



Máquina reprocesadora de residuos de filament Winding

**Renzo, Bolzani
Pérez Gamboa, Santiago**

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2025

Máquina reprocesadora de residuos de filament winding

**Renzo, Bolzani
Pérez Gamboa, Santiago**

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica presentado como requisito parcial para optar al
título de:
Ingeniero Mecánico

Director:
German Kokubu

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
2025

*A nuestros padres,
familiares y parejas que
contribuyeron
significativamente a lo largo
de nuestras carreras,
siempre nos apoyaron y
creyeron en nosotros y en
nuestro desarrollo personal
y profesional.*

*A nuestros compañeros de
estudios y amigos, con los
que hemos compartido los
malos y buenos momentos a
lo largo de este camino,
siempre apoyándonos
mutuamente para lograr el
objetivo. En especial a
nuestro querido amigo
Ramiro Molinari.*

Agradecimientos

A Kohlenia S.A en especial al Ing. Germán A. Kokubu, por su gran aporte al acercarnos la problemática planteada en el presente trabajo, así como brindarnos la información requerida para la realización del mismo con una gran predisposición.

A la escuela de Ingeniería Mecánica de la FCEIA UNR, por brindarnos el espacio y el apoyo para realizar este trabajo, de total aporte a nuestra formación profesional, en especial a la cátedra, quienes fueron guía y motivación en este proceso, Ing. Juan Sismondi, Ing. Guillermo Rodríguez, Ing. Pedro Sismondi

Resumen

En los procesos de fabricación de piezas a partir compuesto fibra de carbono-resina epoxi mediante la técnica de *Filament Winding*, se genera una cantidad considerable de material de descarte (scrap). Este, consiste en hilos de fibra de carbono impregnados en resina epoxi sin polimerizar, es por esto, que representa un problema desde el punto de vista económico, ambiental y logístico, ya que su disposición es compleja y costosa. Actualmente, no existe en el mercado una solución accesible, local y adaptada a medida para la reutilización de este tipo de residuo industrial, lo que limita las posibilidades de reutilización del material.

En este proyecto tiene por objetivo diseñar un dispositivo capaz de procesar scrap obtenido a partir de la laminación de barras mediante la técnica de filament winding, para reutilizar dicho material en otros procesos de laminación como SCM. Para lograr esto, se ideó un sistema que combina la extrusión y el corte del compuesto sin curar.

El desarrollo contempla el diseño de dicho dispositivo adaptado a los requerimientos funcionales de una empresa líder en la industria nacional de compuestos., la cual nos brindó la cual fue quien motivó este proyecto y brindó los datos requeridos para el diseño.

Palabras clave: (Fibra de carbono, compuestos de fibra de carbono, laminación de filamento, moldeo por compresión, chopeado de fibra de carbono).

Abstract

In the manufacturing processes for carbon fiber–epoxy resin composite parts using the filament winding technique, a considerable amount of waste material (scrap) is generated. This scrap consists of carbon fiber strands impregnated with uncured epoxy resin, and therefore poses economic, environmental, and logistical challenges due to its complex and costly disposal. Currently, there is no accessible, locally adapted, turnkey solution on the market for reusing this type of industrial waste, which limits the material's potential for reuse.

The objective of this project is to design a device capable of processing scrap obtained from the filament winding of rods, in order to repurpose this material in other lamination processes such as SMC. To achieve this, a system was conceived that combines extrusion and cutting of the uncured composite.

The development includes the design of this device tailored to the functional requirements of a leading national composites company—whose involvement motivated the project and provided the necessary data for its design.

Keywords: carbon fiber; carbon fiber composites; filament winding; compression molding; chopped carbon fiber.

Contenido

Agradecimientos	4
Resumen.....	5
Abstract	6
Contenido	7
Introducción	8
Objetivos del proyecto.....	9
Capítulo 1: Introducción y caracterización del scrap de filament winding	11
1.1 Contexto y relevancia industrial	11
1.2 Problemática identificada por Kohlenia.....	11
1.3 Oportunidad y objetivos iniciales	12
1.4 Origen y características del scrap	13
1.6 Funciones del dispositivo	14
1.7 Normas y metodologías de referencia	15
1.8 Conclusión del Capítulo	16
Capítulo 2: Planteo de alternativas y elección de solución	17
2.1 Propuestas de solución	18
2.2 Criterios de elección:	18
2.3 Elección de la solución:	20
Conclusión del Capítulo	20
Capítulo 3: Diseño y descripción del sistema.....	21
3.1 Características del dispositivo	21
3.2 Sistema de carga de cartuchos.....	23
3.2 Subsistema de extrusión.....	27
3.3 Sistema de corte	34
3.4 Sistema hidráulico	42
3.5 Sistema de automatización y control	47
3.4 Sistema de seguridad para el operario	48
Capítulo 4: Descripción general del proceso	50
Conclusiones y recomendaciones.....	65
Recomendaciones	65
Anexos:	66

Introducción

En la industria de los materiales compuestos, el proceso de filament winding es ampliamente utilizado para la fabricación de componentes de alta resistencia y bajo peso, es utilizado en diferentes aplicaciones en diferentes industrias, en nuestro país, dada, últimamente es más utilizado en la agroindustria. En la imagen 1 se observa una maquina lamiando un tubo mediante dicha técnica.



Imagen 1: Tubo laminado por método de filament winding

No obstante, durante este proceso se desperdicia una cantidad considerable de material compuesto, como resultado de diversos factores, entre ellos los cortes realizados en las zonas donde la maquina no es capaz de orientar las fibras correctamente ubicadas en los extremos de las matrices de laminación. Este material está compuesto por hilos de fibra de carbono impregnados con resina epoxi aún sin polimerizar.

Actualmente, no se dispone en el mercado de soluciones accesibles que permitan reciclar de manera eficiente este tipo de material termosensible, lo que limita sus posibilidades de reutilización y provoca la pérdida de recursos valiosos. Frente a esta situación, Kohlenia S.A identificó la necesidad de desarrollar una solución tecnológica que permita recuperar el scrap generado en procesos de filament winding, transformándolo en un insumo aprovechable para otros procesos de laminación.

Frente a esta problemática, se propone el diseño y desarrollo de un dispositivo capaz de reciclar el compuesto, que permita cortar el material en fibras más cortas, sin provocar

su curado prematuro. Para esto debe procesar el scrap dentro del límite de su pot life, garantizando así la integridad de sus propiedades mecánicas.

El sistema contempla dos etapas principales: la primera consiste en la extrusión del material compuesto, proceso mediante el cual se homogeniza el scrap, realineando las fibras. A continuación, el compuesto extruido es sometido a un corte transversal que fragmenta las fibras en longitudes definidas de 10 mm, adecuadas para su reutilización en otros procesos de laminación.

El diseño de la máquina incorpora criterios de robustez estructural, compacidad y facilidad de operación, lo que permite su implementación eficiente en entornos productivos reales.

Este desarrollo apunta no solo a la reducción del desperdicio, sino también a la incorporación de prácticas de economía circular en la industria de materiales compuestos, generando valor a partir de residuos que hoy en día carecen de aprovechamiento.

Objetivos del proyecto

El objetivo principal del presente proyecto es diseñar un dispositivo capaz de procesar 10 Kg de compuesto de descarte en un tiempo inferior a 30 minutos, obteniendo al final de este un compuesto con una *Longitud de fibra* = $12 \pm 2 \text{ mm}$, *Relación fibra – epoxi* = 40%, mediante diversos ensayos que con estos valores se obtenían mejores propiedades mecánicas en el producto final.

Para lograr dicho objetivo, el dispositivo debe realizar las siguientes tareas:

1. Ordenamiento de las fibras: Dado que las fibras se encuentran en posiciones al azar, enredados entre ellas, para asegurar que la longitud de fibra este dentro del rango requerido, se debe ordenar linealmente las fibras. Esto se logrará mediante un sistema de extrusión.
2. Corte: Se debe cortar las fibras en longitudes de entre 10 y 15 mm.

Para cumplir con el objetivo mencionado, deberemos ser capaces de:

- **Dimensionar el subsistema de corte**
 - Definir la geometría y la fuerza de la cuchilla para obtener fragmentos de fibra de longitudes controladas.
 - Seleccionar el mecanismo de avance y su regulación para asegurar cortes limpios y repetibles.
- **Diseñar la cámara de extrusión**
 - Calcular el volumen y la sección interna de la cámara conforme a la relación fibra–resina óptima (0,4) y la capacidad de procesamiento (10 kg por ciclo).
 - Determinar el ángulo cónico, el diámetro de salida y la velocidad de extrusión necesaria para homogeneizar el material sin provocar curado prematuro ni el daño del material a extruir.
- **Seleccionar y verificar los elementos de accionamiento**
 - Dimensionar el actuador que suministre la fuerza requerida en las etapas de corte y extrusión conjuntamente con el medio de energía a utilizar.
 - Realizar análisis de resistencia y factores de seguridad para componentes críticos (vástago, émbolo, pernos de anclaje y cáncamo de guillotina).
- **Desarrollar el sistema de control y automatización**
 - Especificar sensores y actuadores necesarios para el control de la velocidad de extrusión y de corte.
- **Elaborar la ingeniería básica y de detalle**
 - Generar planos, esquemas y listado de materiales de la máquina completa.
 - Definir dispositivos de seguridad, accesos de mantenimiento y criterios ergonómicos para operación semiautomática.

Capítulo 1: Introducción y caracterización del scrap de filament winding

1.1 Contexto y relevancia industrial

Los materiales compuestos reforzados con fibra de carbono han transformado industrias como la aeroespacial, automotriz y energética, gracias a que ofrecen una alta relación resistencia/peso, rigidez y resistencia a la fatiga y corrosión. Una de las técnicas más empleadas es el filament winding, en la cual se enrollan hilos de fibra de carbono previamente impregnados en resina epoxi sobre una matriz que gira gracias a un husillo para formar estructuras tubulares o cilíndricas. Sin embargo, durante este proceso se genera una dada cantidad de scrap, que hoy se descarta pese a su elevado costo y potencial valor de reúso.

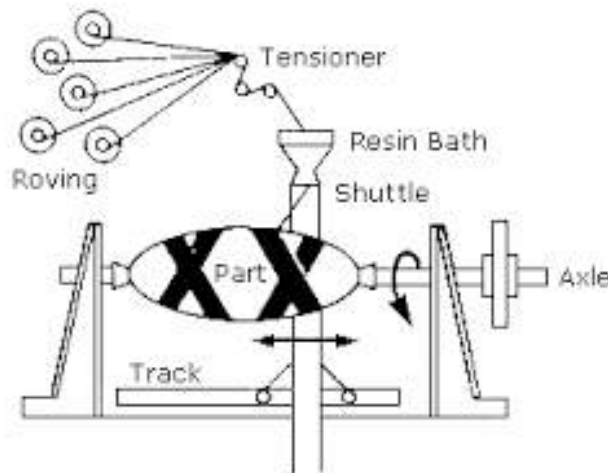


Imagen 1.1: Esquema de máquina de Filament Winding

1.2 Problemática identificada por Kohlenia

Kohlenia S.R.L., empresa argentina de base tecnológica dedicada al desarrollo de compuestos avanzados, ha cuantificado que aproximadamente el 66% del compuesto producido en su línea de filament winding permanece sin curar y se convierte en scrap antes de llegar al horno de curado. Esto ocurre ya que durante el enrollado en los

extremos de la matriz se pierde la trayectoria geodésica de las fibras, y junto con los cortes de ajuste y los excedentes por variaciones de espesor, aproximadamente dos tercios del material preparado (fibra + resina) se descarta sin curar.

Este material, compuesto por hilos de fibra de carbono impregnadas con resina epoxi, representa un elevado costo de gestión de residuos, pues exige su almacenamiento en zonas controladas y un corto lapso de reutilización debido a su pot life. Además, la falta de aprovechamiento de este scrap obligaba hasta ahora a la empresa a adquirir materia prima para la laminación bajo la técnica de SMC (Sheet Molding Compound) para otro de los productos que producen, incrementando la dependencia de proveedores extranjeros y encareciendo el costo de materia prima en más de un 20 % frente a una solución local.

1.3 Oportunidad y objetivos iniciales

Frente a esta situación, se identificó la oportunidad de diseñar un dispositivo, económico y de baja complejidad que reprocesara in situ el scrap generado durante el bobinado. El material descartado esta, compuesto por hilos de fibra de carbono impregnados en resina epoxi.

El proyecto, por tanto, plantea idear un dispositivo que permita aprovechar este material de descarte como materia prima para nuevos componentes por moldeo por compresión, permitiendo:

- Reducir hasta en un 66 % la cantidad de residuos generados.
- Recuperar la materia prima sin degradar significativamente sus propiedades mecánicas ni térmicas.
- Obtener un compuesto reciclado con hasta un 10 % en peso de material recuperado, apto para moldeo por compresión.

De este modo, se evita depender de importaciones y se cierra el ciclo del material dentro de un esquema de economía circular, transformando un residuo abundante en un recurso valioso.

1.4 Origen y características del scrap

Orígenes del scrap:

- Extremos de bobina que no siguen la trayectoria geodésica y se recortan antes del curado.
- Cortes de ajuste al inicio y al final de cada ciclo de bobinado.

Composición típica:

- Fibras de carbono continuas, diámetro $\approx 7 \mu\text{m}$ (Toray T700), que representan el 65 % en peso del compuesto.
- Resina epoxi sin curar, ~ 35 % en peso, con viscosidad inicial $\approx 1000 \text{ Pa}\cdot\text{s}$.
- Relación fibra–resina óptima: fracción volumétrica 0,4, determinada experimentalmente.

Propiedades físicas y mecánicas:

- Densidad aparente (sin curar): $1,40\text{--}1,50 \text{ g/cm}^3$.
- Módulo elástico longitudinal (curado): $25\text{--}30 \text{ GPa}$.
- Resistencia a compresión (curado): $200\text{--}250 \text{ MPa}$.

Comportamiento reológico y vida útil:

- Según el ensayo de Squeeze flow test realizado al compuesto se puede determinar que el mismo posee un comportamiento característico de los fluidos viscoelástico.
- Pot life: vida útil de manipulación limitada; el compuesto debe procesarse en menos de 30 minutos para evitar inicio de polimerización, dejando un margen de tiempo para luego realizar el proceso de SMC.

1.5 Propiedades mecánicas y reológicas

Para validar la reutilización del scrap de *filament winding* y garantizar la calidad del material reciclado, Kohlenia en conjunto a Marina Rojas (Estudiante de Ingeniería en materiales), realizaron una serie de ensayos mecánicos y reológicos normalizados, que permiten comparar el comportamiento del compuesto reciclado respecto a materiales vírgenes.

Entre ellos, se destacan los ensayos de tracción uniaxial según la norma ASTM D3039/D3039M, los cuales arrojaron resistencias medias de entre 66 y 72 MPa, en función de la longitud de las fibras presentes en la mezcla (entre 10 y 30 mm). Para caracterizar la resistencia a compresión y el comportamiento a flexión, se emplearon la norma ASTM D695-02 y la norma ASTM D790, respectivamente. Estas pruebas permitieron determinar el módulo elástico, la carga máxima soportada y el modo de fractura de los compuestos reciclados moldeados por compresión.

En cuanto al comportamiento reológico, se utilizaron ensayos del tipo Squeeze Flow Test, los cuales permiten estimar la viscosidad en función de la velocidad de prensado. Esta información resulta fundamental para el diseño y dimensionamiento de la extrusora, ya que define el régimen de presión y velocidad necesario para lograr un flujo estable y homogéneo del compuesto sin curar.

Complementariamente, se realizaron análisis de porosidad y determinación de la fracción volumétrica de fibra mediante microscopía óptica, de acuerdo con las normas ISO 1513 y ASTM D3171.

En conjunto, estos ensayos permiten establecer con precisión la viabilidad técnica del material reciclado, asegurando que cumpla con los requisitos mecánicos, térmicos y estructurales necesarios para su aplicación en nuevas piezas moldeadas.

1.6 Funciones del dispositivo

Después de estudiar las propiedades y características del material a procesar, se determinó que para lograr el compuesto para reutilizar se debían realizar dos operaciones fundamentales, las cuales se explicarán a continuación

- Reordenamiento longitudinal de las fibras, dado que las mismas se encuentran ordenas al azar luego de ser cortadas de la matriz. Entonces para cortar las mismas en longitudes controladas, se propone extruir el compuesto, es decir hacerlo pasar por una boquilla con diámetro igual que el largo máximo a cortar.
- Corte del scrap en fragmentos de longitud controlada (entre 10–15 mm), manteniendo la integridad parcial de las fibras, es decir sin producir desgarros en la misma.

Por lo tanto, el dispositivo a diseñar debe ser capaz de realizar las funciones mencionadas y considerar determinados aspectos como:

- Seguridad del operario: previniendo riesgos a partir del diseño, aislando los focos de riesgo de los operarios, previniendo atrapamientos o cortes.
- Limpieza: dadas las características del compuesto, las piezas que estén en contacto con el deben ser lavadas después de cada uso para evitar que la resina se polimerice sobre estas. Por lo tanto, debemos considerar como requisito funcional que estas piezas puedan ser fácilmente desmontables, así mismo que estén diseñadas a partir de materiales que no se corroan o degraden al limpiarlas con productos diluyentes epoxi.
- Costos: El diseño, además de funcional debe ser económico en comparación a los gastos que requiere la importación del material virgen.

1.7 Normas y metodologías de referencia

Con el objetivo de validar las propiedades mecánicas y reológicas tanto del scrap como del material reciclado obtenido mediante el proceso de corte y extrusión, se adoptó un conjunto de normas y metodologías estandarizadas internacionalmente. Estas nos permitieron asegurar la comparabilidad de los resultados, la trazabilidad de los ensayos y la fiabilidad del comportamiento estructural del nuevo material frente a compuestos vírgenes.

Los ensayos mecánicos que permiten validar la calidad y viabilidad de implementación del material procesado son:

- ASTM D-3039M [1]: Ensayo de tracción uniaxial en materiales compuestos con refuerzo unidireccional. Permite determinar la resistencia máxima, el módulo de elasticidad longitudinal, la deformación unitaria y el comportamiento a la rotura del material reciclado.
- ASTM D-695 [2]: Ensayo de compresión uniaxial en plásticos rígidos. Se utilizará en su versión modificada por SACMA, incorporando *tabs* de refuerzo para evitar fallas por pandeo en los extremos de las probetas. Es fundamental para determinar el módulo a compresión y la capacidad de carga.

- ASTM D-790 [1]: Ensayo de flexión a tres puntos. Permite evaluar la resistencia a flexión, el módulo de flexión y el comportamiento post-elástico, particularmente útil para analizar el desempeño del compuesto reciclado en esfuerzos combinados.
- ASTM D-412 [4]: Aplicable para materiales poliméricos, se utilizará en caso de realizar ensayos sobre la matriz epoxi recuperada sin refuerzo, permitiendo conocer su comportamiento a tracción pura.
- ISO 4649 / DIN 53516 [5]: Ensayos de abrasión por pérdida volumétrica, utilizados para estimar la resistencia superficial al desgaste del compuesto reciclado, relevante en aplicaciones donde exista fricción o contacto repetido con otras superficies.

Además, se complementó a estos ensayos con:

- Microscopía óptica, para estimar la fracción volumétrica de fibras, distribución de porosidad y homogeneidad del compuesto.
- Squeeze Flow Test, siguiendo el modelo de Bird–Kia, para caracterizar el comportamiento reológico del material en estado fresco, clave para el diseño del sistema de extrusión. [12]

Cabe destacar que la realización de estos ensayos, y por ende todo el proceso de validación del material procesado no fueron objeto del presente proyecto. Estos fueron tomados de la tesis doctoral de Marina Rojas “Reciclado del material de descarte del proceso de Filament Winding para el Moldeo de Piezas por Compresión” (2019) realizada en conjunto a Kohlenia. Dichos ensayos se encuentran citados en la bibliografía.

1.8 Conclusión del Capítulo

Este primer capítulo expone de manera integral el origen del scrap generado en el proceso de filament winding, su caracterización desde el punto de vista mecánico y reológico, y la problemática identificada por Kohlenia. A partir del análisis de antecedentes, propiedades del material y métodos de validación, se establece un marco

técnico sólido que justifica la necesidad y viabilidad de implementar una solución de reutilización.

Los contenidos desarrollados en este capítulo constituyen la base conceptual y material sobre la cual se sustenta el diseño de un dispositivo capaz de reciclar dicho compuesto, que será abordado en los capítulos siguientes. Asimismo, permiten proyectar un modelo de reaprovechamiento sustentable, alineado con los principios de la economía circular, que busca transformar un residuo industrial en un nuevo recurso productivo dentro del propio ciclo de fabricación por filament winding.

En resumen, este enfoque no solo responde a una necesidad técnica, sino que contribuye a una gestión sostenible de los materiales compuestos, transformando un residuo problemático en una materia prima valiosa, dentro de un proceso económicamente viable, ambientalmente responsable y tecnológicamente replicable.

Capítulo 2: Planteo de alternativas y elección de solución

Tal como se mencionó anteriormente, el dispositivo elegido debe ser capaz de realizar dos funciones coordinadamente, por un lado, ordenar las fibras y luego cortar el compuesto. Además de que no debe dañar en ningún momento la integridad mecánica y química del compuesto y, por otro lado, se debe considerar que, dadas las características del material, el dispositivo elegido debe ser capaz de ser desmontado para su posterior limpieza después de cada ciclo de trabajo.

2.1 Propuestas de solución

A continuación, se listan una serie de posibles diseños y conceptos para la solución del mencionado problema:

1) Dispositivo que permita el ordenamiento de la fibra al fluir mediante un ducto empujado por un pistón acoplado a un cilindro hidráulico, el corte se realiza a la salida del ducto, cada 10 mm de largo. Este se hace mediante un mecanismo tipo guillotina, debido a la alta viscosidad de la resina y, para que su adherencia a la cuchilla no impida que esta trabaje correctamente, proponemos un sistema de limpieza, el cual consiste en dos rascadores a ambos lados de la cuchilla que busque desprender el compuesto que haya quedado en esta.

2) Dispositivo compuesto en primer lugar por un sistema de reorientación de las fibras mediante un extrusor de simple husillo. Luego de esta etapa el corte se realiza mediante una cuchilla vibratoria, la cual corta la fibra cada 10 mm de largo, impidiendo que se alcance temperatura suficiente como para curar la resina reduciendo la resina impregnada en la cuchilla de corte. Para este sistema proponemos un encapsulamiento de la cuchilla evitando que las vibraciones generadas provoquen la dispersión de la resina y restos de fibra

3) Dispositivo que en primer lugar reordene las fibras mediante un doble laminado a 90° respecto del anterior en el cual cada etapa de laminado está compuesta por 2 rodillos. Luego de este laminado el corte de las fibras se realiza cada 10 mm de largo mediante un dispositivo simil sierra sin fin.

2.2 Criterios de elección:

A continuación, se muestran los criterios utilizados para la selección de la solución, junto con la valoración y ponderación de cada criterio. Los mismos se muestran en la tabla 2.1

Criterio	Valoración			Ponderación
	1	2	3	1-5
Factibilidad	Poco	Media	Alta	4
Complejidad	Alta	Media	Baja	3
Cumplimiento de objetivos	Algunos	la mayoría	Todos	5
Posibilidad de variar caudal de trabajo	Bajo	Medio	Amplio	2
Costo	Alto	Medio	Bajo	3

Tabla 2.1: Aspectos a evaluar y valoración.

- Factibilidad: Hace referencia a la capacidad del dispositivo para poder ser implementado y procesar el compuesto.
- Complejidad: Hace referencia a la complejidad de fabricación del dispositivo.
- Cumplimiento de objetivos: Hace referencia a la capacidad del dispositivo de cumplir los objetivos en tanto a la calidad del compuesto final como de la capacidad de producción y tiempos de proceso. Posee gran relevancia dado que, si el compuesto no posee la calidad correcta, el producto final tampoco la tendrá
- Posibilidad de variar caudal de trabajo: dado las variaciones en la producción de botallones mediante el proceso de filament winding, es importante que la solución elegida tenga la capacidad de variar la capacidad de procesamiento.
- Costo: Hace referencia al costo de fabricación, puesta en marcha y mantenimiento de la solución elegida, es de gran importancia ya que, si dichos costos son mayores que los requeridos para comprar materia prima virgen, el reproceso carece de motivación económica.

2.3 Elección de la solución:

Para realizar la elección de la solución, hemos utilizado una metodología de matrices de decisión, mediante los criterios anteriormente mencionados. En la tabla 2.2 se ilustran las propuestas calificadas según cada criterio.

Elección			
Criterio	Propuesta		
	1	2	3
Factibilidad	12	4	4
Complejidad	9	6	3
Cumplimiento de objetivos	15	5	5
Posibilidad de variar caudal de trabajo	4	4	6
Costo	6	6	3
Total	40	25	21

Tabla 2.2: Elección de la solución.

Por lo tanto, la solución elegida es la propuesta N°1, mencionada en el inciso 2.1. Optamos por esta idea ya que obtuvo el puntaje más alto en la matriz de decisión. Esto se corresponde ya que la misma es la que mejor cumple con los objetivos planteados y es la más fácil de implementar con los recursos y tecnologías disponibles en el mercado local.

Conclusión del Capítulo

En el presente capítulo se presentaron diferentes conceptos de dispositivos que puedan dar solución al problema planteado. Luego se propusieron una serie de criterios mediante los cuales se van a evaluar las soluciones y finalmente se eligió la solución mediante una matriz de decisión.

Capítulo 3: Diseño y descripción del sistema

La máquina recicladora de scrap (imagen 3.1) está diseñada para procesar el material de descarte descrito anteriormente, según la demanda actual de Kohlenia de S.A. Para su diseño se contempló el cumplimiento de todos los requisitos funcionales y el cumplimiento de todos los objetivos integrados en un mismo dispositivo. En el Anexo 2, se encuentran los planos de este modelo.

En el anexo número 5 se ilustran los renders del modelo diseñado.

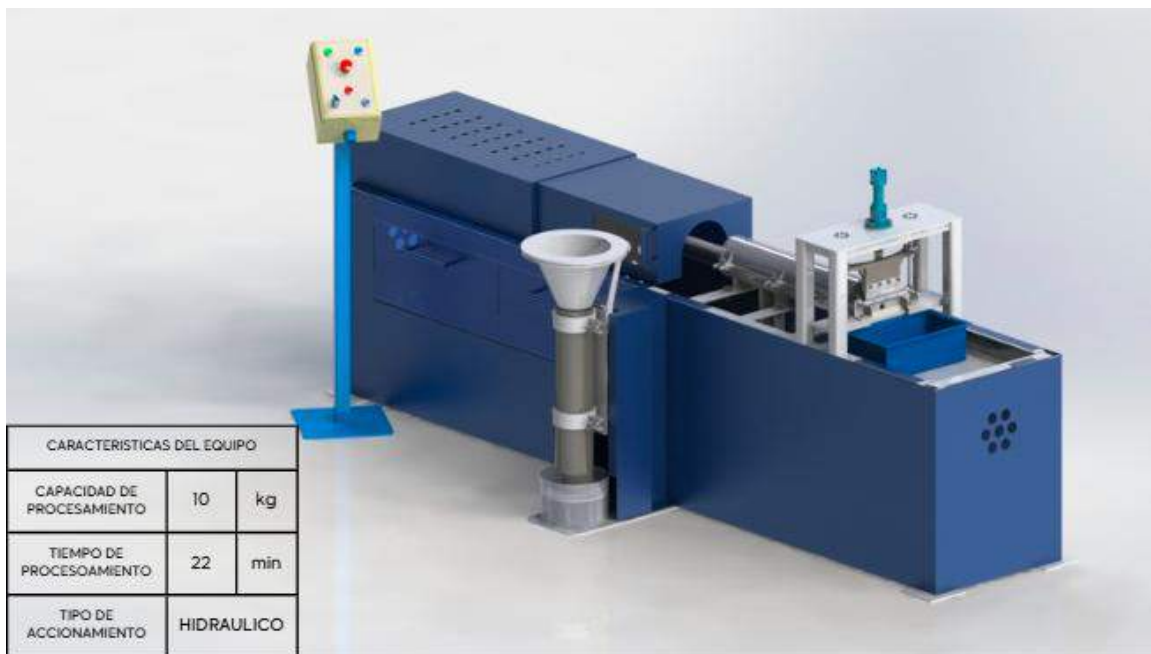


Imagen 3.1: Esquema de máquina de procesamiento de Scrap

3.1 Características del dispositivo

El diseño del dispositivo está pensado para que el mismo cumpla con todas las características funcionales, es decir que corte las fibras en el largo optimo y que el tiempo de proceso sea menor que el pot life de la resina epoxi.

Por otra parte, se consideró como criterio de diseño la posibilidad de desmontaje de cada subsistema para su limpieza luego de cada ciclo de trabajo, así como también la seguridad de los operarios, agregando protecciones físicas en los actuadores para evitar atrapamientos.

El accionamiento de los módulos principales de corte y extrusión son mediante actuadores hidráulicos comandados por una misma central mediante un sistema de válvulas. En el Anexo 3 se encuentra el diagrama hidráulico normalizado según la norma ISO 1219-1.

Con respecto a las dimensiones principales, posee un largo total de 2.8 m, 1 m de ancho y una altura de bancada de 0.95 m para asegurar la ergonomía del operario.

A continuación, en la imagen (3.2) se grafican los diferentes sistemas que componen el equipo.



Imagen 3.2: *Sistemas Principales*



Imagen 3.3: Vista en perspectiva del dispositivo sin protección

A continuación, se describirán cada uno de los mismos, detallando características de cada uno, los métodos de dimensionamiento de capacidad y fuerza, así como también la selección de los componentes comerciales y materiales de cada sistema.

