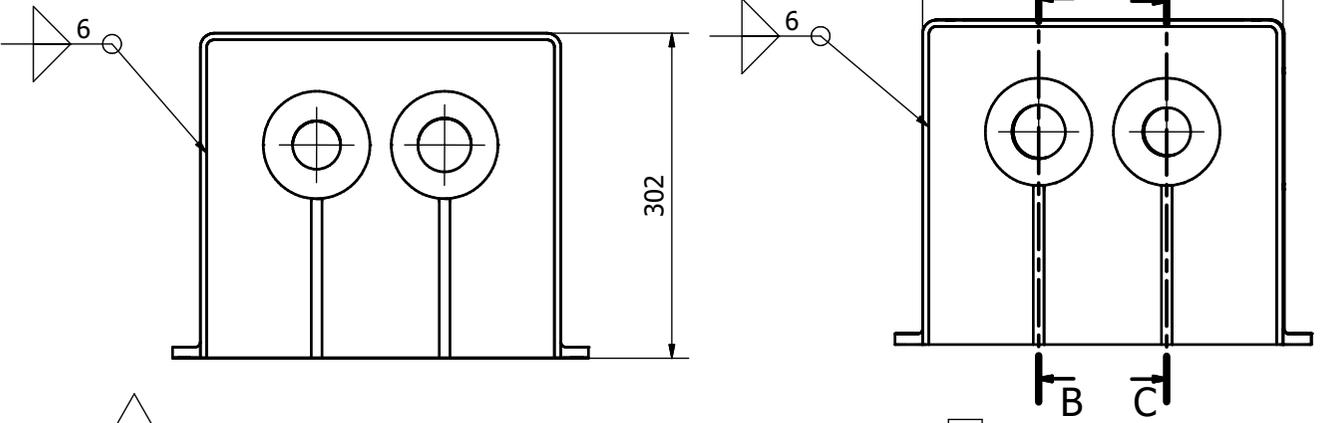
12 ^{+0,10}
_{-0,10}

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega cota 95	02/02/2022	L.E.B.
01	Modificación tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	23/11/2021	Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	02/02/2022	Benedetto L.	
	Aprobó			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	1 : 1		Denominación: Peine de trituración menor
	Formato:	A3		
		N° Plano:	MTP-TRIT-BAS-302	Material: Nylon (Poliamida 6)
	Subconjunto:	TRIT-Trituradora	Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020	

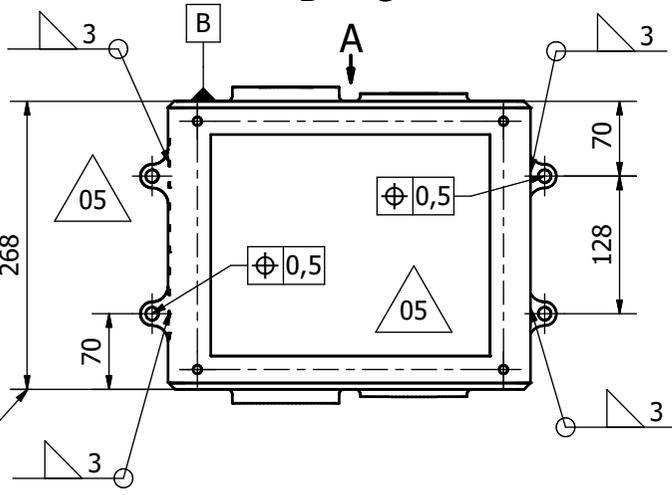
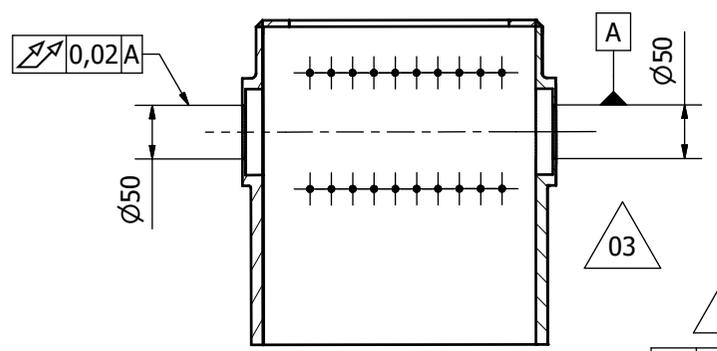


Vista Auxiliar A

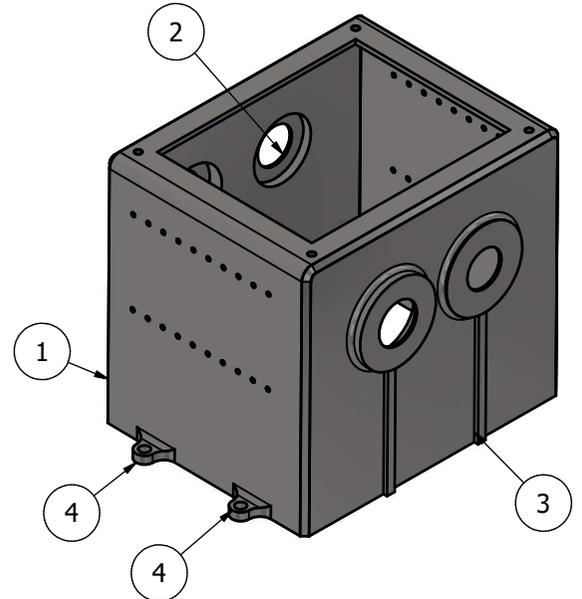
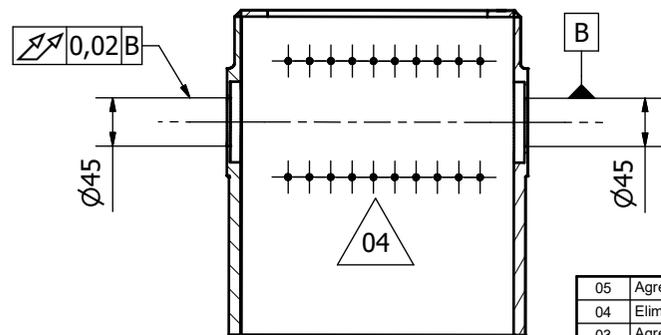


NOTA:
 [1] LAS ACOTACIONES SE REALIZARON DE MANERA GENERAL PARA DETALLAR LA UBICACIÓN DE SOLDADURAS.
 [2] MEDICIÓN DEL RUN OUT EN LOS APOYO DE LOS EJES CONTROLANDO SU ALINEACIÓN Y POSICIÓN.

VISTA CORTE B - B



VISTA CORTE C - C



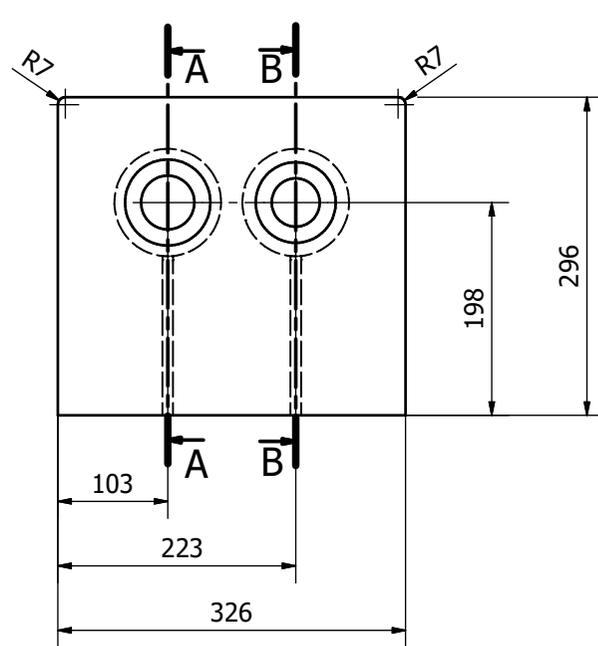
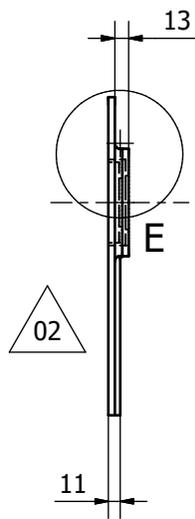
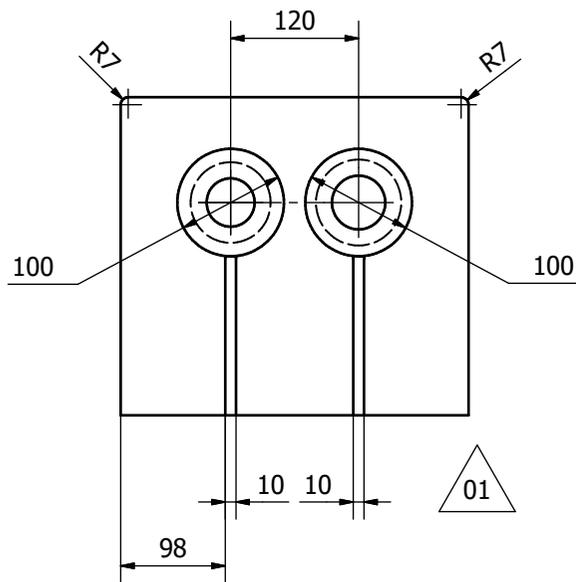
Vista Isométrica 1:5

NOTA:
 [3] LAS COTAS $\varnothing 45$ Y $\varnothing 50$ SON PARA CONTROLAR SU ALINEACIÓN. SE MECANIZAN Y SE CONTROLAN EN LOS PLANOS MTP-TRIT-BAS-402 Y MTP-TRIT-BAS-403.

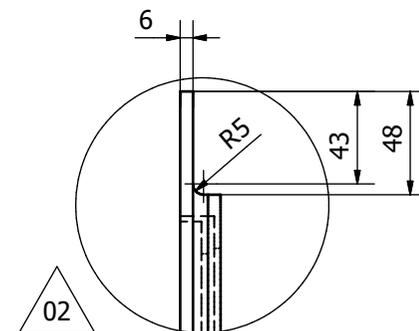
05	Agrega tolerancias geométricas	08/02/2022	L.E.B.
04	Elimina cotas diám. 4,92	07/02/2022	L.E.B.
03	Agrega tolerancias geométricas	07/02/2022	L.E.B.
02	Modifica vistas de corte. Agrega vista corte B y C	07/02/2022	L.E.B.
01	Agrega listado de componentes	06/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	N° DE PARTE	TÍTULO
1	1	MTP-TRIT-BAS-401	Brida de Bastidor
2	1	MTP-TRIT-BAS-402	Tapa trasera de bastidor
3	1	MTP-TRIT-BAS-403	Tapa delantera de bastidor
4	4	MTP-TRIT-BAS-404	Pata soporte de bastidor

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Dibujó	Biscontin F.	
	Revisó	Benedetto L.	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:	Material:
	1 : 5	Bastidor Soldado	SAE 1010
	Formato:	N° Plano:	Tratamiento térmico/superficial:
A3	MTP-TRIT-BAS-400		
	Subconjunto:	Proyecto:	Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020

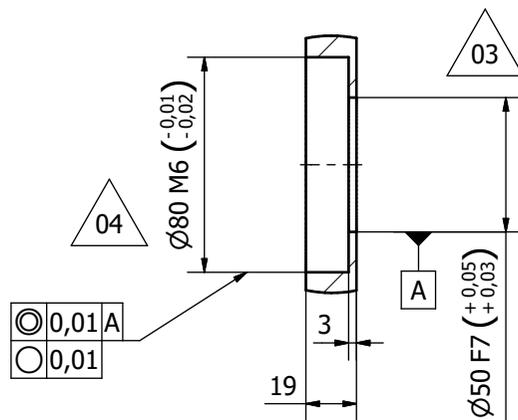


Detalle E (1:2,5)

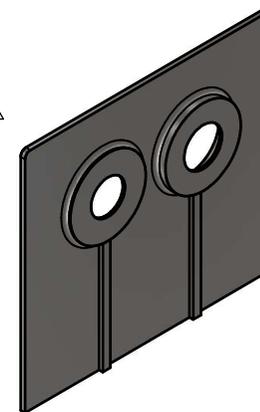
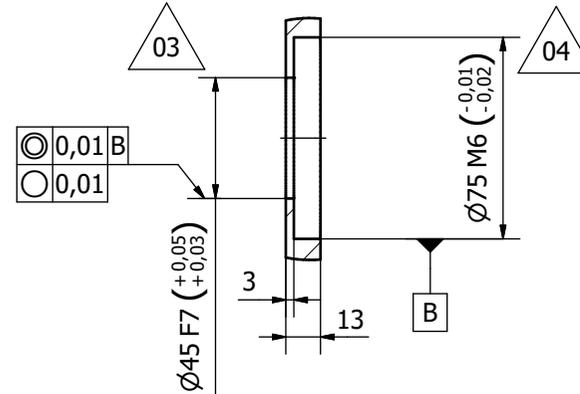


NOTA:
[1] MATAR ARISTAS Y CANTOS VIVOS.

Detalle C (0,50 : 1)

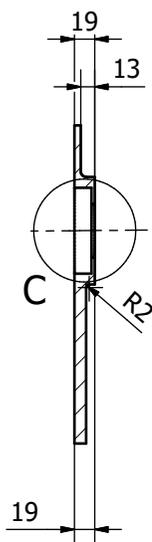


Detalle D (0,50 : 1)

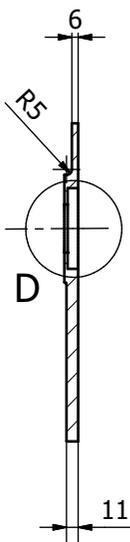


Vista Isométrica - Escala 1:5

CORTE A-A



CORTE B-B



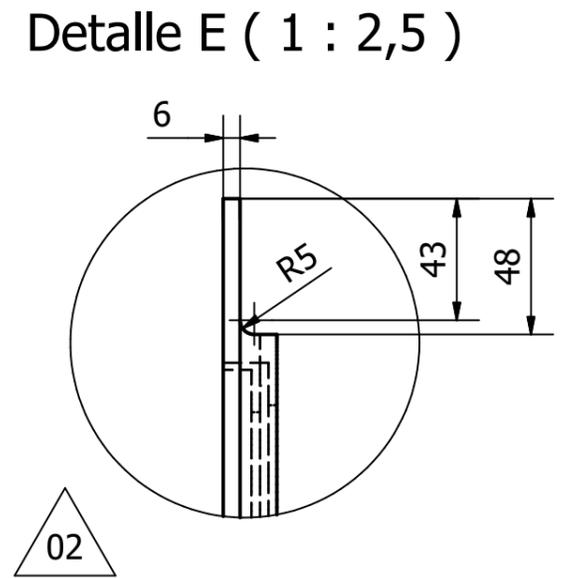
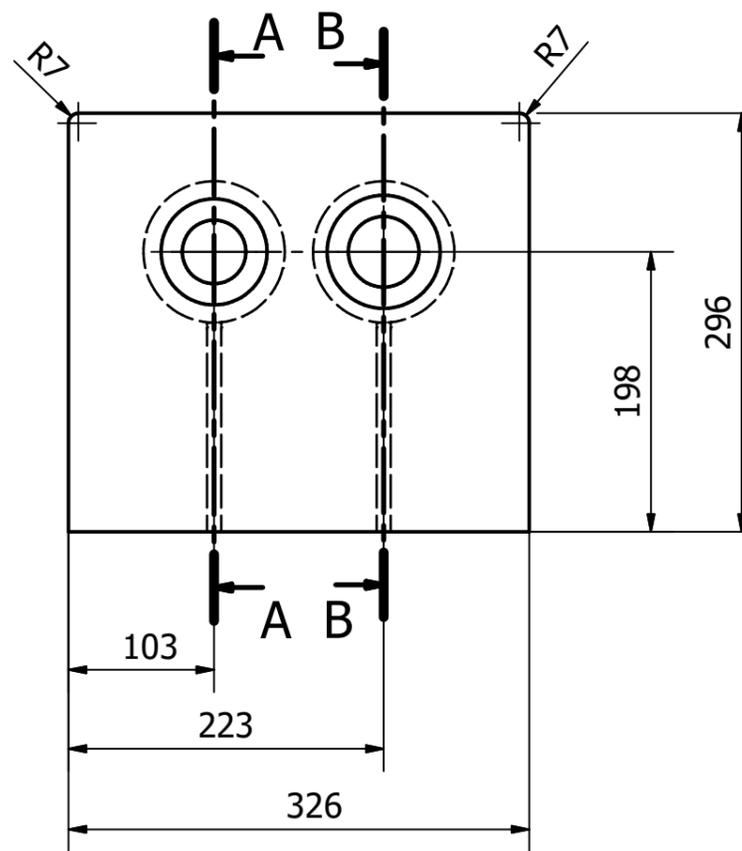
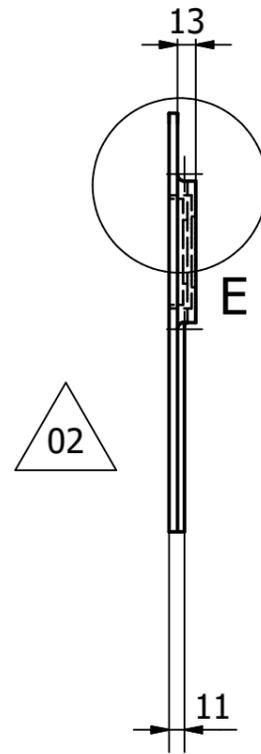
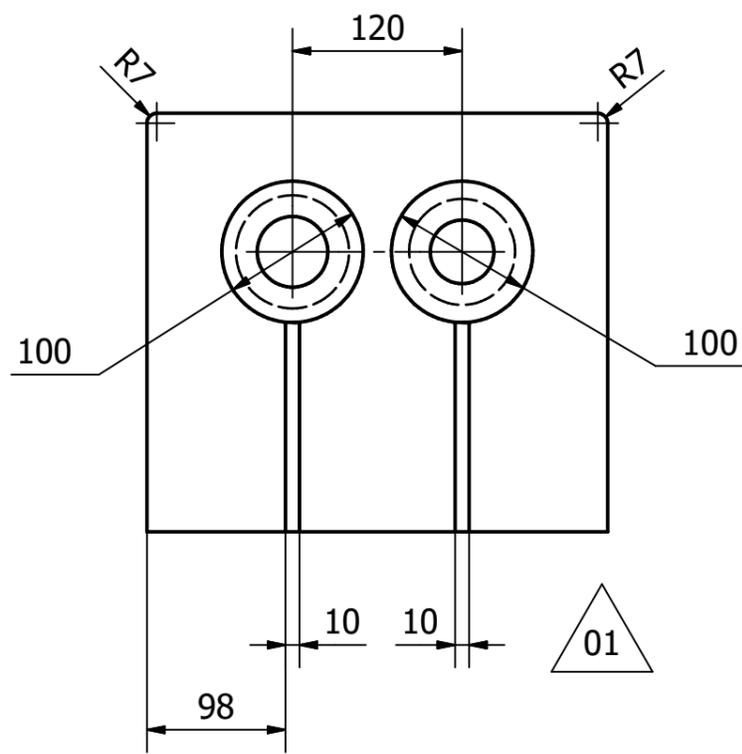
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
04	Agrega tolerancias de apoyo de rodamientos	06/02/2022	L.E.B.
03	Agrega tolerancias de apoyo de ejes	06/02/2022	L.E.B.
02	Agrega detalle y modifica cotas vista de perfil	05/02/2022	L.E.B.
01	Elimina cota 98	05/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha 26/11/2021	Nombre Benedetto L.
	Revisó 06/02/2022	Benedetto L.
	Aprobó	

Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 5	Denominación: Tapa trasera de bastidor	Material: SAE 1010	Tratamiento térmico/superficial: -
	Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-BAS-402	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
		Subconjunto: TRIT-Trituradora		

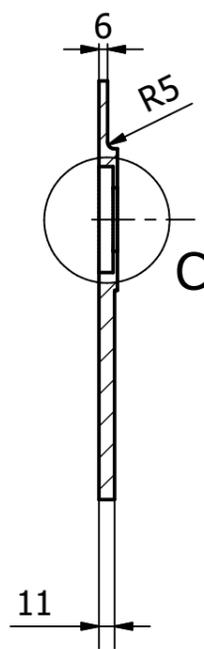
Dibujó 26/11/2021	Nombre Benedetto L.
Revisó 06/02/2022	Benedetto L.
Aprobó	


Universidad Tecnológica Nacional
 Facultad Regional General Pacheco
 Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

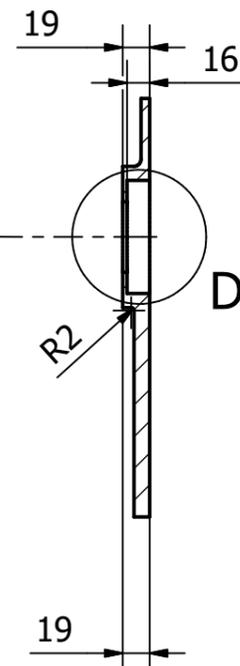


NOTA:
[1] MATAR ARISTAS Y CANTOS VIVOS.

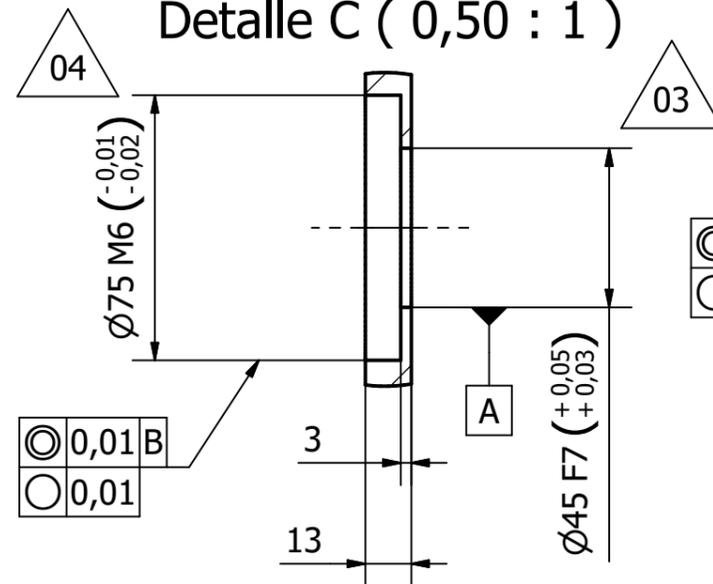
CORTE A-A



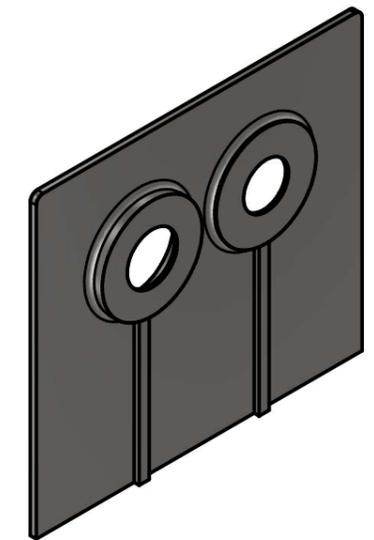
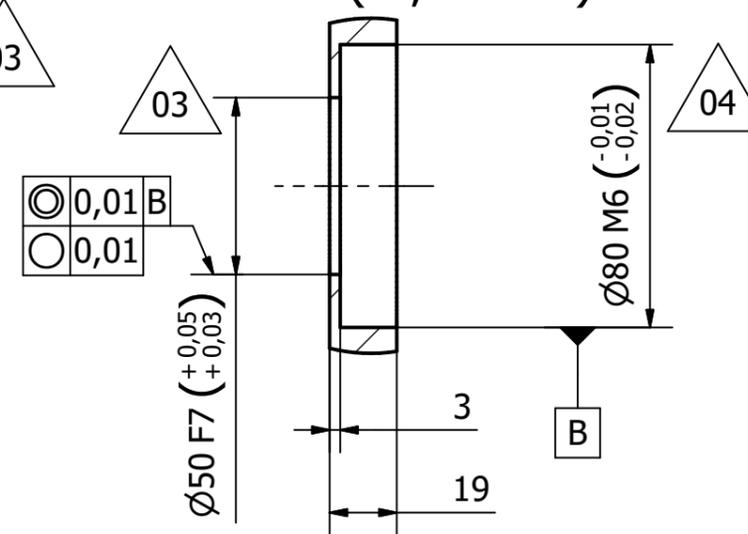
CORTE B-B



Detalle C (0,50 : 1)



Detalle D (0,50 : 1)