3.2 Sistema de carga de cartuchos

- Función: Permite la carga de los cartuchos de extrusión de una forma homogénea gracias a un motovibrador acoplado a una placa vibratoria. Este dispositivo está acoplado a la bancada mediante perfiles ángulo normalizados y resortes que evitan que la vibración se transmita hacia el resto del dispositivo.
- Componentes principales:

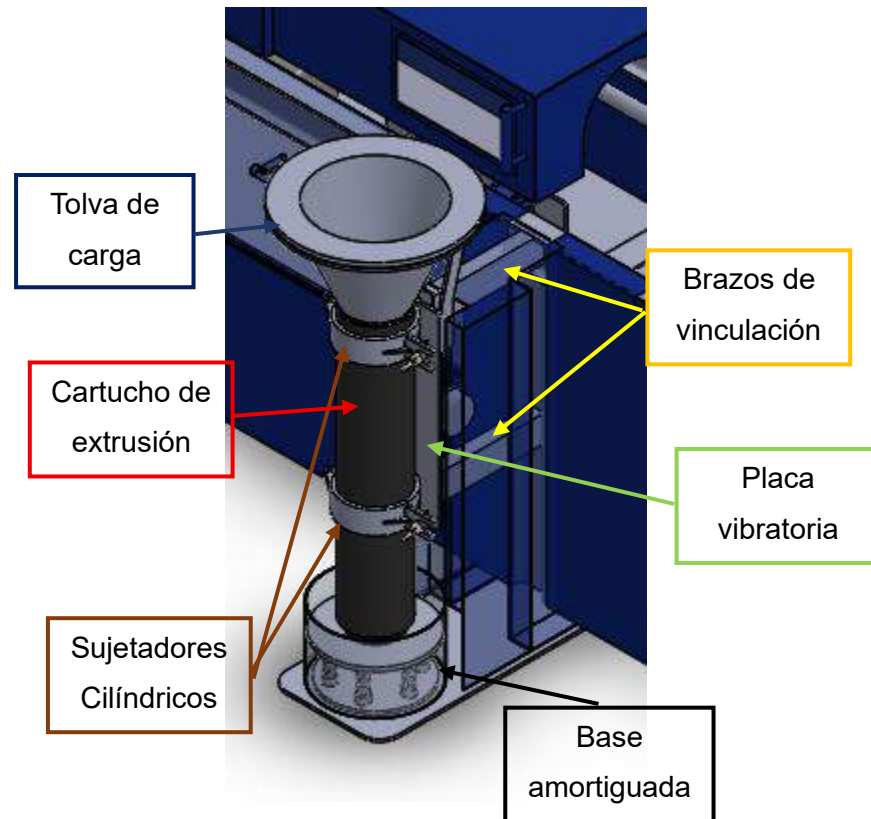


Imagen 3.4: Componentes Principales Sistema de carga

- Tolva de carga: la misma está diseñada para dirigir el material cargado hacia el cartucho de extrusión. Está diseñada a partir de PEAD (polietileno de alta densidad) ya que la misma debe ser lavada después de cada uso. Su geometría cónica permite que no se adhiera material sobre aristas o vértices.
- Cartucho de extrusión: Es el recipiente que contiene al compuesto durante el proceso de extrusión. También está diseñada a partir de PEAD. La fundamentación sobre su geometría se explicará en detalle en el sistema de extrusión.
- Sujetadores cilíndricos: Son abrazaderas diseñadas a partir de chapa de acero roladas, las mismas tienen la función de sujetar al cartucho firmemente. Poseen un sistema de bisagra y prisionero para poder montar y desmontar el cartucho fácilmente.
- Base amortiguada: Sostiene al cartucho desde su sección cónica y posee resortes de compresión aportando el apoyo con el suelo.

- Placa vibratoria: Es una chapa de acero que soporta al moto vibrador y vincula a este con el cartucho.
- Brazos de vinculación: Están diseñados a partir de perfiles ángulo, su función es vincular la placa vibratoria a la bancada de la máquina. Poseen unos resortes axiales que evitan que la vibración se transmita hacia el resto de la máquina.
- En la imagen 3.4 se observan más claramente como se vinculan los brazos a la placa vibratoria mediante un sistema de resortes.



Imagen 3.5: Brazos de vinculación

- Dimensionamiento
Para este sistema, se dimensionaron la tolva de carga y el cartucho de extrusión para que ambos tengan una capacidad de 10 kg de compuesto.
Por otra parte, los resortes fueron diseñados para que tengan una deformación máxima de 1.5 mm.
- Selección de componentes
En este sistema, el motovibrador es el componente comercial que brinda el accionamiento. Para la selección del mismo se contemplaron las diferentes

alternativas ofrecidas en el mercado local. Utilizando como requisitos, el tipo de accionamiento eléctrico (monofásico), el tamaño compacto. En la imagen 3.4 se ilustra la tabla de modelos de la marca OLI. En rojo se recuadra el modelo seleccionado.

VIBRADORES ELÉCTRICOS					
FOTO	SERIE	APLICACIÓN	POLVO	CARACTERÍSTICAS	VENTAJAS
	CONTINENTE CONTINUA MVE-DE	Automación Telero Seri y continuo Espandidos Volgare Replica sencilla para horizonte	Pulve granular: Hormigón, fertilizantes, maiz, soja, arroz, serriles, sal, arena	Tipos de motor monofásico Motor DC 3000RPM 72V 24V, Potencia centrífuga de 50 a 1000 kg	Exonerado Resistente Seguro Corriente baja de bomba velocidad (opción) Fuerza ajustable
	2 POLOS MVE	Gran, telero, pulveador, agilador, mezclador Limpieza de los filtros manga Alimentadores, mesas y cintas elevadas	Pulve fino, seco y granular: Cemento Harina Gravilla Azúcar	Adaptado para uso en interiores y al aire libre. Fuerza centrífuga de 40 a 800 kg Alta 600 7000 °C	Exonerado Resistente Seguro Bebido especial para diferentes áreas geográficas Fuerza ajustable
	2 POLOS MICRO MVE-MICRO	Teja de la roca reducida Muebles Teleros Alimentadores, mesas y cintas elevadas	Pulve fino y seco: Harina Azúcar Bicarbonato Serriles	Cuerpo compacto, cuerpo único y resistente. Fuerza centrífuga de 3 a 41 kg Alta 600 7000 °C	Exonerado Fácil de instalar Cable preinstalado con transformador integrado Fuerza ajustable

Imagen 3.6: Selección de tipo de moto vibrador.

MONOFÁSICO										ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS		
Wm (kgm)		Modelo		Fuerza centrífuga (kg)		Peso (kg)		Potencia de entrada (kW)		Corriente nominal A max:		Preinstalado
50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz (230V)	60Hz (115V)	Metrico
0,1	0,1	MVE 3/3E-MICRO-M	MVE 3/3E-MICRO-M	4	4	1,4	1,4	0,03	0,04	0,30	0,40	M16
0,1	0,1	MVE 4/3E-MICRO-M	MVE 4/3E-MICRO-M	4	4	1,4	1,4	0,03	0,04	0,30	0,40	M16
0,4	0,4	MVE 21/3E-MICRO-M	MVE 21/3E-MICRO-M	20	29	2	2	0,04	0,07	0,30	0,40	M16
0,9	0,9	MVE 41/3E-MICRO-M	MVE 41/3E-MICRO-M	45	45	2,4	2,4	0,05	0,07	0,30	0,40	M16

Imagen 3.7: Selección de modelo de moto vibrador.

Tal como se detalla en la imagen 3.4, el modelo seleccionado es el MVE3/3E-MICRO-M de la marca OLI, Este modelo consume 0.03 kW de potencia eléctrica y consume 0.3 A. El mismo es el más pequeño de la gama ya que no se requiere una gran fuerza, sino, se requiere del movimiento del sistema para una carga homogénea del cartucho.

3.2 Subsistema de extrusión

▪ Función

Reorientar longitudinalmente las fibras ordenadas al azar para poder cortarlas en el largo requerido.

Una consideración clave para el diseño de este sistema fue de aislar las piezas críticas, más costosas como el vástago del actuador hidráulico, para evitar que entren en contacto con el compuesto. Todas las piezas que se detallan a continuación que si se encuentran en contacto con el compuesto fueron diseñadas a partir de materiales que no se degradan al ser limpiadas con diluyentes epoxi industriales. Este sistema se puede desmontar completamente de la bancada, ya que está fijado a la misma mediante pernos y bulones.

Por otra parte, un requerimiento funcional de este sistema es la correcta alineación de los componentes, ya que una leve desalineación entre la cámara y el vástago podría provocar el cruce del embolo dentro de la cámara.

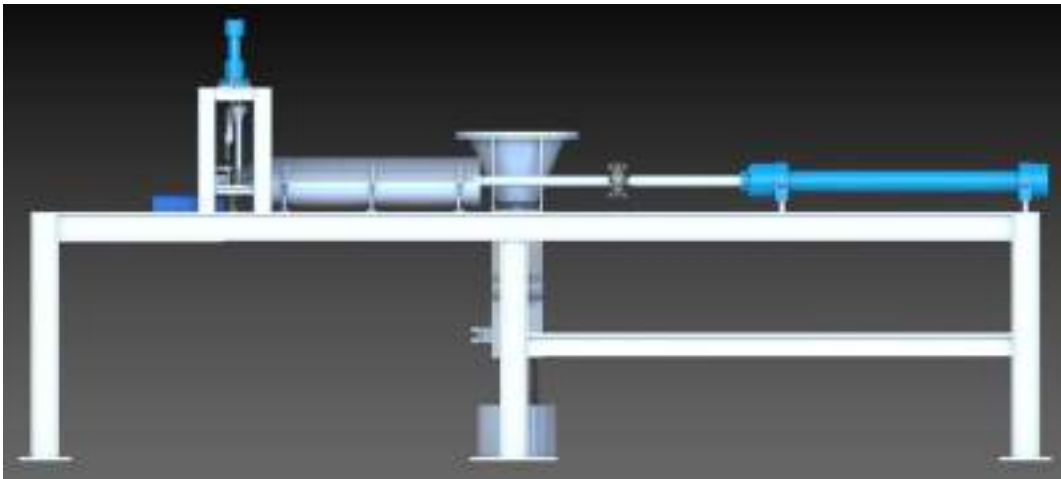


Imagen 3.8: Vista posterior de la máquina

En la imagen 3.8 se puede observar la disposición del sistema de extrusión en la máquina, el cilindro hidráulico y la cámara exterior inferior son las partes que se vinculan a la bancada, en el caso del actuador, mediante pernos diseñados para garantizar la correcta nivelación del vástago con el resto del sistema, mientras que la cámara exterior tiene soldados a ella soportes los cuales se fijan a la bancada mediante bulones.

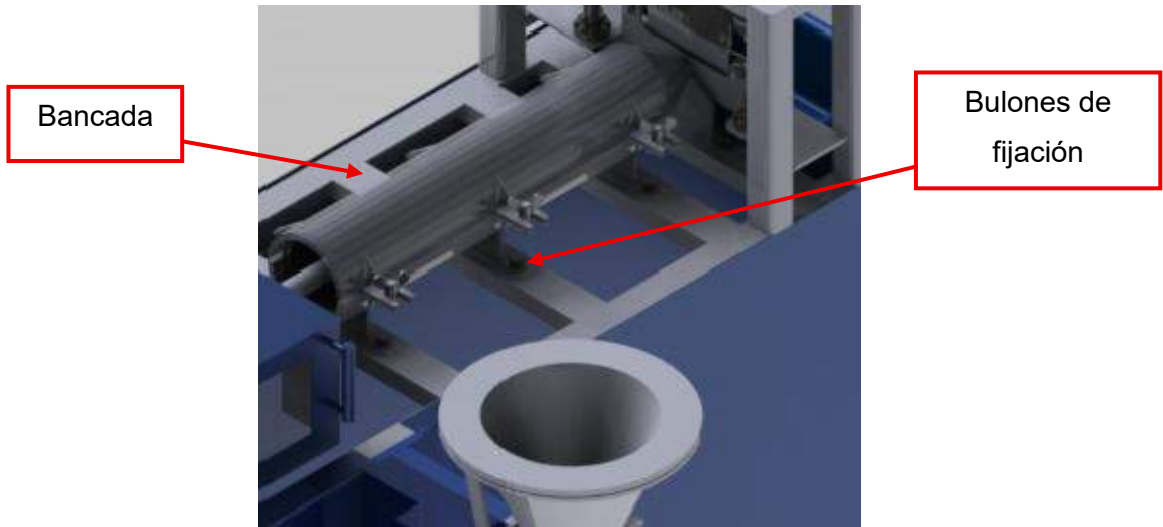


Imagen 3.9: Bulones de fijación a bancada

▪ **Componentes principales**

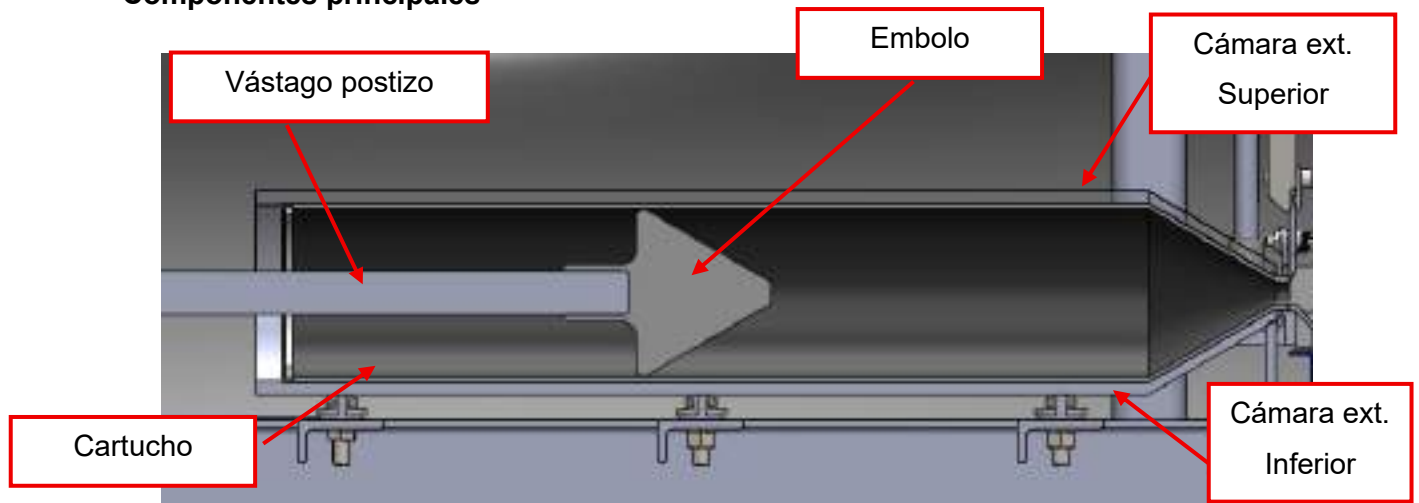


Imagen 3.10: Disposición interna de componentes de sistema de extrusión

- **Cartucho:** volumen dimensionado según proporción fibra/resina (0,4) y caudal máximo estimado ($\approx 1767 \text{ mm}^3/\text{s}$). La transición entre la cámara cilíndrica y la boquilla de salida es cónica 30° para evitar grandes aumentos de presión en la misma que puedan dañar el compuesto. Está diseñada con Polietileno de alta densidad para permitir su limpieza luego de cada ciclo.

Posee un anillo de retención para evitar que el embolo salga de él, y en el otro extremo un tapón que se debe retirar antes de comenzar el ciclo. Estos componentes se ilustran en la imagen 3.11.

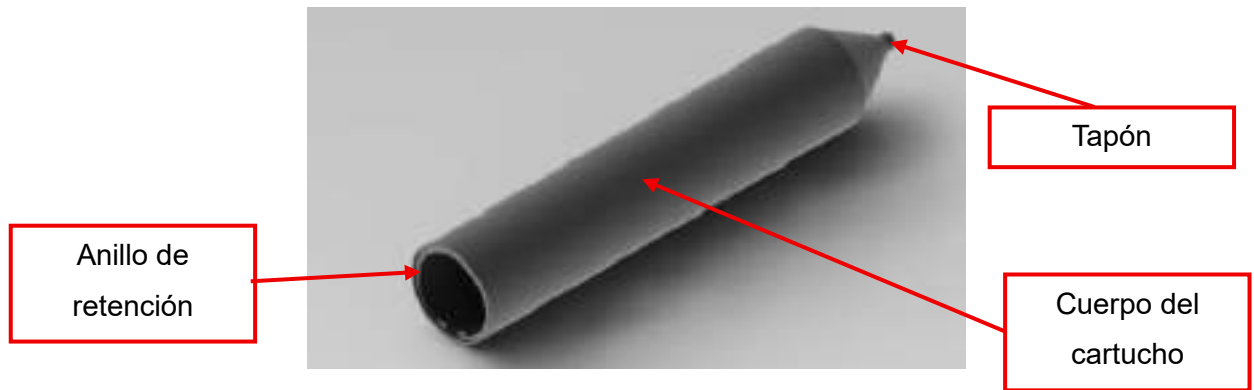


Imagen 3.11: cartucho

- Embolo: es el elemento encargado de empujar el compuesto hacia la boquilla de salida. El mismo contempla un ajuste de apriete contra las paredes del cartucho para evitar fugas de resina durante la operación. En la imagen 3.12 se ilustra el resalte que posee en la zona de contacto con el cartucho. Por otro lado, el embolo se vincula con el vástago postizo mediante un alojamiento, el cual posee el ajuste necesario para que no haya juego y las piezas se puedan vincular manualmente, adicionalmente posee un prisionero que evita el giro entre ambos.

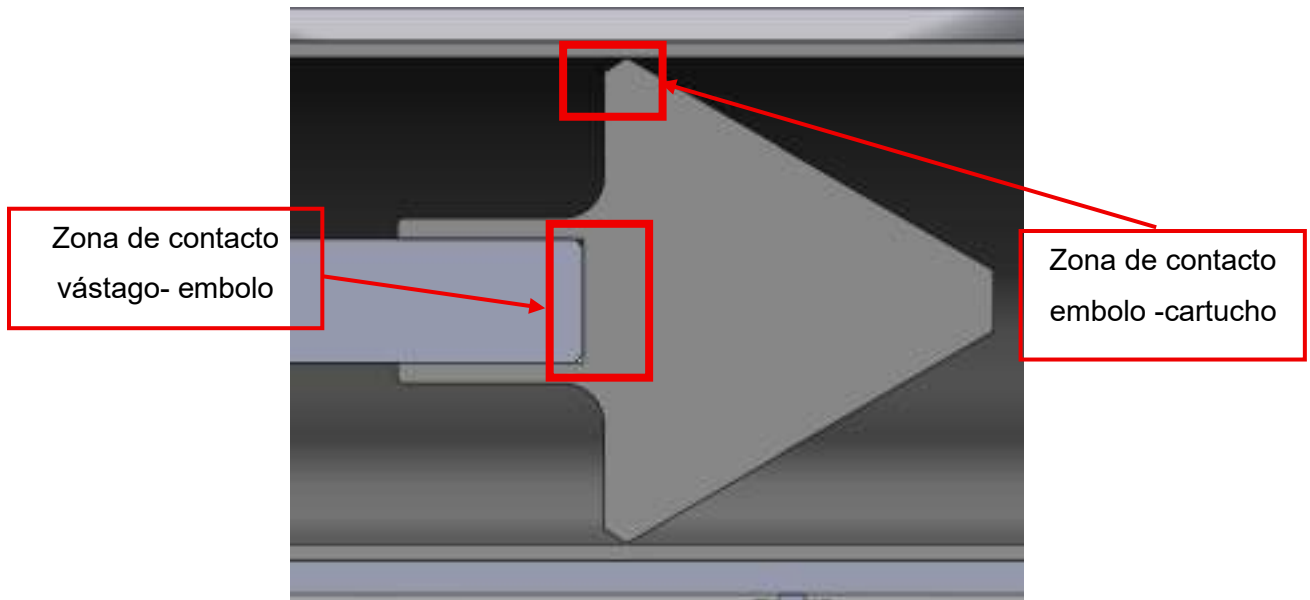


Imagen 3.12: Embolo

- Cámara exterior: contiene y sostiene al cartucho, además de aportar resistencia para soportar la presión generada dentro del cartucho durante la extrusión. Está diseñada a partir de caños de acero y posee un sistema de cierre rápido y bisagra para colocar y retirar al cartucho.

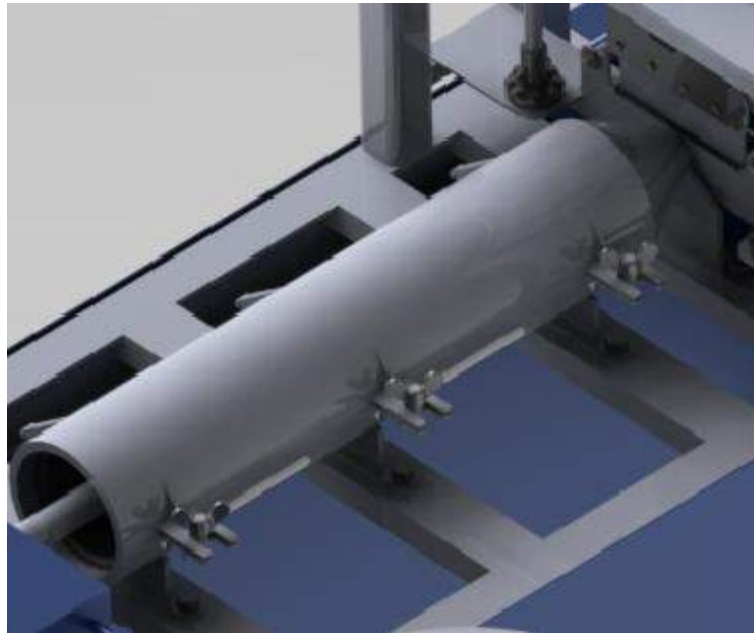


Imagen 3.13: Sistema de cierre rápido

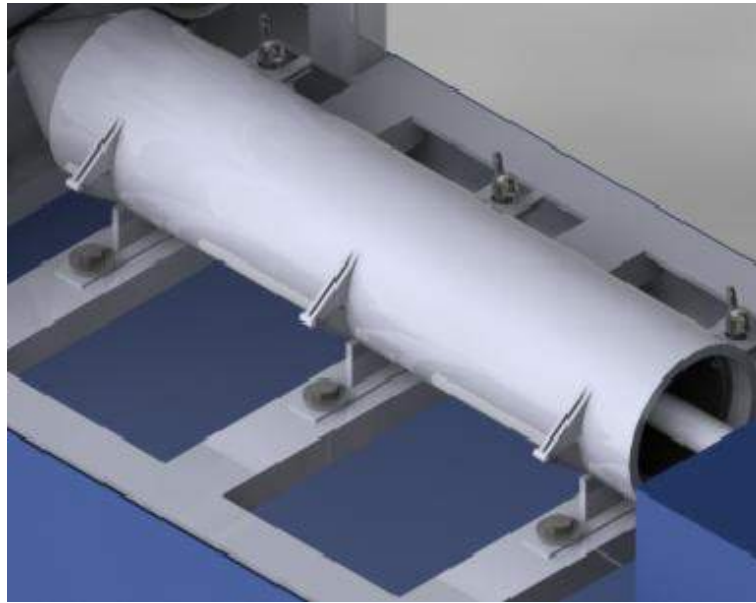


Imagen 3.14: Sistema de bisagras.

Tal como se muestran en las imágenes 3.13 y 3.14, los soportes para la bisagra y cierres se encuentran soldados a la cámara exterior.

- Vástago postizo: Esta pieza tiene por finalidad evitar que el vástago del cilindro hidráulico ingrese dentro de la cámara de extrusión con la intención de evitar que este se ensucie con restos de resina epoxi, arruinando la funcionalidad del Actuador. Ambos elementos se acoplan mediante bridas abulonadas, a las cuales las separa una junta de polímero para evitar el contacto entre caras metálicas. Se optó por este tipo de vinculación ya que es de suma importancia una correcta alineación entre vástagos.

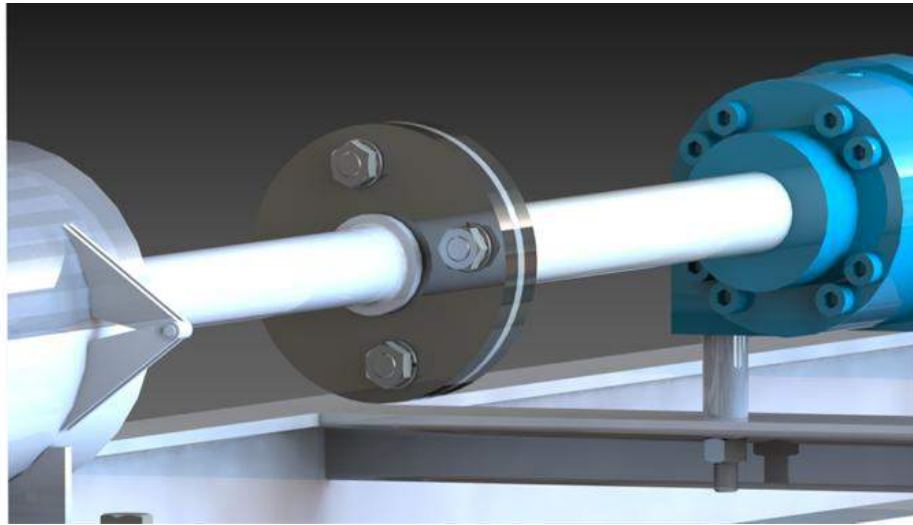


Imagen 3.15: Vinculación entre vástagos.

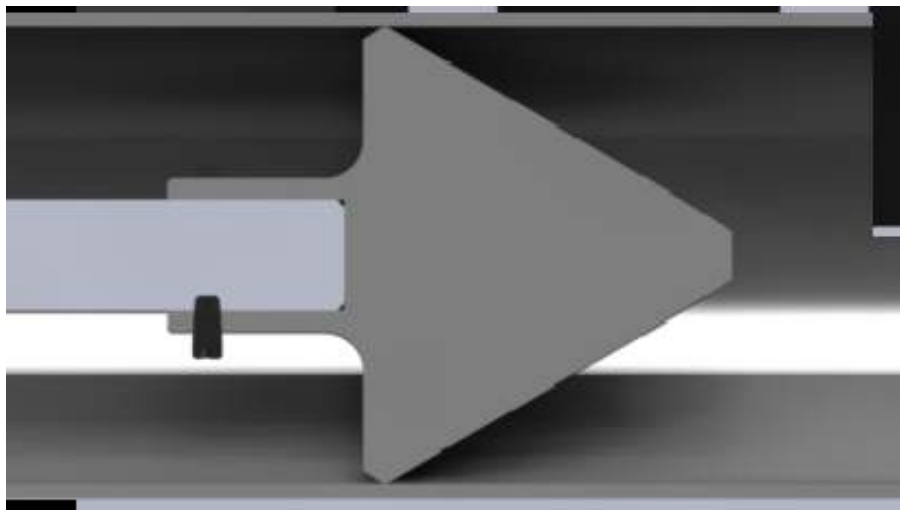


Imagen 3.16: Vinculación vástago - embolo.

Tal como se mencionó anteriormente el vástago postizo y el embolo están vinculados mediante una cara de contacto, por la cual se transmite la fuerza y también mediante un prisionero que evita el giro relativo entre ambos componentes durante el proceso.

- Cilindro hidráulico: El actuador seleccionado es de la marca Bosch Rexroth serie CDH2. Se optó por una configuración de doble soporte dado el largo del mismo. La vinculación a la bancada es mediante pernos de acero con

extremos roscados, dichos elementos fueron diseñados para asegurar una correcta nivelación del cilindro con los demás componentes del sistema.



Pernos de
vinculación

Imagen 3.17: Cilindro - Bancada.

▪ Dimensionamiento

El dimensionamiento de los componentes, así como la verificación de resistencia de los componentes críticos se encuentra detallada en el Anexo 1 – Memoria de cálculo.

Para el dimensionamiento del cilindro hidráulico se procedió a idear un método de cálculo que contempla la presión generada dentro del cartucho al hacer fluir el compuesto por una sección menor y el fenómeno de fricción entre las fibras y el interior del recipiente. Este modelo se pudo validar utilizando la información obtenida gracias al prototipo funcional diseñado por el equipo de Kohlenia.

▪ Selección de componentes

El principal componente a seleccionar en este sistema fue el cilindro hidráulico, el mismo es el encargado de realizar la fuerza necesaria para la extrusión del material.

Optamos por un diseño robusto ya que, si bien los valores de la fuerza no son elevados, este componente realiza una tarea fundamental en el proceso y es por esta razón que se optó por sobredimensionar el mismo.

En la imagen 3.15 se muestran los datos correspondientes a este componente.

Modo de operación	CD	Cilindro diferencial
Serie	H2	Serie H2 según ISO 6072, DIN 26132
Tipo de sujeción	MS2	Sujeción en la base
Diámetro del pistón	40	D = 40 mm
Diámetro de vástago	25	d = 25 mm
Longitud de carrera	600	mm
Principio constructivo	A	Bride en cabeza y base
Serie	3X	30 hasta 39: dimensión invariable de montaje y conexión
Conexión de tubería / versión	8	según ISO 1179-1 (roca para tubos ISO 228-1) EE = G 1/2 D4 = 34 (máx. 0,5 mm de profundidad)
Conexión de tubería / en cabeza	2	derecha - mirando hacia el vástago
Conexión de tubería / en base	2	derecha - mirando hacia el vástago
Versión de vástago	C	Cromado duro
Extremo del vástago	H	Rosca para cabeza articulada CGKD KK = M20 x 1,5 A = 28 NV = 19
Amortiguación de posición final	U	Sin
Versión de junta	M	Sistema de sellado estándar (para aceite mineral HL, HLP, HFA)
Opción	W	Versión estándar: Engrasador cónico estándar DIN71412 tipo A
Tenacidad		RA15010 - Azul perla

Figura 3.18: Selección cilindro extrusión

3.3 Sistema de corte

▪ Función

La función principal del sistema de corte es concretar de manera efectiva el corte transversal de las fibras en longitudes de 10–15 mm, Dadas las características del material, el sistema de corte posee rascadores, que están en contacto con la cuchilla y permiten una correcta realización del corte, sin que quede compuesto adherido a la cuchilla.

En las imágenes 3.16 y 3.17 se ilustra la disposición de los diferentes componentes de este sistema.

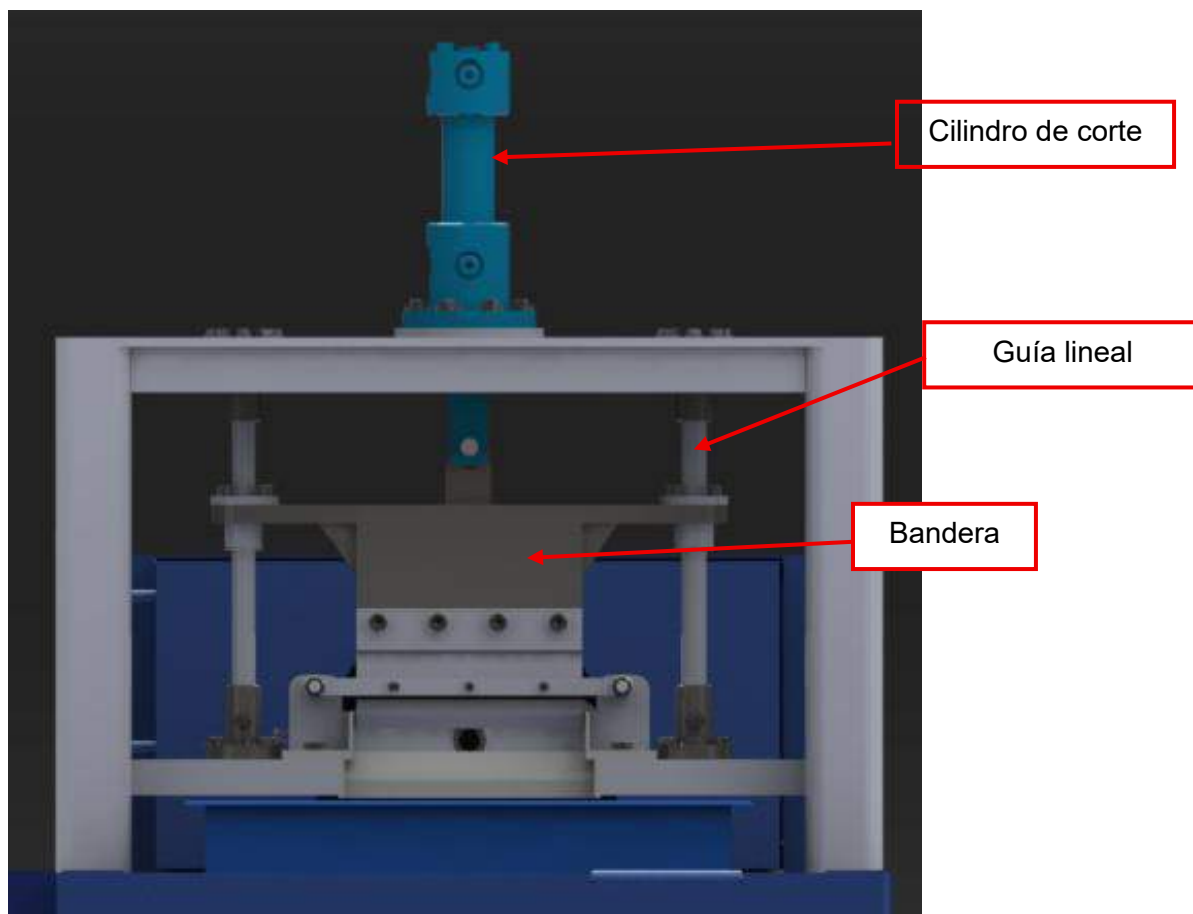


Imagen 3.16: Sistema de corte.

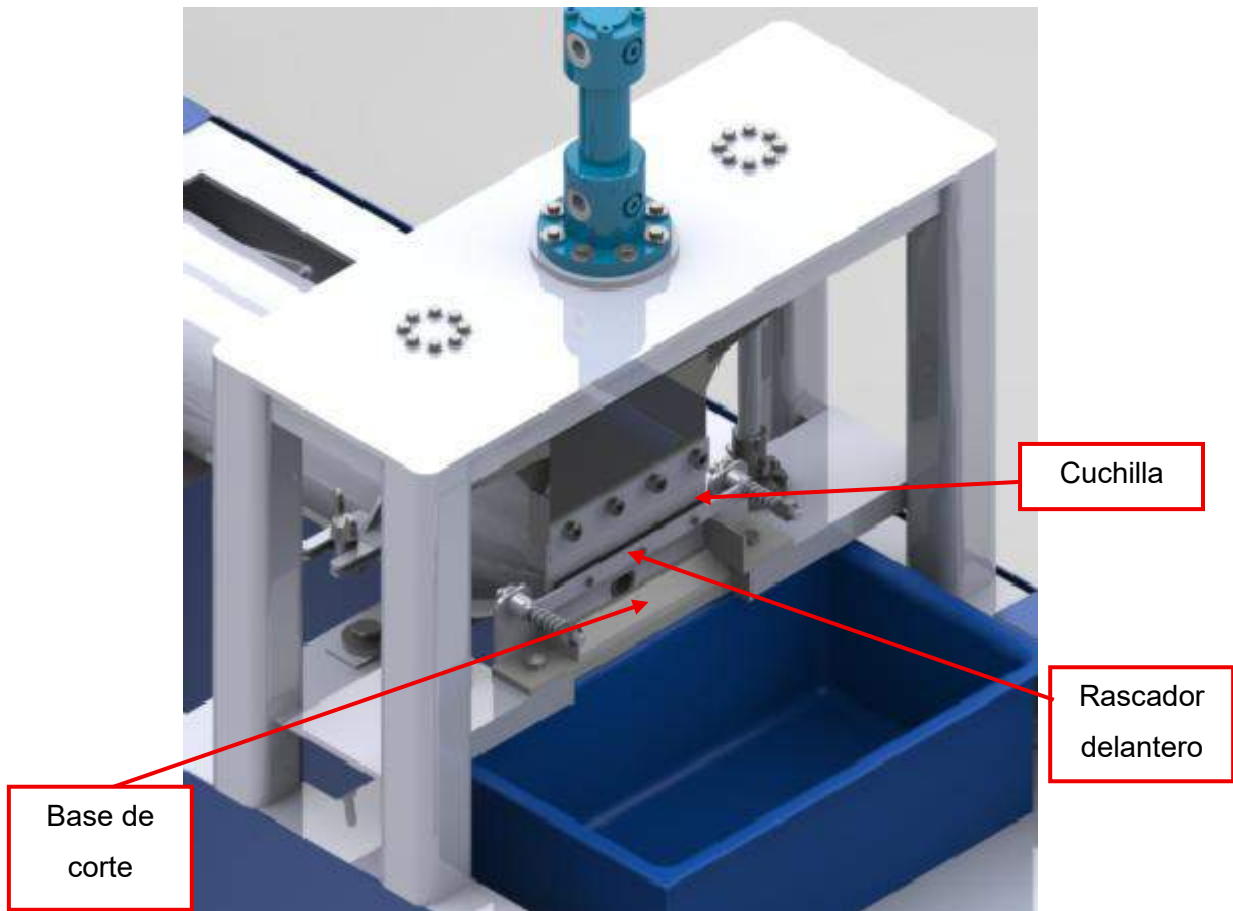


Imagen 3.17: Sistema de Corte – recorte de isometría.

▪ Componentes principales

- Guías Lineales: Están diseñadas a partir de redondos de acero al carbono mecanizados. Su función principal es guiar la bandera en su movimiento, es por esto que deben estar debidamente alineadas al momento de montarlas. También es importante que las mismas estén dentro de las tolerancias dimensionales y superficiales detalladas en el plano (Anexo 2) ya se vinculan a la bandera mediante rodamientos lineales.
- Bandera: Es la pieza que porta a la cuchilla y la traslada durante su movimiento de corte. Está diseñada a partir de chapa de acero al carbono soldada, en el plano de la pieza se pueden ver en detalle cada unión y los espesores de cada sección, se vincula a la cuchilla mediante una mordaza para facilitar el

montaje y desmontaje del elemento de corte. Tal como se ilustra en la imagen 3.18.

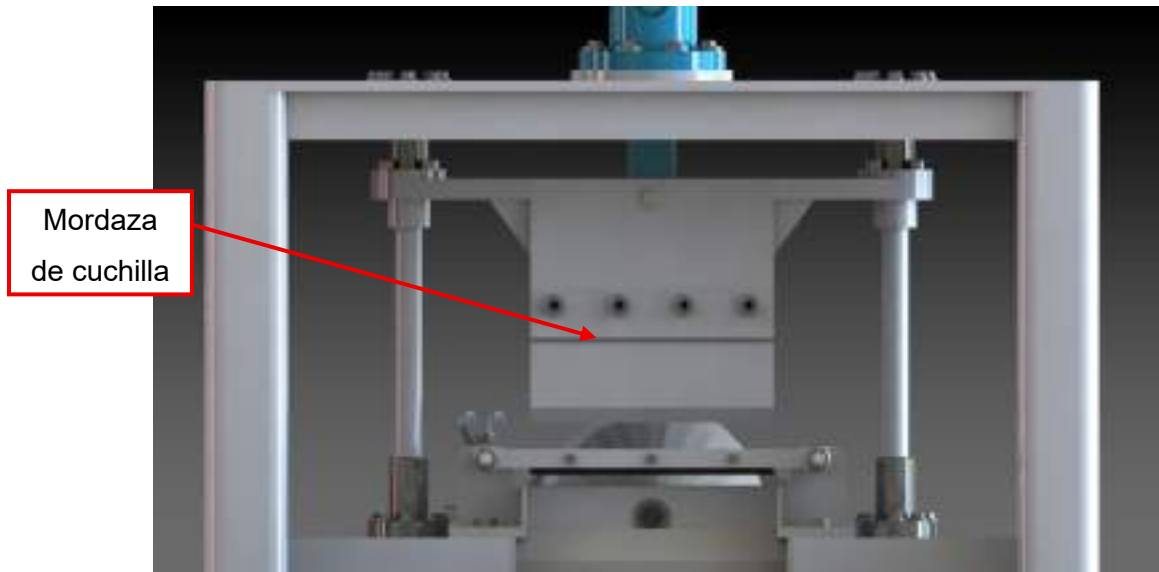


Imagen 3.18: Vista lateral

- Cuchilla: Es el órgano encargado de realizar el corte, posee un ángulo de corte de 22° y está diseñada en acero inoxidable para evitar que la misma pierda filo durante el uso o sufra corrosión. Como se mencionó anteriormente, la misma se debe desmontar luego de cada ciclo de trabajo para su limpieza.

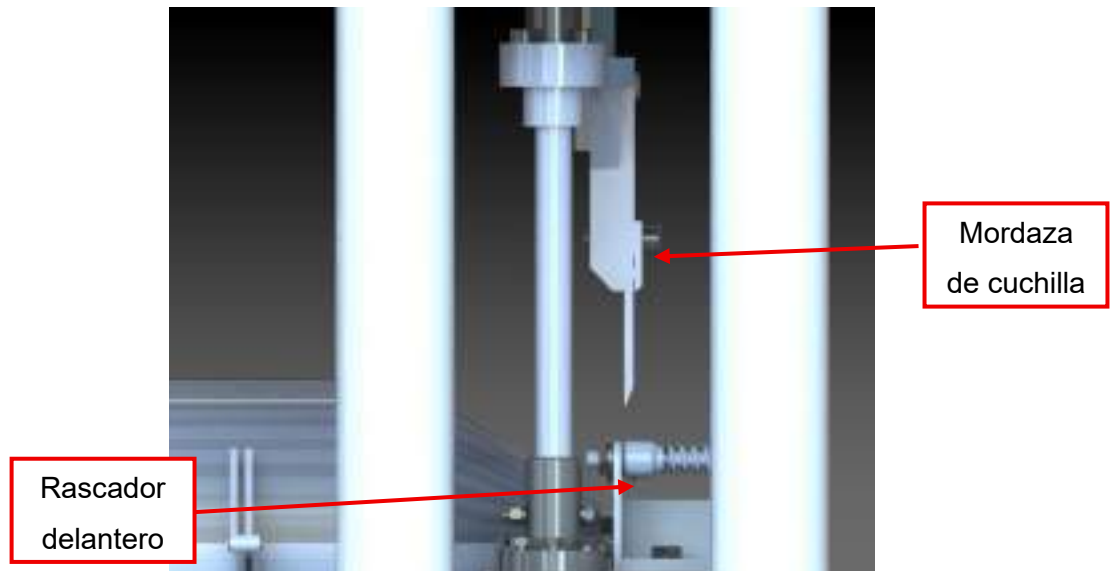


imagen 3.19: Detalle cuchilla

- Sub bancada: Debido a que soporta todo el sistema, se tomó la decisión de diseñar una sub bancada para el sistema de corte, la misma está fabricada a partir de tubo estructural de sección cuadrada y chapa de acero, todos sus componentes están soldados entre sí y la estructura está soldada a la bancada principal, es fundamental que, al realizar esta unión, se verifique que la posición es la indicada en el plano (Anexo 2).
- Base corte, es la superficie en la cual se produce el apoyo para el corte, posee un ángulo de salida abrupto para permitir la caída del material dentro de la bodega de descarga una vez efectuado el corte. La misma es desmontable ya que está unida a la bancada mediante bulones.

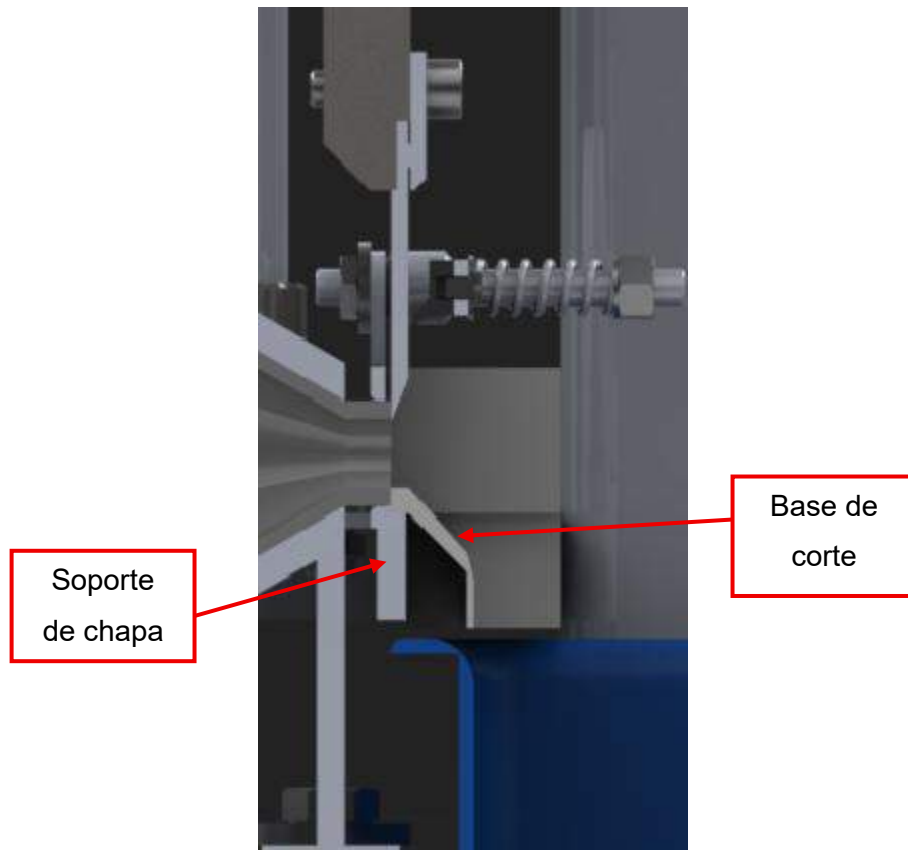


Imagen 3.20: Imagen de sección de sistema de corte

Rascador delantero: tiene por función remover el material adherido a la cuchilla luego del corte. Para su diseño fue necesario contemplar que la cuchilla varía su sección en su largo y es por esta razón que posee un movimiento axial. Por otro lado, el miembro activo es de polímero y se puede retirar mediante unos bulones de su base para realizar su limpieza.

- Cilindro hidráulico: el cilindro seleccionando es también de la marca Bosch Rexroth, modelo CDM1MF3_25_14_50A3X_B22CRUMW.

▪ Dimensionamiento

El dimensionamiento de los componentes, así como la verificación de resistencia de los componentes críticos se encuentra detallada en el Anexo 1 – Memoria de cálculo.

Vale aclarar que, para estimar la fuerza de corte, fue de suma importancia la información recabada por Kohlenia durante las pruebas con su prototipo funcional, ya que, si bien el mecanismo de corte es diferente, no existe un método que permita estudiar la fuerza de corte de los hilos de fibra de carbono impregnados en resina epoxi sin polimerizar.

▪ **Selección de componentes:**

- El principal componente a seleccionar en este sistema fue el cilindro hidráulico, el mismo es el encargado de realizar la fuerza necesaria para el corte de las fibras. Se seleccionó otro modelo de la marca Rexroth modelo CDM1MF3_25_14_50A3X_B22CRUMW. En la imagen 3.20 se muestran sus características principales.

Tipo de sujeción	MF3	Brida redonda en el extremo de cabeza
Diámetro del pistón	25	d = 25 mm
Diámetro de vástago	14	d = 14 mm
Longitud de cámara	50	mm
Principio constructivo	A	Brida en cabeza y base
Serie	3X	30 hasta 39: dimensión invariable de montaje y conexión
Conexión de tubería / versión	H	RSP - Rouca gas - ISO 228-1 de la ISO 1179-1 EE = G 1/4 D4 = 25 (max. 0,5 mm profundidad)
Conexión de tubería / en cabeza	2	derecha - mirando hacia el vástago
Conexión de tubería / en base	2	derecha - mirando hacia el vástago
Versión de vástago	C	Cromado duro
Extremo del vástago	R	Piston rod end G with fitted fork head CCRB KK = M12x1,25 CE = 38 CK = 12

Imagen 3.21: Datos cilindro Hidráulico corte

- Otro componente crítico de este conjunto es la cuchilla, la misma está diseñada a partir de un acero inoxidable, se seleccionó este material dado que el mismo posee gran dureza debido a su microestructura martensítica, por lo tanto, no habría una pérdida de filo significativa, ni tampoco, reacciona químicamente con los productos utilizados para la remoción de la resina epoxi. En la imagen 3.21 se observa la hoja de datos del proveedor local de dicho material.

CHAPA PARA CUCHILLAS P498V

Aplicación

El acero inoxidable P498V es una aleación martensítica especialmente desarrollada para ser usada en la fabricación de hojas de cuchillas, en cualquiera de los siguientes tipos:

- Cuchillos de cocina forjados
- Cuchillos de carnicería
- Cuchillos deportivos

Disponibilidad

Lo comercializamos en las siguientes medidas:

CÓDIGO	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	LARGO (mm)	AISI
340857	2,85	1000	2500	P498V
340877	3,20	1000	2500	P498V

Imagen 3.22: Material de cuchilla de corte.

- Para la elección de rodamientos lineales se consideró que los mismos son indispensables en el sistema de corte dada la rapidez con la que debe subir y bajar la bandera que sujeta la cuchilla. Luego de un proceso de selección, optamos por el modelo BBER16AUU de la marca ntn. Se realizó la verificación de la carga en comparación a la carga axial aceptada según los datos del fabricante.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
Marca	SNR
Tipo de diseño	BBER
Categoría casquillo de agujas	Flange type ball bushings
Escánder	ISO dimension
Número de juntas	2
Material cilindro exterior o segmentos de acero	100Cr6
Material de la jaula	RS134-2
Lubricación inicial	Non/No
d - Diámetro interior	16 mm

Imagen 3.23: Datos rodamiento lineal.

3.4 Sistema hidráulico

Para este proyecto consideramos esencial la incorporación de un sistema hidráulico ya que nos permite cumplir con los esfuerzos requeridos en las velocidades óptimas de trabajo sin necesidad de correr riesgos operacionales como por ejemplo con sistemas neumáticos.

Este tipo de accionamiento presenta ventajas claves en términos de potencia, precisión de control y velocidad de respuesta ante cargas variables, lo cual consideramos que son características fundamentales para las operaciones de extrusión y de corte. Además, que posee la capacidad de ser automatizado.

El diagrama hidráulico se encuentra en el Anexo 3 del presente informe, a continuación, en la imagen 3.23 se ilustra dicho diagrama normalizado.

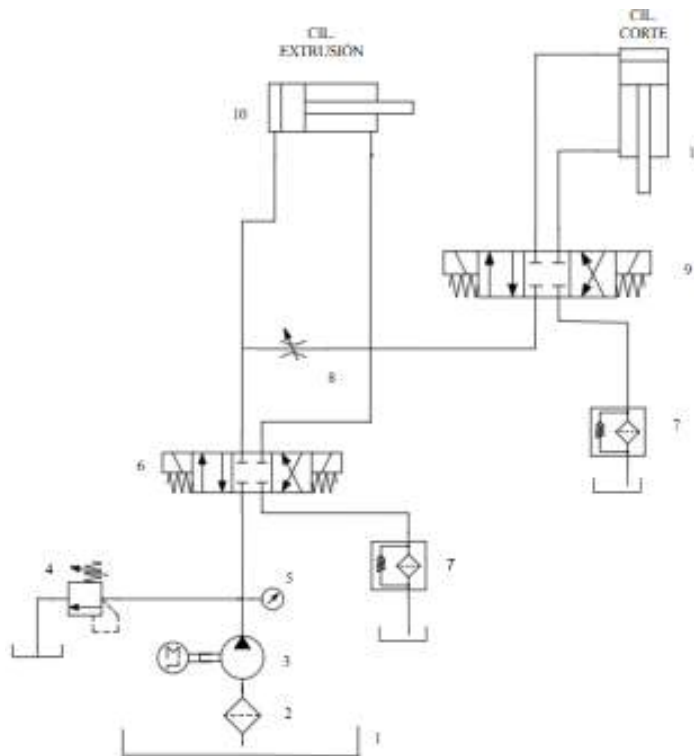


Imagen 3.24: Diagrama hidráulico normalizado.

En la imagen 3.23 se observa cómo se realiza la coordinación de movimientos de ambos actuadores mediante una válvula reguladora de caudal, ya que la variable principal a coordinar es la velocidad de ambos cilindros.

Por otra parte, se ideó el sistema con una bomba de caudal constante ya que la misma permite un flujo más estable y por ende un control más preciso de los movimientos de ambos cilindros.

Para la selección de componentes se consideró unificar el proveedor de componentes hidráulicos, es decir utilizar componentes Bosh Rexroth. A continuación, se listarán todos los componentes seleccionados para este sistema:

- **Centralita Hidráulica:** Modelo DL 725- F99 - 66/12(110)/(30) - G10 - OC/CR - 13 - S338 - O1/M2/G8



Imagen 3.25: modelo 3D de centralita seleccionada.

Three Phase Current Motors 230/400V 50Hz
IP54 Size IEC 71

Code	Type	Material Number	Power (kW)	Power (hp)	Poles	Rpm at 50Hz	Duty Cycle	Thermal Switch
724	C162251085C	R932000302	0.75	1	2	2900	S3 30%	no
724T	C162251368C	R932000634	0.75	1	2	2900	S3 30%	yes
726	C162251083C	R932000301	1.1	1.5	2	2900	S3 30%	no
726T	C162251374	R932000423	1.1	1.5	2	2900	S3 30%	yes

Imagen 3.26: motor eléctrico de accionamiento de bomba.

Manifold code with Sequence Valve pressure range	Pressure range Relief Valve DB bar (psi)	Pressure range Sequence Valve V2 bar (psi)	Type	Material Number
66/12	80-250 (1305-3626)	30-120 (435-1740)	766C120NG	R930052303
66/17	80-250 (1305-3626)	60-170 (870-2445)	766C150NG	R930052304

Imagen 3.27: válvula limitadora de presión.

Code	Displacement cc/rev	Flow at 1500 rpm l/min (gpm)	P2 bar (psi)	P3 bar (psi)	Type	Material Number
11	1,35	1,58 (0,50)	230(333)	270(391)	K01CV79167126	R930068971
12	1,8	2,4 (0,63)	230(333)	270(391)	K01CV10110322	R932007475
13	2	3,0 (0,79)	230(333)	270(391)	K01CV10110323	R932007477
14	2,5	3,75 (0,98)	230(333)	270(391)	K01CV10112317	R932007479
15	3,15	4,7 (1,24)	210(304)	250(362)	K01CV10112318	R932007481

Imagen 3.28: Bomba de engranajes.

- **Válvula direccional:** esta válvula se selecciona con comando mediante solenoides, para poder automatizar los procesos de corte y extrusión. En la imagen 3.28 se muestran las características de la misma.

Technical data

General		
Valve element with 2 solenoids	kg (lbs)	1.75 (3.86)
Ambient Temperature	°C (°F)	-30...+90 (-22...+194) (NBR seals)
MTTFd		150 years see RE 18350-51
Hydraulic		
Maximum pressure at P, A and B ports	bar (psi)	250 (3625)
Maximum pressure at T	bar (psi)	250 (3625)
Maximum inlet flow	l/min (gpm)	20 (5.3)
Hydraulic fluid		Mineral oil based hydraulic fluids HL (DIN 51524 part 1).
General properties: it must have physical lubricating and chemical properties suitable for use in hydraulic systems such as, for example:		Mineral oil based hydraulic fluids HLP (DIN 51524 part 2). For use of environmentally acceptable fluids (vegetable or polyglycol base) please consult us.
Fluid Temperature	°C (°F)	-30...+100 (-22...+212) (NBR seals)
Permissible degree of fluid contamination		ISO 4572: $\beta_{2/5} X=12...15$ ISO 4406: class 20/18/15 NAS 1638: class 9
Viscosity range	mm ² /s	5...420
Electrical		
Voltage type		DC (AC only with RAC connection)
Voltage tolerance (nominal voltage)	%	-10 ... +10
Duty		Continuous, with ambient temperature $\leq 50^{\circ}\text{C}$ (122°F)
Coil wire temperature not to be exceeded	°C (°F)	150 (302)
Insulation class		H
Compliance with		Low Voltage Directive LVD 73/23/EC (2006/95/EC), 2004/108/EC
Coil weight with connection EN 175301-803	kg (lbs)	0.18 (0.40)
Voltage	V	12 24 48
Voltage type		DC DC DC
Power consumption	W	20 20 20
Current (nominal at 20 °C (68 °F))	A	1.62 0.84 0.45
Resistance (nominal at 20 °C (68 °F))	Ω	7.4 28.4 106.4

Imagen 3.29: Información técnica.



Imagen 3.30: válvula diferencial 3 vías / 3 posiciones

- **Válvula reguladora de caudal:** Este componente será el que coordine el sistema de corte y de extrusión. La tasa de regulación de caudal se fijará una vez que se ponga a punto la configuración de la maquina y no podrá haber una variación durante el funcionamiento de este parámetro.



Imagen 3.31: válvula reguladora de caudal.

Technical data	
Max. operating pressure	350 bar (5000 psi)
Rated flow	150 l/min. (39 gpm)
Fluid temperature range	-30 to 100 °C (-22 to 212 °F)
Installation torque	80 - 100 Nm (59 - 74 ft-lbs)
Weight	0.31 kg (0.68 lbs)
Cavity	CA-16A-2N (see data sheet 18325-70)
Lines bodies and standard assemblies	Please refer to section "Hydraulic integrated circuit" or consult factory
Seal kit ¹⁾	Code: RG16A2010530100 material no: R930003262
Fluids	Mineral-based or synthetics with lubricating properties at viscosities of 10 to 500 mm ² /s (cSt)
Recommended degree of fluid contamination	Nominal value max. 10µm (NAS 8) / ISO 4406 19/17/14
Installation	No restrictions
Other Technical Data	See data sheet 18350-50

1) Only external seals for 10 valves

Imagen 3.32: válvula reguladora de caudal.

La disposición en la máquina de este sistema, se muestra a continuación en la figura 3.24. El sistema fue pensado instalar en esta parte de la maquina debido a que la centralita es un foco térmico se pretende alejarla del material compuesto para evitar temperaturas que aceleren su polimerización, además que el lugar debía ser de fácil acceso para realizar el montaje y futuros mantenimientos al sistema.

Por otra parte, para disipar el calor generado en el sistema hidráulico se realizaron conductos de ventilación en las protecciones perimetrales para permitir el libre flujo de aire y evitar sobrecalentamientos.

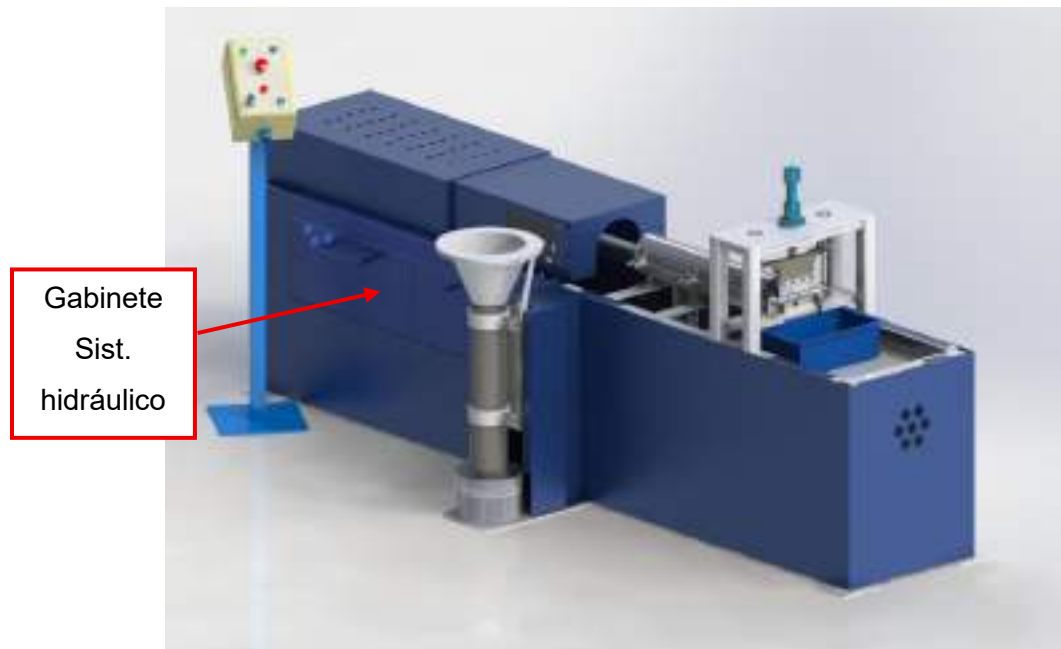


Imagen 3.34: Ubicación del sistema hidráulico.



Imagen 3.35: Disposición del sistema hidráulico.

3.5 Sistema de automatización y control

Si bien el diseño y programación del automatismo del dispositivo están fuera del alcance del presente proyecto, se consideraron diversas formas para automatizar el proceso en su totalidad o realizar un diseño mixto que combine la mano de obra humana en conjunto con operaciones realizadas bajo la coordinación de un Autómata programable como un PLC.

Por otra parte, para censar los movimientos de los actuadores hidráulicos se planea utilizar un conjunto de finales de carrera ubicados en puntos estratégicos de cada sistema. En el caso del Sistema de extrusión se colocarían de forma tal de que sean accionados mediante el acople bridado de los vástagos. Mientras que en el sistema de corte se instalarían en la bancada en contacto con la bandera, uno en el punto inferior de corte y otro en el punto superior, donde también será el punto de retiro de cuchilla.



Imagen 3.36: Sensor de final de carrera a rodillo.

También se necesitará un panel del control para la máquina, donde el operario pueda seleccionar el modo de funcionamiento, setear algunos parámetros y tener información en tiempo real sobre la evolución de las dos variables a controlar, el caudal y la presión hidráulica. Con la tecnología actual esto es fácil y económico de implementar y permite un mejor control del proceso en general.

3.4 Sistema de seguridad para el operario

Dado que la seguridad industrial inicia en el diseño de las máquinas y dispositivos, se ha utilizado como criterio para el diseño mecánico del dispositivo, la seguridad y salud de quienes operan el equipo. Por ejemplo:

- Protección física mediante chapa de 1.8 mm de espesor para evitar atrapamientos en sistema de extrusión.
- Recubrimiento lateral de sistema de carga para evitar atrapamientos y reducir la intensidad acústica del sistema.



Imagen 3.37: Protecciones.

- Altura de trabajo ergonómica y control de cargas a manipular por personas.
- Incorporación de sensores de cortina de luz al sistema de corte para reducir el riesgo de contacto con la guillotina mientras está funcionando.



Imagen 3.38: Sensor de cortina de Luz.

Capítulo 4: Descripción general del proceso

La máquina recicladora está diseñada para reprocesar el scrap de filament winding, transformándolo en un compuesto reutilizable. El flujo está organizado en tres etapas clave, operando de forma semiautomática y en menos de 30 min para respetar el pot life del material.