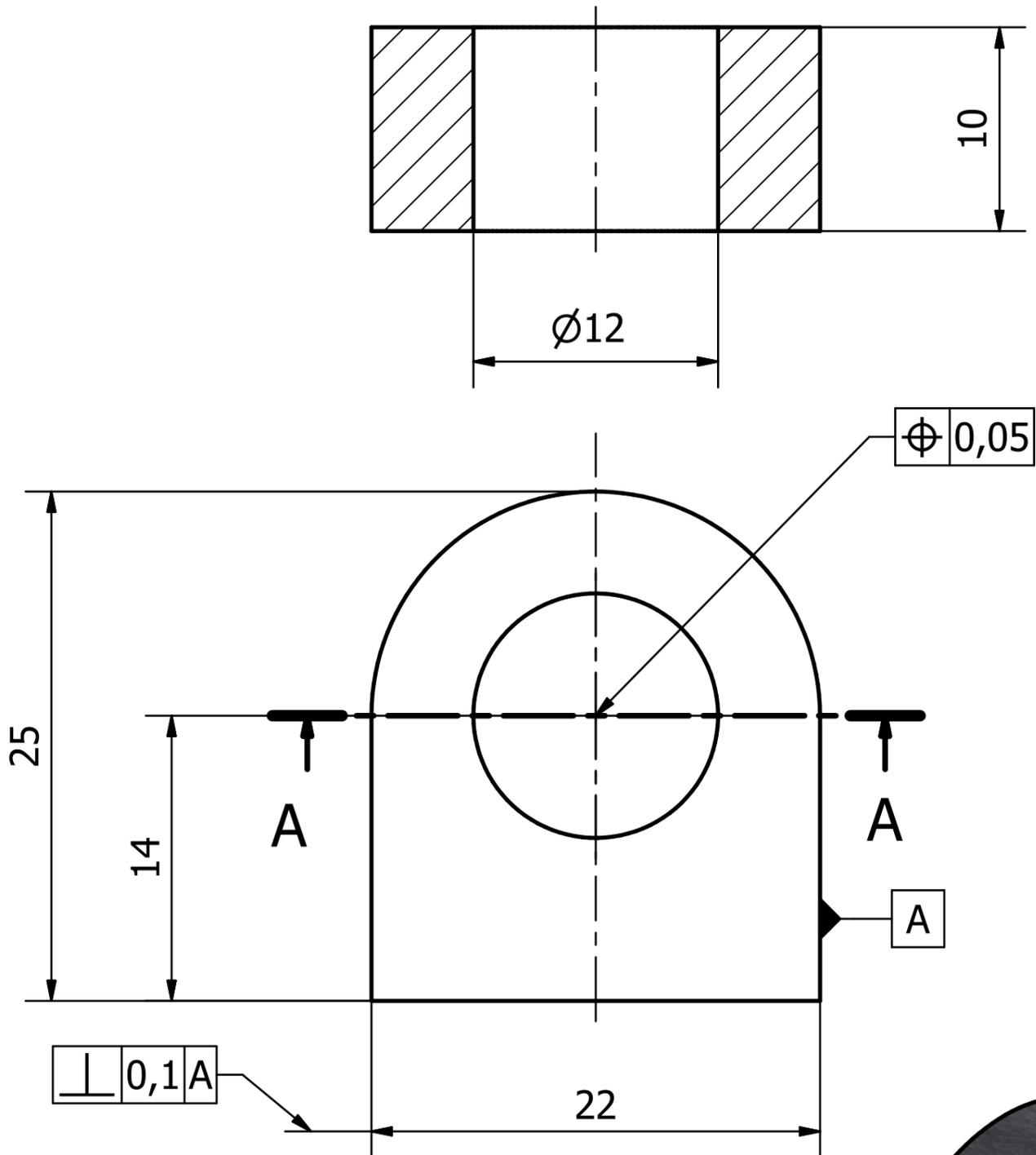


Vista Isométrica - Escala 1:5

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
04	Agrega tolerancias de apoyo de rodamiento	06/02/2022	L.E.B.
03	Agrega tolerancias de apoyo de ejes	06/02/2022	L.E.B.
02	Agrega detalle y modifica cotas vista de perfil	06/02/2022	L.E.B.
01	Elimina cota 98	05/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Dibujó	Benedetto L.	
	Revisó	Benedetto L.	
	Aprobó		
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1:5	Denominación: Tapa delantera de bastidor	Material: SAE 1010
	Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-BAS-403	Tratamiento térmico/superficial: -
		Subconjunto: TRIT-Trituradora	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020

CORTE A-A



Vista Isométrica - Escala 1:2

NOTA:

[1] MATAR ARISTAS Y CANTOS VIVOS.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

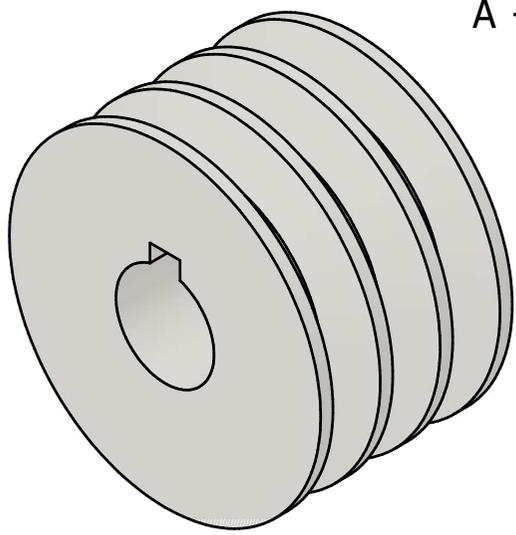
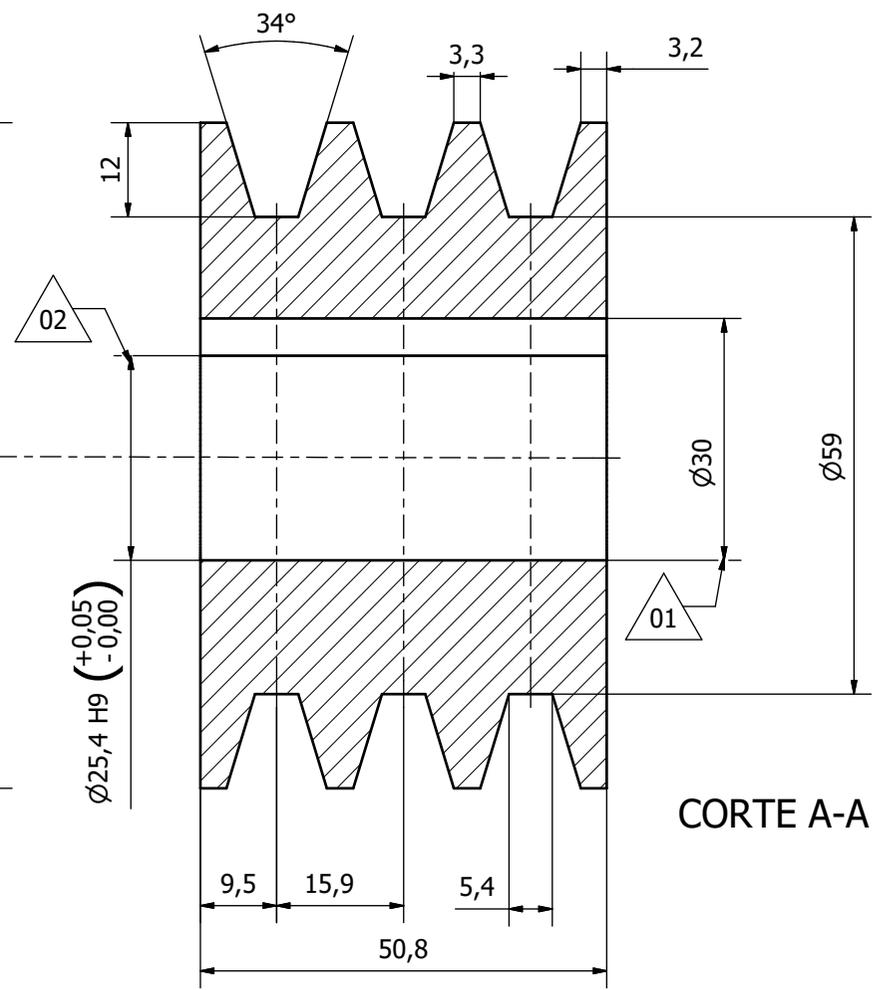
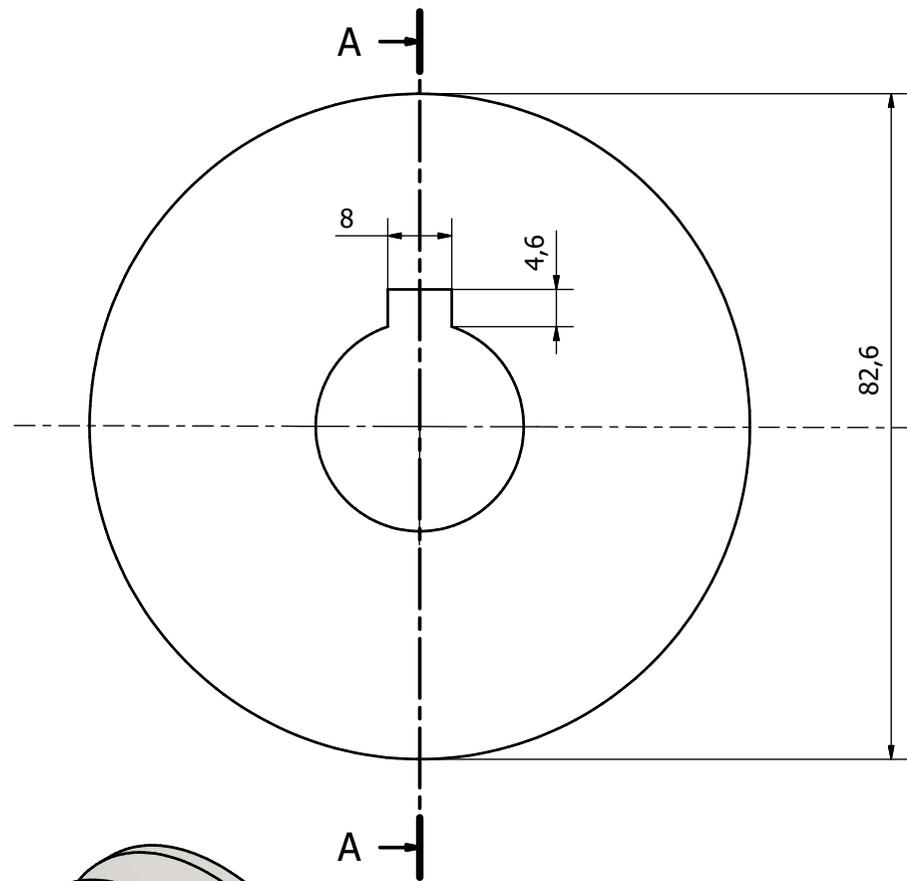
Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

	Fecha	Nombre
Dibujó	01/02/2022	Biscontin F.
Revisó	02/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

Esc.: 2,5:1	Denominación: Pata soporte de bastidor	Material: SAE 1010	Tratamiento térmico/superficial: -
Formato: A4	N° Plano: MTP-TRIT-BAS-404	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: Bastidor		

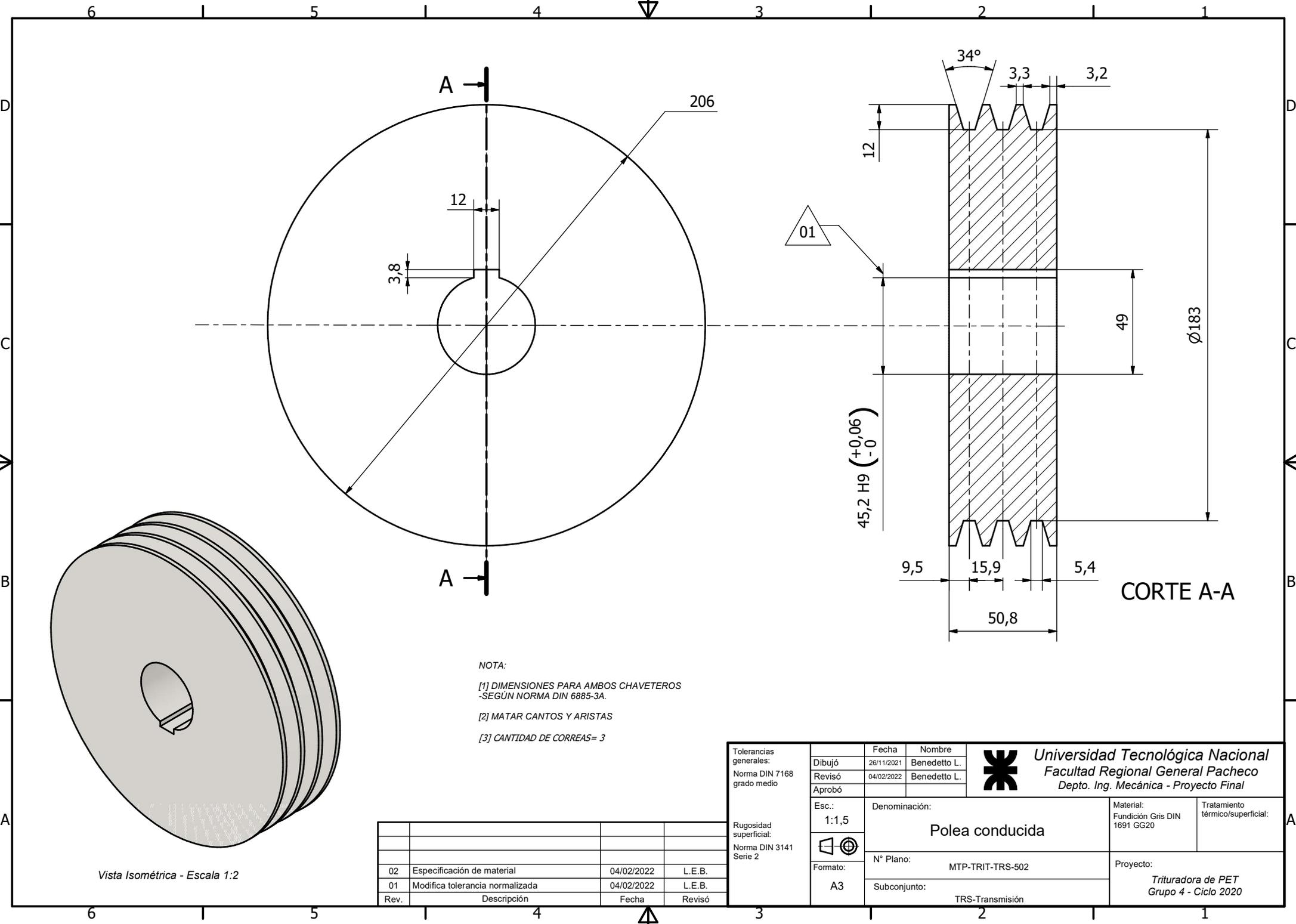


Vista Isométrica - Escala 1:2

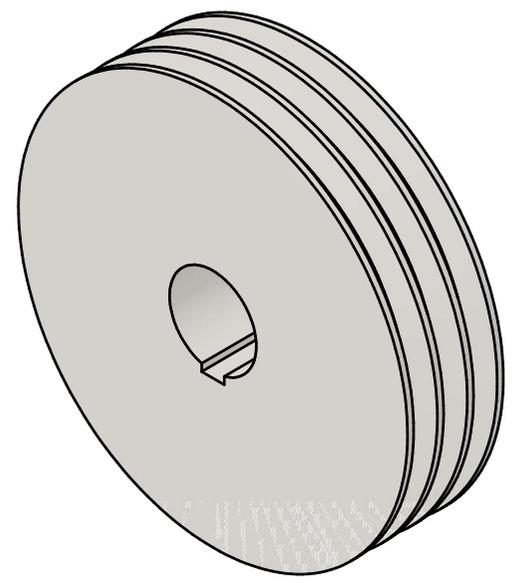
- NOTA:
- [1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS -SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.
 - [2] MATAR CANTOS Y ARISTAS
 - [3] CANTIDAD DE CORREAS= 3

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
03	Especificación de material	04/02/2022	L.E.B.
02	Modifica tolerancia normalizada	04/02/2022	L.E.B.
01	Elimina diámetro de cota 30	03/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	26/11/2021	Benedetto L.	
	Aprobó	04/02/2022	Benedetto L.	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc:	Denominación:		Material:
	1,5:1	Polea motriz		Fundición Gris DIN 1691 GG20
		N° Plano:	MTP-TRIT-TRS-501	Tratamiento térmico/superficial:
Formato:	Subconjunto:		Proyecto:	
A3	TRS-Transmisión		Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	



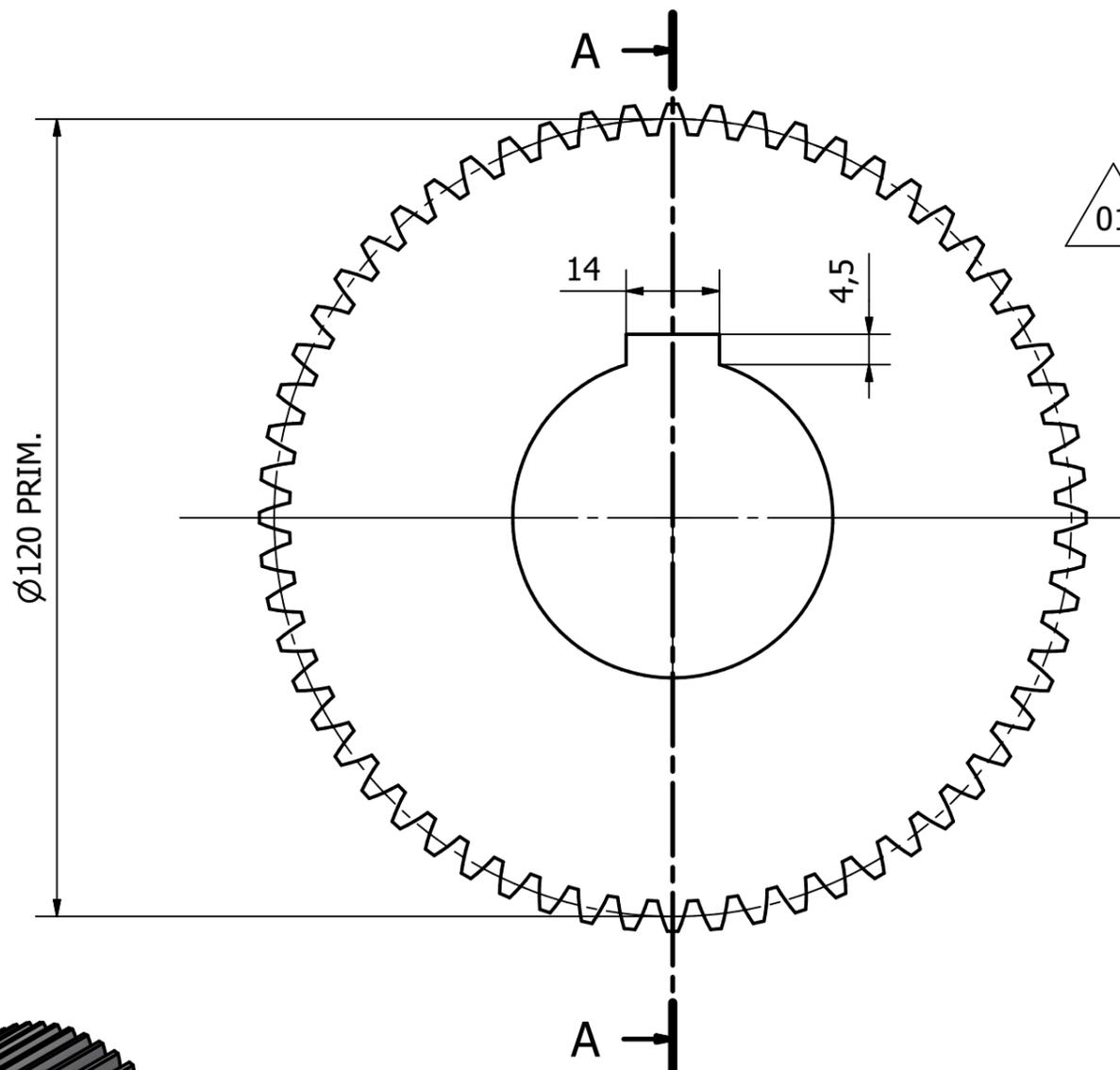
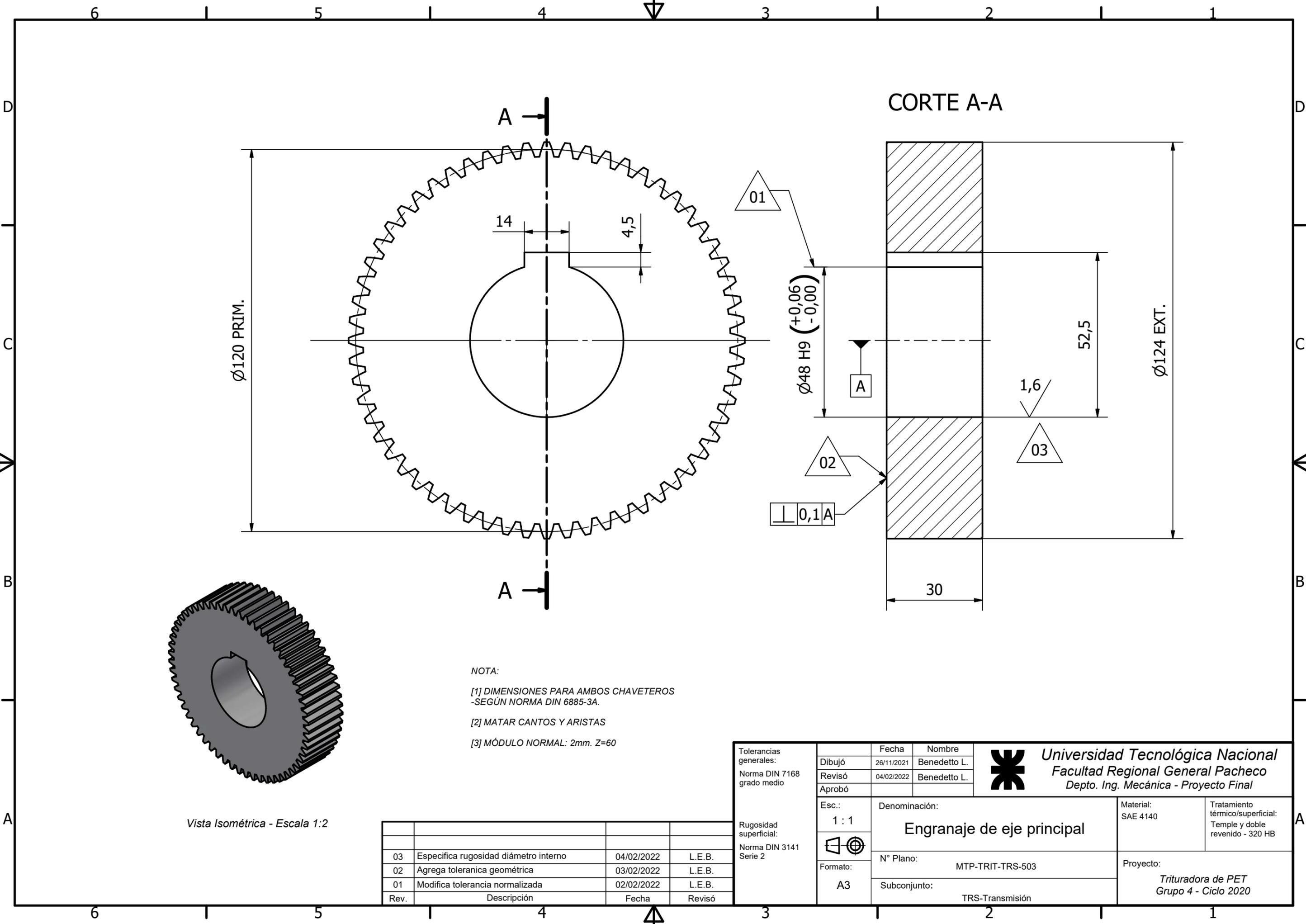
NOTA:
 [1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS
 -SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.
 [2] MATAR CANTOS Y ARISTAS
 [3] CANTIDAD DE CORREAS= 3



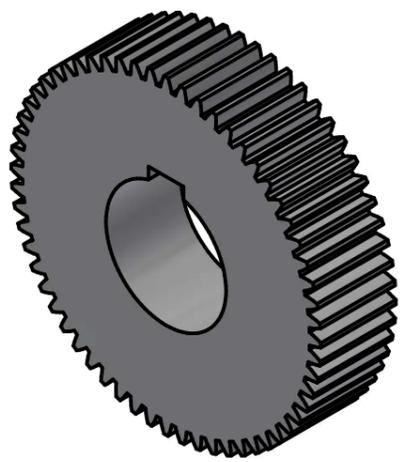
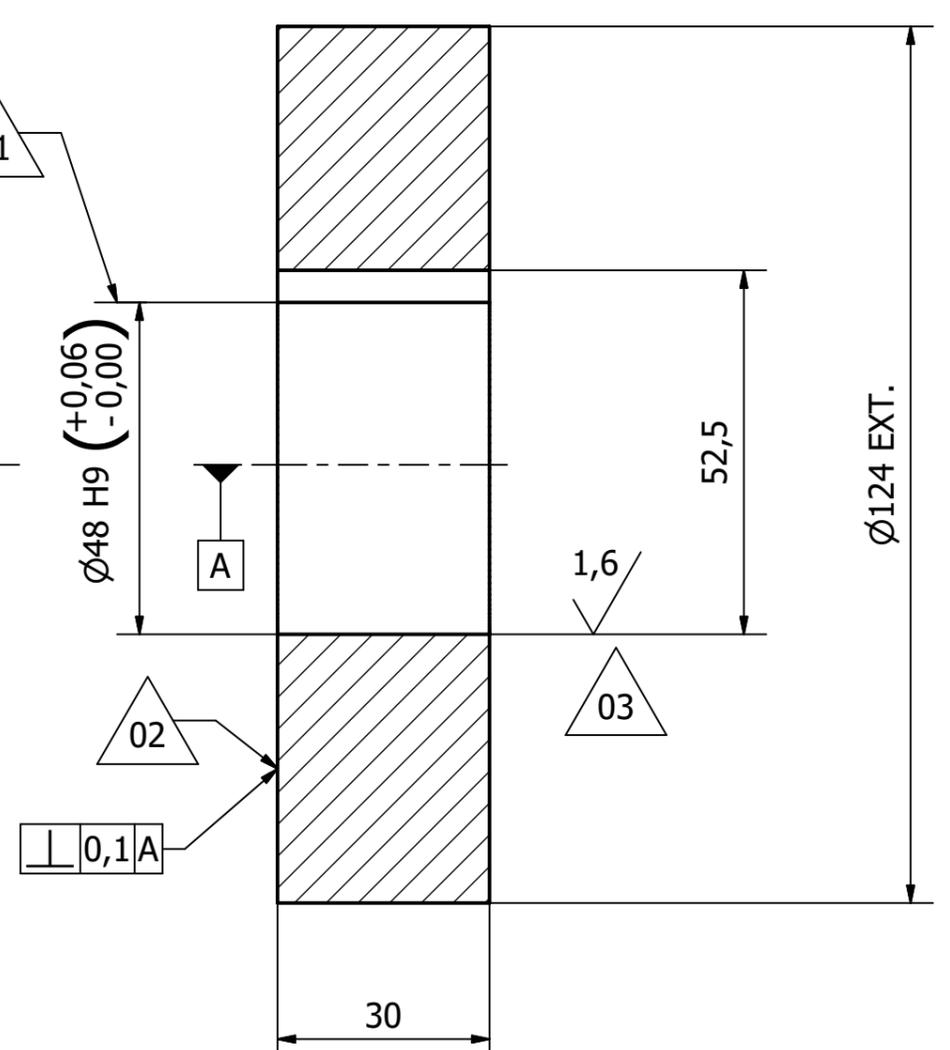
Vista Isométrica - Escala 1:2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Especificación de material	04/02/2022	L.E.B.
01	Modifica tolerancia normalizada	04/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	26/11/2021	Benedetto L.	
	Aprobó	04/02/2022	Benedetto L.	
	Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2			
Esc.: 1:1,5	Denominación: Polea conducida		Material: Fundición Gris DIN 1691 GG20	Tratamiento térmico/superficial:
Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-TRS-502		Proyecto: <i>Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020</i>	
		Subconjunto: TRS-Transmisión		