- Preparación y verificación del sistema

Antes de comenzar el ciclo operativo, se deben realizar las siguientes acciones preparatorias fundamentales:

1. Verificación del sistema hidráulico y eléctrico. El operador debe verificar:

- El nivel de fluido hidráulico esté dentro del rango óptimo: esto se verifica retirando la tapa que cubre a la centralita y observando el visor de nivel que está colocado en su depósito de aceite.
- No existan fugas en conexiones, válvulas o cilindros: para esto, luego de observar el nivel de fluido en la centralita, revisar las conexiones en válvulas y luego inspeccionar visualmente las conexiones de los cilindros hidráulicos.
- El panel de control esté encendido y sin errores de diagnóstico.
- Los actuadores respondan correctamente en pruebas de avance/retracción en vacío.

2. Limpieza e inspección de componentes en contacto con el compuesto

Dado que el compuesto epoxi tiene una vida útil limitada ($\text{pot life} \leq 30 \text{ min}$), es imprescindible que no queden restos de material de ciclos anteriores. Se deben inspeccionar que los siguientes componentes no hayan quedado obstruidos por resina seca dentro de ellos:

- Sistema de carga: verificar que la tolva de carga y el cartucho estén completamente limpios en su interior, libres de material compuesto adherido en

su superficie. Si se encuentran en condiciones, se deben montar en el dispositivo de carga tal como se muestra en la imagen 4.1.

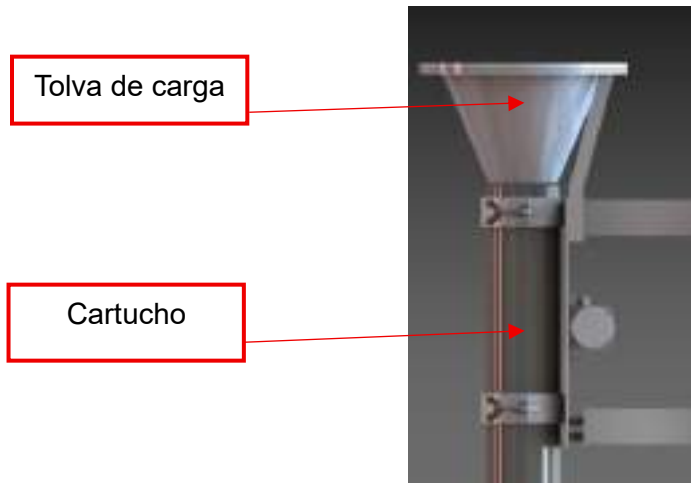


Imagen 4.1: Sistema de carga

Es decir, que en primera instancia se debe montar el cartucho inspeccionado con el tapón inferior debidamente colocado, esto se hace abriendo las abrazaderas que lo contienen e insertando el cartucho en la base que lo sostiene en su sección cónica y finalmente asegurar que la abrazadera esté correctamente cerrada.

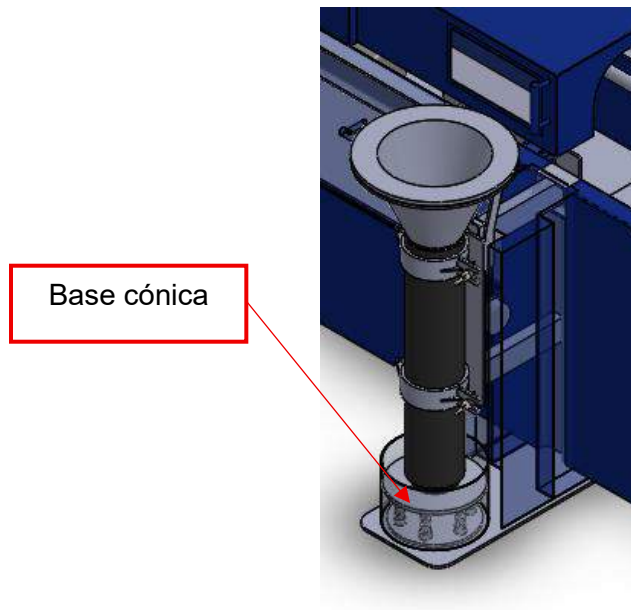


Imagen 4.2: Base sistema de carga

Luego, se debe colocar la tolva en su base que la vincula al resto del sistema

- Base de corte: Verificar que la misma se encuentra en correcto estado, es decir sin daños significativos en la sección donde apoya la cuchilla al cortar, esto es clave ya que, si este elemento no está en condiciones, el corte no será preciso o no se completará. Por otro lado, se debe observar que no haya restos de resina en la base.

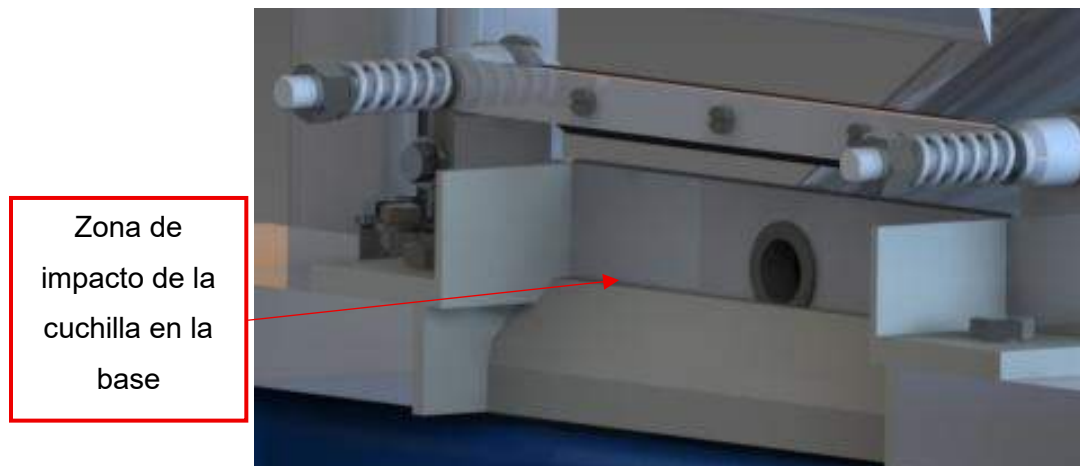


Imagen 4.3: Zona de contacto de cuchilla

Si la misma se encuentra en condiciones, se debe montar en la sub bancada de la guillotina mediante su bulón de fijación.

- Rascadores: se debe revisar que ambos rascadores se encuentran limpios y en condiciones, es decir con su bisel del contacto en buen estado. Luego se debe instalarlos en el sistema de corte. Para esto al frontal hay que fijarlo a su soporte como se ilustra en la imagen 4.4, mientras que el trasero se fija a la bancada del sistema de corte.

Bulones para
fijación de
rascador
delantero

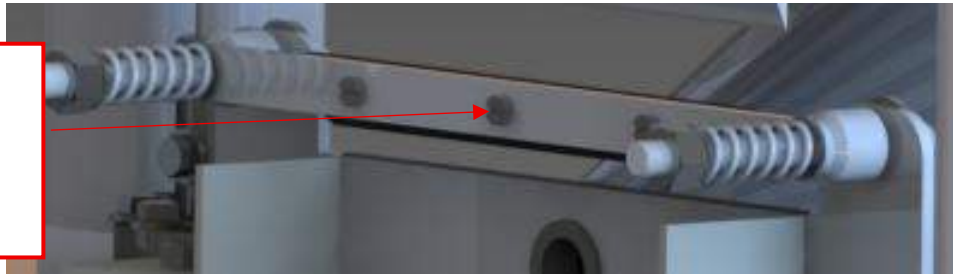
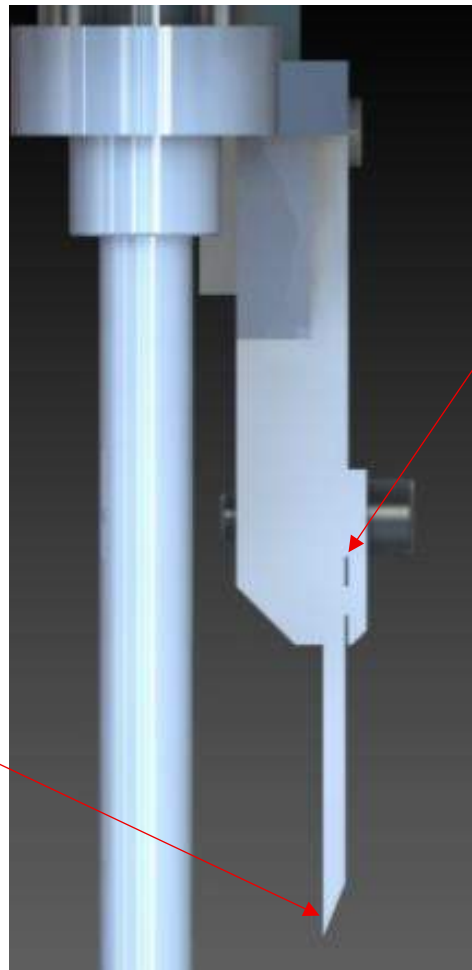


Imagen 4.4: Rascadores de cuchilla

- Cuchilla de corte: se revisar que la misma no haya perdido filo y se conserve el ángulo de corte, y que se encuentre en buen estado la zona donde se vincula a la mordaza.

Zona de filo



Zona de apriete
en mordaza

Imagen 4.5: Vista lateral de cuchilla

Una vez revisada la integridad de la misma, la cuchilla se debe montar en la bandera, ajustando debidamente los bulones de la mordaza, Antes de realizar esta acción se debe tener en consideración que la bandera se encuentre en la posición de manipulación de cuchilla y el sistema hidráulico este debidamente bloqueado para evitar accidentes.

3. Etapa de Carga del cartucho.

Esta etapa consiste en el llenado del cartucho de extrusión con scrap previamente obtenido de las líneas de Filament Winding.. El procedimiento es el siguiente:

- Alimentación de la tolva: El operario carga la tolva con la batea de traslado de material con la ayuda de una espátula. En esta etapa es fundamental que no se derrame material por fuera de la tolva.
- Encendido del moto vibrador: Una vez cargada la tolva en su totalidad se enciende manualmente el dispositivo, en este momento el operario debe continuar observando el proceso, aunque no debe intervenir manualmente por cuestiones de seguridad. Una vez que haya observado que el cartucho está cargado en su totalidad debe apagar el moto vibrador. Gracias a su geometría cónica, la tolva dirige el compuesto hacia la boca del cartucho sin dejar zonas muertas ni acumulaciones
- Retiro de cartucho. Una vez haya cesado en movimiento oscilatorio, el operario debe retirar la tolva, llevarla a las piletas de limpieza y luego colocar el embolo dentro del cartucho y luego colocar el anillo de retención que impide que el pistón salga de la cámara.

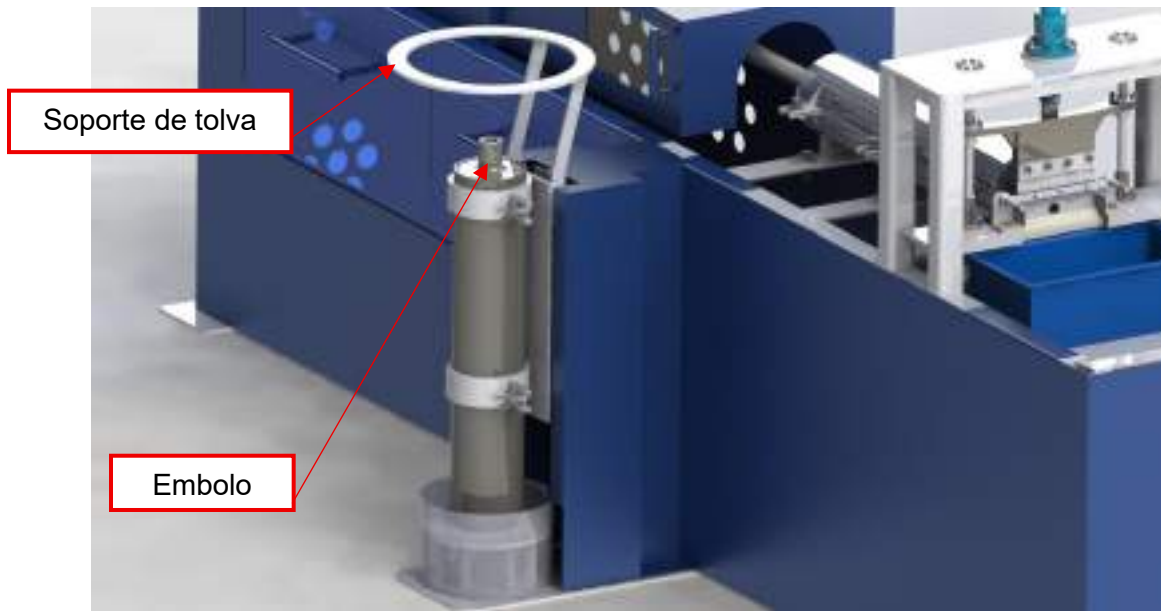


Imagen 4.6: Sistema de carga sin tolva

Finalmente se deben las abrazaderas, liberando al cartucho cargado.

4. Etapa de preparación previo a extrusión

Antes a trasladar el cartucho se debe abrir la cámara exterior asegurando que el alojamiento del cartucho este liberado y el vástago en su posición correcta. Luego, se debe proceder a colocar el cartucho dentro de la cámara inferior para finalmente cerrar la cámara dejando al recipiente correctamente asegurado. Como se ilustra en la imagen a continuación.



Imagen 4.7: Cámara de extrusión

Luego, se debe vincular el embolo con el cilindro, para esto se energizará el sistema hidráulico para dar avance al vástago hasta su posición de inicio de ciclo, mientras que el operario sostiene al embolo hasta que se produzca el contacto entre la cara frontal del vástago y el alojamiento interno del embolo, Posteriormente se debe colocar manualmente el prisionero que evita el giro relativo entre piezas, tal como se muestra en la imagen 4.8

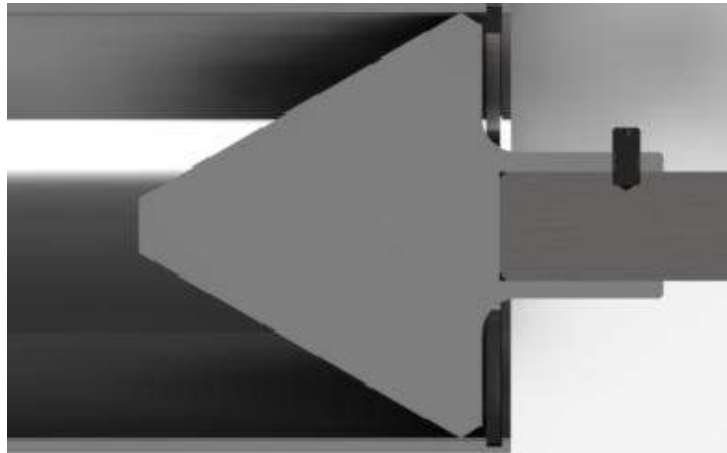


Imagen 4.8: Embolo cónico de extrusión

Finalmente se debe cerrar la protección del cilindro de extrusión, para evitar posibles atrapamientos con el órgano móvil.

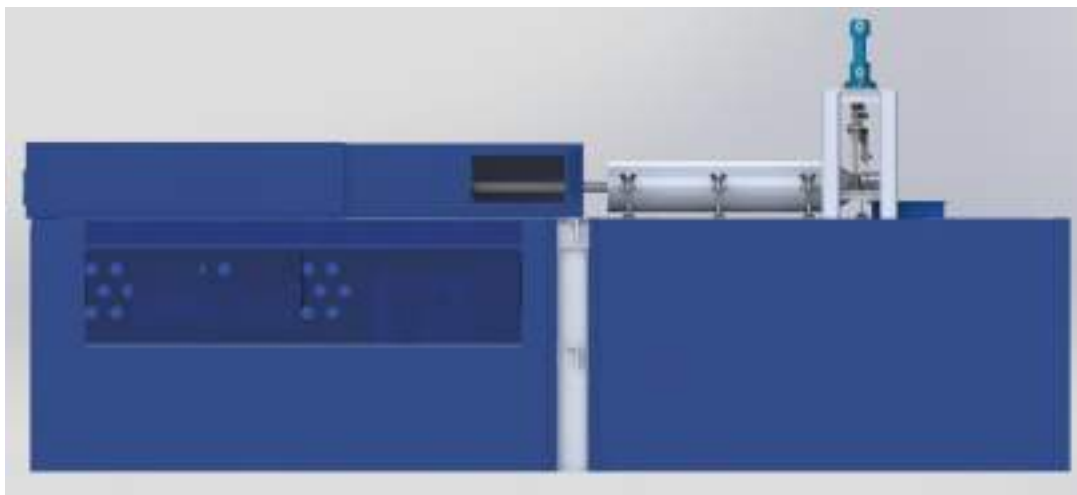


Imagen 4.9: Vista lateral de máquina

Por último, se debe remover el tapón delantero, con el cuidado que la cuchilla de corte no esté montada y la bandera esté en su posición superior.

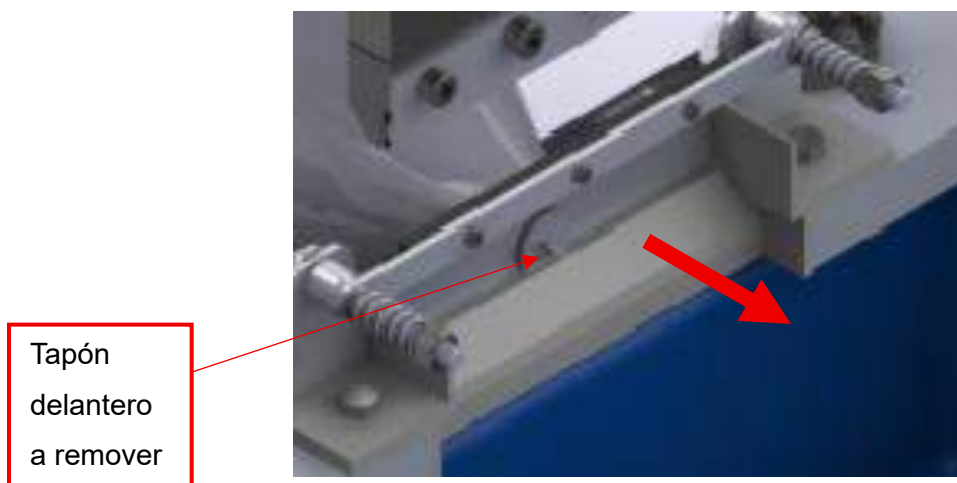


Imagen 4.10: Vista en detalle de orificio de extrusión

5. Etapa de extrusión

Durante esta etapa el cilindro hidráulico mediante el embolo empujan al compuesto dentro del cartucho obligándolo a pasar por el orificio de salida del cartucho, con la finalidad de reordenar las fibras longitudinalmente para permitir un corte preciso posterior.

Para comenzar el ciclo de extrusión el operario debe presionar el botón de inicio de proceso ubicado en el panel de control del dispositivo. Esto le dará la señal al sistema de control para activar la válvula direccional tal como se muestra en la imagen 4.11. Lo cual provoca el avance del sistema del vástago y comienza el ciclo de extrusión

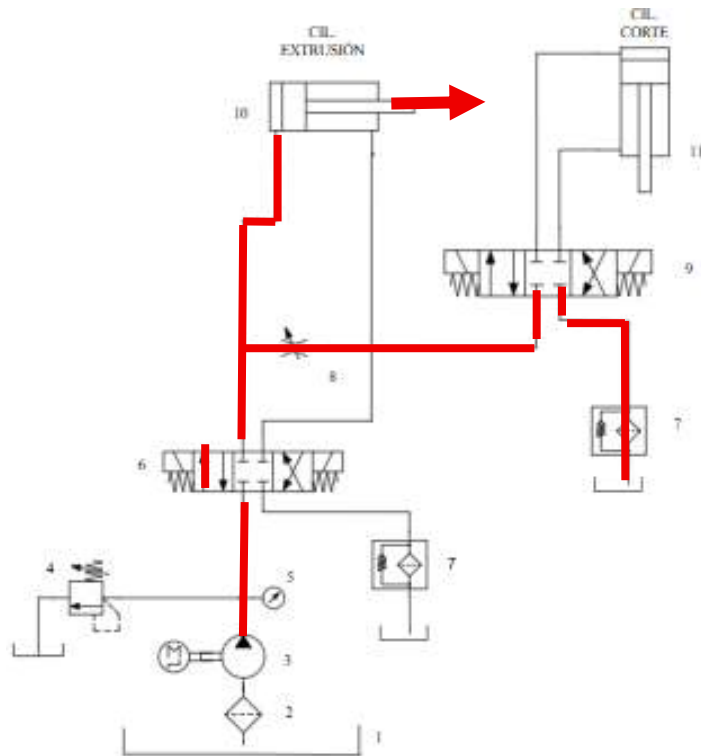


Imagen 4.11: Esquema de sistema hidráulico

Se controlan las siguientes variables:

- Velocidad de extrusión: fijada en 10 mm/s mediante la válvula reguladora de caudal.
- Presión interna: se mantiene por debajo de 10 bar para evitar daños al compuesto.

Duración aproximada de extrusión: 10 minutos para 10 kg de compuesto.

6. Etapa de corte

Una vez que se extruyen los primeros 10 mm de compuesto, actúa la guillotina, esta coordinación de movimientos se produce gracias al sistema de mando que activará la válvula direccional 9 de la figura anterior, provocando el movimiento descendente de la cuchilla de corte. La cuchilla bajará hasta hacer contacto con la placa de apoyo y es allí cuando mediante un final de carrera el PLC conmuta la válvula direccional y la hace subir. El tiempo de corte es de 1 segundo y el tiempo de conmutación es del orden de las centésimas de segundo.

Durante el ascenso de la cuchilla los rascadores remueven el material que haya quedado adherido en ella, evitando que se acumule el material afectando la calidad de los cortes posteriores.

Una vez que el material fue cortado cae por sobre la base de corte hacia la batea de descarga, el material se acumulará allí hasta finalizar el proceso.

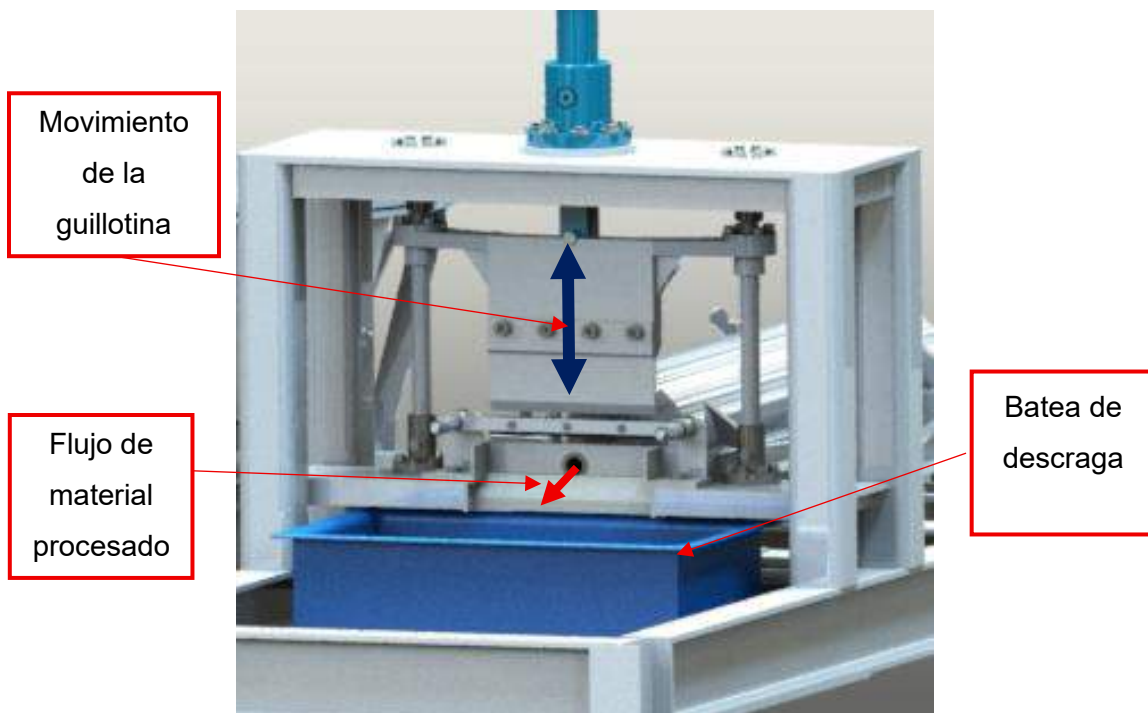


Imagen 4.12: Sistema de corte

La duración total del ciclo descrito es inferior a 22 minutos, considerando 5 minutos en el sistema de carga. El proceso finaliza cuando la unión bridada del sistema de extrusión

toma contacto con el final de carrera, indicando que el embolo llego al límite del cartucho. En este momento el PLC realiza la conmutación de válvulas para izar a la cuchilla a su posición de inicio de ciclo, mientras que provoca el retroceso del cilindro de extrusión.

7. Parada de seguridad

Ante cualquier emergencia, el operario debe presionar el botón de parada de emergencia ubicado en el panel de control del equipo, en esta circunstancia el equipo detendrá automáticamente sus movimientos, Esto mismo ocurrirá si se transgrede al sensor de cortina de luz ubicado en el bastidor del sistema de corte.

Una vez que la cuchilla esté en su posición superior, el operario debe retirar la batera de descarga con todo el material procesado dentro. El movimiento para la extracción de la misma se detalla en la imagen a continuación, se preen estos movimientos para alejar al personal de la cuchilla de corte que, si bien está retirada, continúa siendo un foco de riesgo.

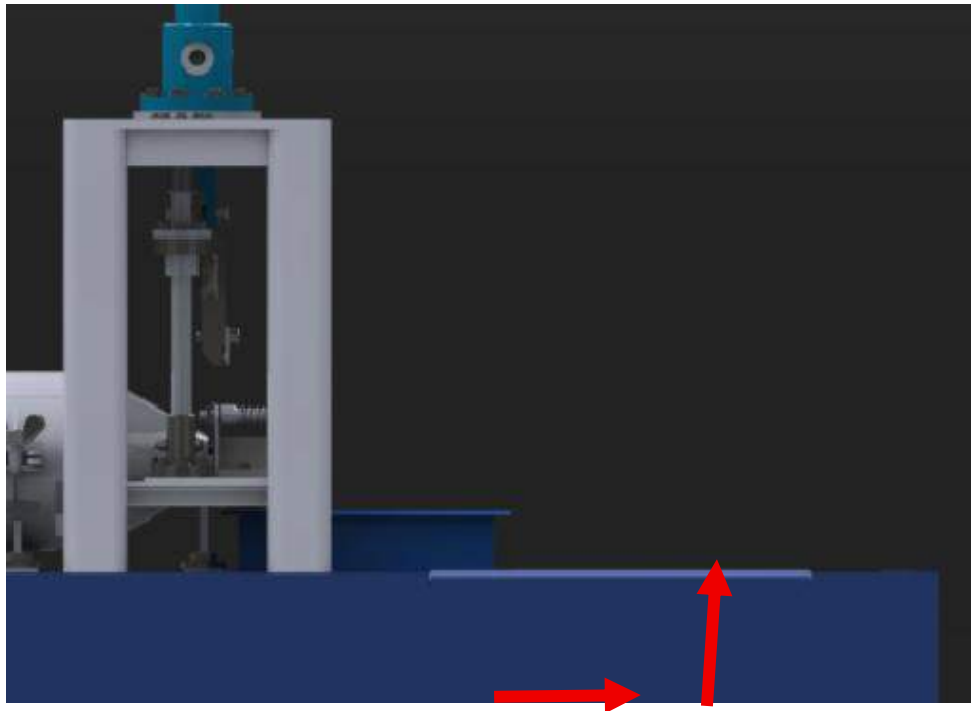


Imagen 4.13: Vista lateral batea de recolección

8. Limpieza posterior

luego del ciclo de funcionamiento, las piezas que deben ser lavadas obligatoriamente son las que se detallan a continuación, todos ellos deben ser desmontados del equipo y trasladados al sector de limpieza:

- Cámara de extrusión: Una vez que el vástago de extrusión llega a su posición trasera, se desacopla al embolo del redondo, luego se produce la apertura de la cámara exterior y se retira el recipiente.
- Embolo: Se retira dentro de la cámara de extrusión y luego, en la zona de limpieza se separan ambas piezas al quitar el anillo de retención.
- Tapón frontal de cámara: se retira al inicio del proceso y automáticamente es llevado a las bateas de limpieza.
- Cuchilla de corte: Una vez que se retira la batea de descarga, se afloja la mordaza y se retira para su posterior limpieza.
- Base de corte: una vez retirada la cuchilla, el operario debe sacar la base de corte para su limpieza
- Rascador frontal y trasero: al igual que con la base de corte, estos componentes se deben retirar del dispositivo una vez que se haya retirado la cuchilla.
- Batea de descarga: se debe limpiar una vez que todo el material procesado se haya colocado en las matrices de SMC.
- Tolva de carga: Se debe llevar a la zona de limpieza una vez haya finalizado la etapa de carga, su retiro es sencillo ya que está apoyado sobre su soporte. Se debe realizar el movimiento que se indica en la imagen a continuación

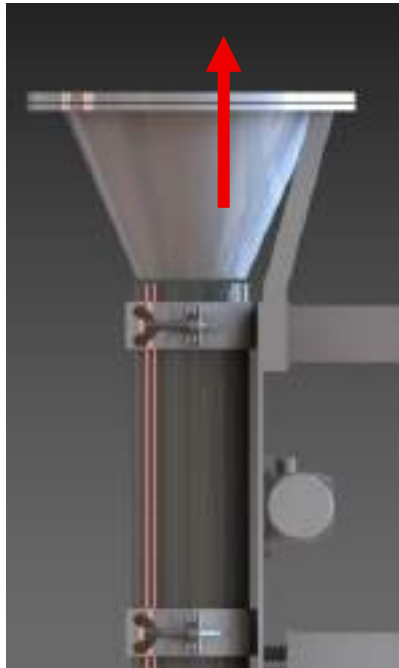


Imagen 4.14: Tolva de carga

Para la limpieza de todos estos componentes no se deben utilizar elementos abrasivos que dañe la vida útil de las piezas, como amoladoras, lijas, etc. Para esto se recomienda utilizar algún tipo de cepillo y diluyente epoxi. A continuación, se propone un diluyente especial para resinas epoxi y un cepillo industrial apto para la limpieza.



Imagen 4.15: Diluyente epoxi y cepillo industrial

Con respecto al diluyente, se debe tener particular consideración con el diluyente epoxi ya que durante su manipulación puede causar daños severos en el cuerpo humano.



Imagen 4.16: Datos técnicos de diluyente

Es por esto que se aconseja que los operarios encargados de la limpieza utilicen guantes y barbijos durante la aplicación de este producto.