CORTE A-A

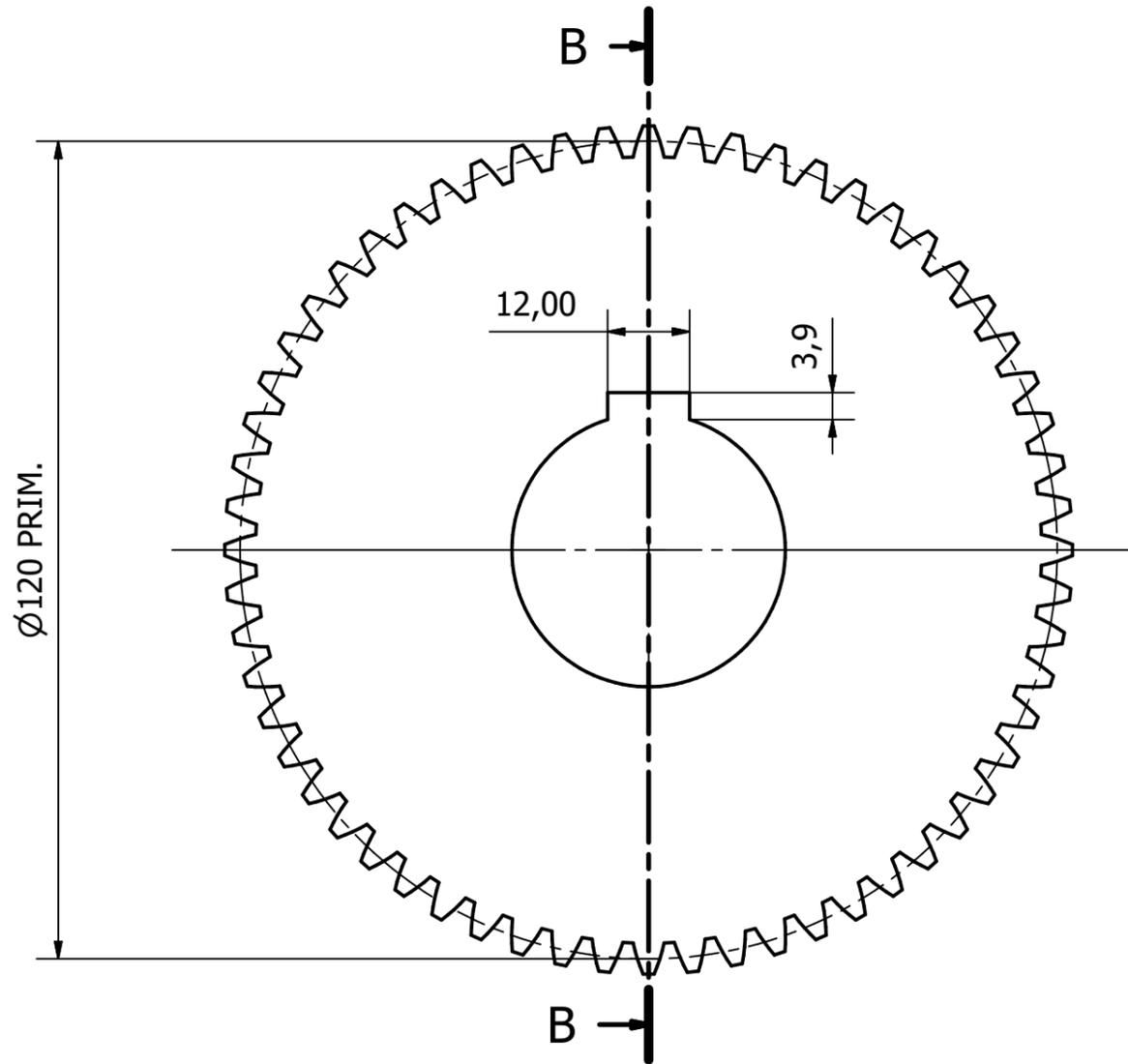


Vista Isométrica - Escala 1:2

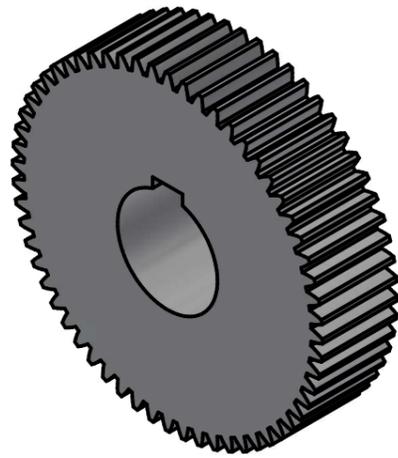
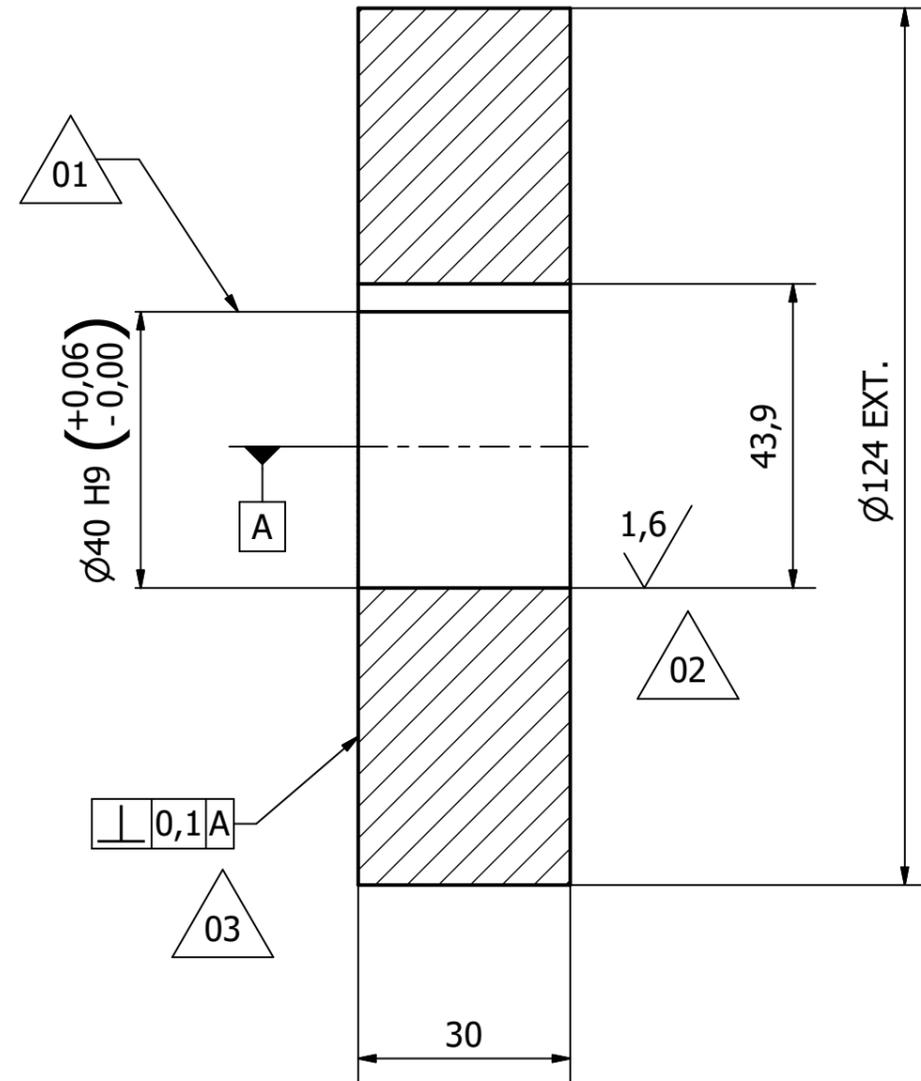
NOTA:
 [1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS -SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.
 [2] MATAR CANTOS Y ARISTAS
 [3] MÓDULO NORMAL: 2mm. Z=60

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
03	Especifica rugosidad diámetro interno	04/02/2022	L.E.B.
02	Agrega tolerancia geométrica	03/02/2022	L.E.B.
01	Modifica tolerancia normalizada	02/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	04/02/2022	Benedetto L.	
	Aprobó			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	1 : 1		Denominación: Engranaje de eje principal
	Formato:	A3		
		N° Plano:	MTP-TRIT-TRS-503	Material: SAE 4140
	Subconjunto:	TRS-Transmisión	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	



CORTE B-B



Vista Isométrica - Escala 1:2

NOTA:

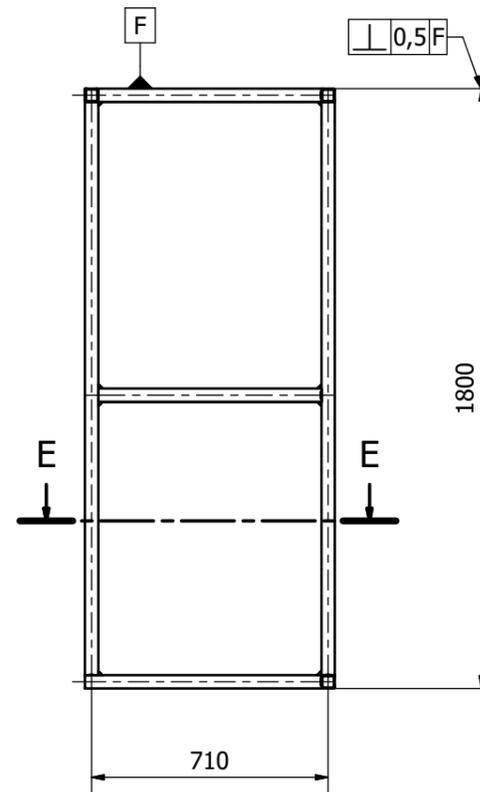
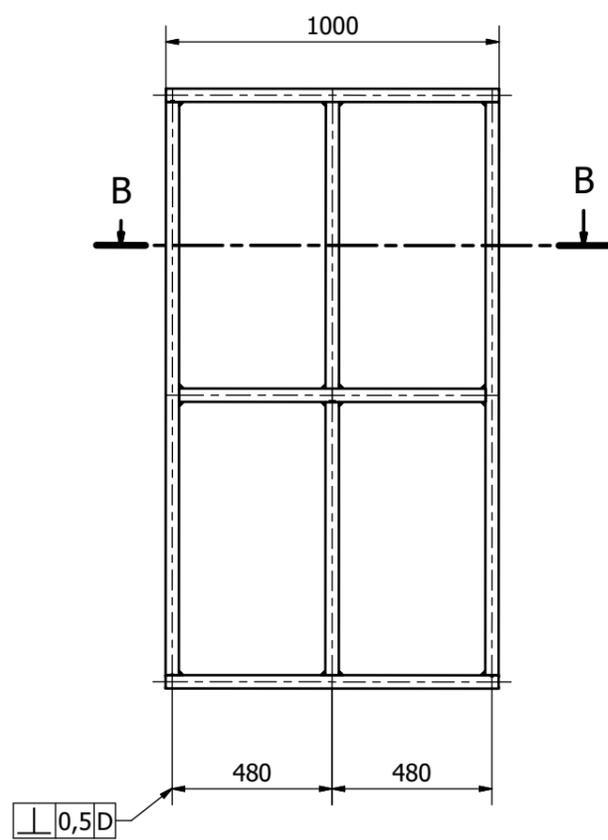
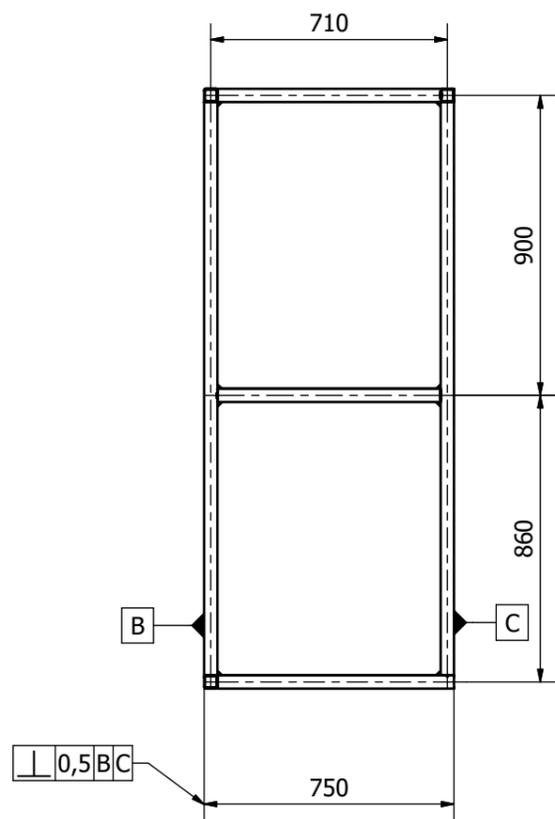
[1] DIMENSIONES PARA AMBOS CHAVETEROS
-SEGÚN NORMA DIN 6885-3A.

[2] MATAR CANTOS Y ARISTAS

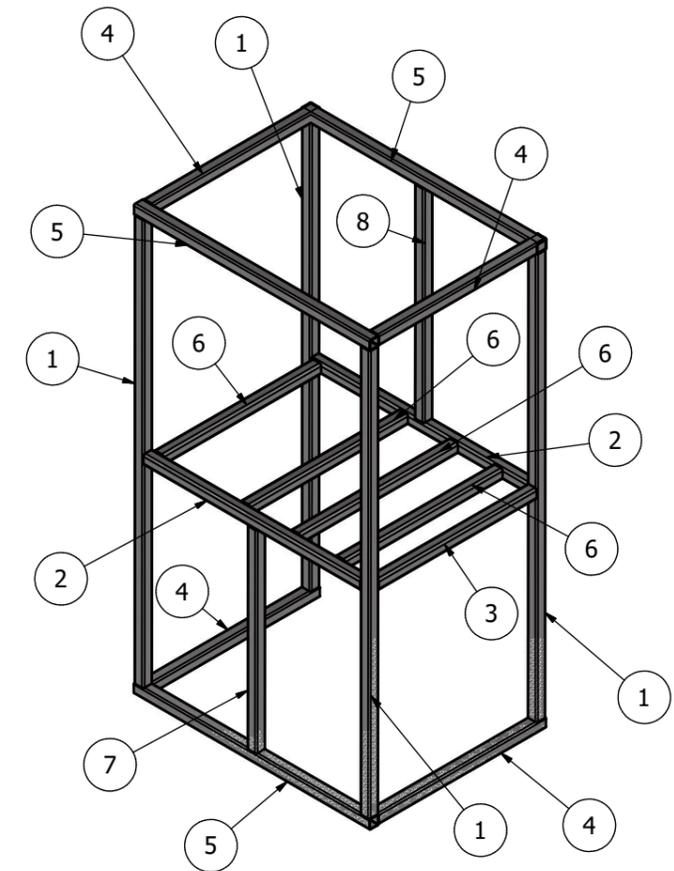
[3] MÓDULO NORMAL: 2mm. Z=60

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
03	Agrega tolerancia geométrica	04/02/2022	L.E.B.
02	Especifica rugosidad diámetro interior	03/02/2022	L.E.B.
01	Modifica tolerancia normalizada	03/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	04/02/2022	Benedetto L.	
	Aprobó			
	Esc.: 1 : 1	Denominación: Engranaje de eje conducido		
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Formato: A3	N° Plano: MTP-TRIT-TRS-504		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
		Subconjunto: TRS-Transmisión		

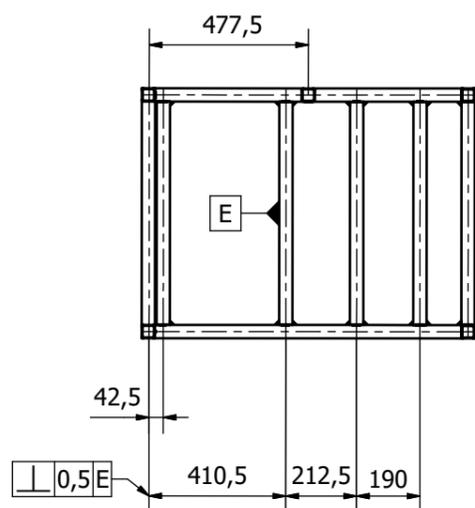


NOTA:
[1] EN EL PLANO NO SE DETALLAN
LOS AGUJEROS PARA CADA
TUBO CUADRADO

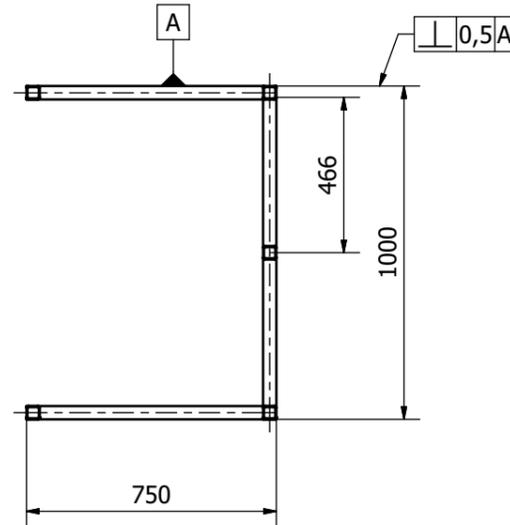


Vista Isométrica 1:15

CORTE B-B



CORTE E-E



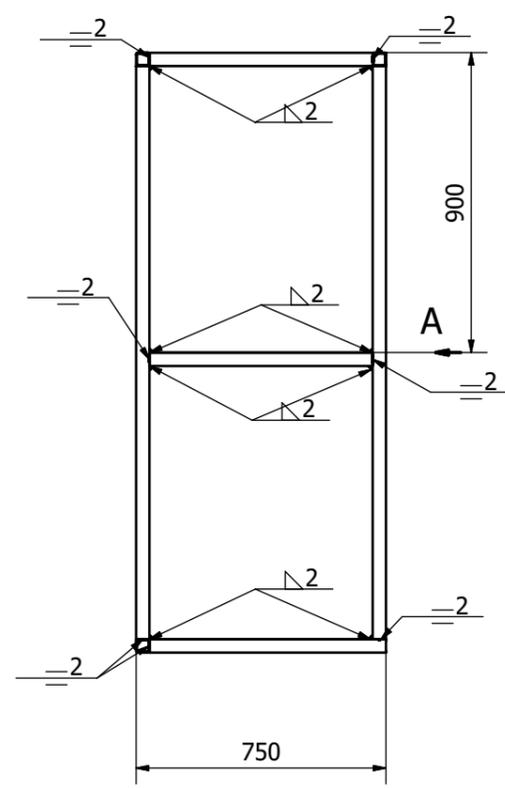
Pasos de soldadura:

- [1] Soldar la base según numeración 4,5,4.
- [2] Girar la base 90° quedando los tubos 4 en vertical.
- [3] Soldar dos largueros 1 en tubo 5.
- [4] Girar la base 90° quedando un tubo 4 horizontal y soldar tubo 1.
- [5] Girar la base 90° la base 4,5,4 y soldar el tubo 1 restante.
- [6] Soldar tubo cuadrado 7.
- [7] Girar 90° quedando tubo 7 horizontal. Luego soldar todos los tubos 6, 2 y 3.
- [8] Girar 180° quedando los tubos 4 verticalmente.
- [9] Soldar tubo 8, 5, 4, 4, 5 (parte superior).

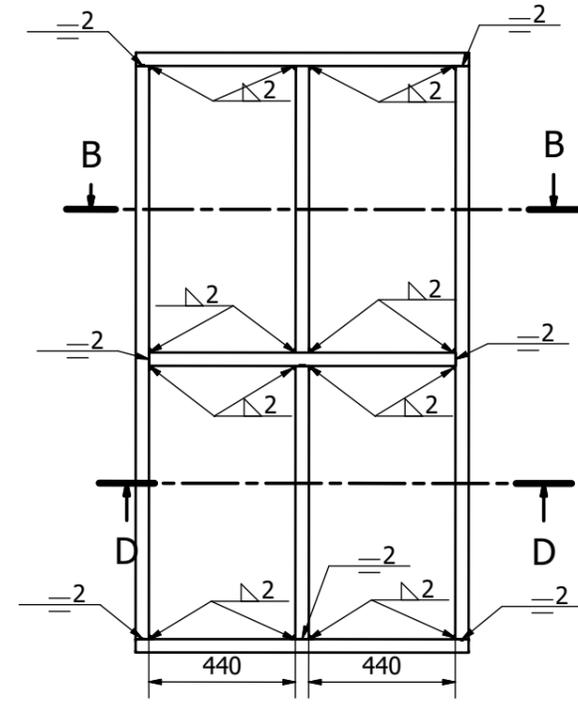
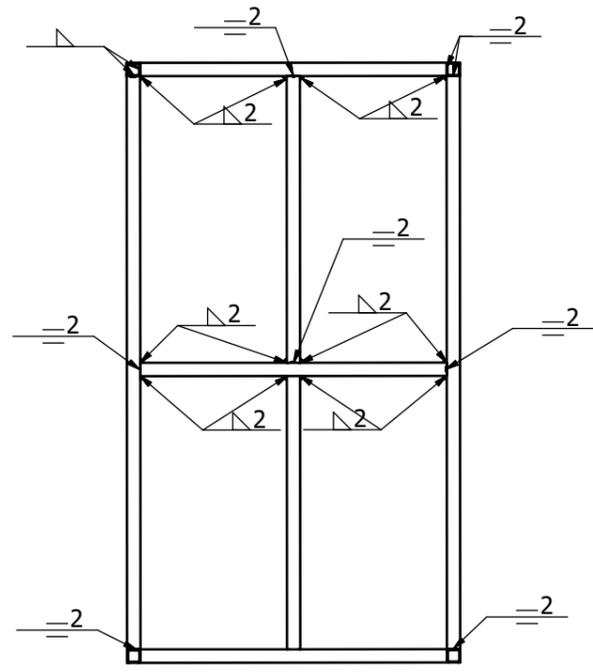
LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	Nº DE PARTE	TÍTULO
1	4	DIN 59 410 - 40x40x2.9-1720	
2	2	DIN 59 410 - 40x40x2.9-920	
3	1	DIN 59 410 - 40x40x2.9-670	
4	4	DIN 59 410 - 40x40x2.9-710	
5	3	DIN 59 410 - 40x40x2.9-1000	
6	4	DIN 59 410 - 40x40x4-670	
7	1	DIN 59 410 - 40x40x2.9-820	
8	1	DIN 59 410 - 40x40x2.9-860	

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	07/02/2022	Benedetto L.	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material: DIN 59410
	1 : 15	Chasis - Cotas Generales		
Rev.	Formato:	Nº Plano:		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
	A2	TRIT-200-100-000		
Descripción		Subconjunto:		Hoja: 1 de 2
Fecha		Estructura Interna - Chasis		

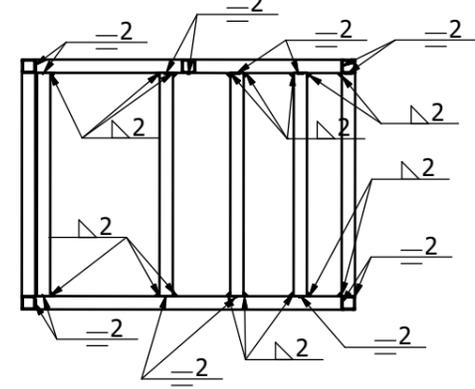
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
04	Agrega tolerancias geométricas	07/02/2022	L.E.B.
03	Agrega pasos de soldadura	07/02/2022	L.E.B.
02	Agrega pasos de soldadura	07/02/2022	L.E.B.
01	Agrega listado de componentes	06/02/2022	L.E.B.



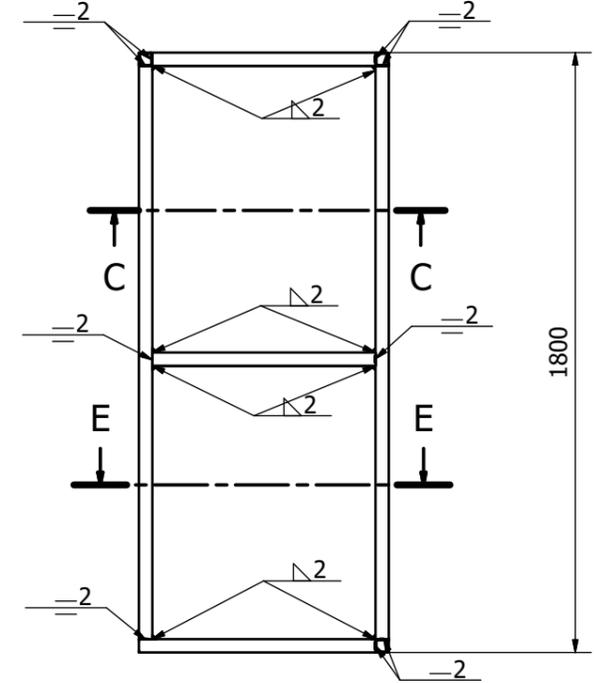
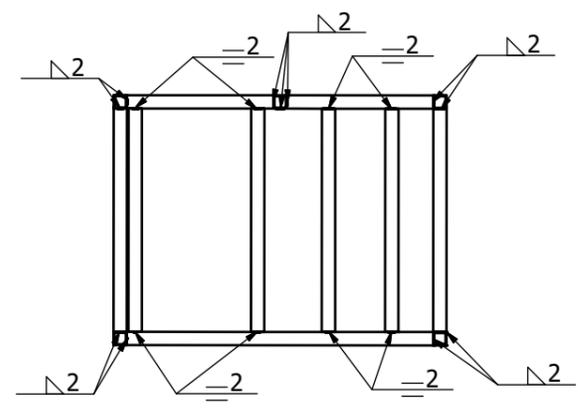
Vista Auxiliar A



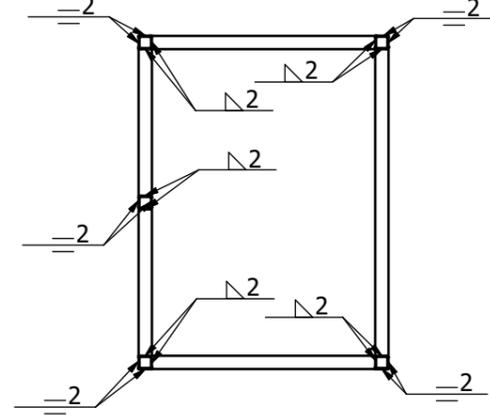
CORTE B-B



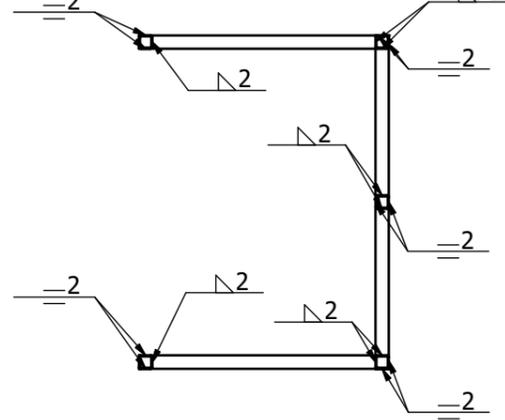
CORTE D-D



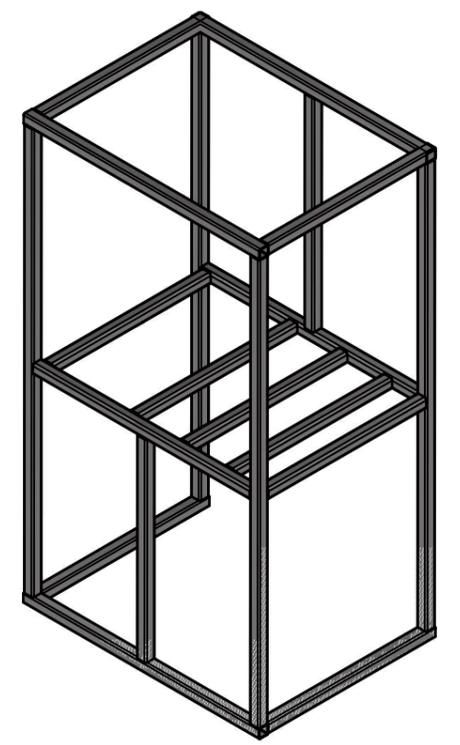
CORTE C-C



CORTE E-E



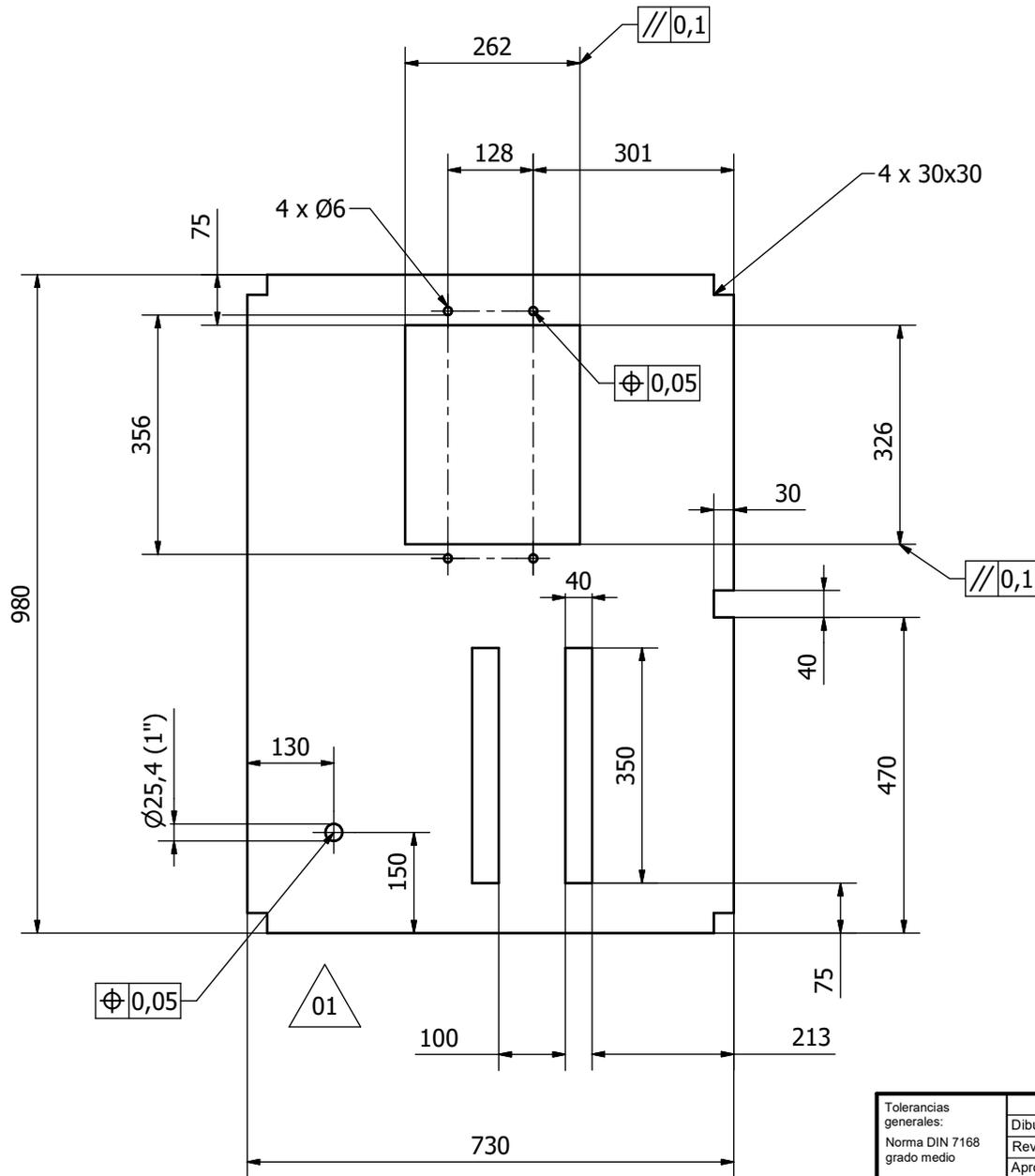
NOTA:
[1] EN EL PLANO NO SE DETALLAN
LOS AGUJEROS PARA CADA
TUBO CUADRADO



Vista Isométrica 1:15

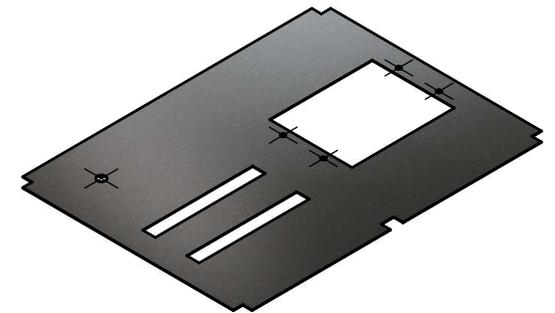
01	Agrega número de hoja	07/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Fecha: 27/11/2021 Nombre: Benedetto L. Revisó: 07/02/2022 Aprobó: Benedetto L.	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	Material: DIN 59410 Tratamiento térmico/superficial:	
	Esc.: 1:15 Formato: A2		Denominación: Chasis - Cotas Soldaduras	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
	N° Plano: TRIT-200-100-000 Subconjunto: Estructura Interna - Chasis		Hoja: 2 de 2	



Nota:

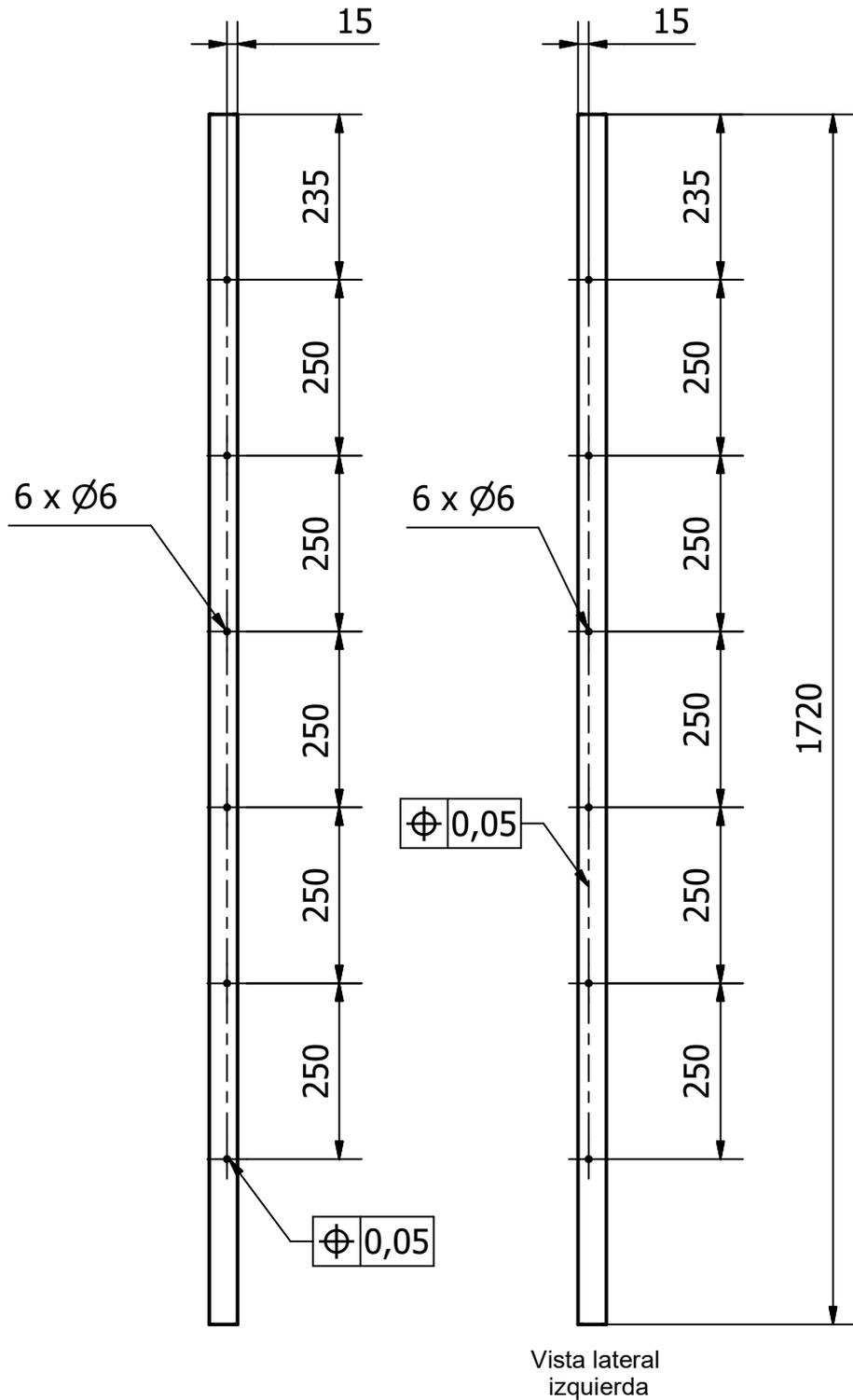
[1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color NEGRO.



Proyección Isométrica (Escala 1:10)

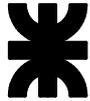
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
01	Agrega pintar con pintura acrílica	03/02/2022	L.E.B.

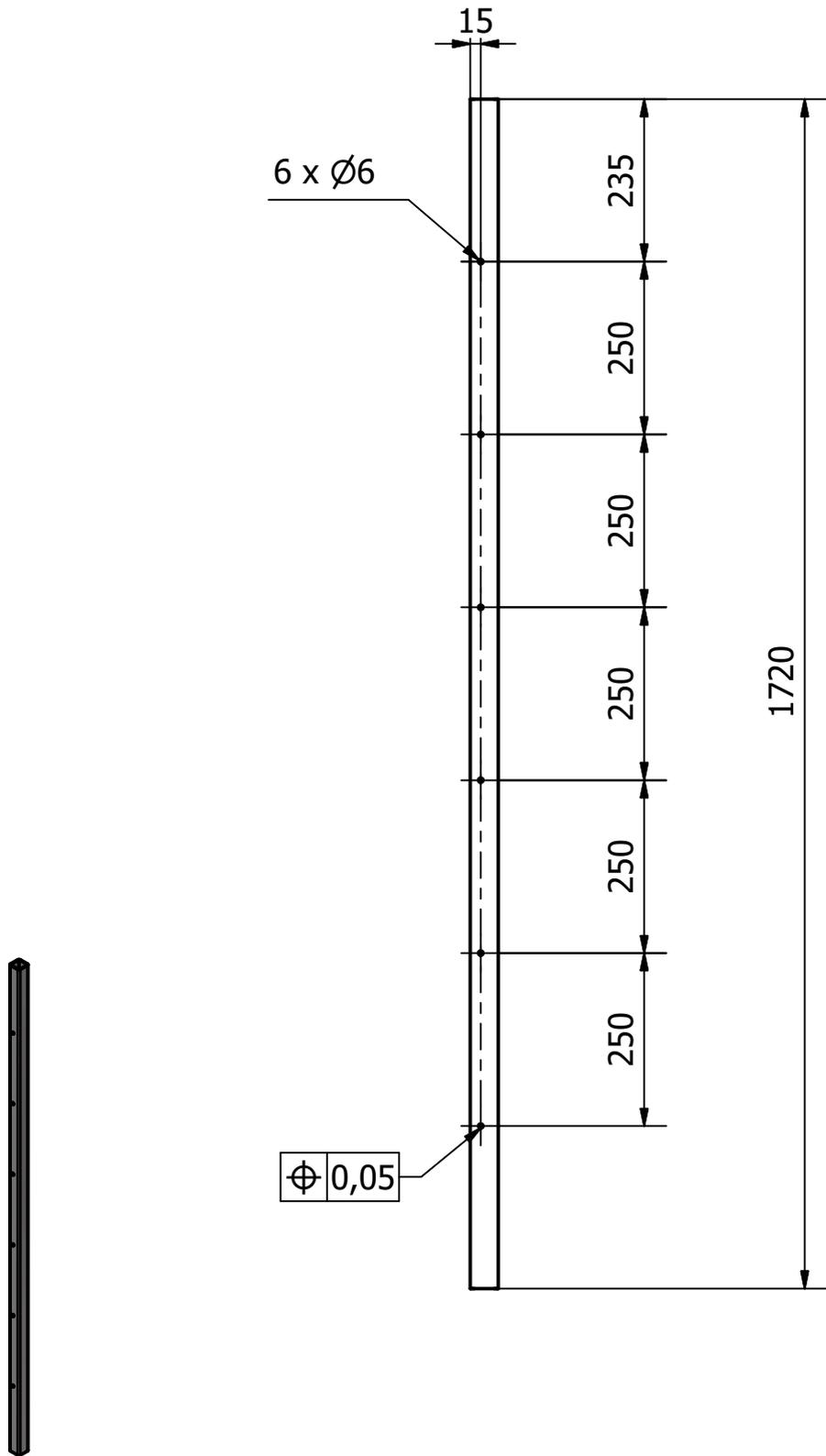
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	5/12/2021	Biscontin F.	
	Aprobó	03/02/2022	Benedetto L.	
	Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2			
Esc.: 1:7.5	Denominación: Placa divisora		Material: SAE 1010 Calibre C16 Galvanizado	Tratamiento térmico/superficial:
Formato: A3	N° Plano: MTP-EINT-XXX-001		Proyecto: <i>Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020</i>	
		Subconjunto: EINT-Estructura Interna		



Vista Isométrica - Escala 1:20

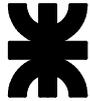
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

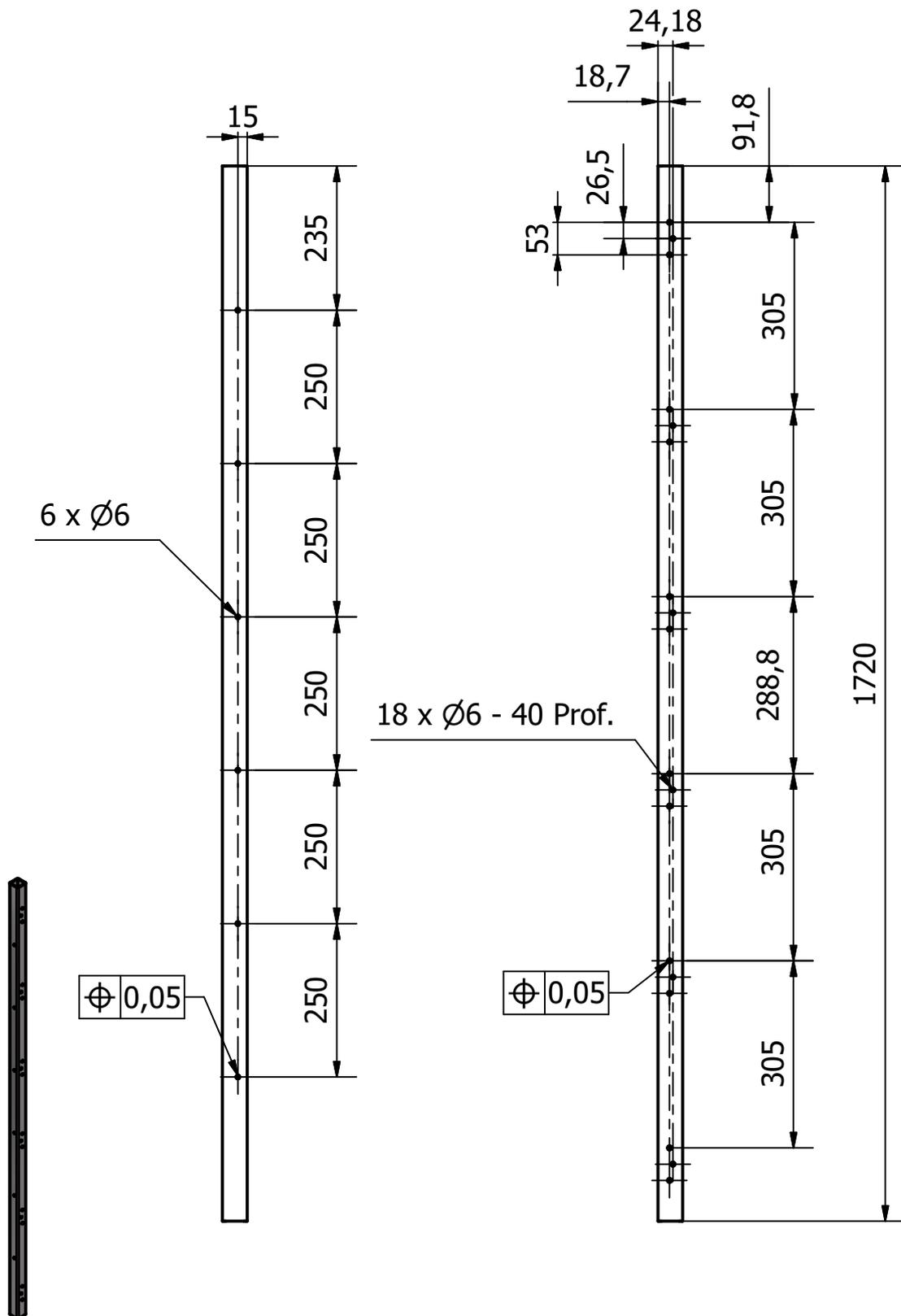
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.	
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1:10	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 - 40X40X2.9-1720	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-101		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020
Formato:	Subconjunto:				
A4	Estructura Interna - Chasis				



Vista Isométrica - Escala 1:20

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

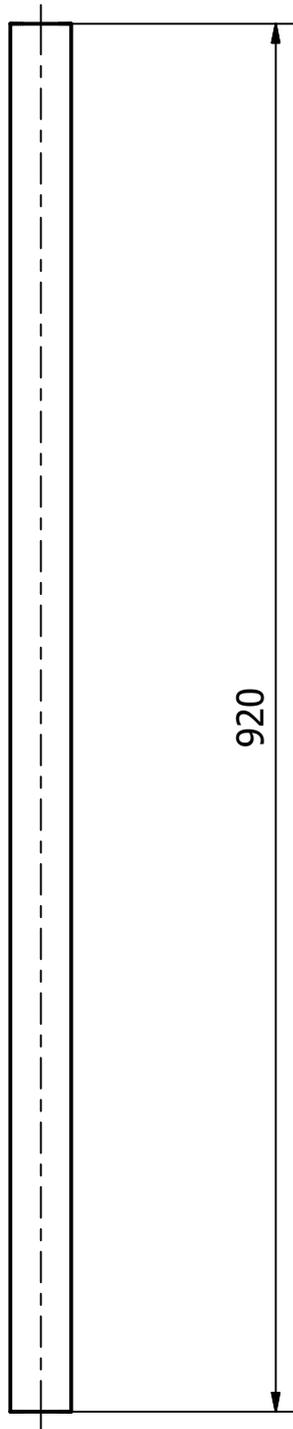
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021		Biscontin F.	
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1:10	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 - 40X40X2.9 - 1720	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-102	Proyecto:	
	Formato:	Subconjunto:		Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	A4	Estructura Interna - Chasis			



Vista Isométrica - Escala 1:20

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

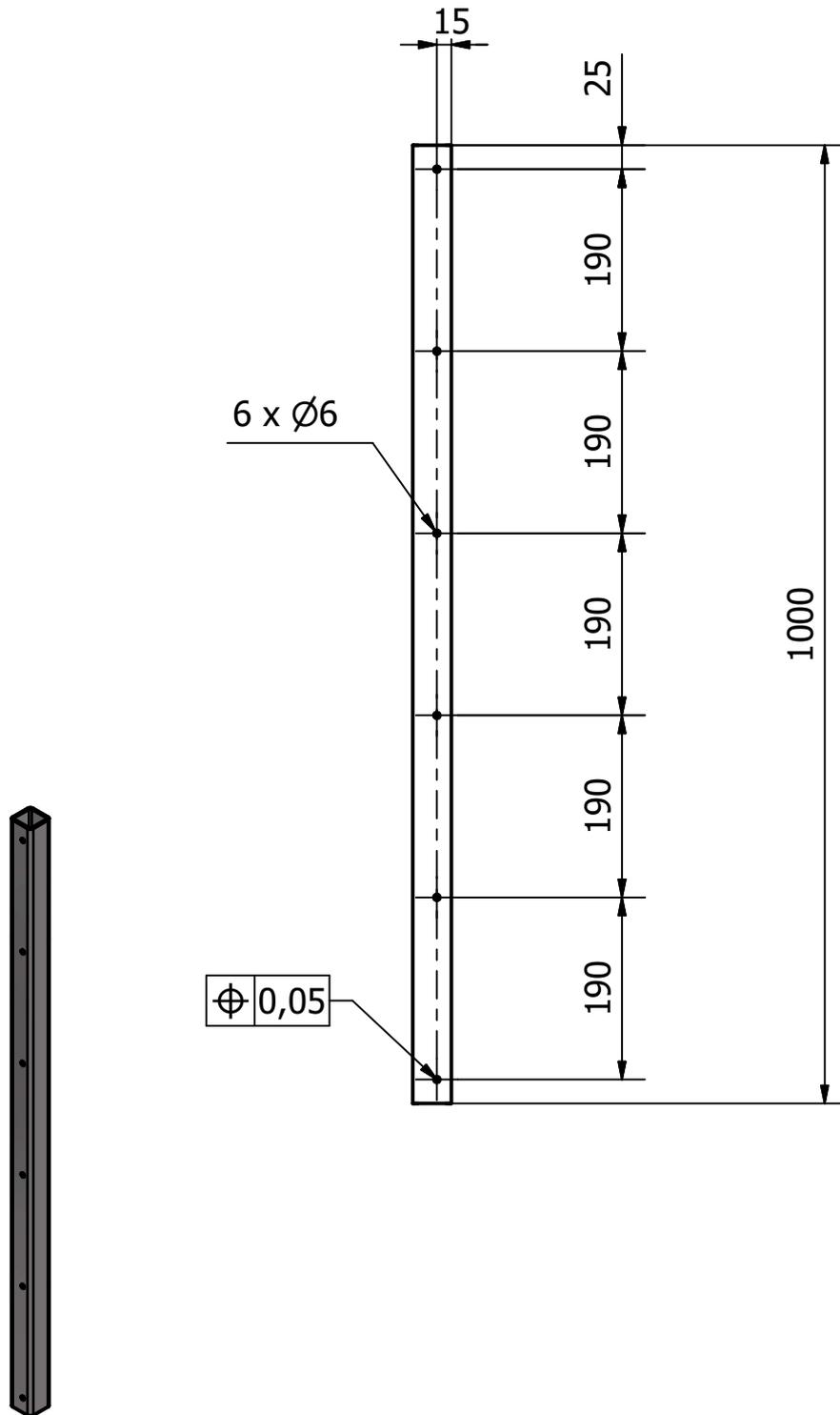
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.
	Revisó			
	Aprobó			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:	Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 10	Tubo de acero cuadrado	DIN 59410 - 40X40X2.9 - 1720	
		N° Plano:	Proyecto:	
	Formato:	MTP-EINT-CHA-104	Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
A4	Subconjunto:	Estructura Interna - Chasis		