El ciclo continua, dejando secar las piezas en un ambiente ventilado, hasta que se evapore el diluyente (15 min aprox) y luego se debe realizar un doble enjuague de las piezas con agua y detergente, para asegurar que no quedan restos del químico en las piezas. Esto es de vital importancia ya que si entran en contacto con el compuesto pueden provocar daños severos en el producto final como deslaminaciones del compuesto posteriormente curado.

El proceso de lavado tiene una duración de 45 minutos. Y se estipulan 15 minutos más para dejar la maquina en condiciones de comenzar otro proceso. Esto es positivo ya que

entre la ventana de tiempo existente hasta que ingrese una nueva carga de compuesto proveniente de las líneas de filament Winding es de aproximadamente 2 hs.

Ventajas del proceso

- Posibilidad de variación del caudal procesado.
- Daño controlado de las fibras al ser procesadas.
- Control preciso de la longitud de corte.
- Posibilidad de automatización total del dispositivo, si bien el diseño contempla mano de obra humana para la operación, el mismo podría automatizarse completamente de ser necesario.

Conclusiones y recomendaciones

Este proyecto representó un gran desafío para nosotros ya que nos enfrentamos a una problemática poco desarrollada en nuestra carrera de grado. Es por esto que tuvimos que realizar una amplia investigación acerca de los materiales compuestos, los diferentes procesos de producción, su aplicación industrial y sus requerimientos. Comprender el comportamiento del compuesto formado por hilos de fibra de carbono y resina epoxi sin polimerizar significó un gran esfuerzo, aunque nos permitió ampliar nuestros conocimientos y adentrarnos en el mundo de los materiales compuestos.

El proyecto significa un avance tecnológico, iniciado por Kohlenia conjuntamente con Mariana Rojas, ya que permite reutilizar el material de descarte producido en el proceso de filament winding. Para el moldeo de nuevas piezas mediante el método de laminación SMC (Sheet Molding Compound).

El dispositivo diseñado, da respuesta al problema planteado y cumple con los objetivos establecidos, dentro de estos se incluyen las condiciones de borde impuestas por el material, los requerimientos para la utilización de este en otros métodos de laminación. A su vez posee la gran ventaja de que es fácilmente construible con materiales disponibles en el mercado local.

Recomendaciones

Dadas las características del material y la poca información disponible acerca del comportamiento del mismo, es recomendable realizar pruebas empíricas para obtener valores reales de determinadas variables, como la fuerza de extrusión y de corte. Para poder realizar el ajuste correspondiente al equipo.

Como oportunidad de mejora, queda diseñar el modulo para el agregado de resina virgen previo a introducir el compuesto a los moldes de laminación. Así como la automatización completa del dispositivo.

Bibliografía

- [1] ASTM D3039M – Ensayo de tracción en composites
https://www.astm.org/d3039_d3039m-08.html
- [2] ASTM D695 – Ensayo de compresión en plásticos rígidos
<https://www.astm.org/d0695-23.html>
- [3] ASTM D790 – Ensayo de flexión a tres puntos
<https://www.astm.org/d0790-17.html>
- [4] ASTM D412 – Ensayo de tracción en elastómeros
<https://www.astm.org/d0412-22.html>
- [5] ISO 4649 – Ensayo de abrasión en caucho
<https://www.iso.org/standard/70325.html>
- [6] Rexroth – Hydraulic Cylinders General Catalog (PDF)
<https://shre.ink/tJdi>
- [7] Catálogo de válvulas direccionales (Directional Control Valves)
<https://shre.ink/tJdG>
- [8] Catálogo de válvulas reguladoras de caudal (Flow Control Valves)
<https://www.boschrexroth.com/en/flow-control-valves>
- [9] Hull D. & Clyne T. (1996). An introduction to composite materials. Cambridge. Ed. Cambridge university press
- [10] Materiales compuestos - nanotubo.com.ar. (s. f.). Recuperado 22 de febrero de 2019, de <http://www.nanotubo.com.ar/materiales-compuestos.php>
- [11] Peters, S. T. (Ed.). (2011). Composite filament winding. Materials Park: ASM International.
- [12] Mariana Rojas. Reciclado del material de descarte del proceso de Filament Winding para el Moldeo de Piezas por Compresión. UNIVERSIDAD NACIONAL DE GENERAL SAN MARTÍN COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA INSTITUTO DE TECNOLOGÍA “Prof. Jorge A. Sabato”
- [13] TORAYCA™ T700S – Standard Modulus Carbon Fiber (ficha técnica oficial)
<https://www.toraycma.com/wp-content/uploads/T700S-Data-Sheet-4.22.2025.pdf>

Anexo:

Memoria de cálculo

Objetivo

El presente documento tiene como finalidad desarrollar los cálculos necesarios para el diseño de una máquina destinada al reciclado de *scrap* proveniente del proceso de filament *winding*. Asimismo, se incluye la verificación de la resistencia de distintos componentes críticos de la máquina.

En primer lugar, se mostrarán los cálculos correspondientes a los diferentes procesos que debe realizar la máquina y finalmente la verificación mecánica.

Alcance

Esta memoria de cálculo integra los cálculos y parámetros utilizados para el dimensionamiento de las partes mecánicas de la máquina, como extrusora, sistema de corte, sistema de carga y demás mecanismos de accionamiento.

Además, se incluyen los análisis de esfuerzos, capacidades de carga y tensiones que nos sirven como base para la selección de otros componentes como lo son el sistema hidráulico, actuadores de extrusora y de corte, motores, etc. Dichos cálculos se realizaron considerando las condiciones reales de trabajo de manera de poder garantizar la confiabilidad de la máquina y asegurar el funcionamiento del proceso completo.

Proceso

Parámetros

- Capacidad y régimen de trabajo: La máquina debe ser capaz de procesar 8 Kg de scrap provenientes del proceso de filament winding cada 2 h y 40.
- Utilizando un factor de expansión de 25% se obtiene que la capacidad de la máquina es de 10 Kg.
- Tiempo de proceso: Por razones de Pot Life de la resina, es decir, el límite de tiempo hasta que la resina alcance un nivel de polimerización que la vuelve inutilizable. Por esta razón, el ciclo completo debe realizarse en menos de 30 minutos.
- Relación fibra-resina: mediante diversos ensayos realizados previo al comienzo de nuestro proyecto, se obtuvo que la relación óptima fibra resina es de 0,4.
- Datos Compuesto:

Compuesto		
Fracc volumétrica óptima		0,4
Diámetro fibra	7	micrones
Densidad	1,55	g/cm ³
Viscosidad resina	1000	Pa*s

Subsistema de extrusión:

- Dimensionamiento cámara de extrusión:
 - o Volumen de cámara interna:

$$V = \frac{\text{masa total de Scrap}}{\text{Densidad del compuesto}} = 6452 \text{ cm}^3 = 6452000 \text{ mm}^3$$

- o Largo de cámara: 600 mm.
- o Sección cámara cilíndrica:

$$A = \frac{\text{Volumen cámara}}{\text{Densidad del compuesto}} = 1753 \text{ mm}^2$$

- o Diámetro interno cámara extrusión:

$$Diam \text{ Int} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 117 \text{ mm}$$

- o Diámetro salida de filamento: 15 mm
- o Angulo Cámara cónica: 30°

- Velocidad de extrusión:

Se adopta una velocidad de salida de material de 10 mm/s.

- o Caudal de Extrusión:

$$Q = A \cdot Vel = 1767 \frac{\text{mm}^3}{s}$$

- Fuerza de extrusión:

Para estimar la fuerza que debe ejercer el cilindro hidráulico en el proceso de extrusión, se desarrolló un modelo que contempla los dos fenómenos físicos predominantes en la operación: por un lado, la presión generada por la compresión del compuesto viscoelástico (mezcla de fibra de carbono y resina epoxi), y por otro, la presión originada por la fricción entre las fibras y las paredes de la cámara de extrusión.

La fuerza total requerida por el cilindro se define como la suma de ambas contribuciones:

$$F_{extrusión} = F_{compresión} + F_{fricciónfibra-pared}$$

- Presión por compresión del compuesto viscoelástico

Para calcular la presión necesaria para movilizar el fluido viscoelástico a través del canal de extrusión, se emplea la ecuación de Hagen–Poiseuille, adaptada a materiales de alta viscosidad.

$$P = \frac{8 \cdot \eta_{eff} \cdot L \cdot Q}{\pi \cdot r^2}$$

Donde:

- ΔP : presión requerida para que el compuesto fluya por la cámara [Pa],
- η_{ef} : viscosidad efectiva del compuesto [Pa·s],
- L: longitud del cámara de extrusión de extrusión [m],
- Q: caudal volumétrico del compuesto [m³/s],
- R: radio de la cámara [m].

- Presión debido a la fricción fibra–pared

La resistencia adicional por fricción entre las fibras y la pared de la cámara se modela como:

$$P_{fricción} = \mu \cdot \sigma_n \cdot A_{contacto}$$

Donde:

- μ : coeficiente de fricción entre la fibra y la pared,
- σ_n : tensión normal ejercida por el compuesto sobre la pared [Pa],
- D: diámetro interno de la cámara de extrusión [m],
- L: longitud del contacto entre el material y la pared [m].

$$F_{extrusión} = 20 \text{ KN}$$

– Validación

Para validar el modelo formulado, se utilizaron los datos experimentales obtenidos por Kholenia en sus pruebas experimentales realizadas con un prototipo funcional. Estos resultados permitieron contrastar los valores teóricos estimados mediante el modelo con mediciones reales de fuerza y comportamiento del compuesto durante el proceso de extrusión, lo cual nos permitió verificar la validez del modelo propuesto.

Subsistema de corte:

Debido a la marcada anisotropía del material a cortar, no fue posible aplicar con fiabilidad los modelos clásicos de estimación de fuerza de corte ya que estos suponen isotropía o comportamientos homogéneos que no se presentan en este caso.

Ante esta limitación, se optó por utilizar datos experimentales obtenidos por el equipo de Kholenia a partir de un prototipo funcional, el cual replicó condiciones operativas equivalentes a las del presente diseño. Los ensayos realizados indicaron que la fuerza necesaria para realizar un corte efectivo en el material es de 1.5 kN.

Dado que las condiciones experimentales se consideran representativas del caso de estudio, este valor ha sido adoptado como referencia de diseño para el desarrollo del subsistema de corte.

$$F_{corte}=1.5 \text{ KN}$$

Verificación de resistencia:

Vástago postizo:

- o Material: SAE 1020 - FI = 352 Mpa
- o Dimensiones:



Fig. 1: Dimensiones Vástago postizo

- o Estado de carga: 20 kN a compresión, tal como se indica en la imagen 2.



Fig. 2: Estado de carga

- o Verificación: Se utiliza la verificación mediante el método de elementos finitos. Para esto se selecciona una condición de borde fija para el extremo bridado del vástago, una malla media de igual tamaño para toda la pieza.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:



Fig. 3: Tensión de Von mises

A partir de la Tensión máxima de Von Mises y el límite elástico del material se calcula el FOS:

$$FOS = \frac{\sigma_{fl}}{\sigma_{VM}} = \frac{3.52 * 10^8 Pa}{7.28 * 10^7 Pa} = 4.9$$



Fig. 4: Desplazamientos en X.



Fig. 5: Desplazamientos en Y



Fig. 6: Desplazamientos en Z

Conclusión:

Observando los resultados obtenidos, podemos concluir que la pieza verifica correctamente para el estado de cargas y sujeción descritas.

Émbolo cónico:

- o Material: Nylon 6 (Grilon) - $\sigma = 352 \text{ Mpa}$
- o Dimensiones:

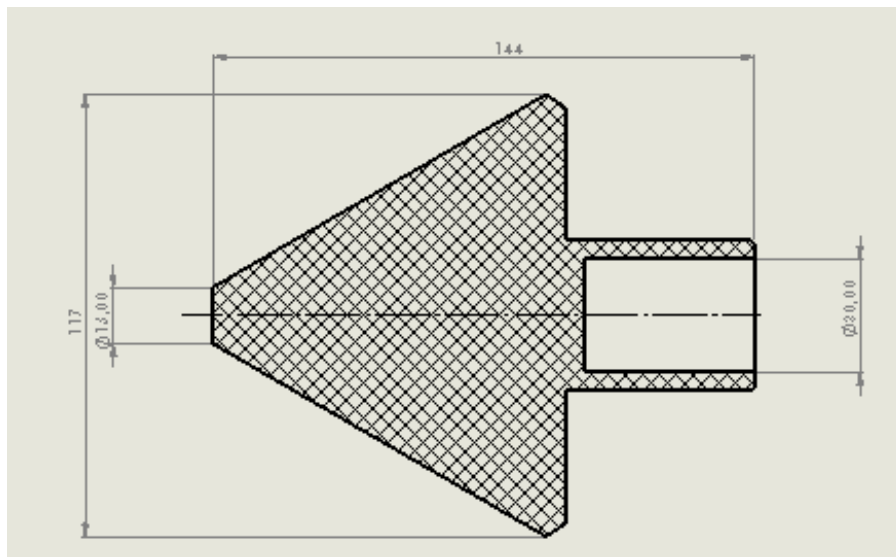


Fig. 7: Dimensiones émbolo

- o Estado de carga: presión de 1.53 MPa sobre toda la cara de contacto con el compuesto.
- o Verificación: Se utiliza la verificación mediante el método de elementos finitos. Para esto se selecciona una condición de borde fija para la superficie donde apoya el vástago.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos:

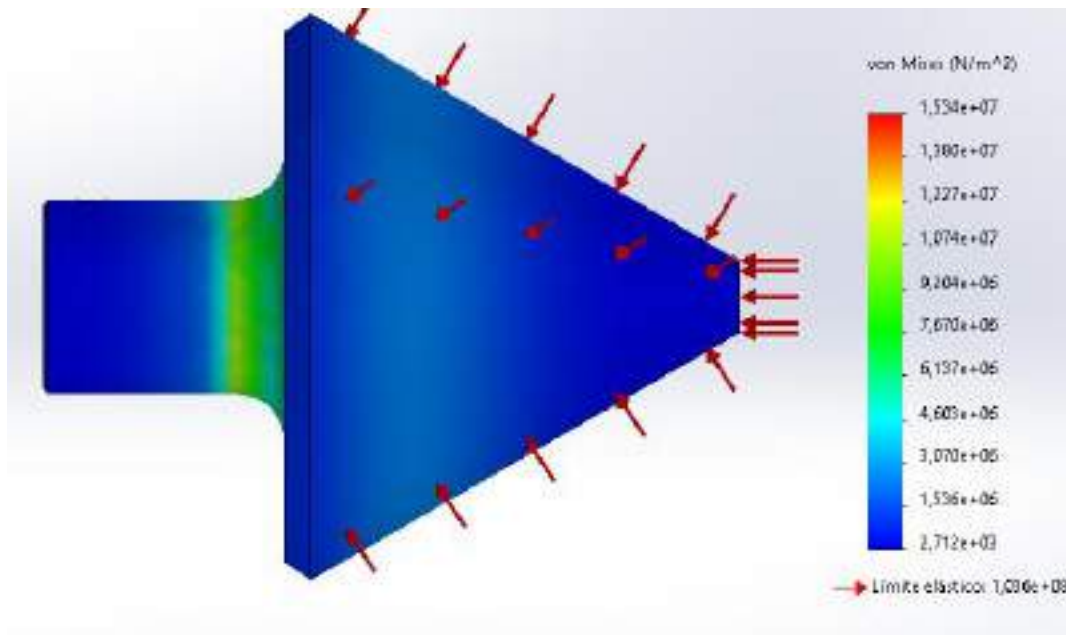


Fig. 8: Tensión de Von mises

$$FOS = \frac{\sigma}{\sigma_{VM}} = \frac{1.03 * 10^8 Pa}{1.534 * 10^7 Pa} = 6.5$$

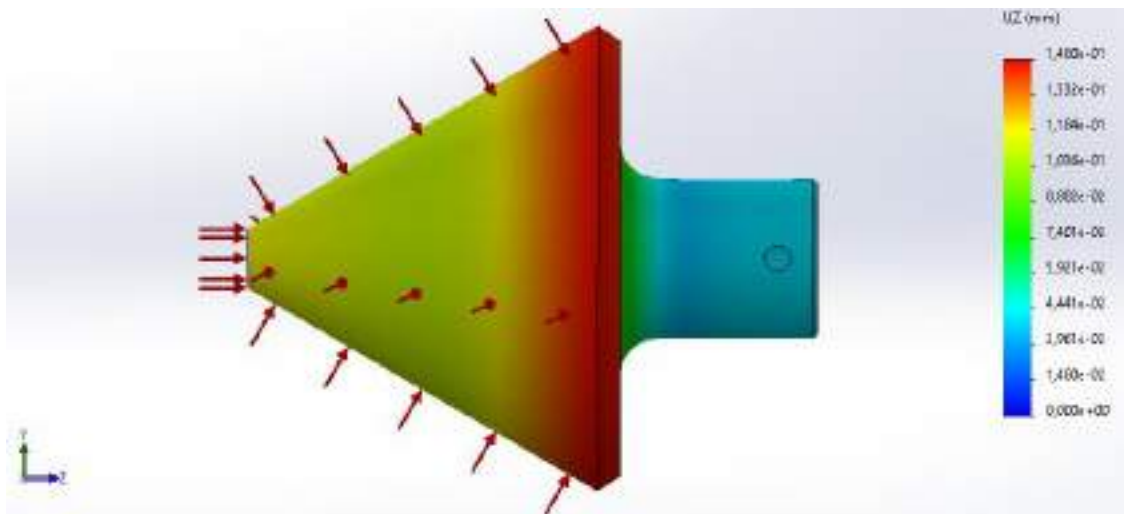


Fig. 9: Desplazamientos en Z.

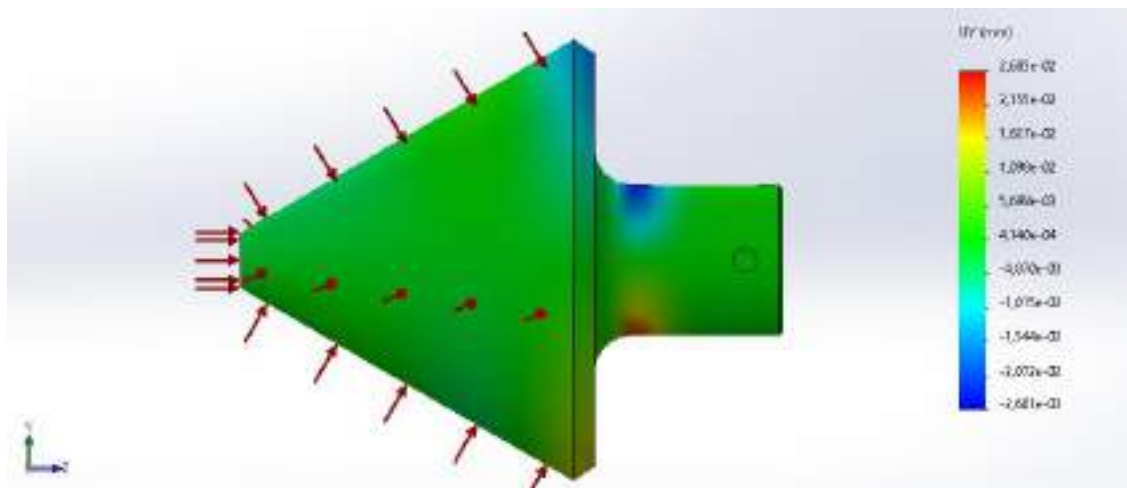


Fig. 10: Desplazamientos en Y.

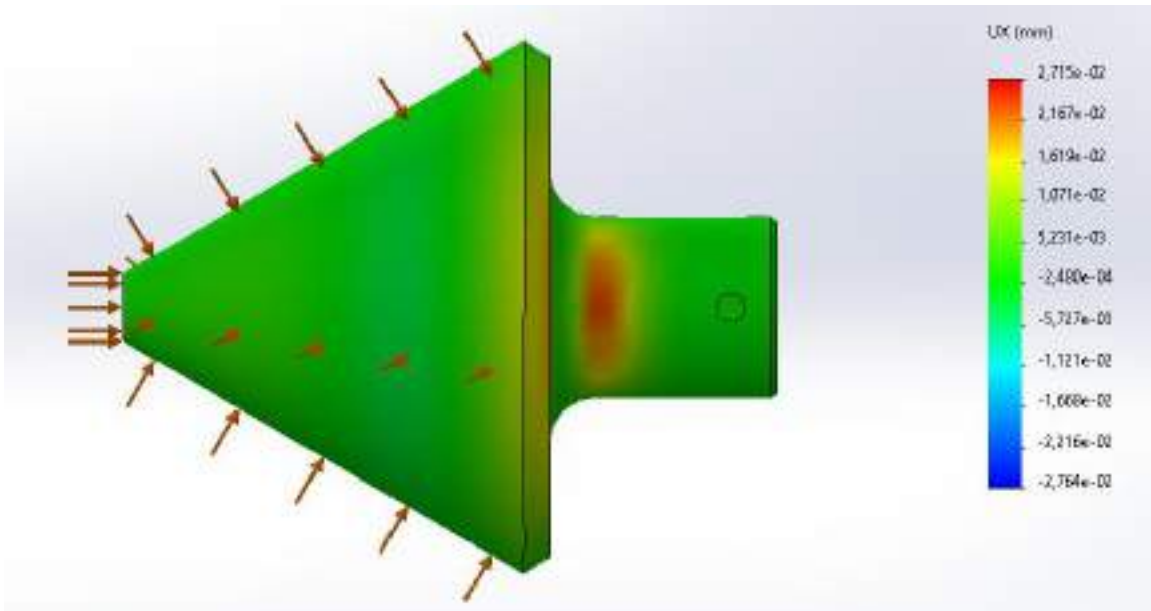


Fig. 6: Desplazamientos en X.

Conclusión:

Observando los resultados obtenidos, podemos concluir que la pieza verifica correctamente para el estado de cargas y sujeción descritas.

Perno anclaje cilindro extrusión:

- o Material: SAE 1020 - FI = 352 Mpa
- o Dimensiones:

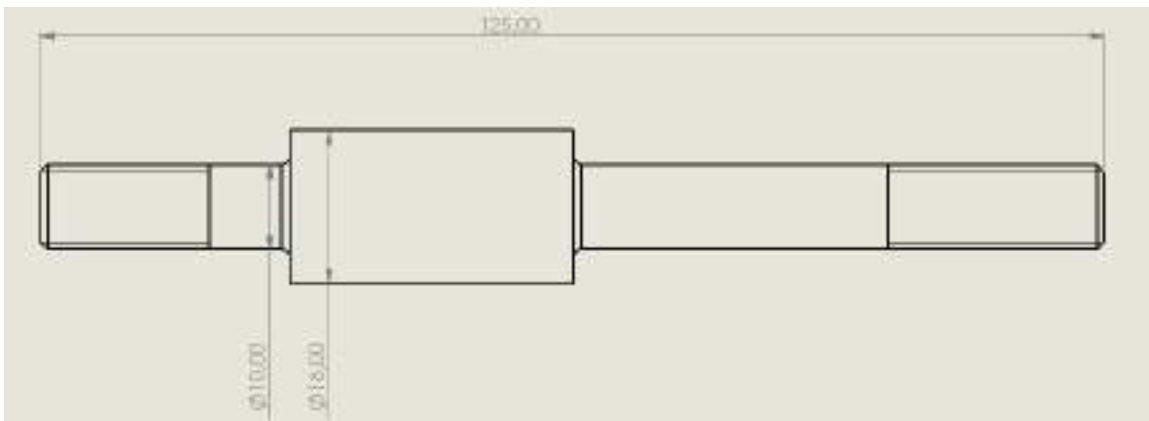


Fig.7: Dimensiones perno de anclaje.

- o Estado de Carga: La fuerza que actúa sobre cada perno de anclaje puede aproximarse como un cuarto de la fuerza total de extrusión, dado que se dispone de cuatro pernos en total (uno por cada punto de fijación del cilindro hidráulico). Se asume una distribución uniforme de la carga entre ellos, considerando condiciones de simetría y rigidez equivalentes en los apoyos.



Fig.8: Perno de Anclaje.

- o Verificación: Se procede a verificar la resistencia de los pernos frente a un esfuerzo de corte puro en la sección más solicitada, la misma tiene un diámetro de 10 mm.

$$\sigma = \frac{20 \text{ KN}}{4 * A_{perno}} = 64 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Luego, Si se utiliza un factor de seguridad de 5, se obtiene que:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{fl}}{FOS} = 70.5 \text{ MPa}$$

Luego como $\sigma_{Adm} > \tau$, se verifica que el perno resiste mecánicamente.

Cancamo bandera de guillotina

- o Material: SAE 1020 - FI = 352 Mpa - Material de aporte FI = 480 Mpa (soldado con electrodo celulósico E-6010 ya que ambos materiales base son de bajo carbono).

o Dimensiones:

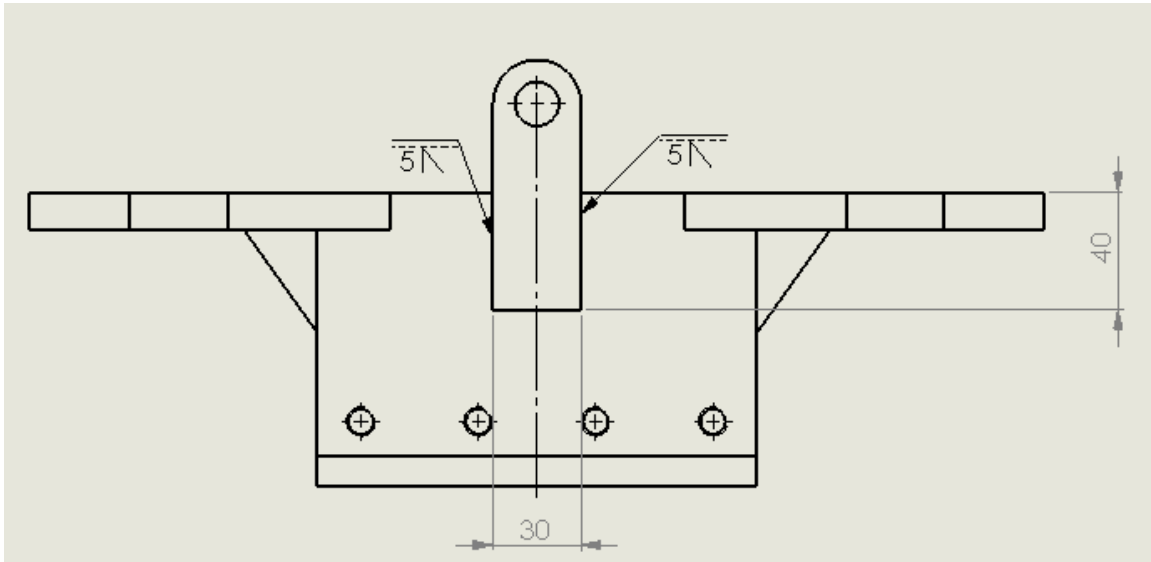


Fig. 9: Dimensiones cáncamo bandera

o Estado de Carga:

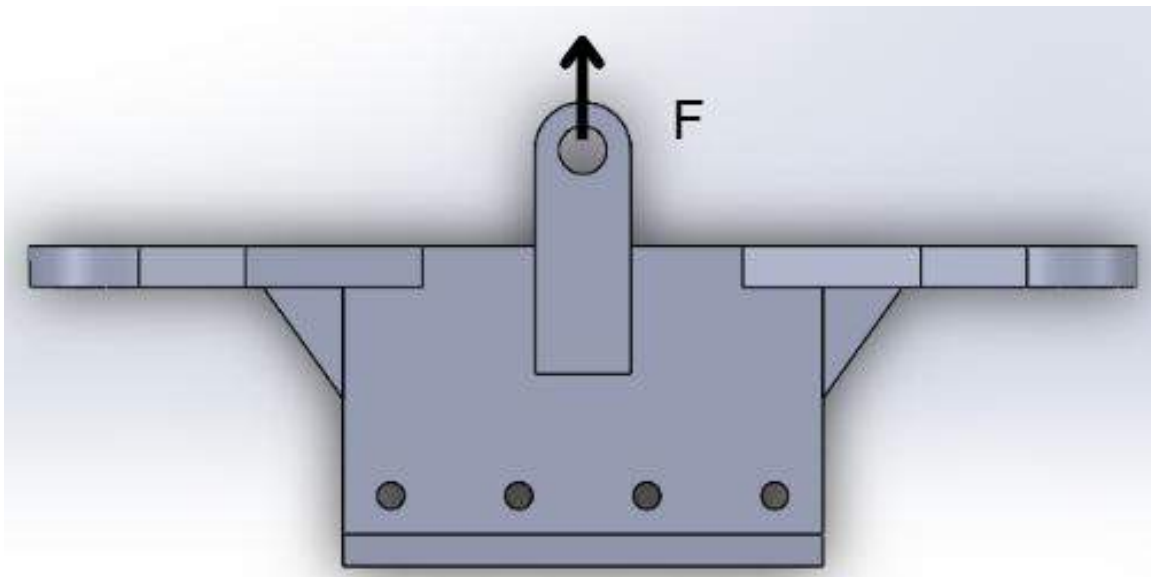


Fig. 10: Cáncamo bandera

El cáncamo está sometido al esfuerzo generado por el cilindro de corte, además debe soportar el peso de la bandera, la fuerza resultante es de 2000 N.

- o Verificación: Se procede a verificar analíticamente los cordones de soldadura que vinculan el cáncamo a la bandera de la guillotina.