Vista Isométrica - Escala 1:10

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

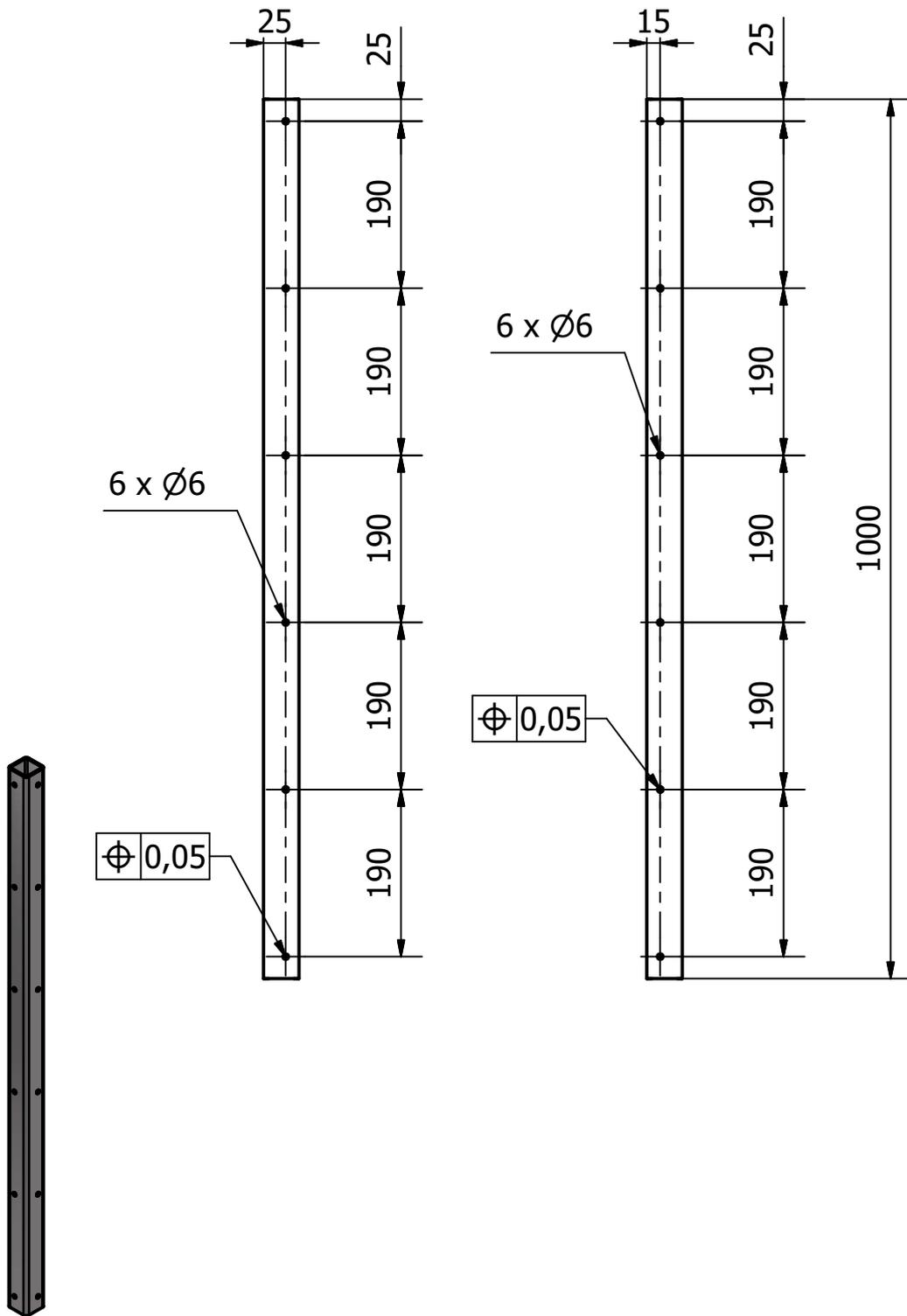
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.		
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 5	Denominación: Tubo de acero cuadrado		Material: DIN 59410 40X40X2.9 - 920	Tratamiento térmico/superficial:
		N° Plano: MTP-EINT-CHA-105		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> <i>Grupo 4 - Ciclo 2020</i>	
	Formato: A4	Subconjunto: Estructura Interna - Chasis			



Vista Isométrica - Escala 1:10

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

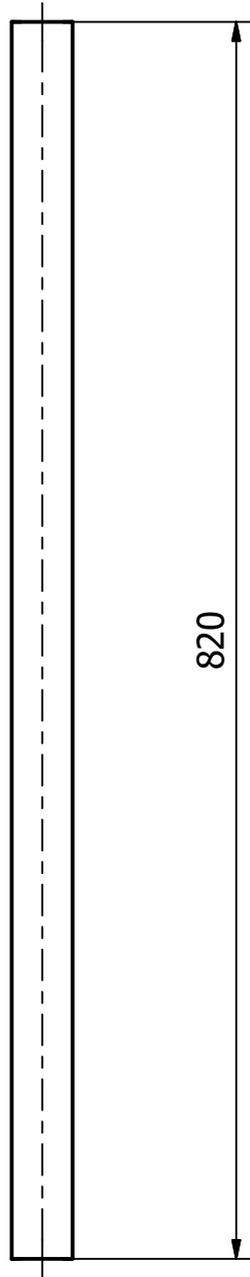
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.	
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 7,5	Denominación: Tubo de acero cuadrado		Material: DIN 59410 - 40X40X2.9 - 1000	Tratamiento térmico/superficial:
	Formato: A4	N° Plano: MTP-EINT-CHA-107		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020	
		Subconjunto: Estructura Interna - Chasis			



Vista Isométrica - Escala 1:10

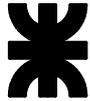
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

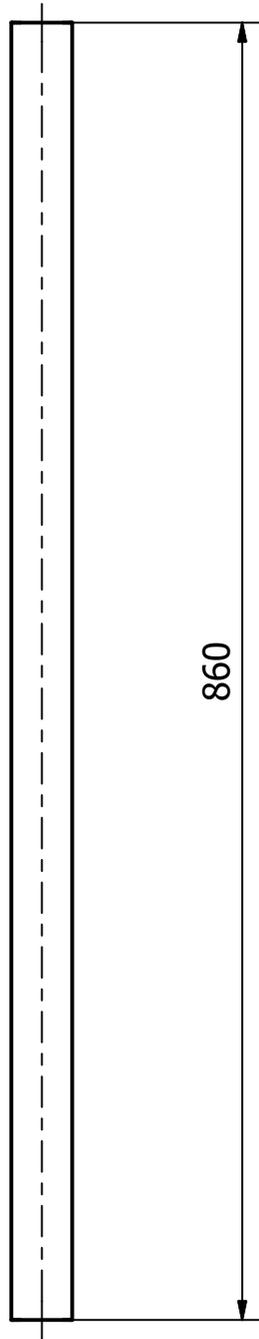
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021		Biscontin F.
	Revisó			
	Aprobó			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:	Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 7,5	Tubo de acero cuadrado	DIN 59410 - 40X40X2.9 - 1000	
		N° Plano:	Proyecto:	
Formato:	MTP-EINT-CHA-108	Trituradora de PET		
A4	Subconjunto:	Grupo 4 - Ciclo 2020		
	Estructura Interna - Chasis			



Vista Isométrica - Escala 1:10

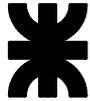
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

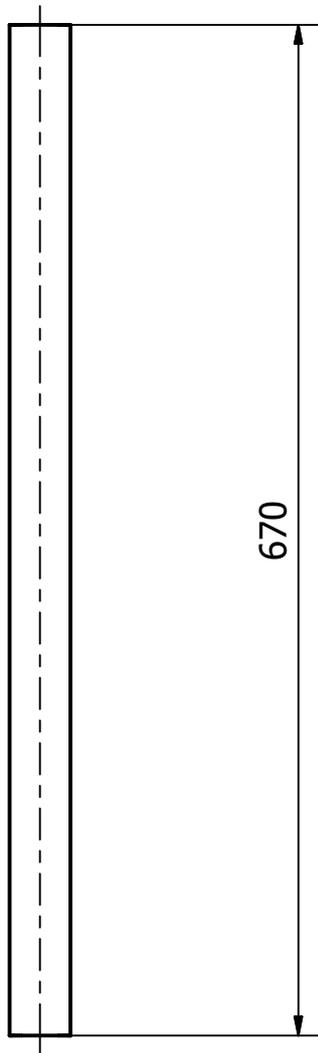
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.		
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 - 40X40X2.9 - 820	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-110		Proyecto:
Formato:	Subconjunto:		Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020		
A4	Estructura Interna - Chasis				



Vista Isométrica - Escala 1:10

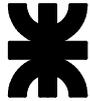
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

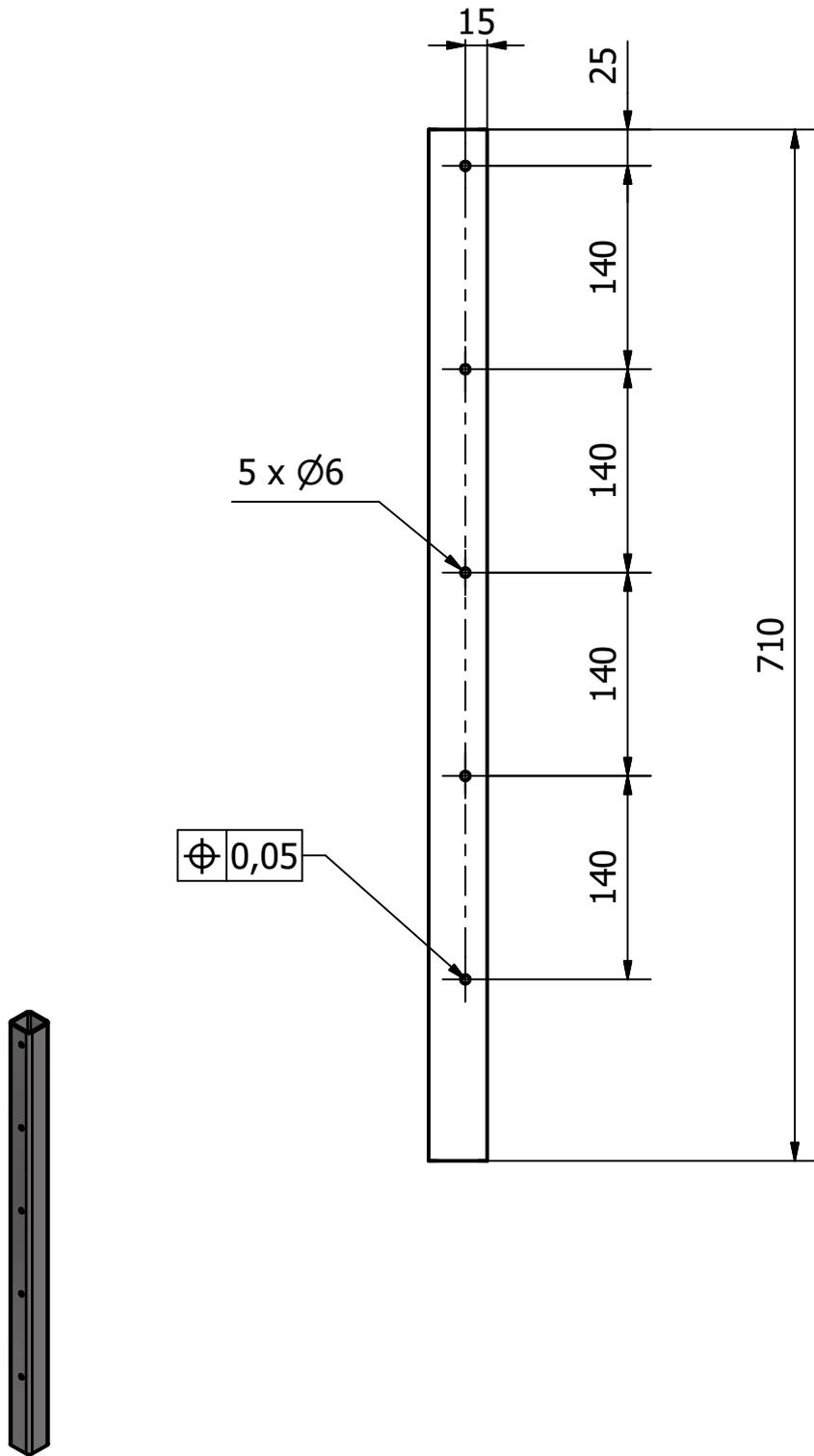
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.			
	Revisó					
	Aprobó					
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:	
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 - 40X40X2.9 - 860		
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-111		Proyecto:	
Formato:	A4	Subconjunto:	Estructura Interna - Chasis			Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020



Vista Isométrica - Escala 1:10

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

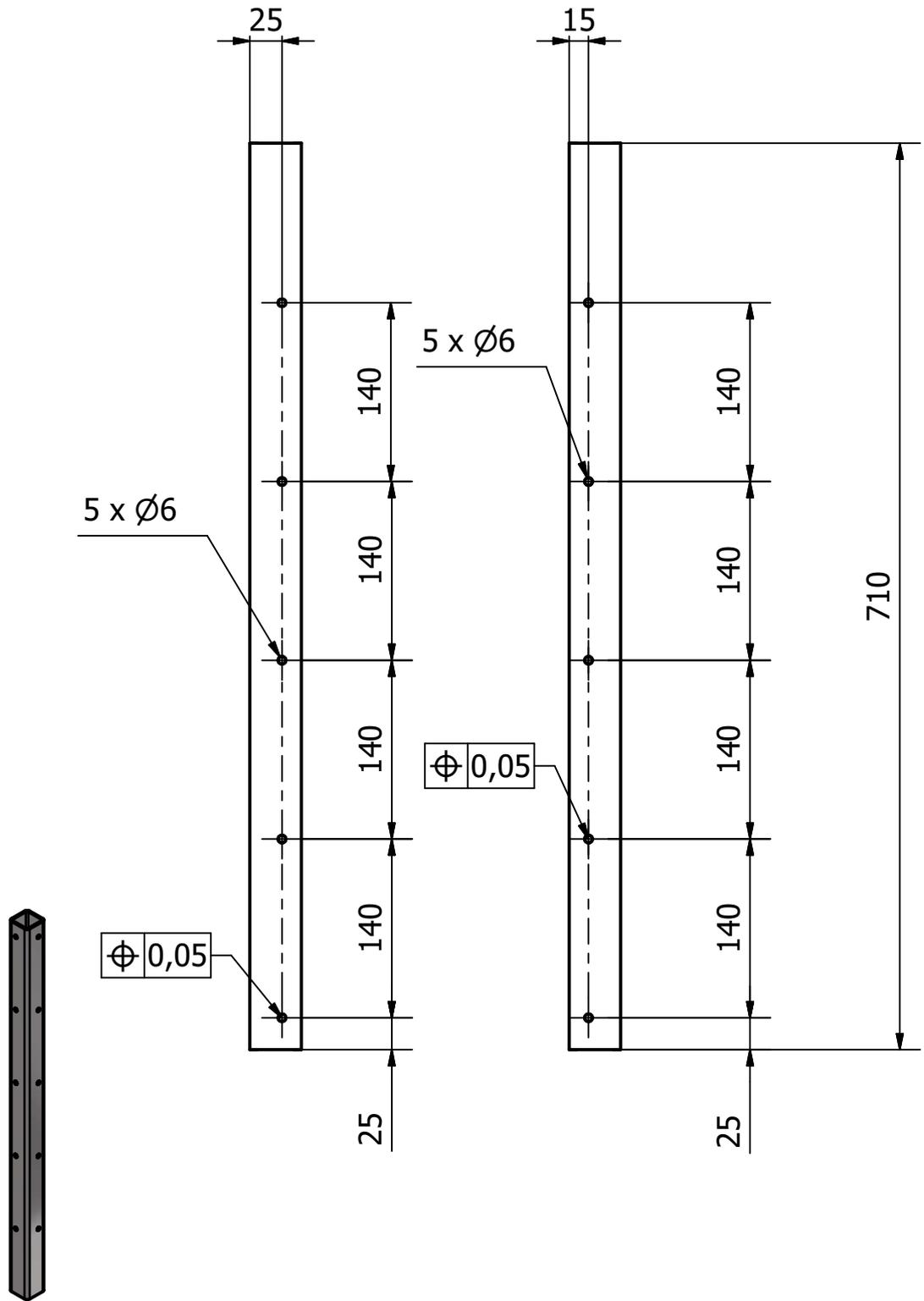
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.		
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 5	Denominación: Tubo de acero cuadrado		Material: DIN 59410 – 40x40x2.9 – 670	Tratamiento térmico/superficial:
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-112	Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> <i>Grupo 4 - Ciclo 2020</i>	
	Formato: A4	Subconjunto:	Estructura Interna - Chasis		



Vista Isométrica - Escala 1:10

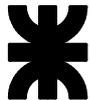
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

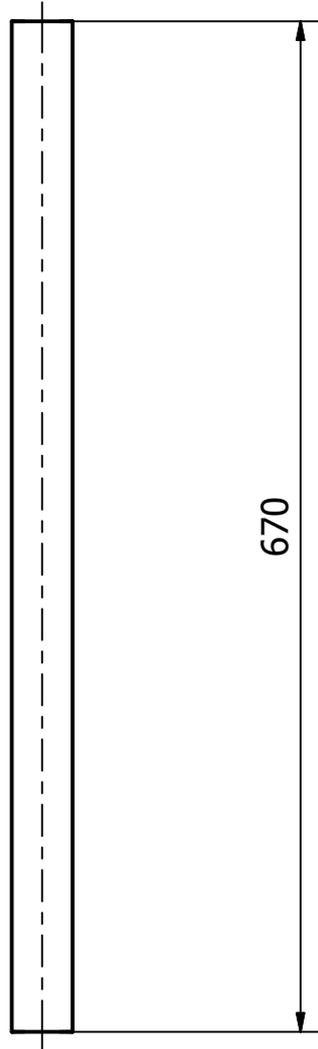
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.	
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 – 40x40x2.9 – 710	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-113		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
Formato:	Subconjunto:				
A4	Estructura Interna - Chasis				



Vista Isométrica - Escala 1:10

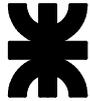
Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x2.9

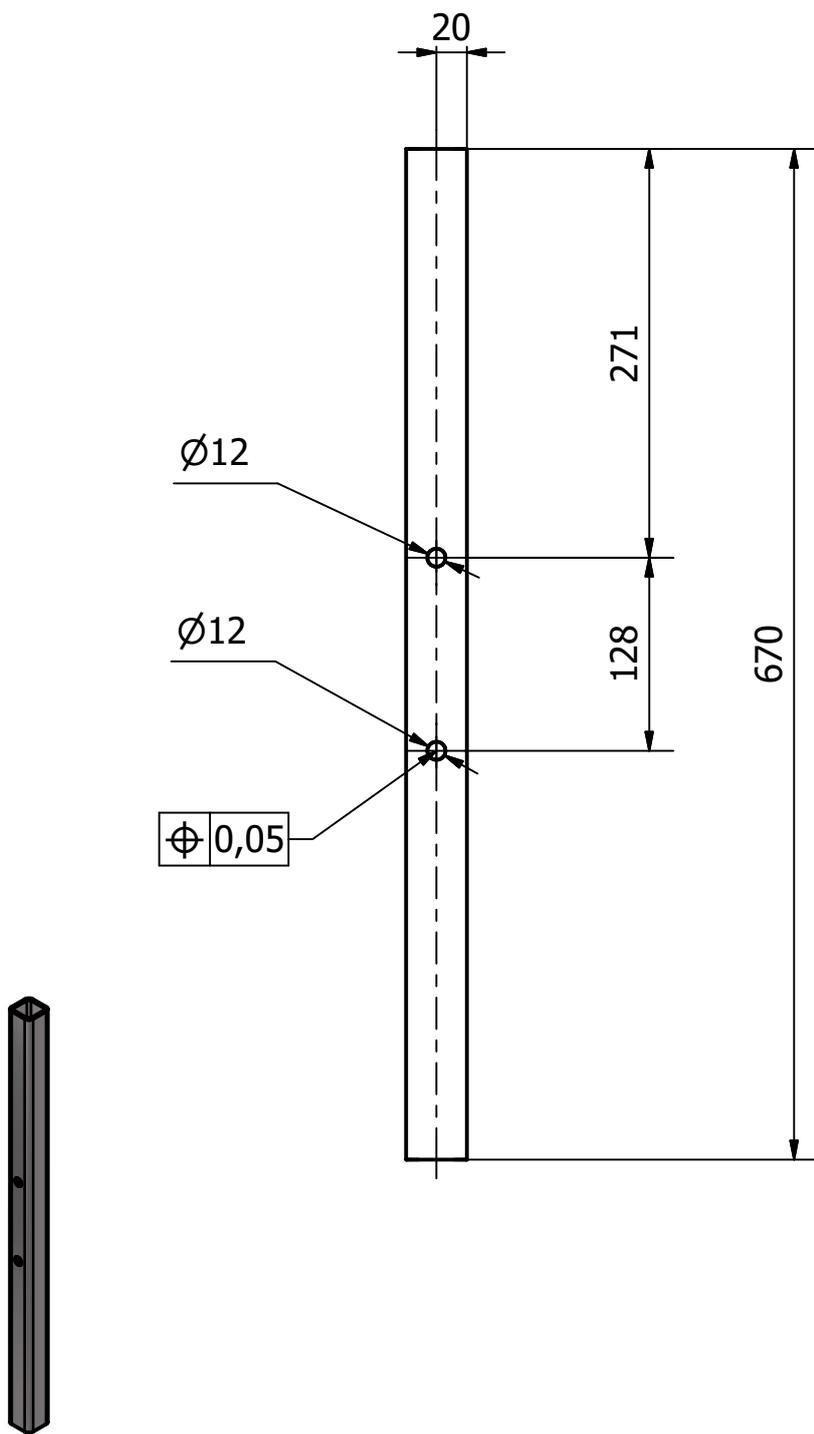
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.
	Revisó			
	Aprobó			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:	Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado	DIN 59410 – 40x40x2.9 – 710	
		N° Plano:	Proyecto:	
Formato:	A4	MTP-EINT-CHA-115	Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
		Subconjunto:	Estructura Interna - Chasis	



Vista Isométrica - Escala 1:10

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x4

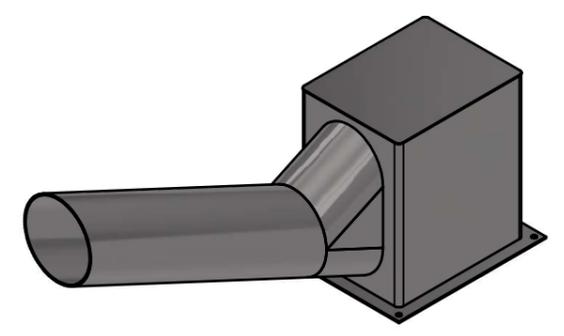
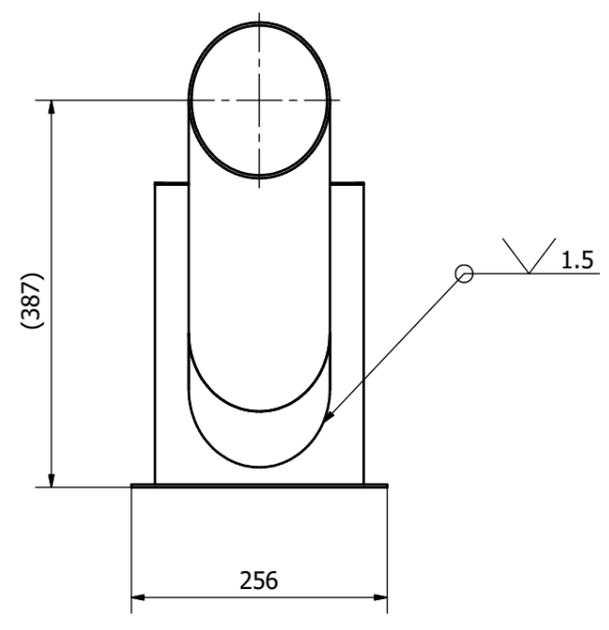
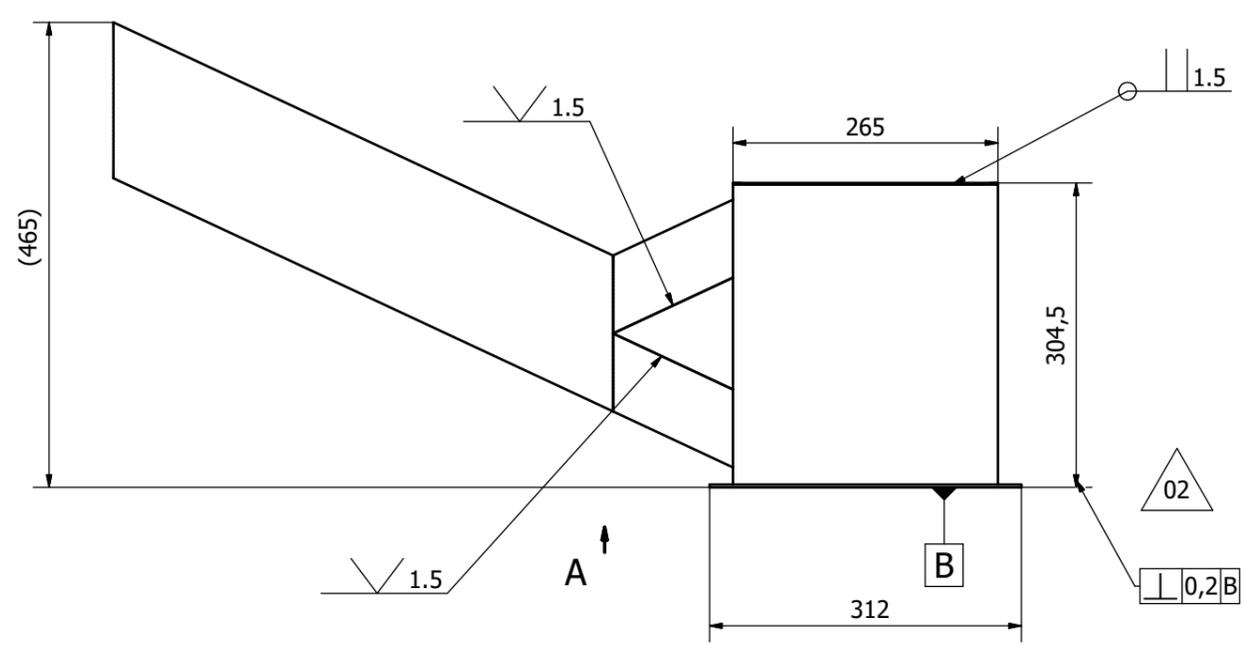
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.		
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 – 40x40x4 – 670	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-117		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> <i>Grupo 4 - Ciclo 2020</i>
Formato:	Subconjunto:				
A4	Estructura Interna - Chasis				



Vista Isométrica - Escala 1:10

Tubo de acero cuadrado DIN 40x40x4

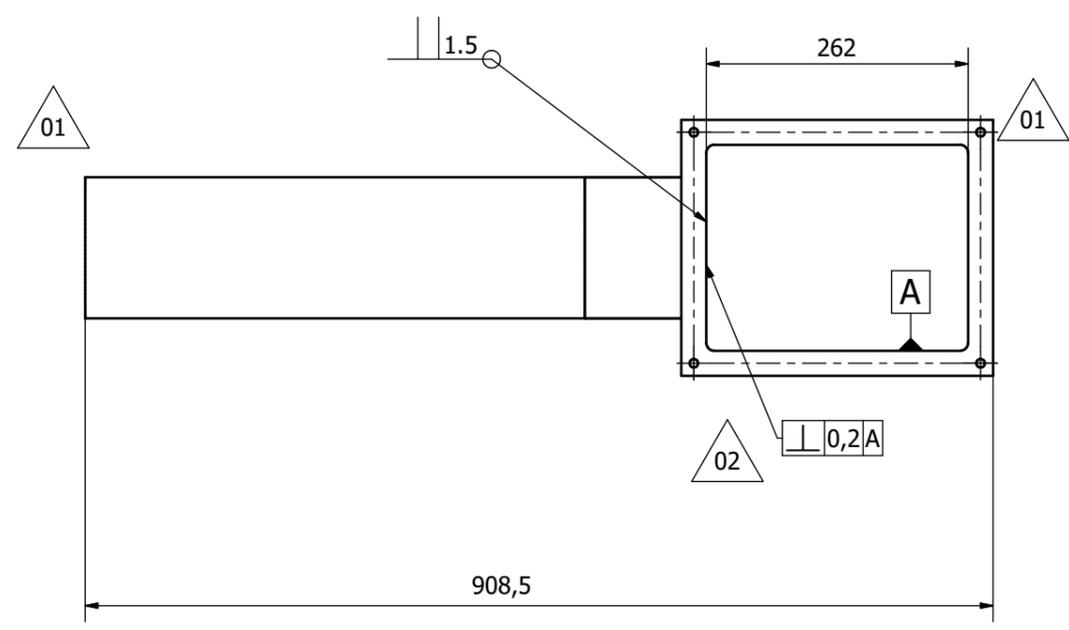
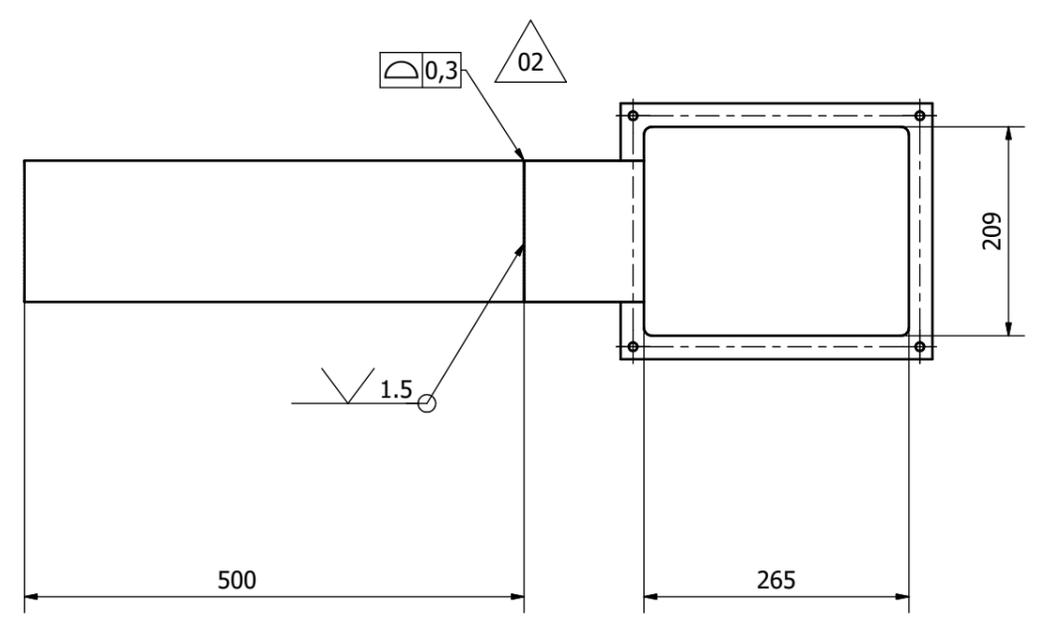
Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final		
	Dibujó	26/11/2021		Benedetto L.	
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 5	Tubo de acero cuadrado		DIN 59410 – 40x40x4 – 670	
		N° Plano:	MTP-EINT-CHA-119		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> <i>Grupo 4 - Ciclo 2020</i>
Formato:	Subconjunto:				
A4	Estructura Interna - Chasis				



Vista Isométrica 1:7,5

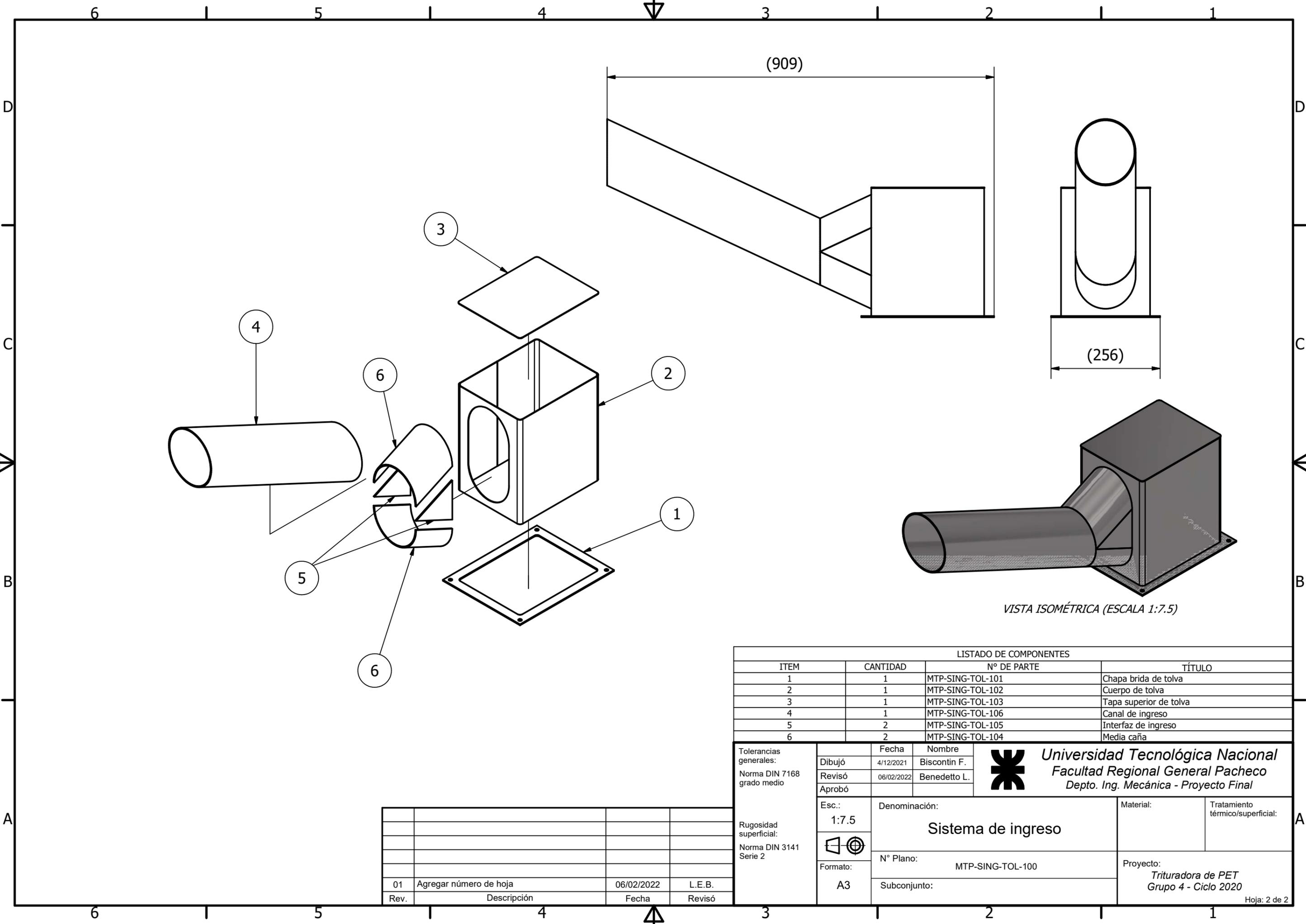
NOTA:
 [1] LAS ACOTACIONES SE REALIZARON DE MANERA GENERAL PARA DETALLAR LA UBICACIÓN DE SOLDADURAS.
 [2] LA COTA 465 ES PARA TENER DE REFERENCIA AL TERMINAR LA SOLDADURA Y DEBE SER CONTROLADO.

Vista Auxiliar A



Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega tolerancias geométricas	07/02/2022	L.E.B.
01	Elimina cotas de agujeros	04/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Dibujó	Fecha	Nombre	Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	27/11/2021	Benedetto L.	
	Aprobó	07/02/2022	Benedetto L.	
Esc.: 1 : 5	Denominación: Sistema de ingreso		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
Formato: A2	N° Plano: MTP-SING-TOL-100		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
			Subconjunto:	Hoja: 1 de 2

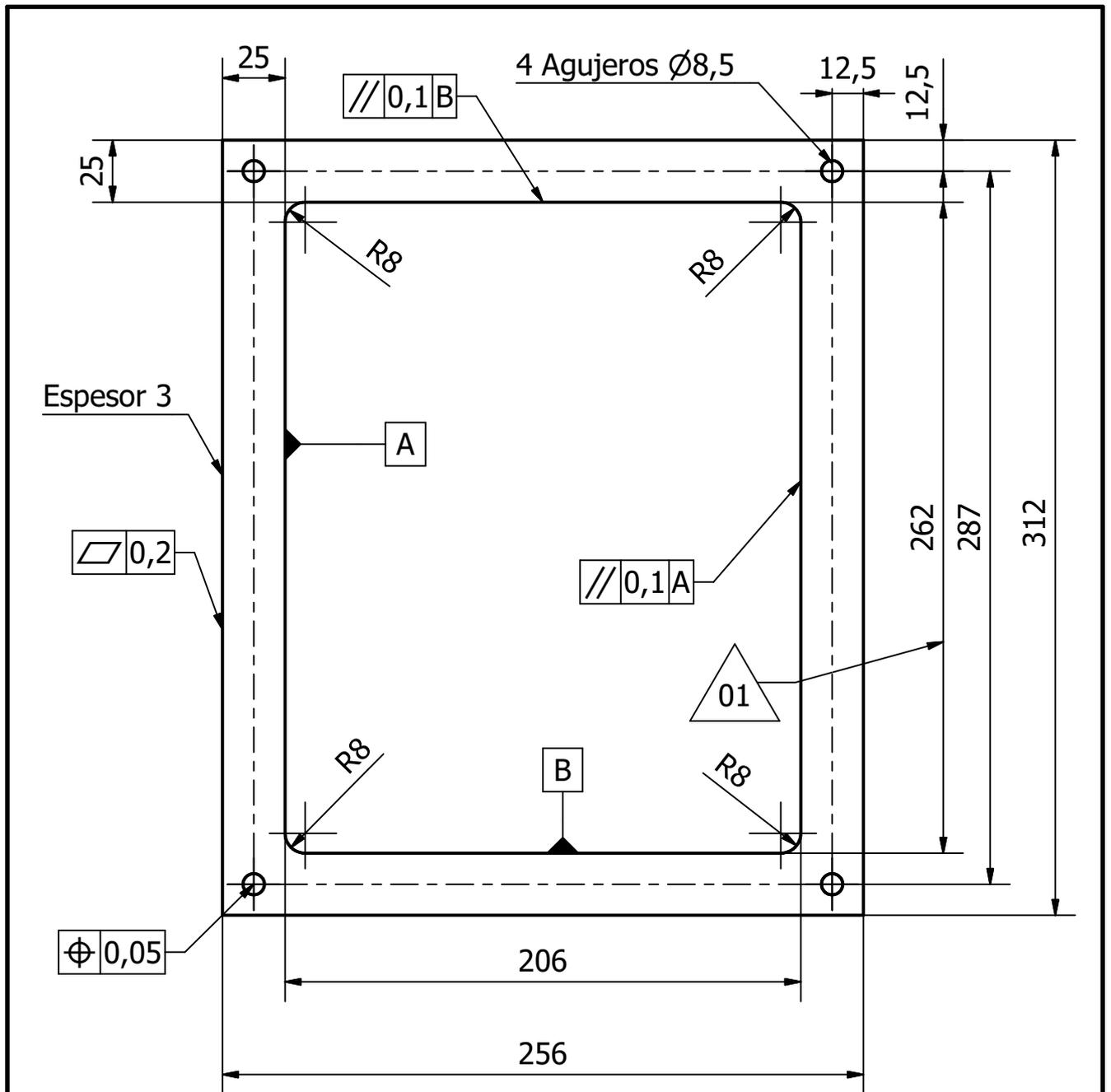


VISTA ISOMÉTRICA (ESCALA 1:7.5)

LISTADO DE COMPONENTES			
ITEM	CANTIDAD	N° DE PARTE	TÍTULO
1	1	MTP-SING-TOL-101	Chapa brida de tolva
2	1	MTP-SING-TOL-102	Cuerpo de tolva
3	1	MTP-SING-TOL-103	Tapa superior de tolva
4	1	MTP-SING-TOL-106	Canal de ingreso
5	2	MTP-SING-TOL-105	Interfaz de ingreso
6	2	MTP-SING-TOL-104	Media caña

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	4/12/2021	Biscontin F.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Revisó	06/02/2022	Benedetto L.		
	Aprobó				
	Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1:7.5	Denominación: Sistema de ingreso		Material:
	Formato: A3	N° Plano: MTP-SING-TOL-100		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020	
		Subconjunto:			

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
01	Agregar número de hoja	06/02/2022	L.E.B.



Espesor 3

\square 0,2

ϕ 0,05

\parallel 0,1B

4 Agujeros ϕ 8,5

R8

R8

R8

R8

\parallel 0,1A

01

B

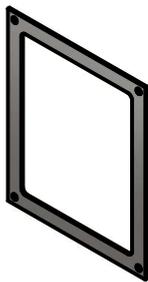
206

256

262

287

312



Vista Isométrica - Escala 1:10

Nota:
Chapa espesor 3 mm SAE 1010

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
01	Agrega cota 262	03/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

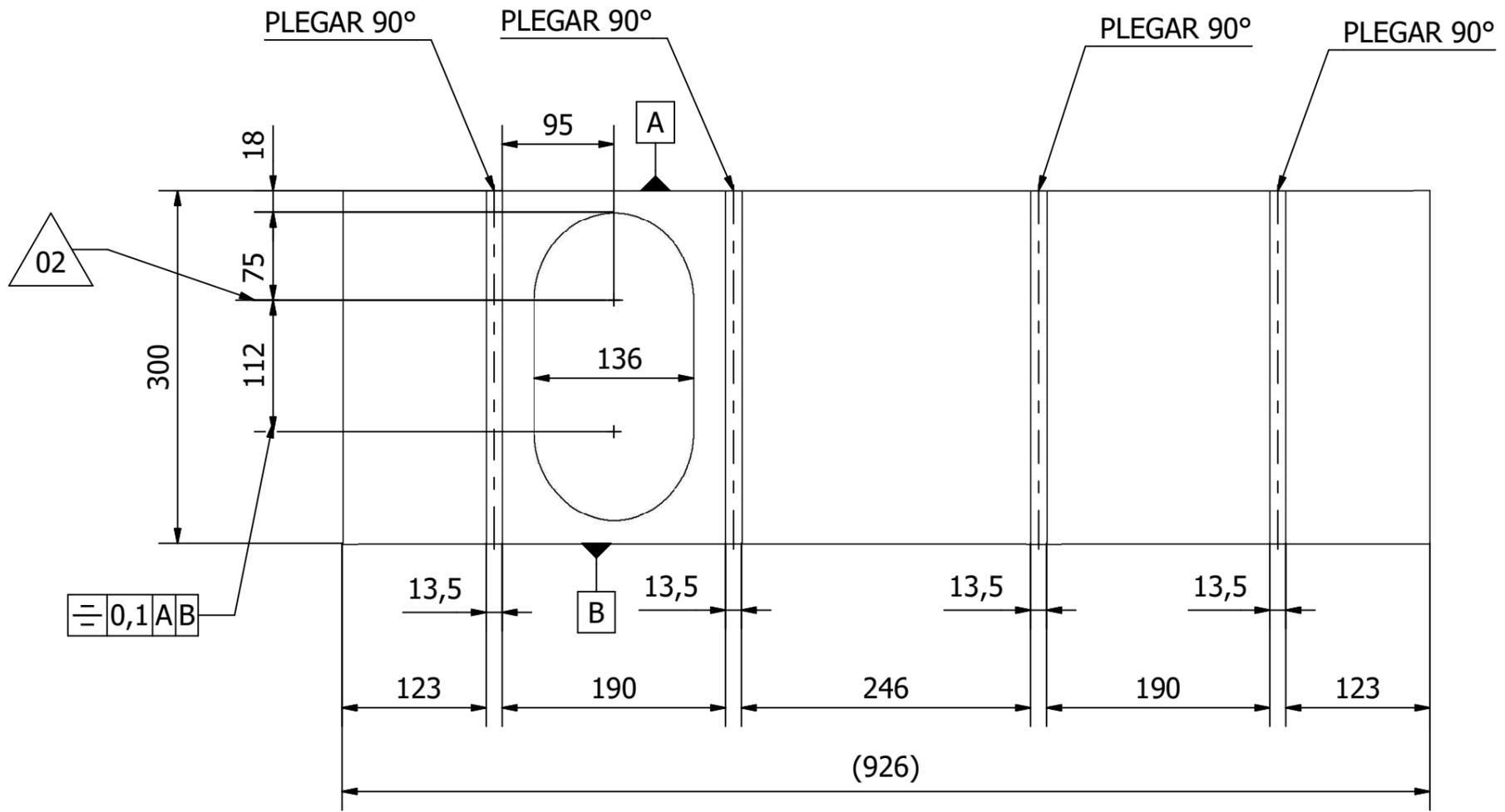
Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

	Fecha	Nombre
Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.
Revisó	03/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		

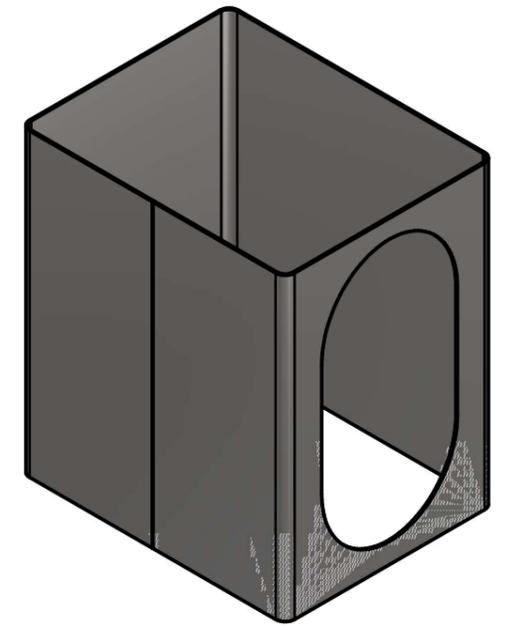


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

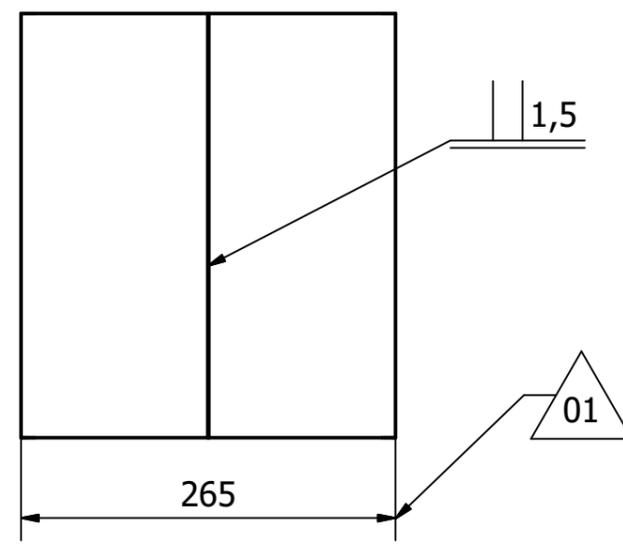
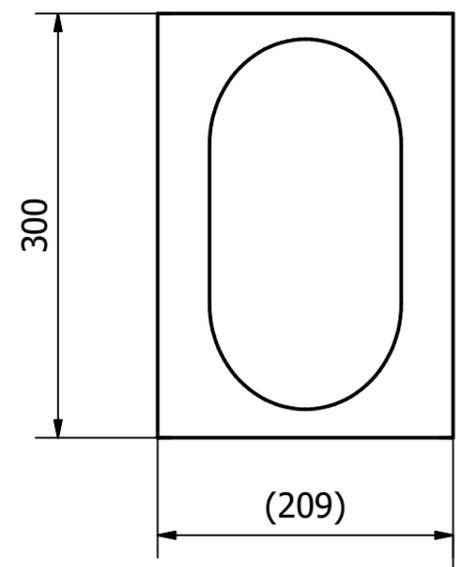
Esc.: 1:2,5	Denominación: Chapa brida de tolva	Material: SAE 1010	Tratamiento térmico/superficial: -
Formato: A4	N° Plano: MTP-SING-TOL-101	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: SING - Sistema de Ingreso		



Nota:
 [1] Al plegar se debe considerar un radio de acuerdo 8 mm.