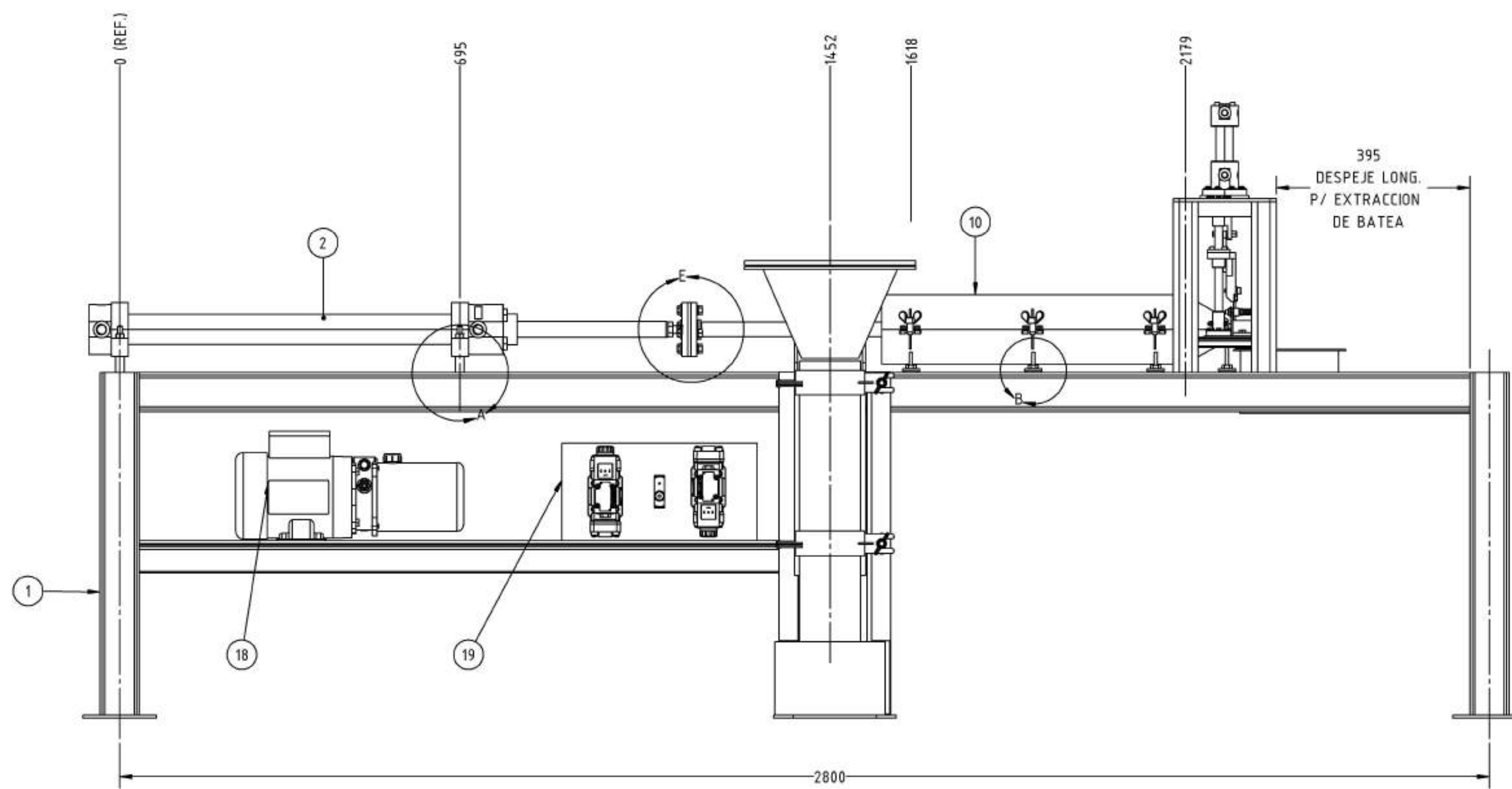
La verificación se realiza según el método propuesto por AWS D1.1.

$$\tau = \frac{F/2}{\sqrt{2} * A * L} = \frac{1000 \text{ N}}{\sqrt{2} * 5 \text{ mm} * 40 \text{ mm}} = 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

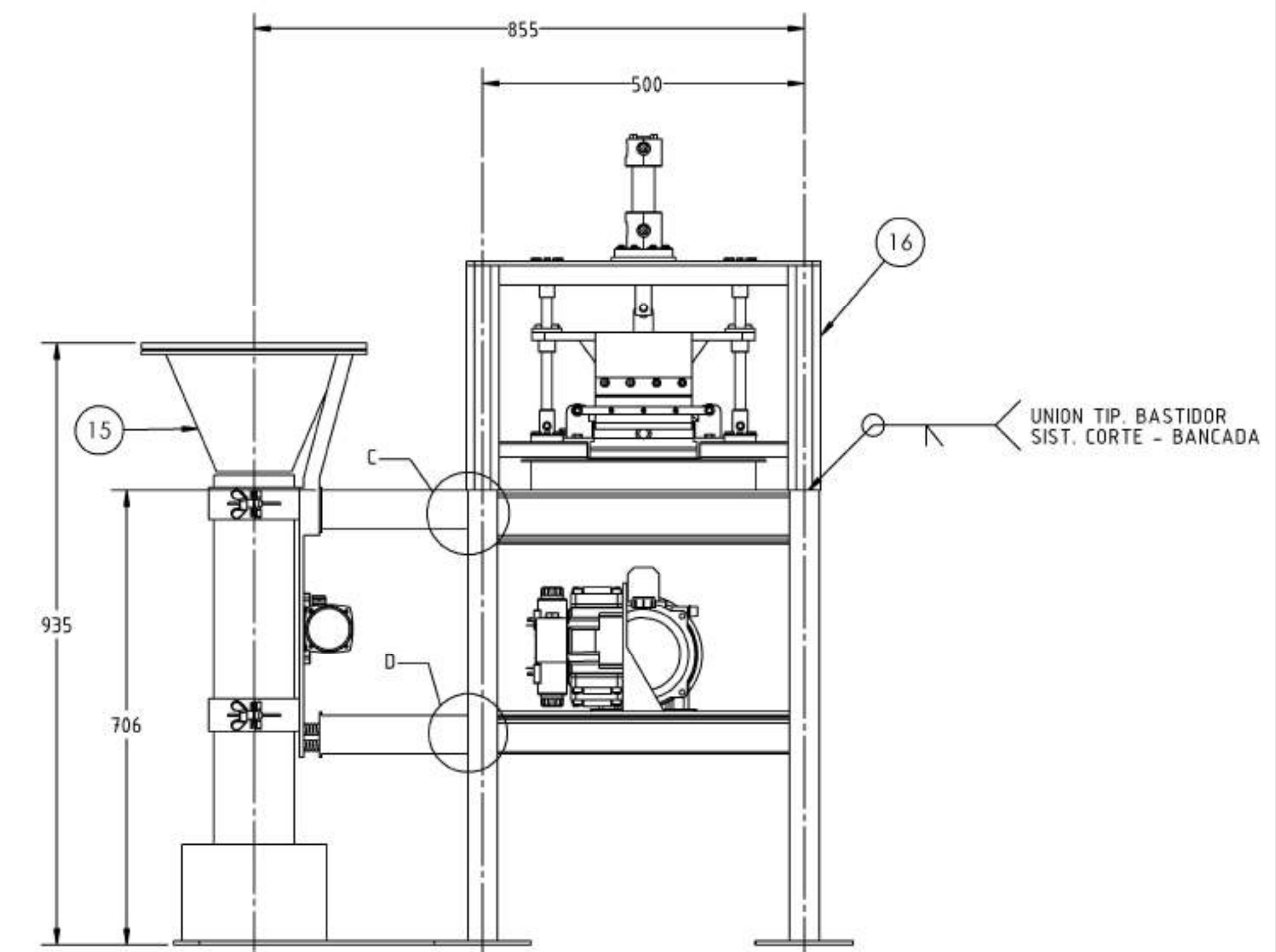
Luego,

$$\sigma_{adm} = \frac{0.6\sigma_{fl}}{FOS} = 42 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

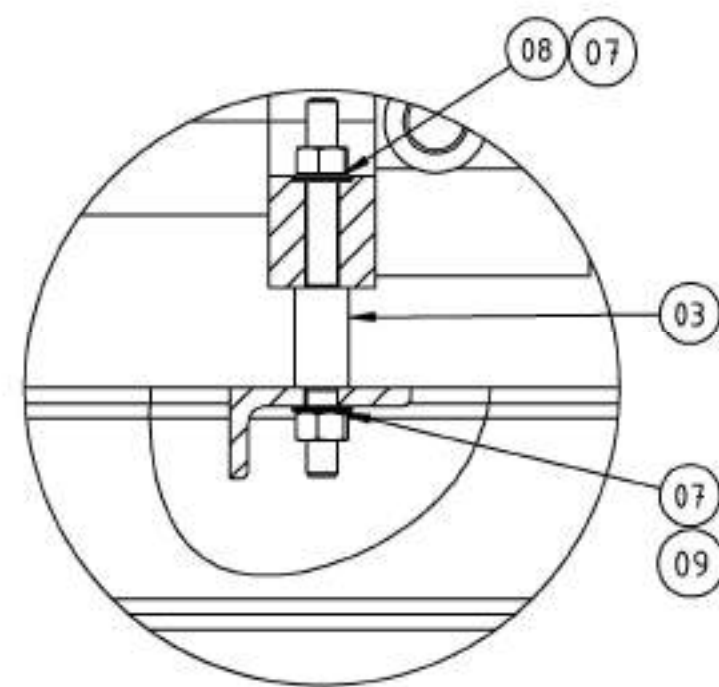
Finalmente $\tau < \sigma_{adm}$, Por lo tanto, la unión se verifica.



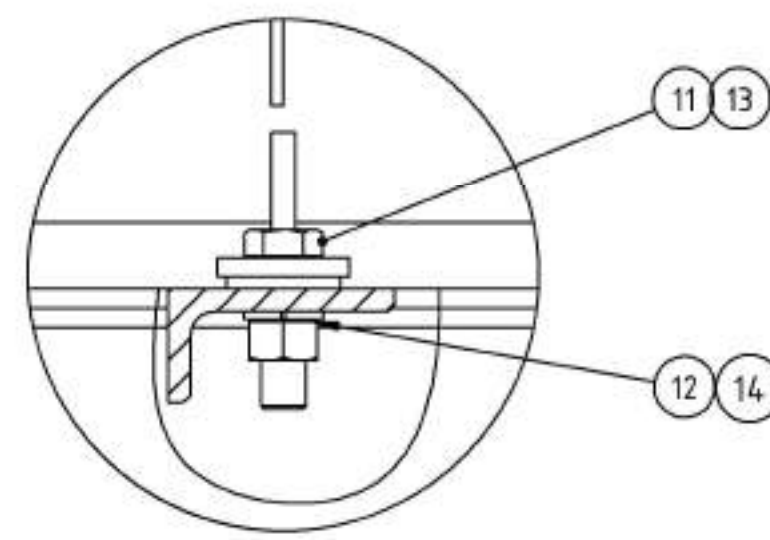
VISTA FRONTAL
ESCALA 1:10



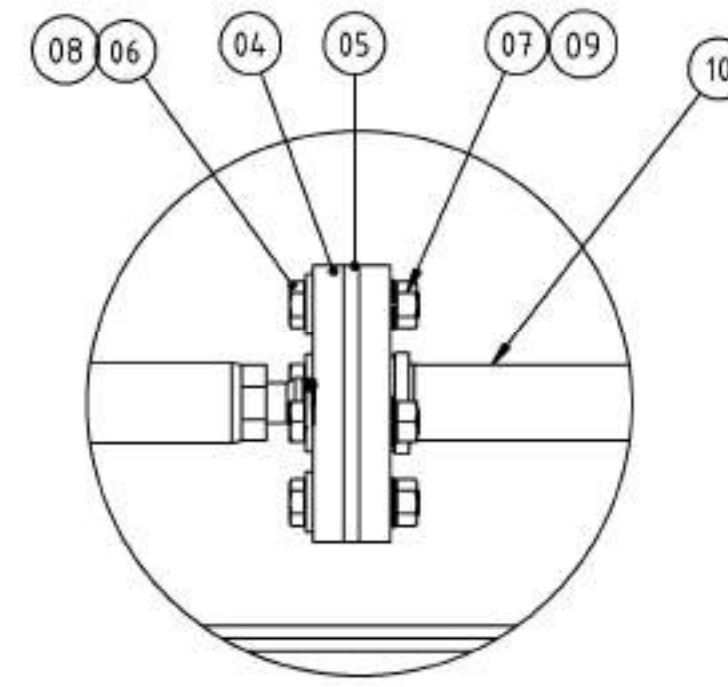
VISTA LATERAL
ESCALA 1:10



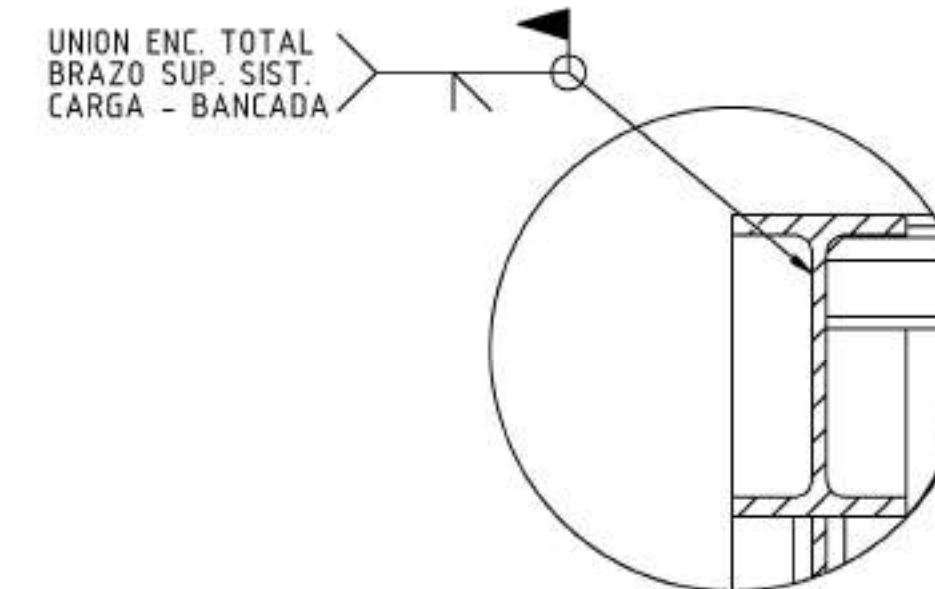
DETALLE "A"
UNIÓN CILINDRO EXTRUSIÓN - BANCADA
ESC. ESCALA1 : 2.5



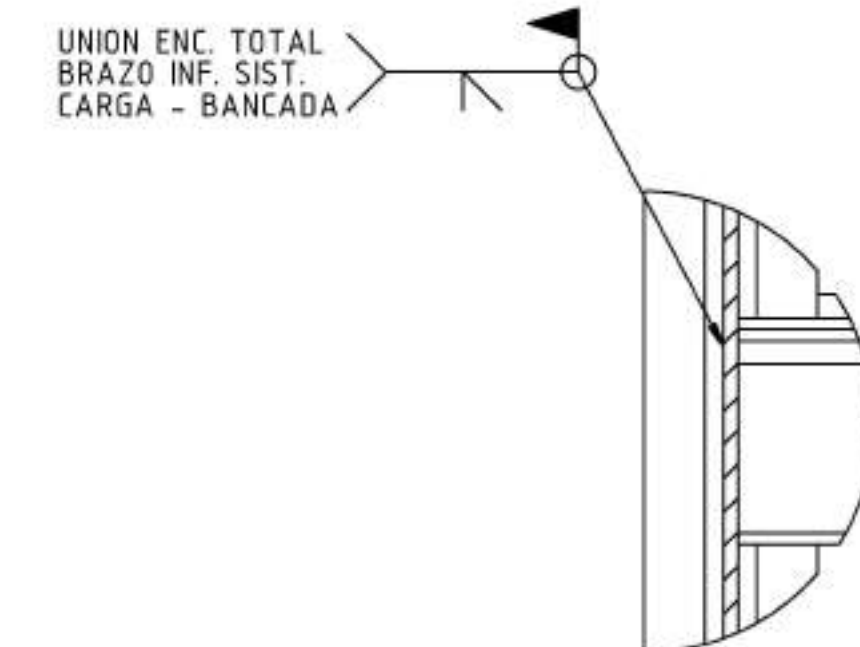
DETALLE "B"
UNIÓN CAMARA EXTRUSIÓN - BANCADA
ESC. ESCALA1 : 2



DETALLE "E"
UNION BRIDADA CILINDRO -VASTAGO POSTIZO
ESC. ESCALA1 : 3



DETALLE "C"
UNION SUP. SIST. DE CARGA - BANCADA
ESC. ESCALA1 : 2



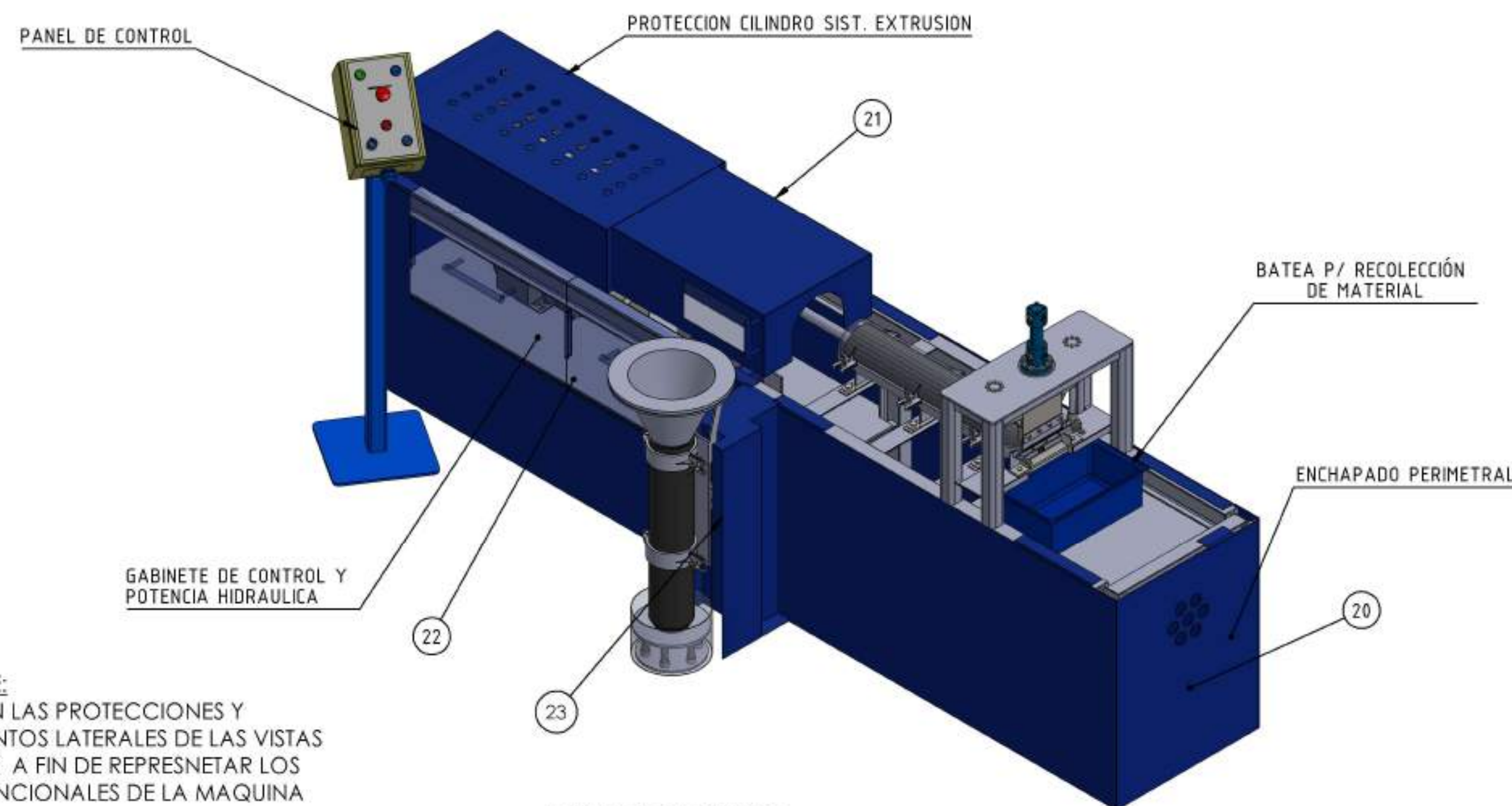
DETALLE "D"
UNION INF. SIST. DE CARGA - BANCADA
ESC. ESCALA1 : 2

SOLDADURAS:
- ESPESOR MINIMO DE FILETE: $\alpha=0.7 \cdot$ MINIMO ESPESOR A SOLADAR
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

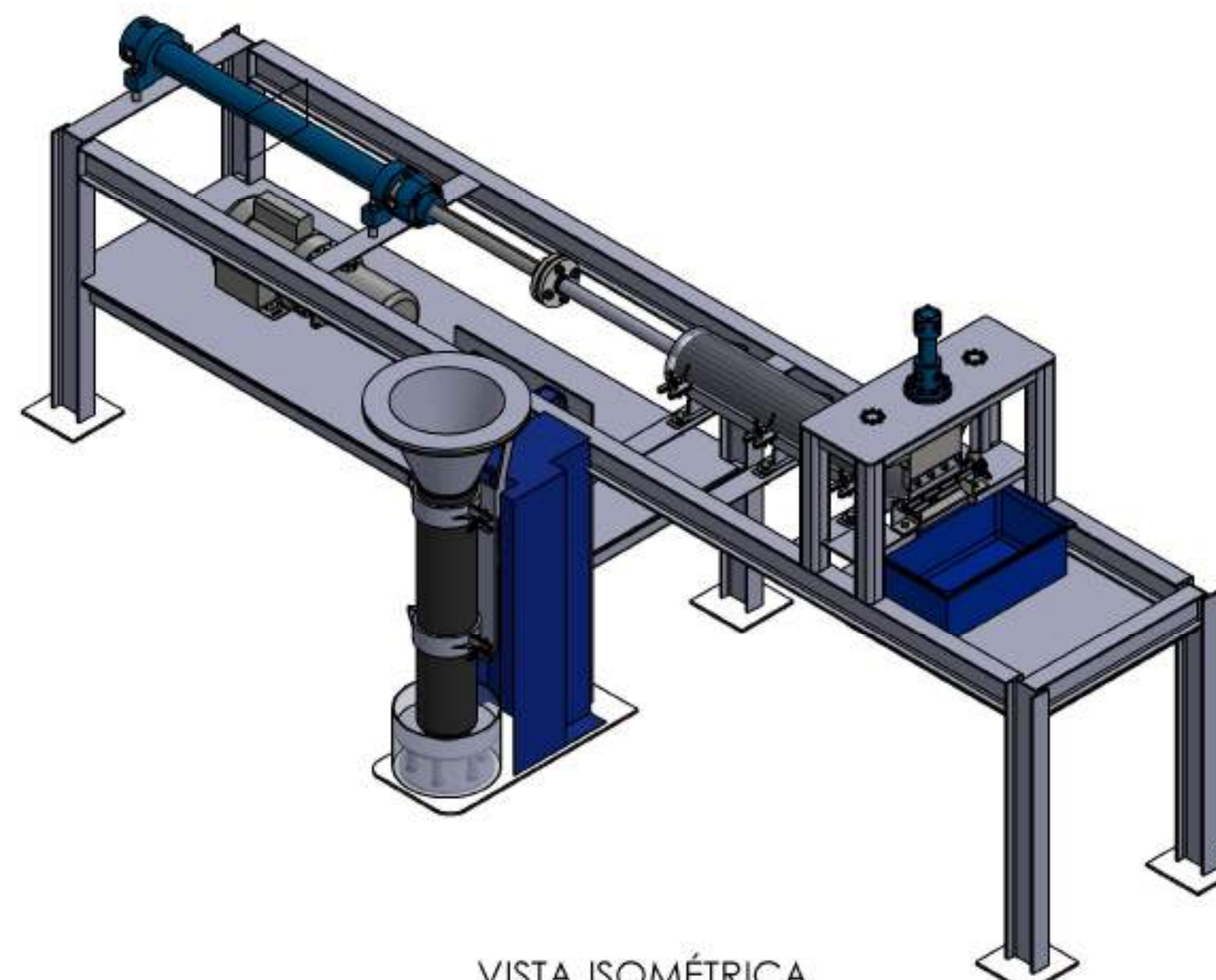
NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

23	COBERTOR SISTEMA DE CARGA	01	-
22	GABINETE SISTEMA HIDRAULICO	01	-
21	COBERTOR P/ PROTECCION SIST. EXT.	01	-
20	ENCHAPADO PERIMETRAL	01	-
19	MANIFOLD SIST. CONTROL HIDRAULICO	01	VER PF-DH-00
18	CENTRALINA HIDRAULICA	01	VER PF-DH-00
17	BATEA DESCARGA	01	VER HOJA 8
16	SISTEMA CORTE	01	VER HOJA 4
15	SISTEMA CARGA	01	VER HOJA 8
14	ARANDELA GROVER DIN 127 M12	08	COMERCIAL
13	ARANDELA PLANA DIN 125 M12	08	COMERCIAL
12	TUERCA DIN 934 M12	08	COMERCIAL
11	BULON DIN 933 M12 X 40	08	COMERCIAL
10	SISTEMA DE EXTRUSIÓN	01	VER HOJA 2
09	ARANDELA GROVER DIN 127 M10	12	COMERCIAL
08	ARANDELA PLANA DIN 125 M10	12	COMERCIAL
07	TUERCA DIN 934 M10	12	COMERCIAL
06	BULON DIN 933 M10 X 40	12	COMERCIAL
05	JUNTA POLIMERO	01	VER HOJA 8
04	BRIDA ROSCADA	01	VER HOJA 8
03	PERNO SUJECIÓN CILINDRO	04	VER HOJA 8
02	CILINDRO HIDRAULICO SIST. EXTRUSION	01	VER PF-DH-00
01	BANCADA	01	VER HOJA 07
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES

		PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA		MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING
DISEÑO B. BOLDAN N° HOJA: 01	FECHA 19/07/25 HOJA DE: 02	ESCALAS S/VISTA REV. 0		N° DE PLANO PF-PL00-00

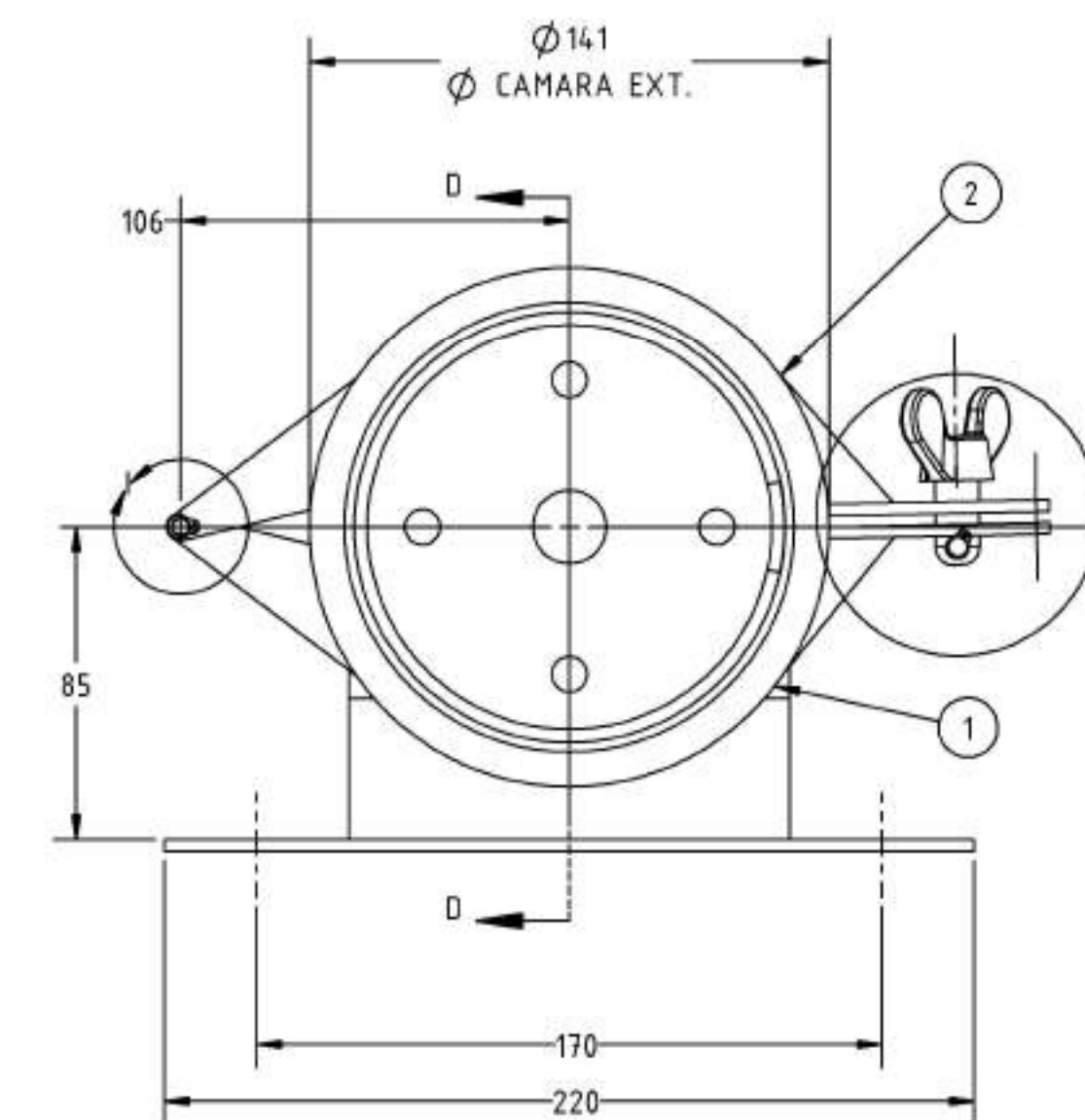
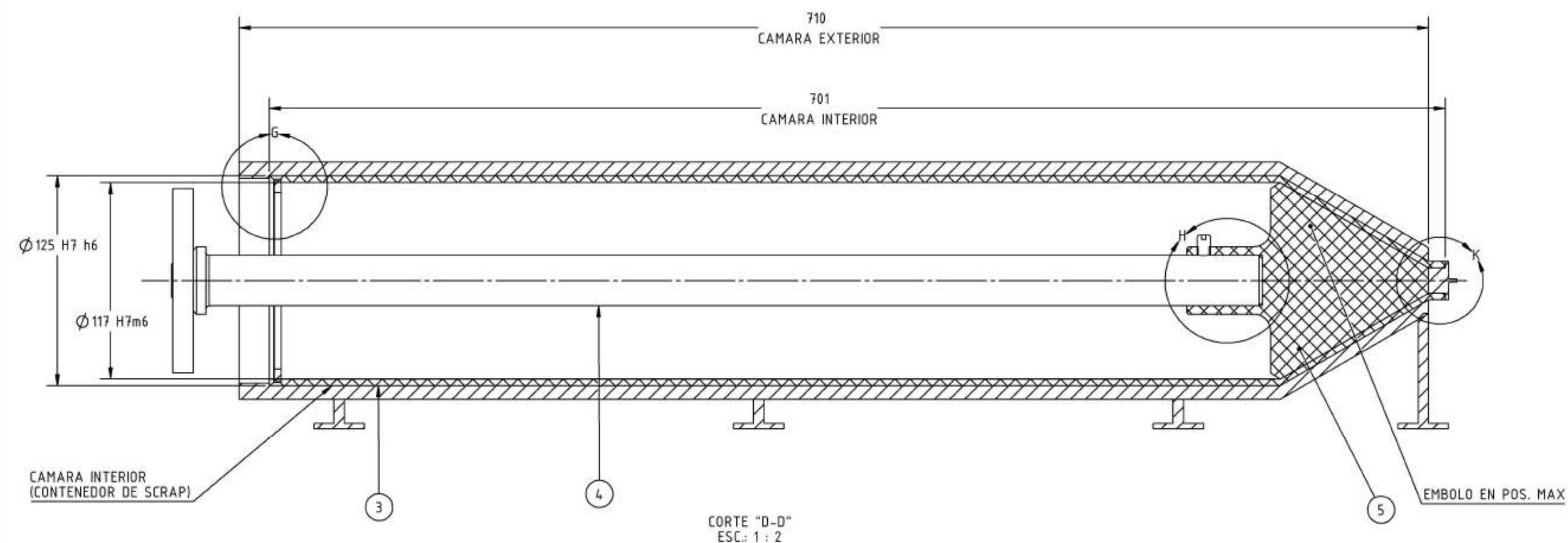