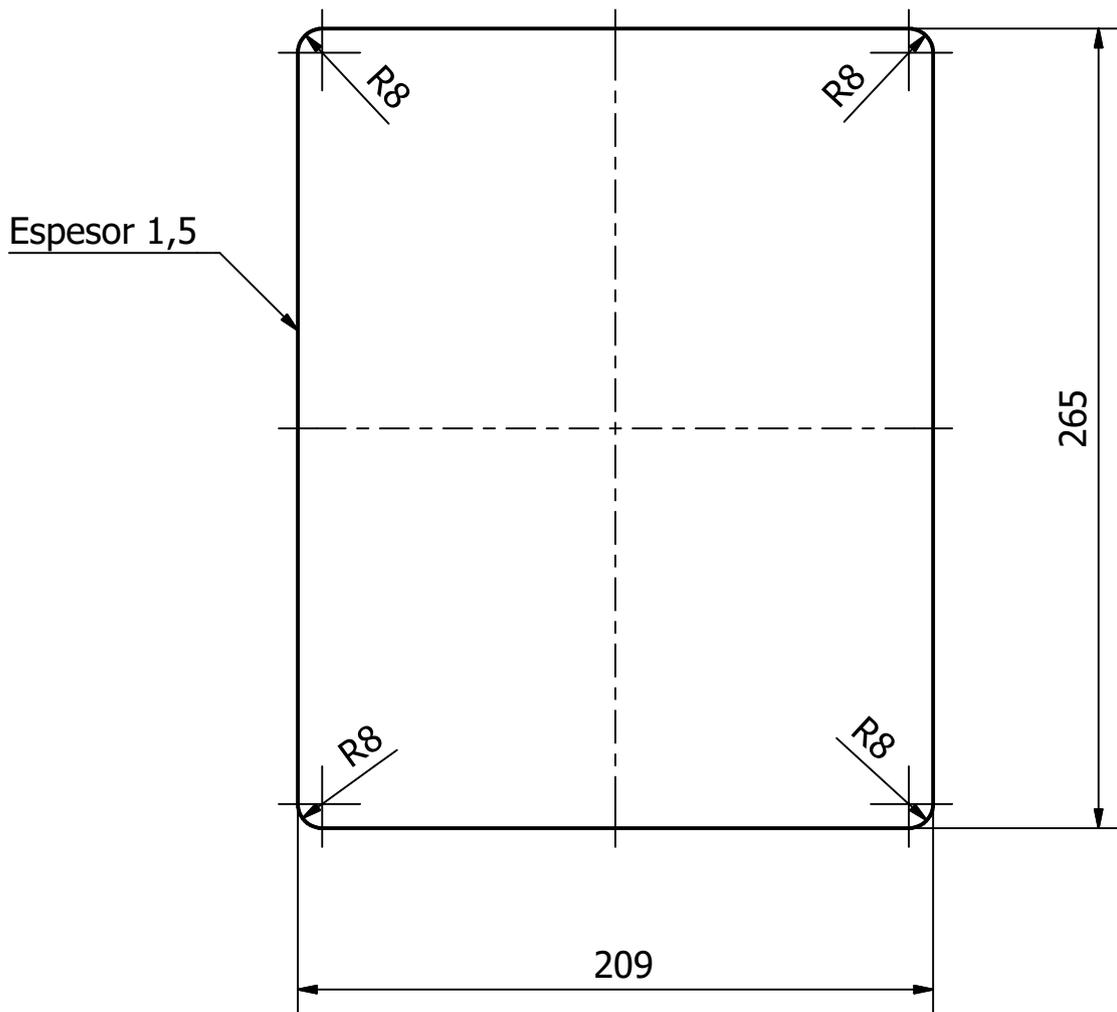


Vista Isométrica 1:5

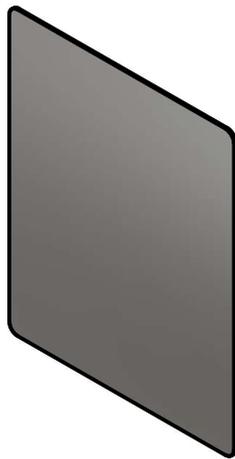


Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega cotas de agujero oblongo	03/02/2022	L.E.B.
01	Modificación cota	03/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	23/11/2021	Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	03/02/2022	Benedetto L.	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	1 : 5		Denominación: Cuerpo de tolva
	Formato:	A3		
		N° Plano: MTP-SING-TOL-102		Tratamiento térmico/superficial: -
		Subconjunto: SING - Sistema de ingreso		



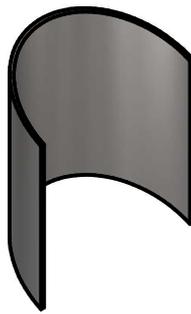
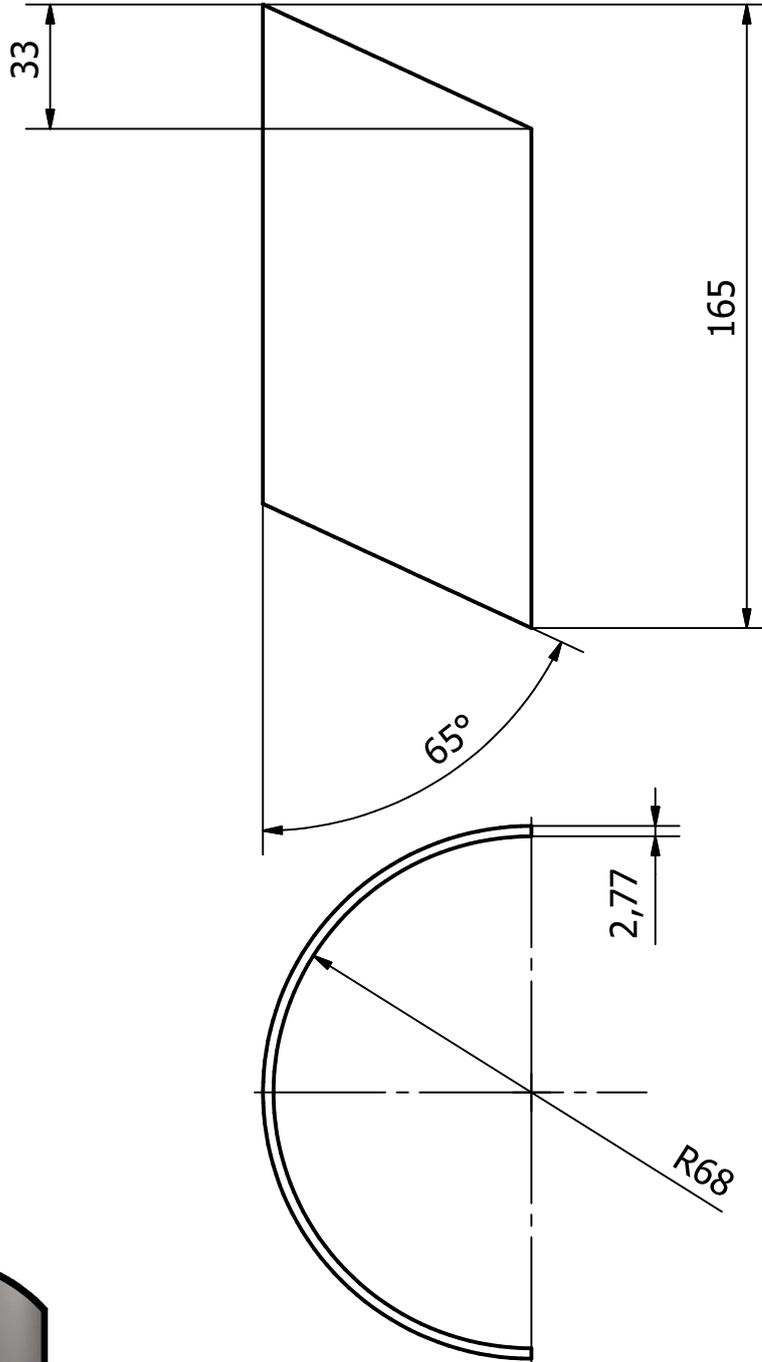
Espesor 1,5



Vista Isométrica - Escala 1:5

Nota:
Chapa espesor 1,5 mm SAE 1010

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio		Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	
	Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.		
	Revisó				
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	Denominación:		Material:	Tratamiento térmico/superficial:
	1 : 2,5	Tapa superior de tolva		SAE 1010	-
		N° Plano:	MTP-SING-TOL-103		Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> <i>Grupo 4 - Ciclo 2020</i>
Formato:	Subconjunto:				
A4	SING - Sistema de ingreso				



Vista Isométrica - Escala 1:5

Nota:
Caño S/C $\varnothing 5''$ SCH5 (ASME B36.10)

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
01	Especifica material de acuerdo a norma	04/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

	Fecha	Nombre
Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.
Revisó	04/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		

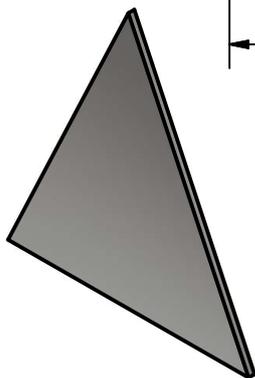
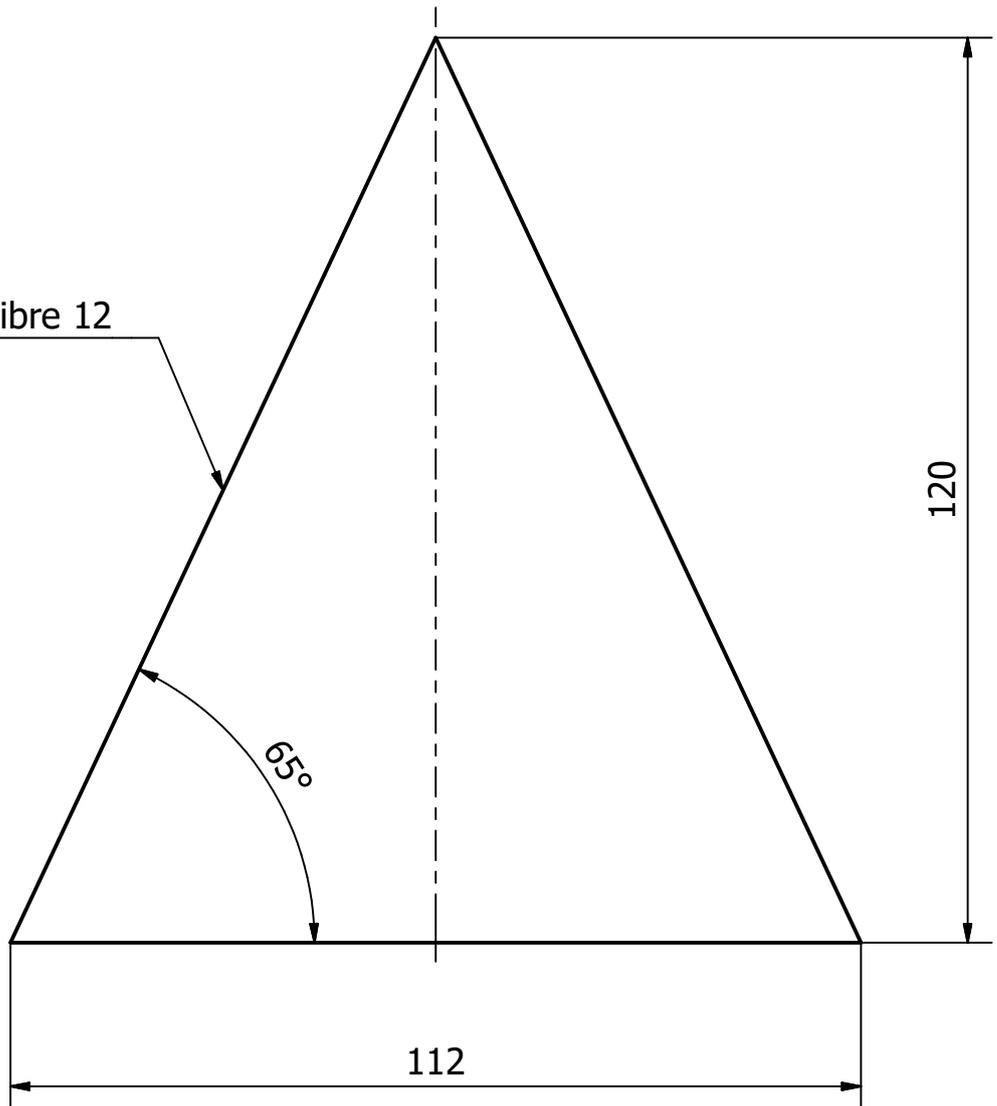


Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

Esc.: 1 : 2	Denominación: Media caña	Material: Tubo de acero al carbono ASTM A106 Grado B	Tratamiento térmico/superficial:
Formato: A4	N° Plano: MTP-SING-TOL-104	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: SING - Sistema de ingreso		

Calibre 12



Vista Isométrica - Escala 1:2,5

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
01	Elimina cota redundante	04/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

	Fecha	Nombre
Dibujó	26/11/2021	Biscontin F.
Revisó	04/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

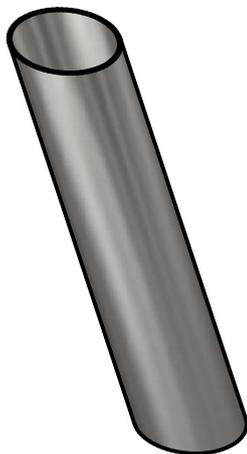
Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

Esc.:	1 : 1
Formato:	A4

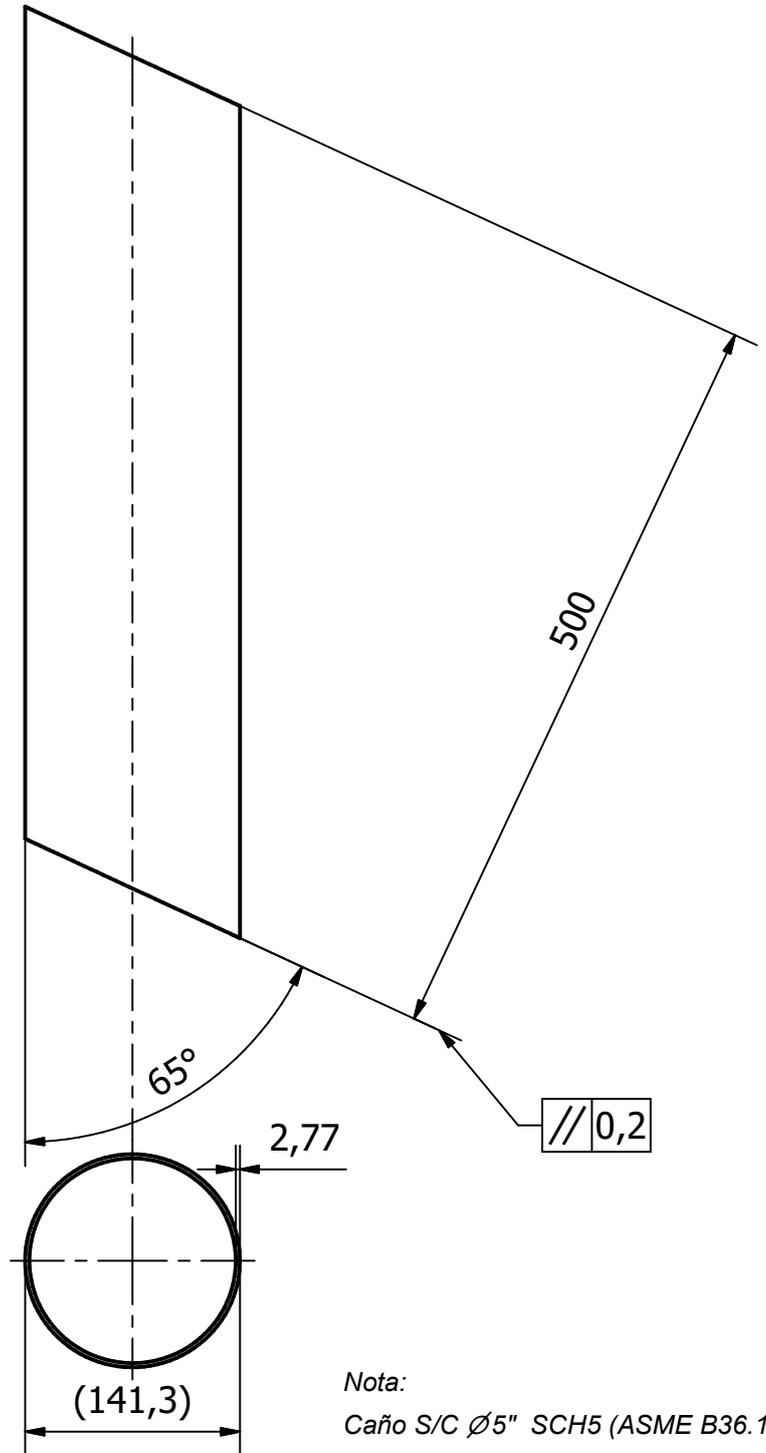
Denominación:	Interfaz de ingreso
N° Plano:	MTP-SING-TOL-105
Subconjunto:	SING - Sistema de ingreso

Material:	Chapa calibre 12 SAE 1010
Tratamiento térmico/superficial:	-

Proyecto:
Trituradora de PET
Grupo 4 - Ciclo 2020

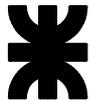


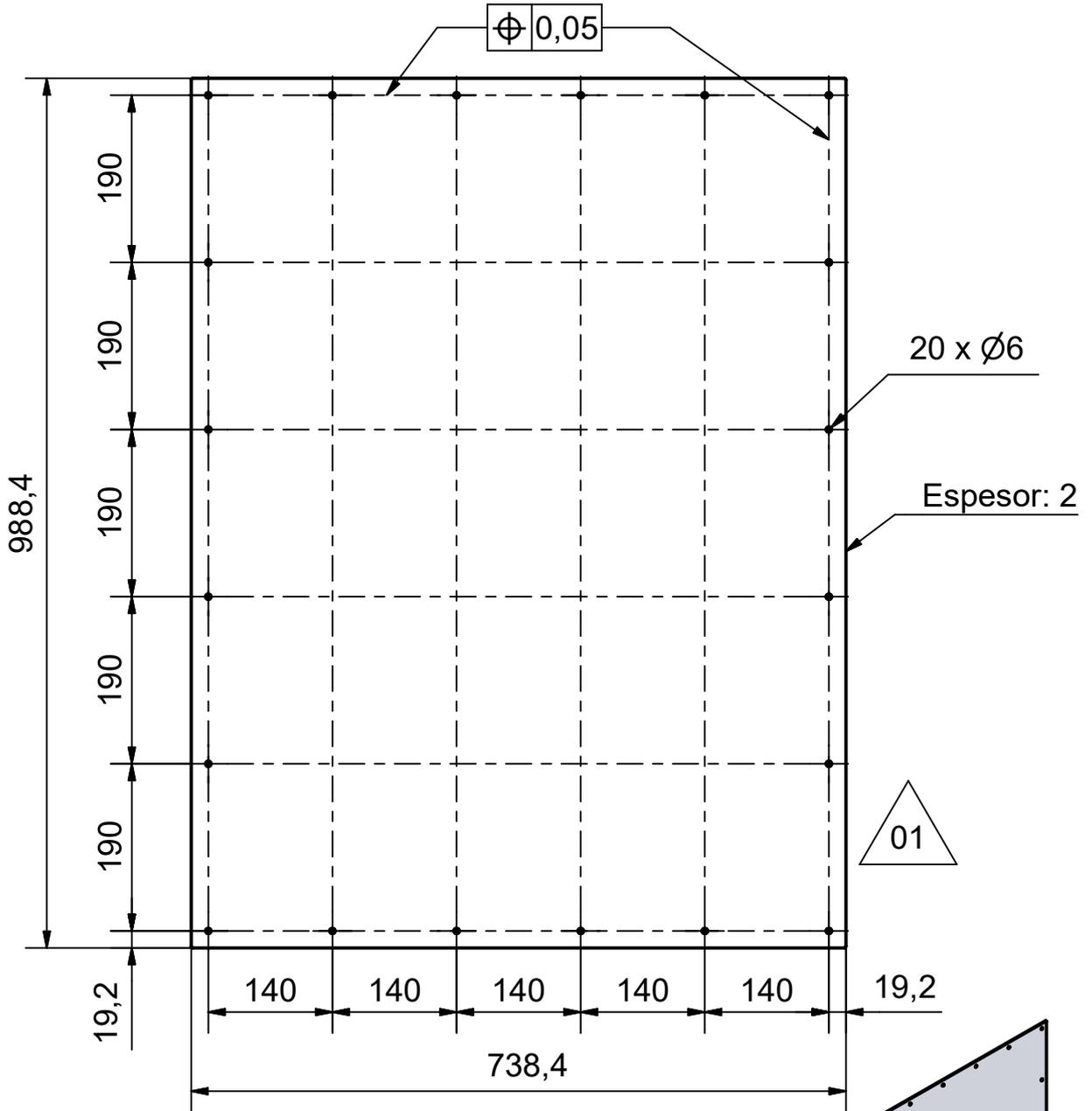
Vista Isométrica - Escala 1:10



Nota:
Caño S/C Ø5" SCH5 (ASME B36.10)

01	Especifica material de acuerdo a norma	02/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Fecha 26/11/2021	Nombre Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Dibujó 26/11/2021	Benedetto L.	
	Revisó 02/02/2022	Benedetto L.	
	Aprobó		
Esc.: 1 : 5	Denominación: <h3 style="text-align: center;">Canal de ingreso</h3>		Material: Tubo de acero al carbono ASTM A106 Grado B.
	N° Plano: MTP-SING-TOL-106		Tratamiento térmico/superficial: Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
Formato: A4	Subconjunto: SING - Sistema de ingreso		



Nota:

[1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color BLANCO.

Radios no acotados : 2

02	Agrega norma asociada al material	6/2/2022	L.E.B.
01	Agrega pintar con pintura acrílica	6/2/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

Vista Isométrica - Escala 1:20

Tolerancias generales:
Norma DIN 7168
grado medio

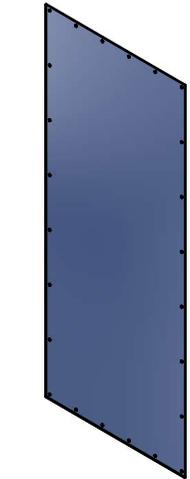
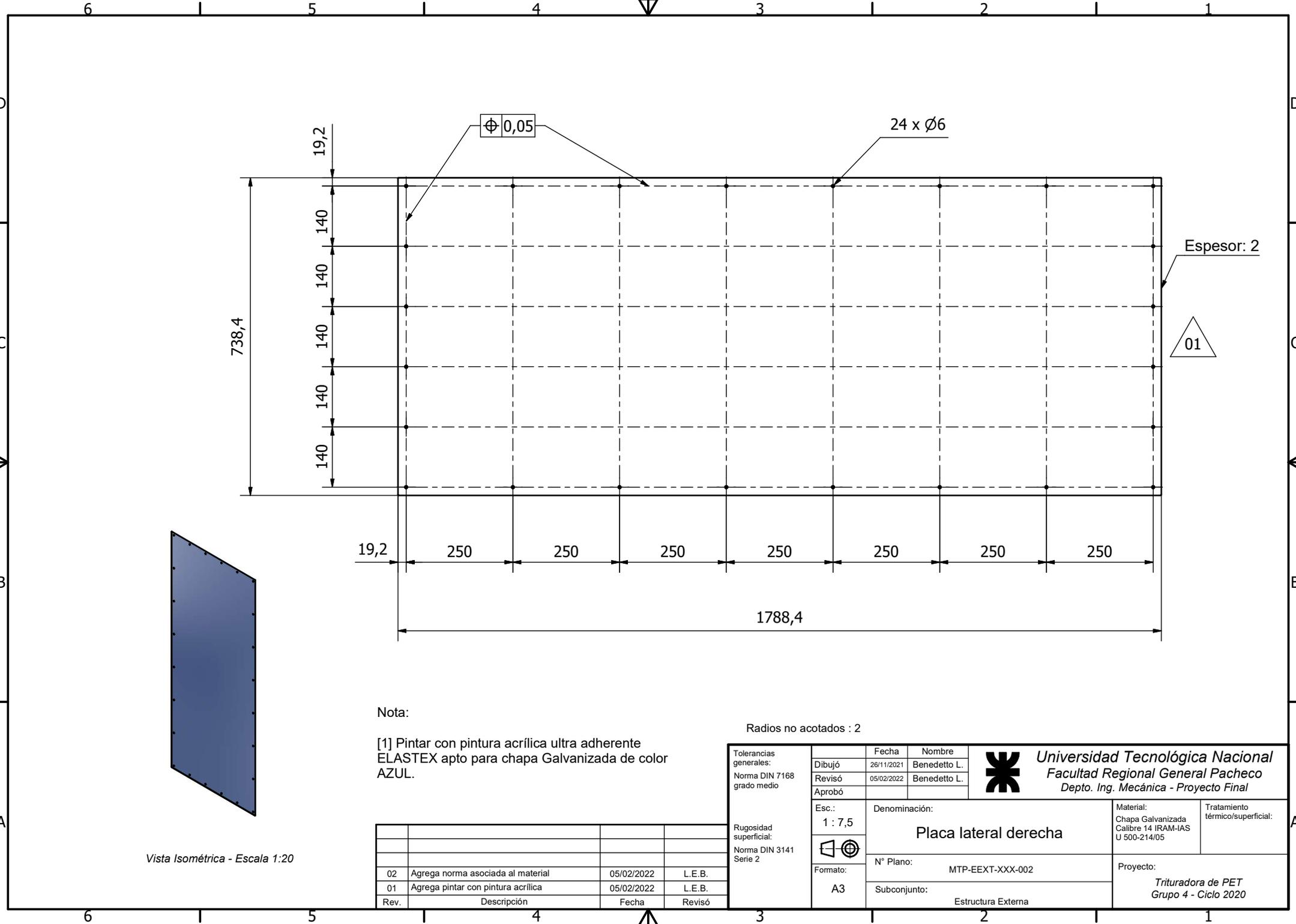
Rugosidad superficial:
Norma DIN 3141
Serie 2

	Fecha	Nombre
Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.
Revisó	05/02/2022	Benedetto L.
Aprobó		



Universidad Tecnológica Nacional
Facultad Regional General Pacheco
Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final

Esc.: 1 : 7,5	Denominación: Placa superior	Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05	Tratamiento térmico/superficial:
Formato: A4	N° Plano: MTP-EEXT-XXX-001	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020	
	Subconjunto: Estructura Externa		



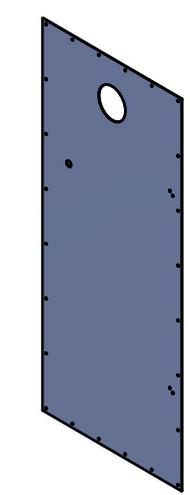
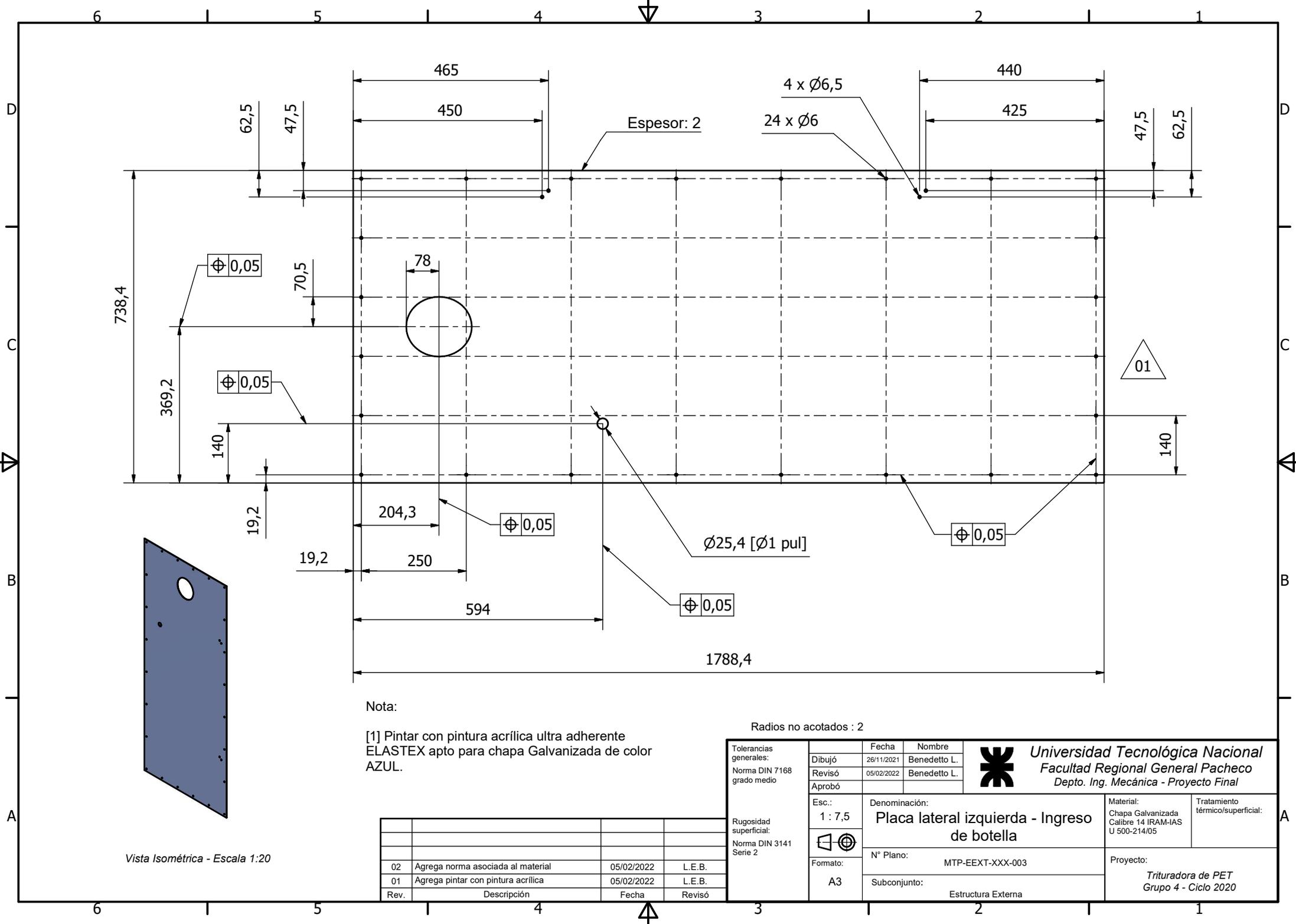
Vista Isométrica - Escala 1:20

Nota:
 [1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color AZUL.

Radios no acotados : 2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega norma asociada al material	05/02/2022	L.E.B.
01	Agrega pintar con pintura acrílica	05/02/2022	L.E.B.
Rev.	Descripción	Fecha	Revisó

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	26/11/2021	Benedetto L.	
	Aprobó	05/02/2022	Benedetto L.	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.: 1 : 7,5	Denominación: Placa lateral derecha		Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05
	Formato: A3	N° Plano: MTP-EEXT-XXX-002		Tratamiento térmico/superficial:
		Subconjunto: Estructura Externa		Proyecto: <i>Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020</i>



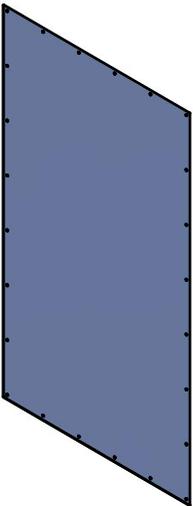
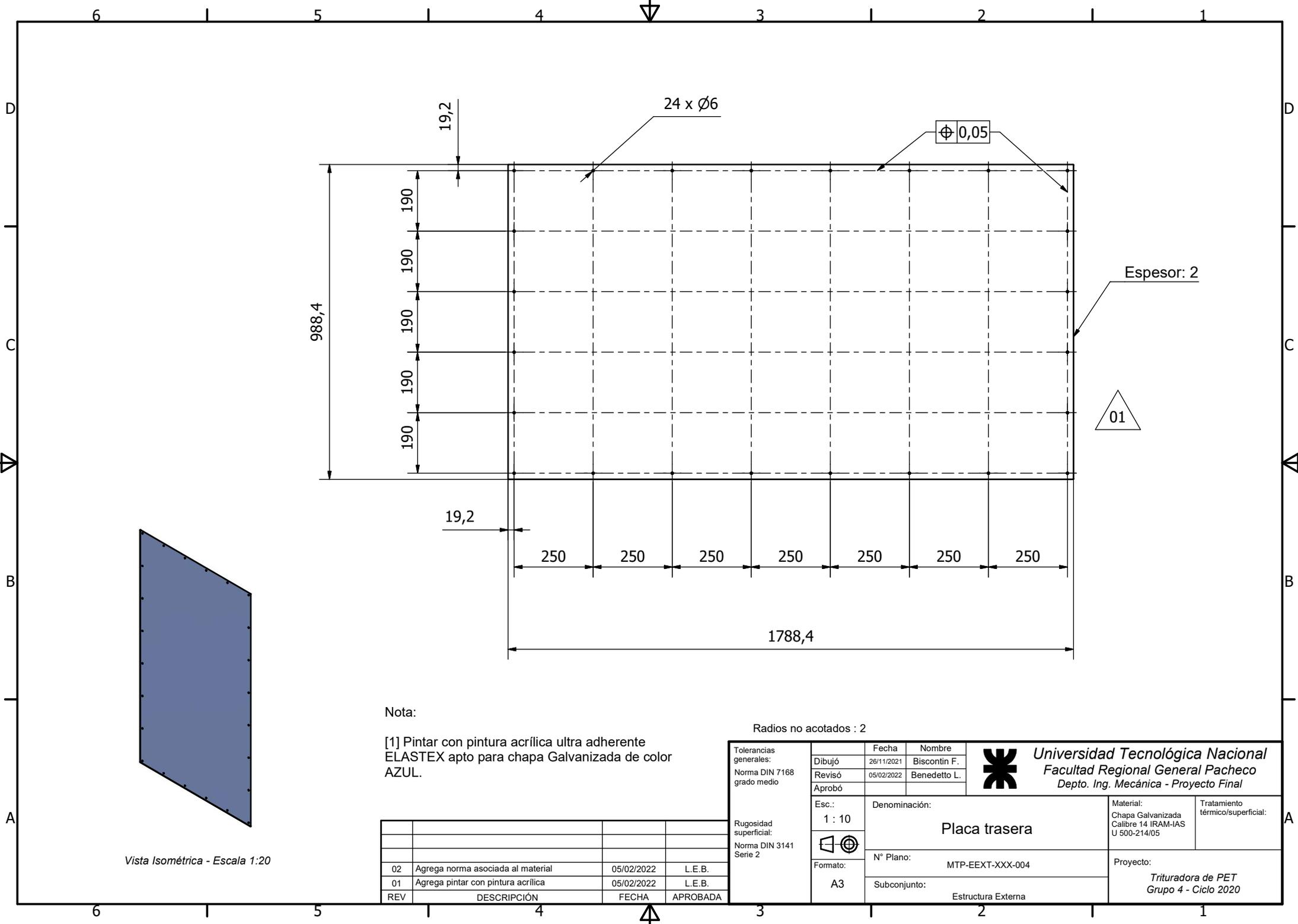
Vista Isométrica - Escala 1:20

Nota:
 [1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color AZUL.

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
02	Agrega norma asociada al material	05/02/2022	L.E.B.
01	Agrega pintar con pintura acrílica	05/02/2022	L.E.B.

Radios no acotados : 2

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Fecha: 26/11/2021 Nombre: Benedetto L.	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final	Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05	Tratamiento térmico/superficial:	
	Dibujó: Benedetto L. Revisó: Benedetto L.		Esc.: 1 : 7,5 	Denominación: Placa lateral izquierda - Ingreso de botella	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
	Aprobó:		Formato: A3	N° Plano: MTP-EEXT-XXX-003 Subconjunto: Estructura Externa	



Vista Isométrica - Escala 1:20

Nota:

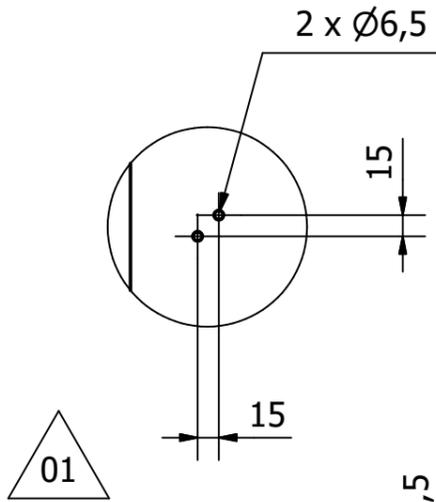
[1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color AZUL.

Radios no acotados : 2

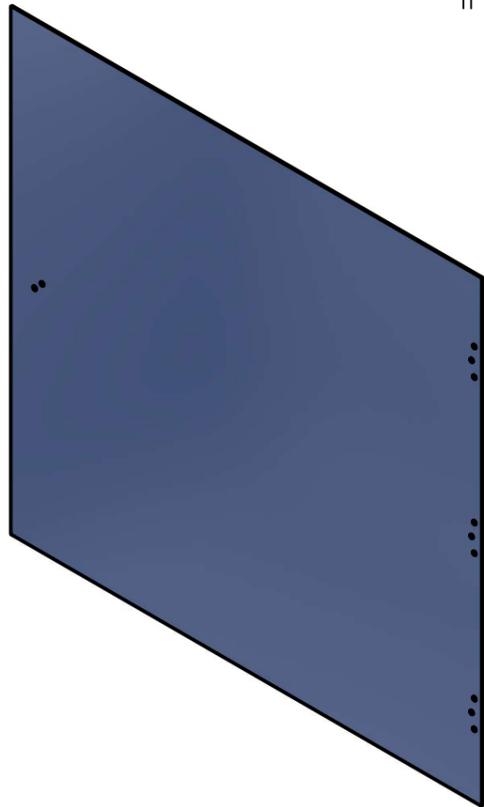
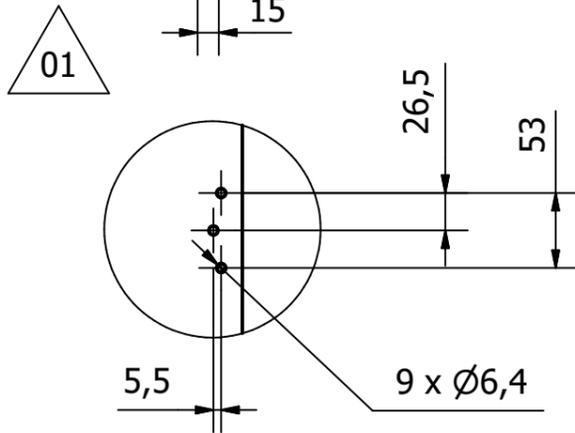
REV	DESCRIPCIÓN	FECHA	APROBADA
02	Agrega norma asociada al material	05/02/2022	L.E.B.
01	Agrega pintar con pintura acrílica	05/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	26/11/2021	Biscontin F.	
	Aprobó	05/02/2022	Benedetto L.	
	Esc.: 1 : 10			
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Denominación:		Placa trasera	Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05
	N° Plano:		MTP-EEXT-XXX-004	Tratamiento térmico/superficial:
	Subconjunto:		Estructura Externa	Proyecto: <i>Trituradora de PET</i> Grupo 4 - Ciclo 2020
Formato:		A3		

Detalle A
(1:5)



Detalle B
(1:5)



Vista Isométrica - Escala 1:10

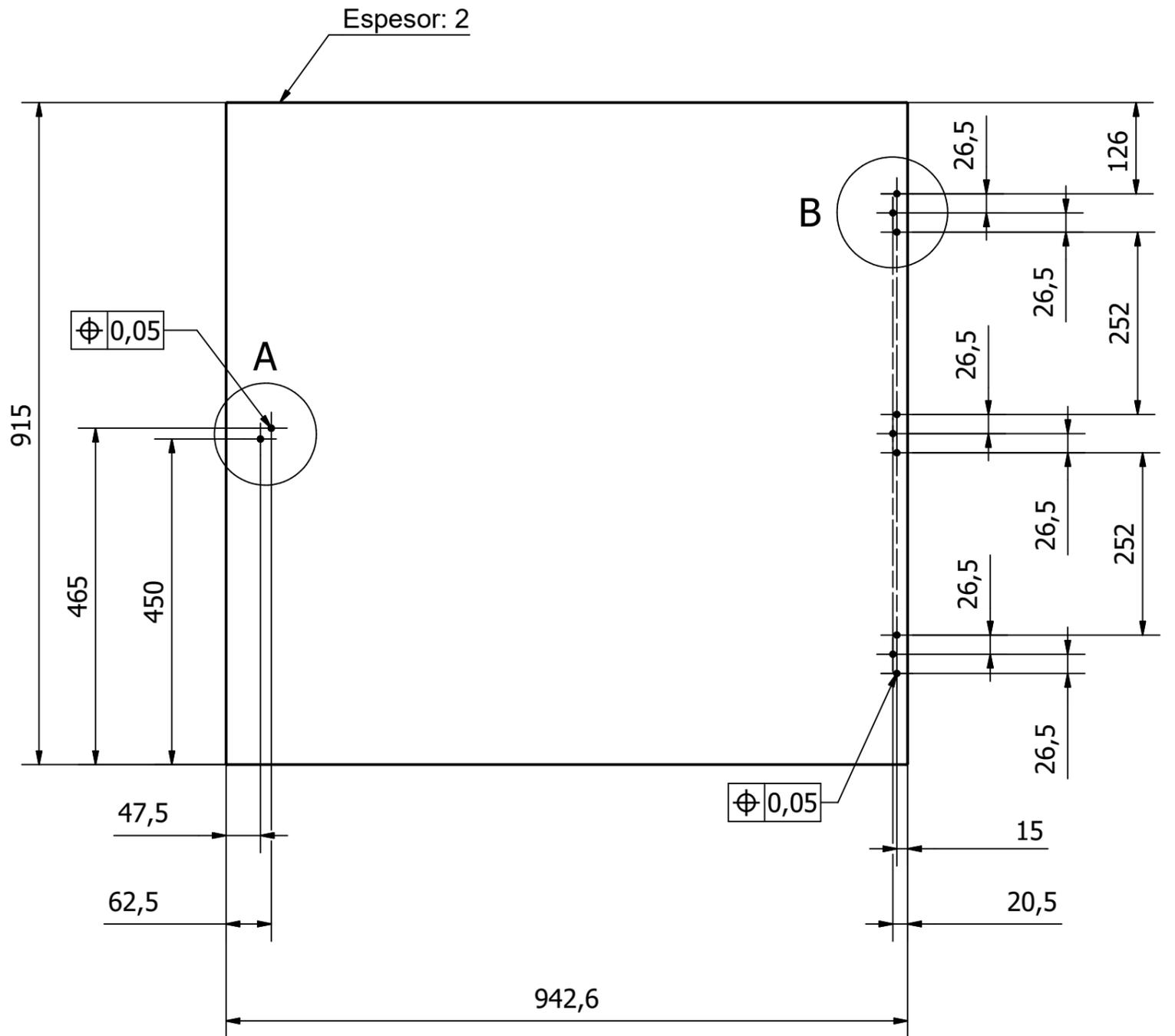
Nota:

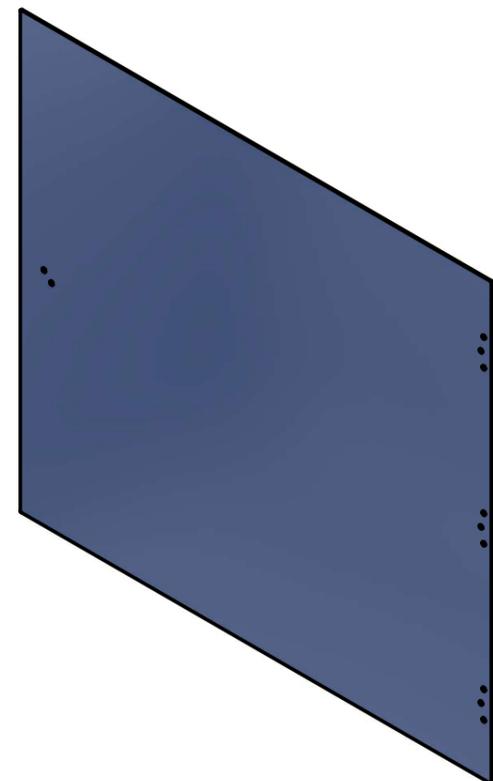
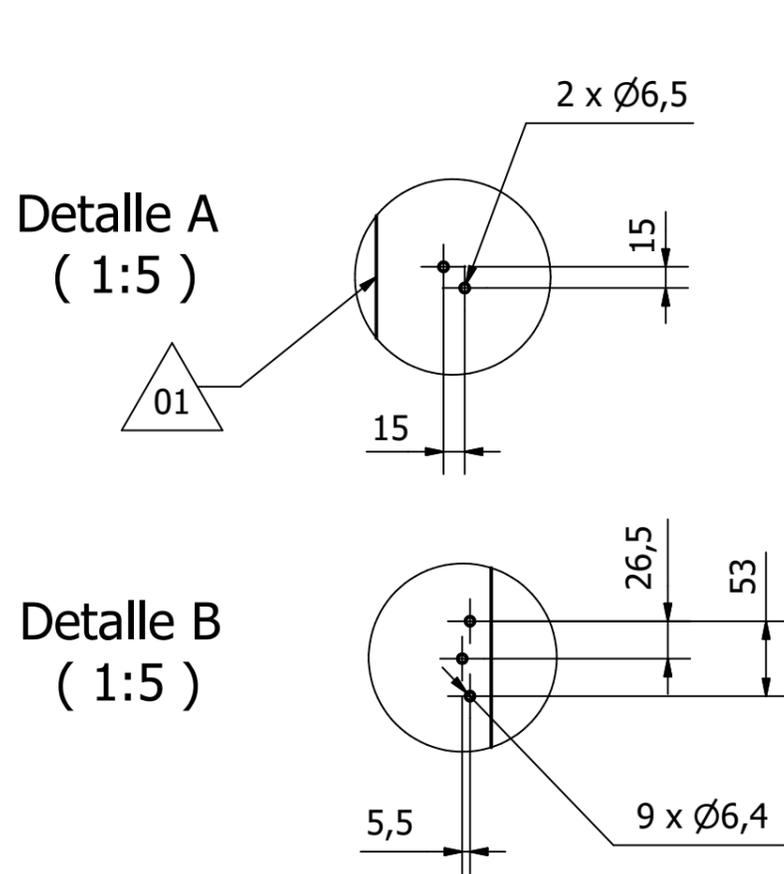
[1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa Galvanizada de color AZUL.

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
04	Modificación de formato A4 a A3	06/02/2022	L.E.B.
03	Agrega norma asociada al material	06/02/2022	L.E.B.
02	Agrega pintar con pintura acrílica	06/02/2022	L.E.B.
01	Agrega detalle de agujeros	05/02/2022	L.E.B.

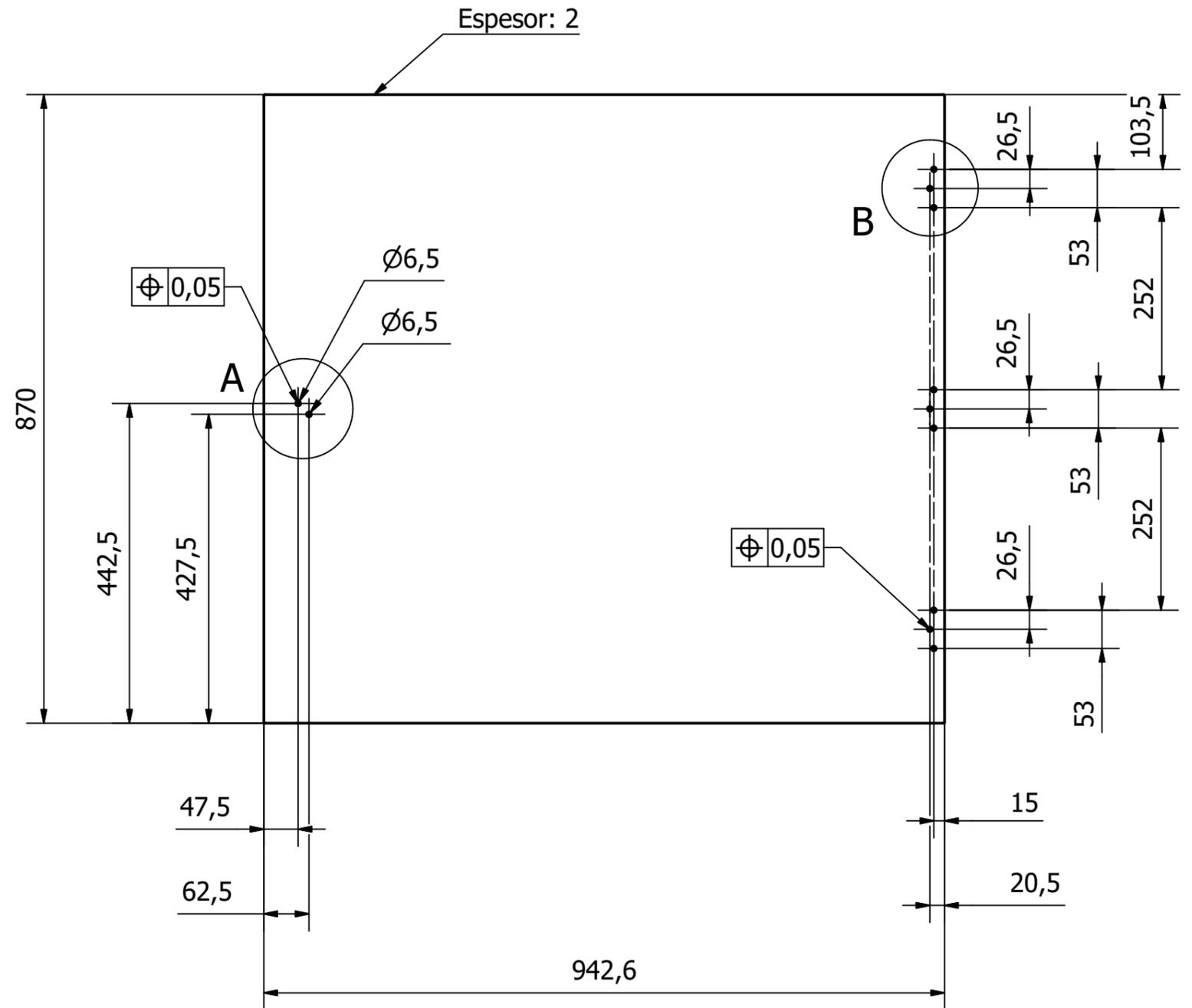
Radios no acotados : 2

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Fecha	Nombre	 Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Dibujó	26/11/2021	
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Revisó	06/02/2022	Benedetto L.
	Aprobó		
Esc.: 1 : 7,5	Denominación: Placa frontal superior		Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05
Formato: A3	N° Plano: MTP-EEXT-XXX-005		Tratamiento térmico/superficial:
	Subconjunto: Estructura Externa		Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020





Vista Isométrica - Escala 1:10



Nota:

[1] Pintar con pintura acrílica ultra adherente ELASTEX apto para chapa galvanizada de color AZUL.

Radios no acotados : 2

Rev.	Descripción	Fecha	Revisó
04	Modificación de formato A4 a A3	06/02/2022	L.E.B.
03	Agrega norma asociada al material	06/02/2022	L.E.B.
02	Agrega pintar con pintura acrílica	05/02/2022	L.E.B.
01	Agrega detalle de agujeros	05/02/2022	L.E.B.

Tolerancias generales: Norma DIN 7168 grado medio	Dibujó	26/11/2021	Benedetto L.		Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional General Pacheco Depto. Ing. Mecánica - Proyecto Final
	Revisó	06/02/2022	Benedetto L.		
	Aprobó				
Rugosidad superficial: Norma DIN 3141 Serie 2	Esc.:	1 : 7,5		Denominación: Placa frontal inferior	Material: Chapa Galvanizada Calibre 14 IRAM-IAS U 500-214/05
	Formato:	A3			
				N° Plano: MTP-EEXT-XXX-006	Proyecto: Trituradora de PET Grupo 4 - Ciclo 2020
				Subconjunto: Estructura Externa	