VISTA ISOMÉTRICA
MODELO CON PROTECCIONES Y
RECUBRIMIENTO

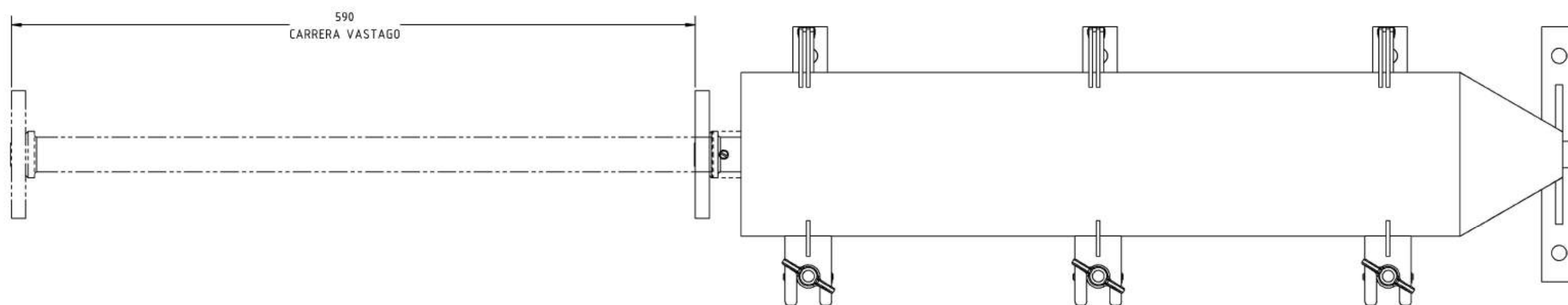


VISTA ISOMÉTRICA

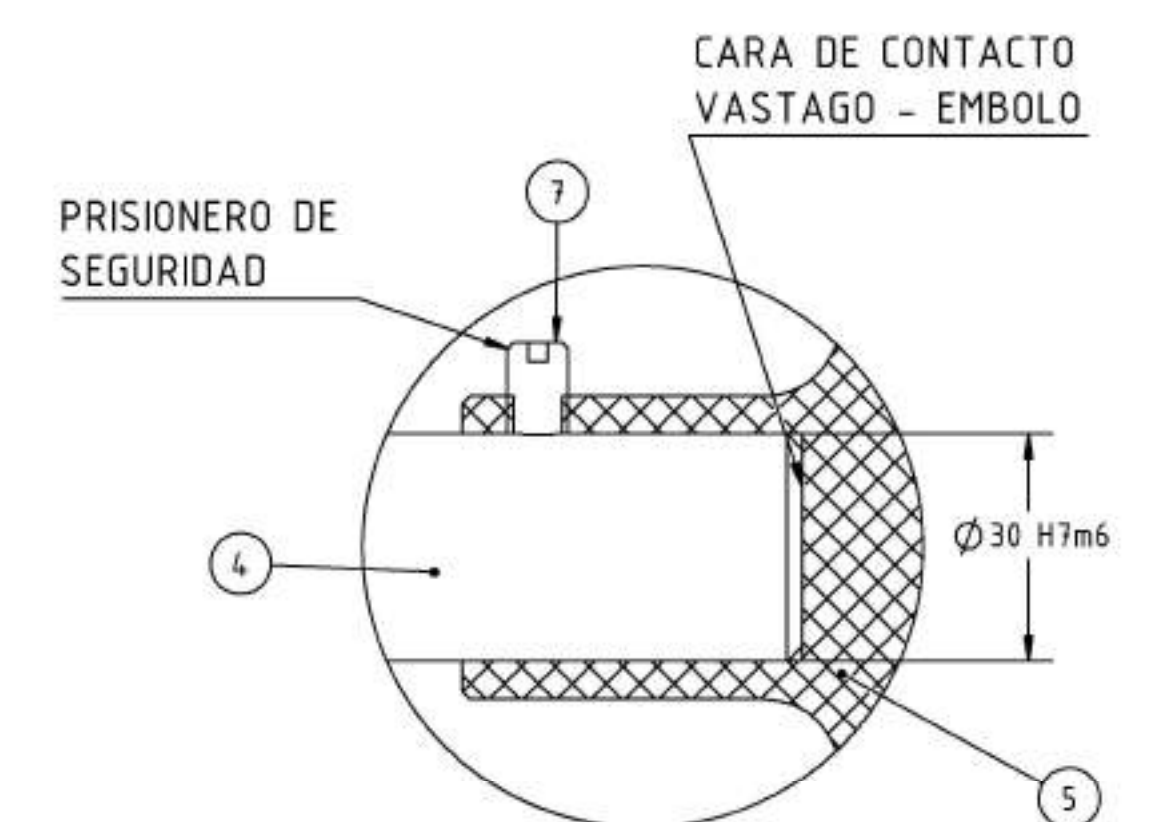
IMPORTANTE:
SE EXCLUYEN LAS PROTECCIONES Y RECUBRIMIENTOS LATERALES DE LAS VISTAS PRINCIPALES A FIN DE REPRESENTAR LOS SISTEMAS FUNCIONALES DE LA MAQUINA



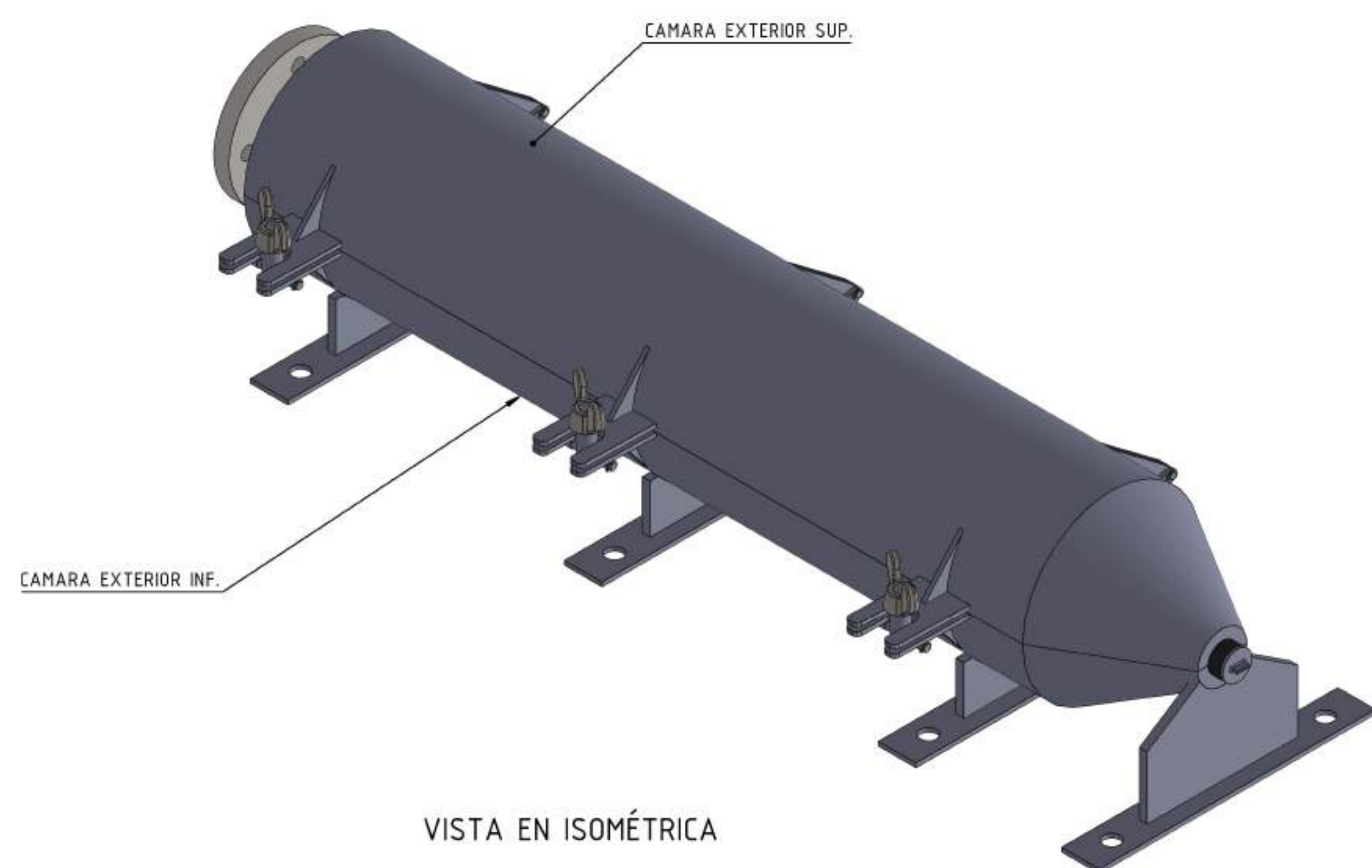
VISTA LATERAL
ESC.: (1 : 2)



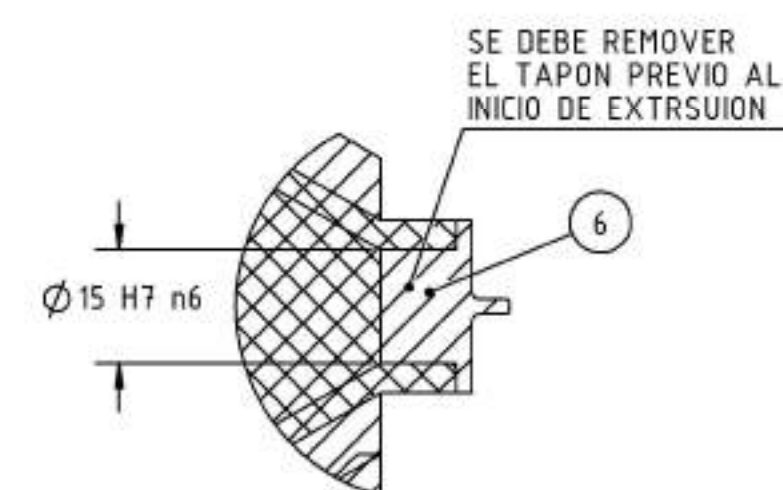
VISTA EN PLANTA
POSICIONES DE VASTAGO



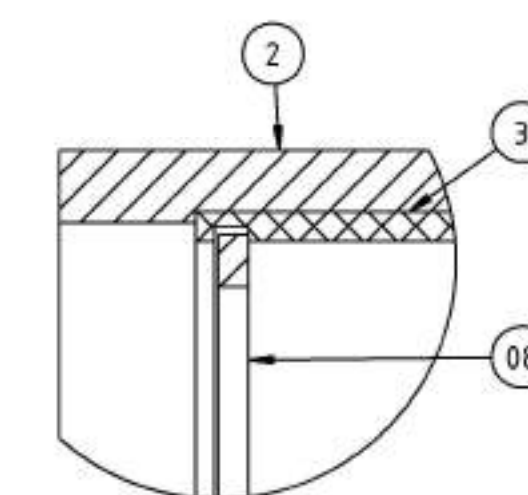
DETALLE "H"
VINCULACION VASTAGO - EMBOLO
ESC.: 1 : 1



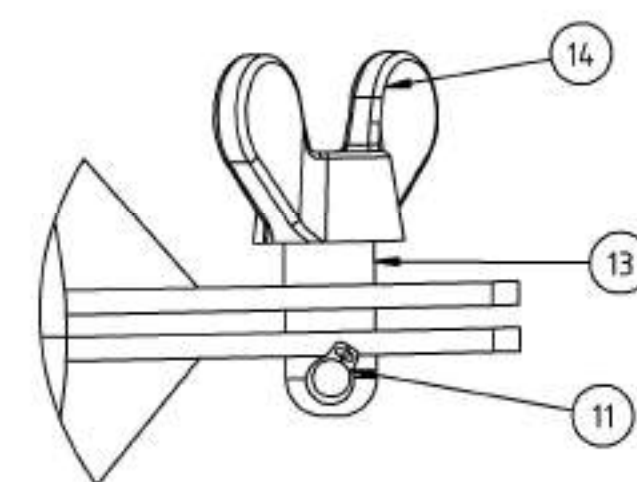
VISTA EN ISOMÉTRICA



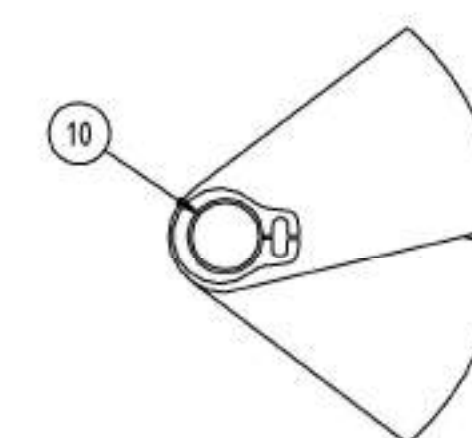
DETALLE "K"
TAPON SALIDA
ESC.: 1 : 1



DETALLE "G"
ANILLO DE RETENCION EMBOLO
ESC.: 1 : 1



DETALLE "L"
CIERRE CAMARA
ESC.: 1 : 1

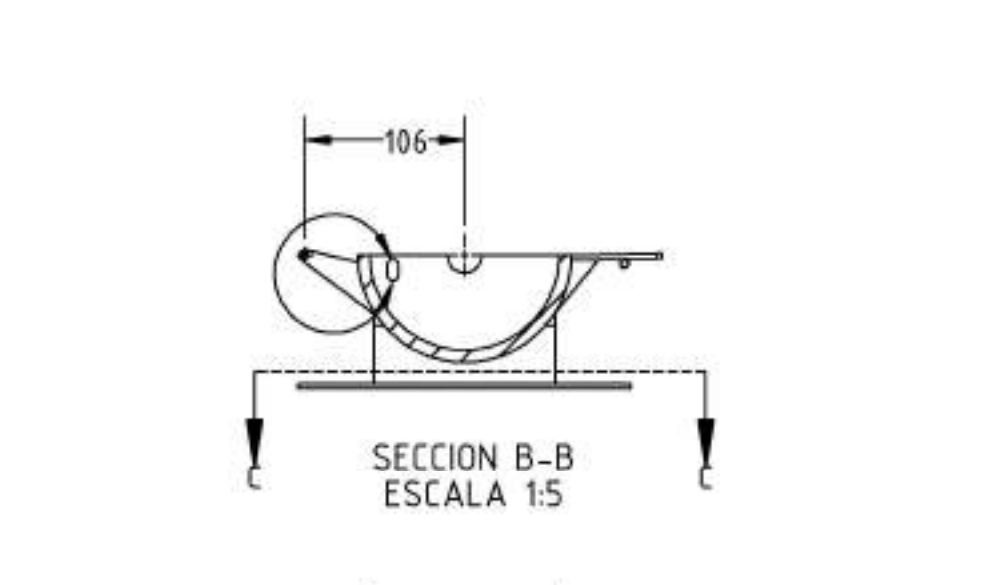
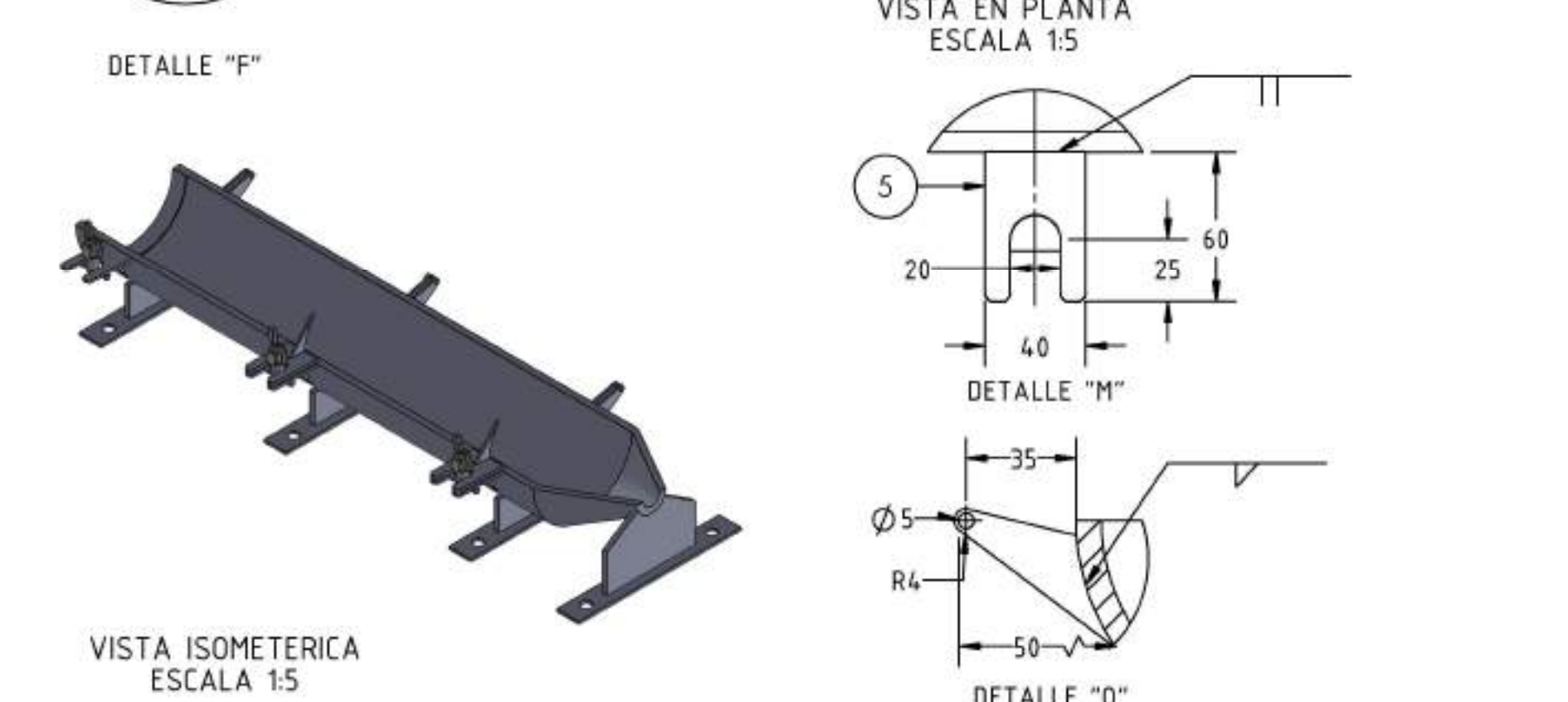
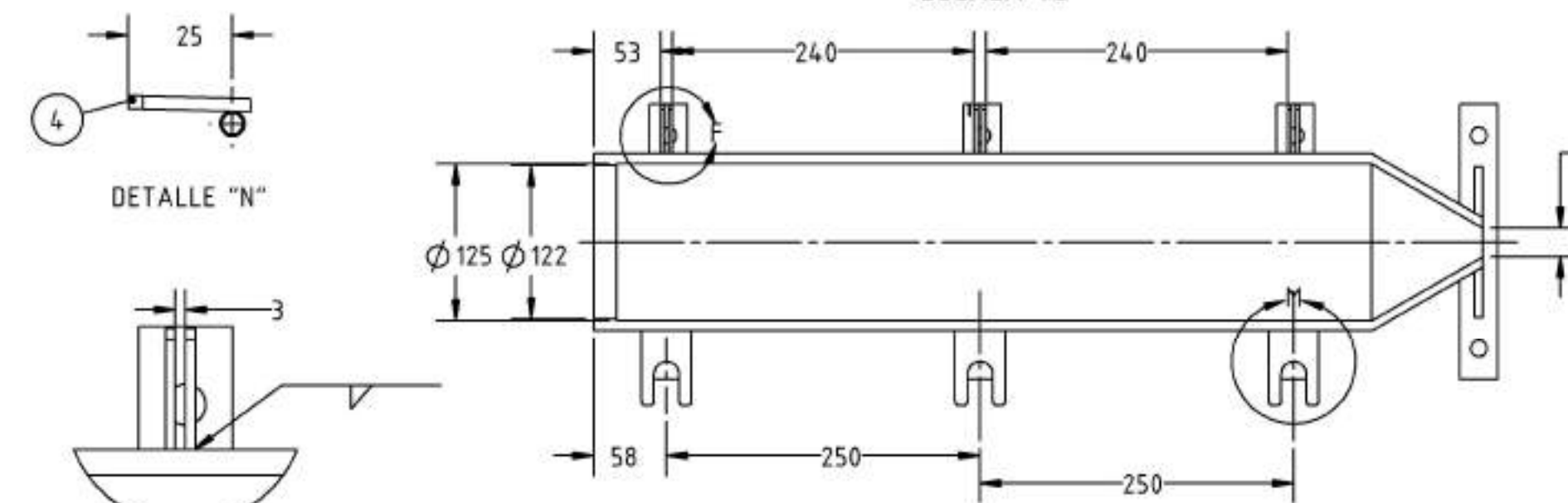
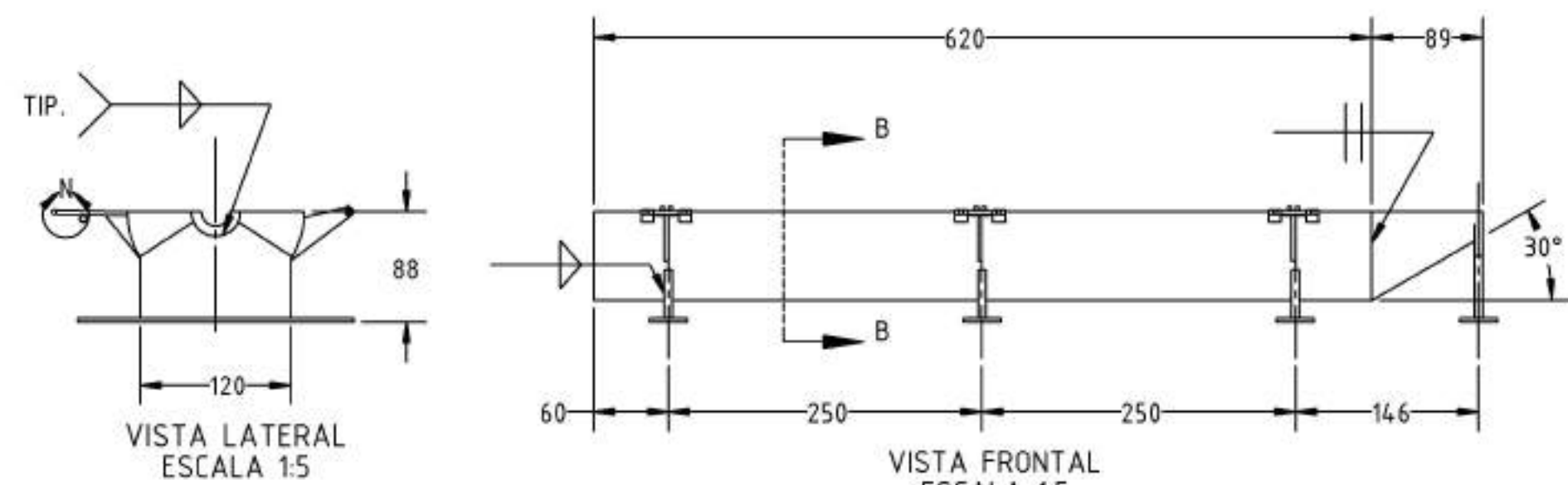


DETALLE "I"
VISAGRA CAMARA EXT.
ESC.: 2 : 1

IMPORTANTE:
LAS PIEZAS EN CONTACTO CON EL
COMPUESTO A PROCESAR SON:
- CÁMARA INETRIOR
- EMBOLO
- TAPON EXTREMO

NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 -
CALIDAD M

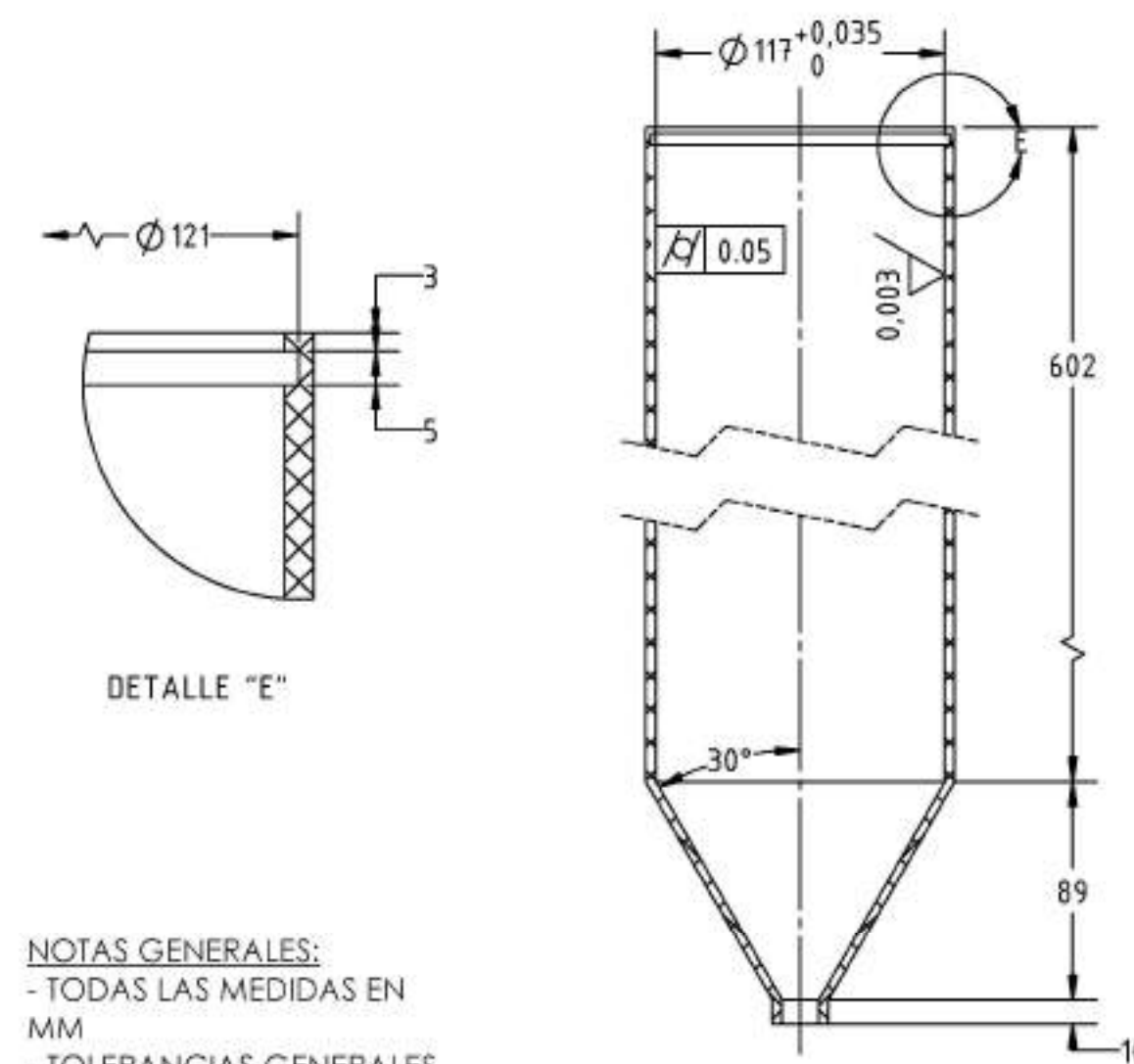
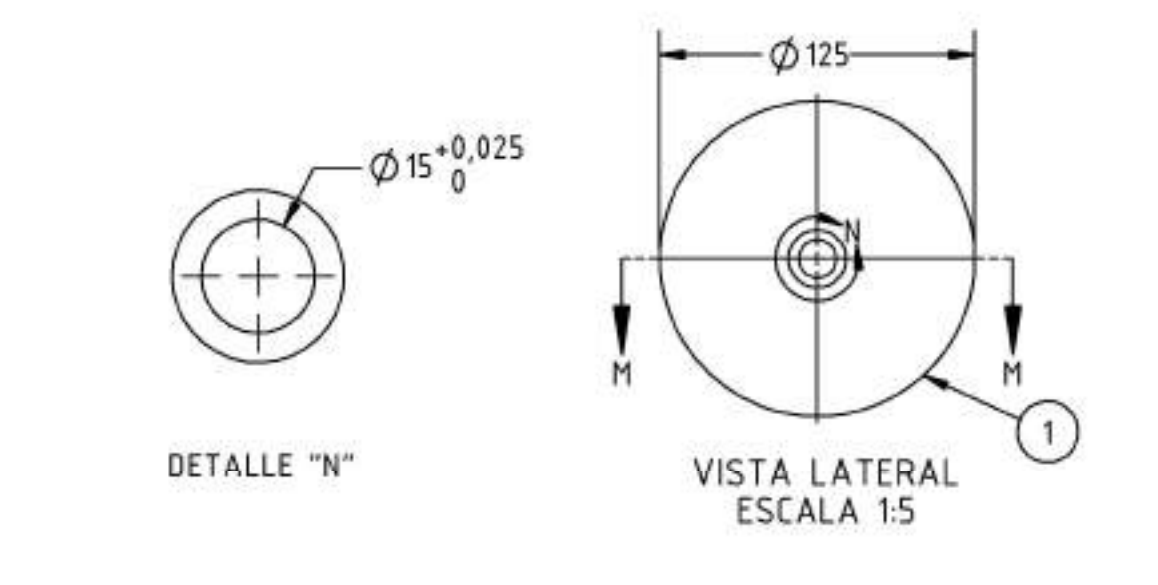
14	TUERCA MARIPOSA M12 DIN 315	03	COMERCIAL
13	BULON CIERRE	03	COMERCIAL
12	ANILLO RETENCION DIN 472- 5	03	COMERCIAL
11	PERNO CIERRE	03	SAE 1010
10	ANILLO RETNECION DIN 472 - 4	03	COMERCIAL
09	PERNO VISAGRA	03	SAE 1010
08	ANILLO RETENCION DIN 472 - 117	01	COMERCIAL
07	PRISIONERO M8 X 20 DIN 976	01	COMERCIAL
06	TAPON SALIDA	01	VER HOJA 03
05	EMBOLO	01	VER HOJA 03
04	VASTAGO	01	VER HOJA 03
03	CAMARA INTERIOR	01	VER HOJA 03
02	CAMARA EXT. SUPERIOR	01	VER HOJA 03
01	CAMARA EXT. INFERIOR	01	VER HOJA 03
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GENERAL (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		10	
DENOMINACIÓN		SISTEMA EXTRUSIÓN	
PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA		MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING	
DIBUJO		FECHA	
B. BOLIVAR		19/07/2025	
N° HOJA: 02		REV. 0	
ESCALAS		S/ VISTA	
N° DE PLANO		PF-PL01-00	



NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

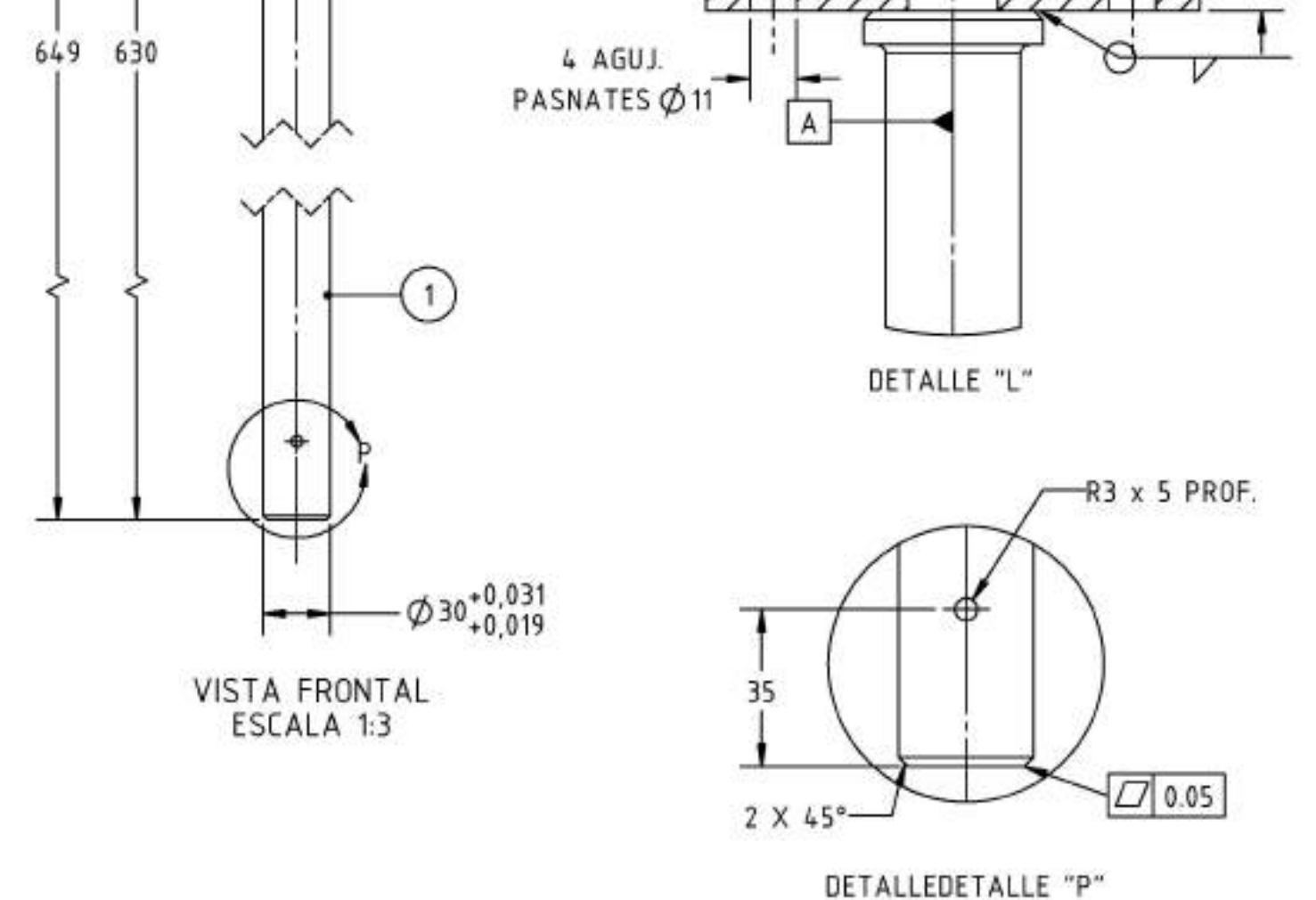
SOLDADURAS:
- ESPESOR MINIMO DE FILETE: $\alpha=0.7$ * MINIMO ESPESOR A SOLDAR
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

07	BRAZO VISAGRA	06	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
06	SOPORTE PERNO	06	TUBO DIAM INT 5 MM - SAE 1020
05	BASE CIERRE	03	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
04	SOPORTE CAMARA CON.	01	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
03	SOPORTE CAMARA CL.	03	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
02	BASE INFERIOR	04	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
01	CARACA INFERIOR	01	TUBO NPS 5" SCH. 40 ASTM A53
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		01	
DENOMINACION		CAMARA EXTERIOR INFERIOR	



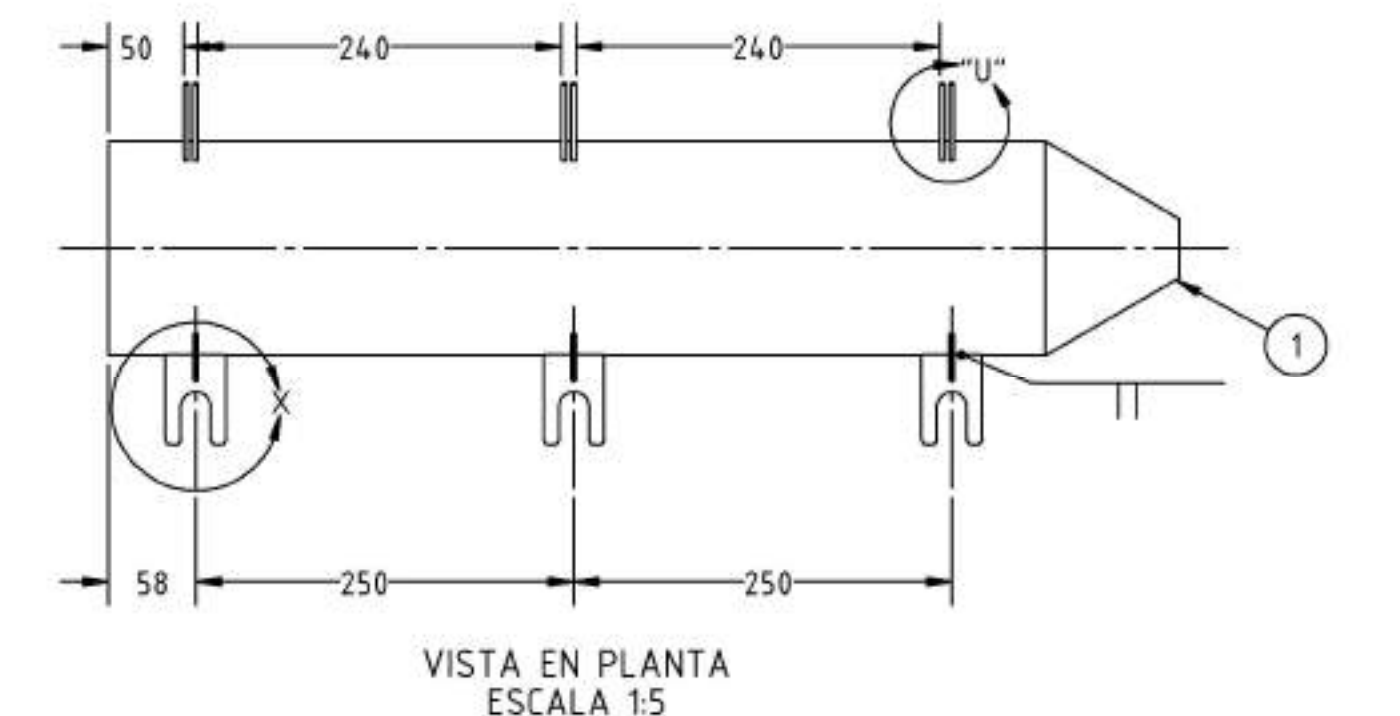
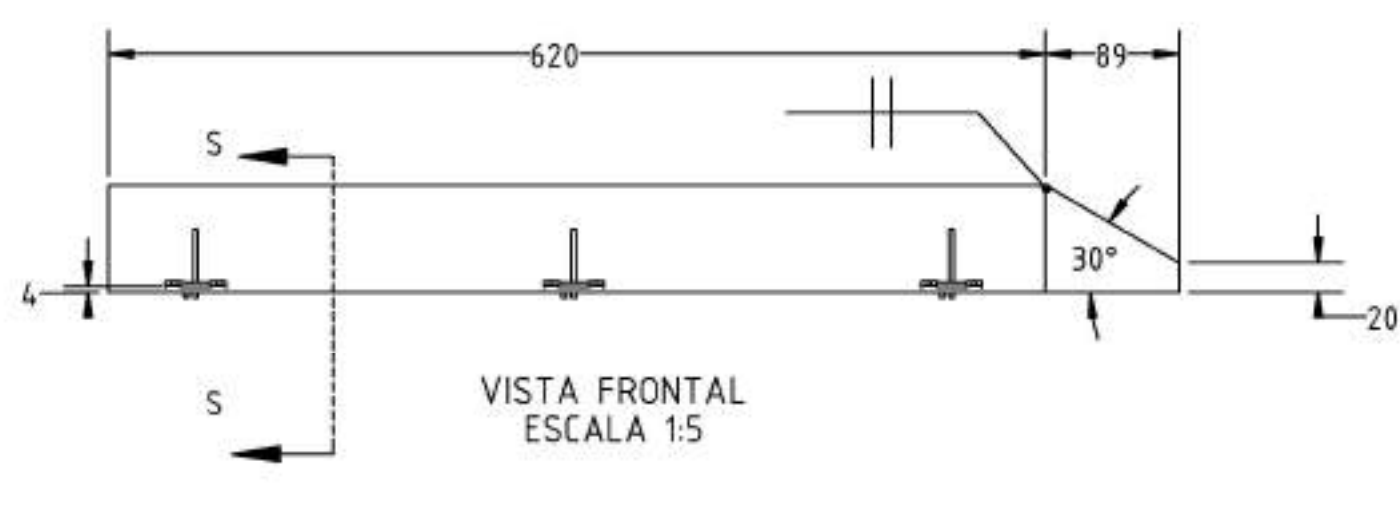
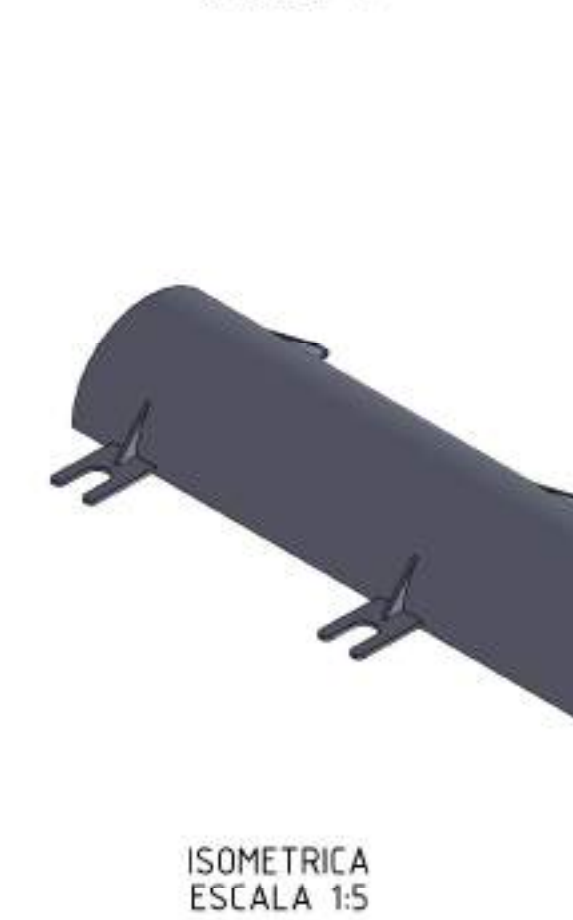
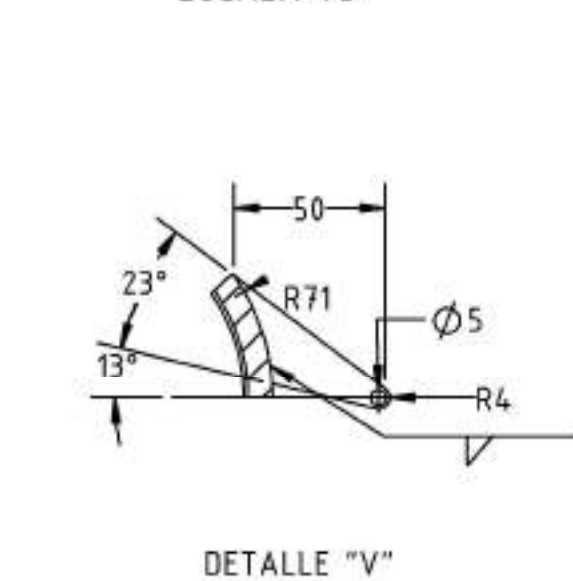
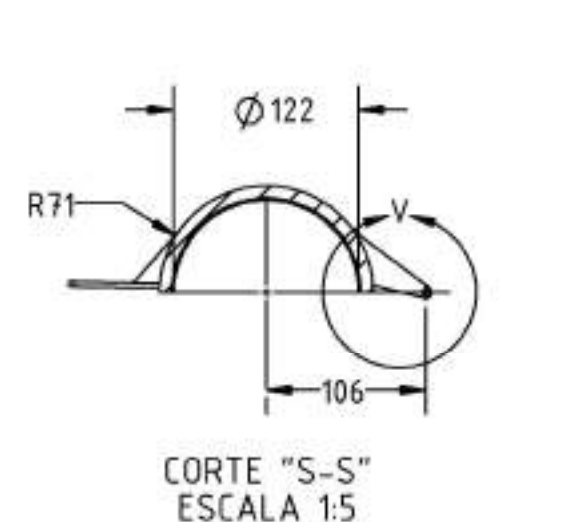
NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

01	CAMARA INTERIOR	01	CAÑO PEAD (PE-100) 125 mm SDR33
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		03	
DENOMINACION		CAMARA INTERIOR	



NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

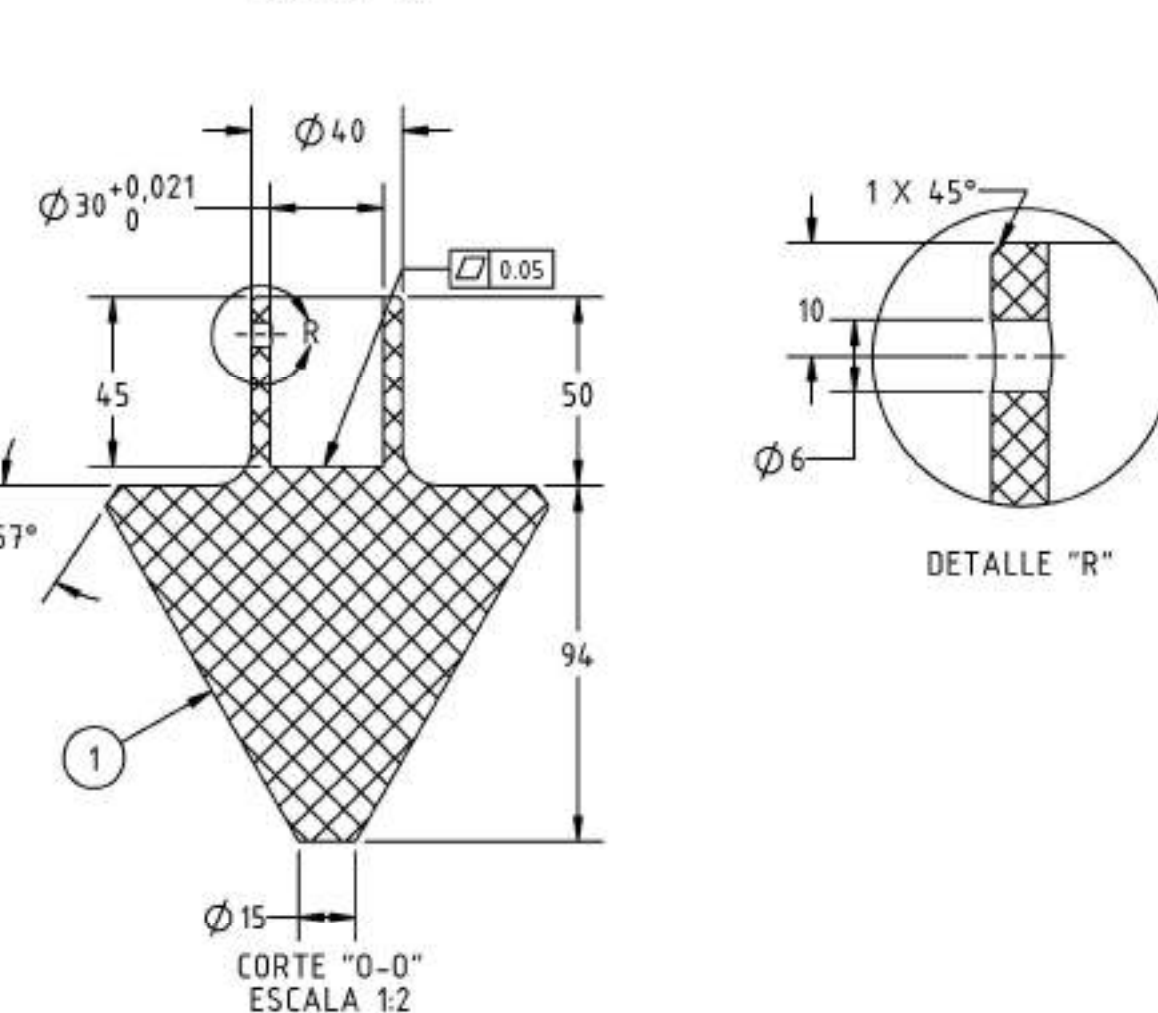
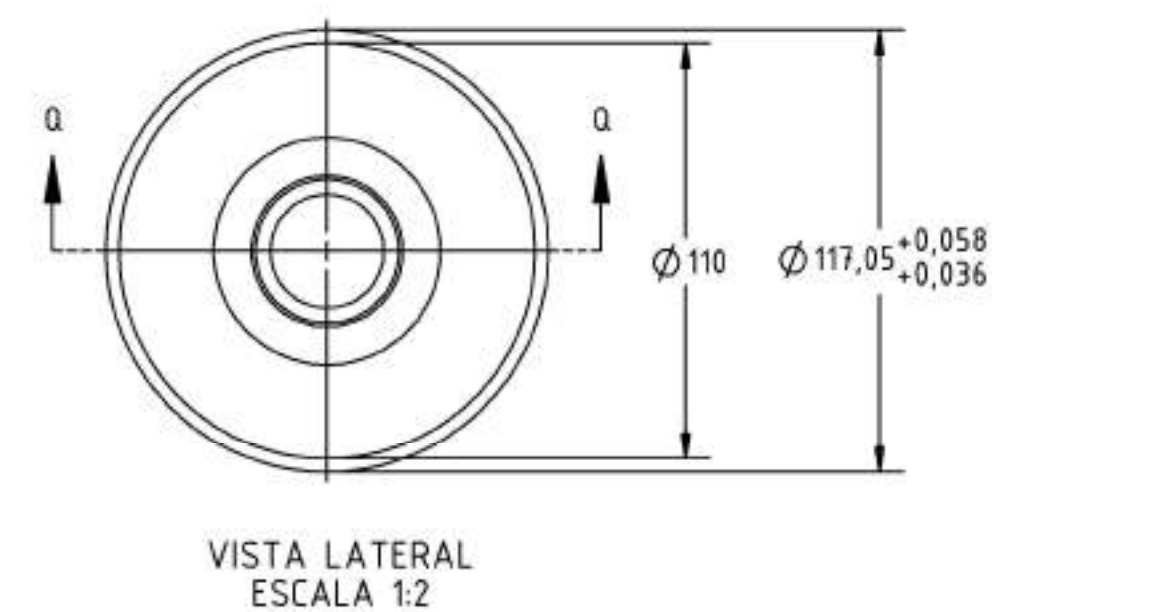
02	BRIDA	01	REDONDO SAE 1020
01	VASTAGO	01	REDONDO SAE 1020
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		04	
DENOMINACION		VASTAGO	



NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

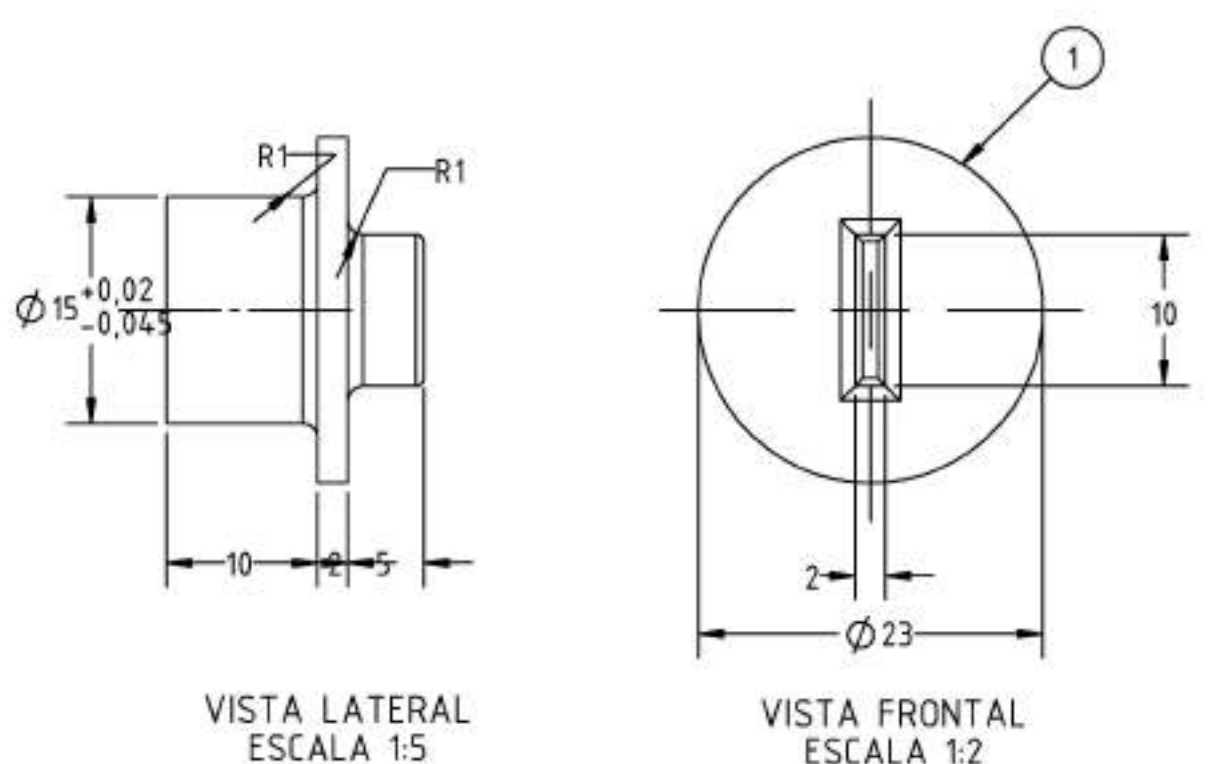
SOLDADURAS:
- ESPESOR MINIMO DE FILETE: $\alpha=0.7$ * MINIMO ESPESOR A SOLDAR
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

03	BRAZO VISAGRA	06	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
02	BASE CIERRE	03	IRAM IAS U500 F24 - e=3/8"
01	CARACA SUPERIOR	01	TUBO NPS 5" SCH. 40 ASTM A53
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		01	
DENOMINACION		CAMARA EXTERIOR INFERIOR	



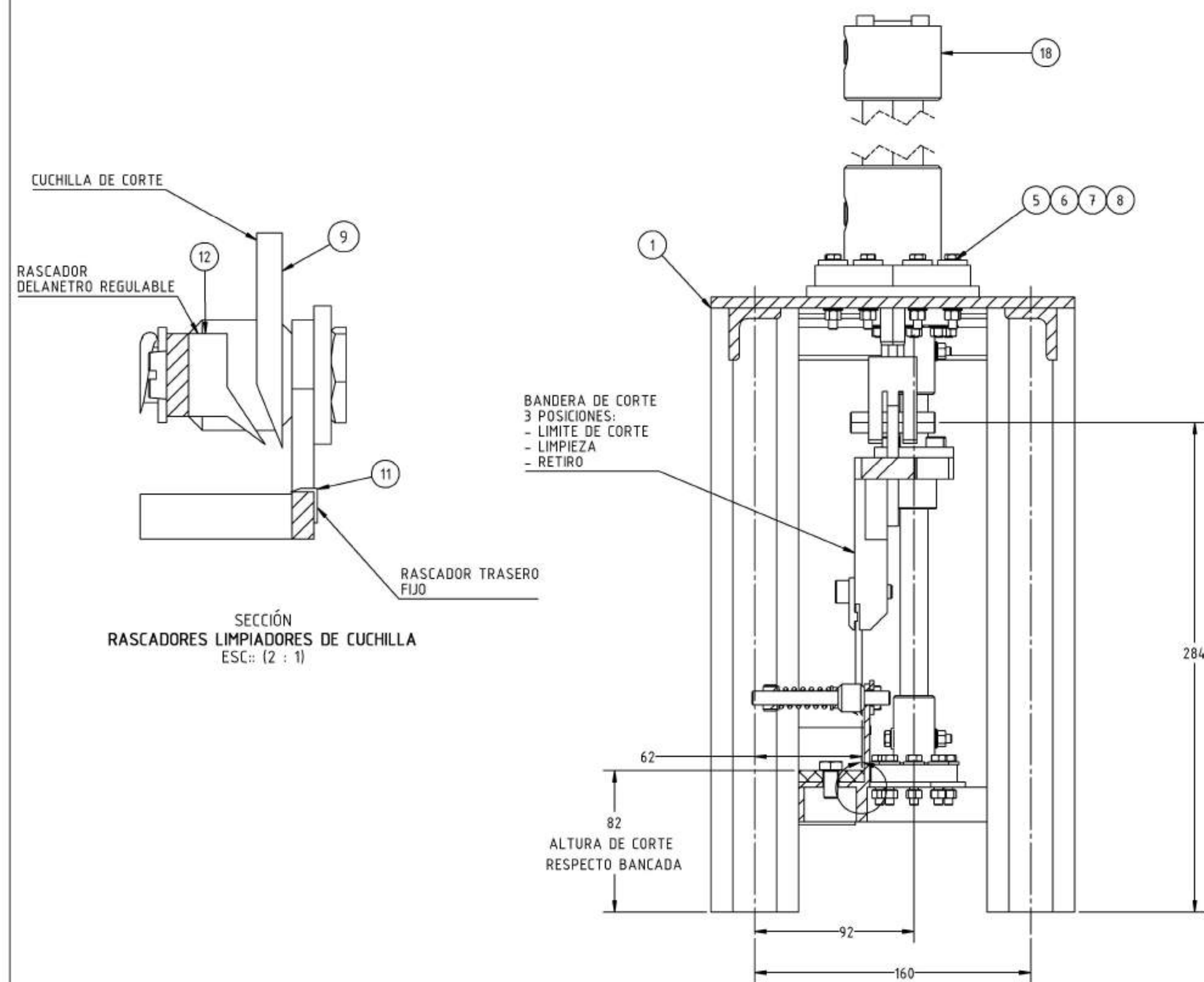
NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

01	EMBOLO	01	PEAD
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		05	
DENOMINACION		EMBOLO	

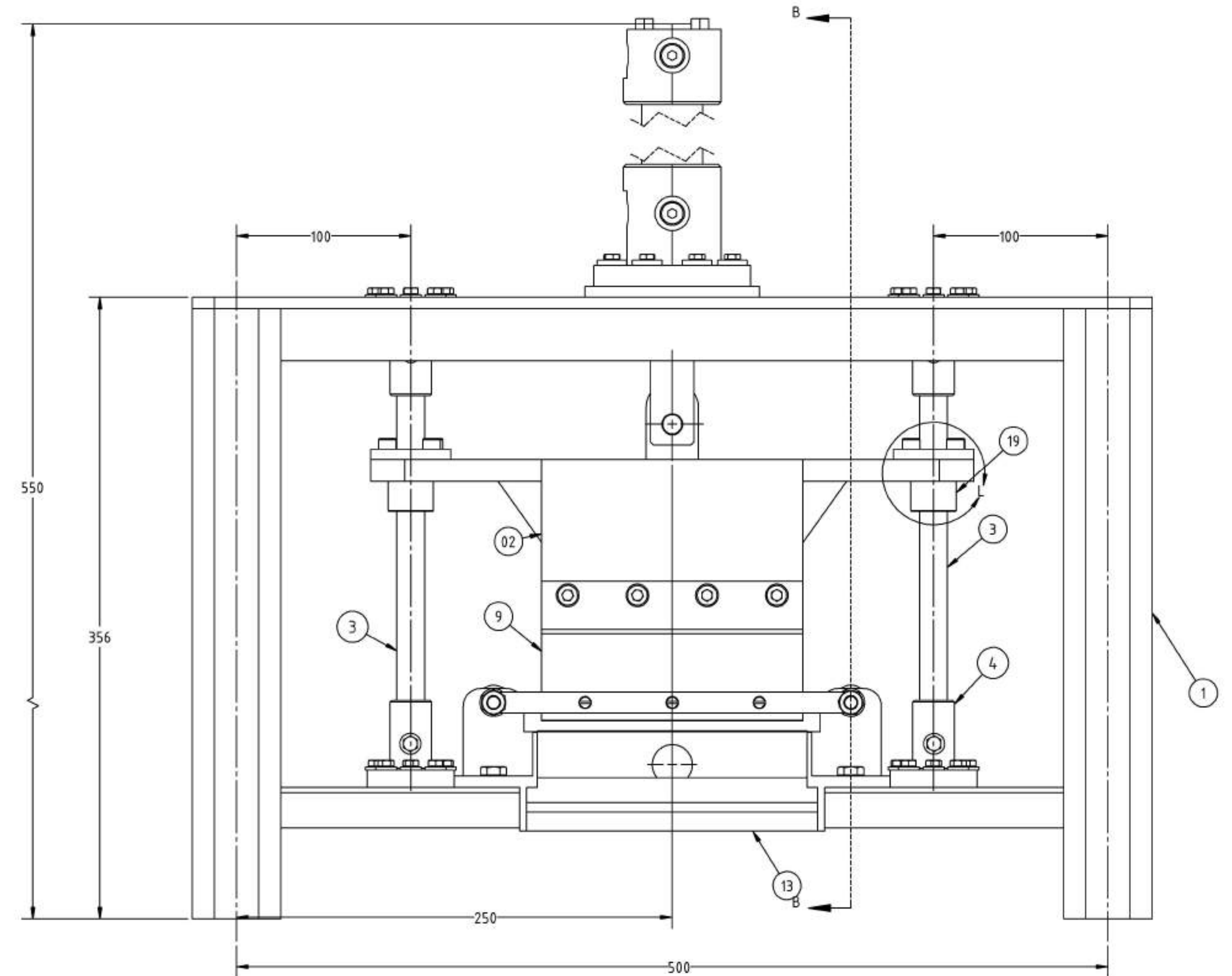


NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

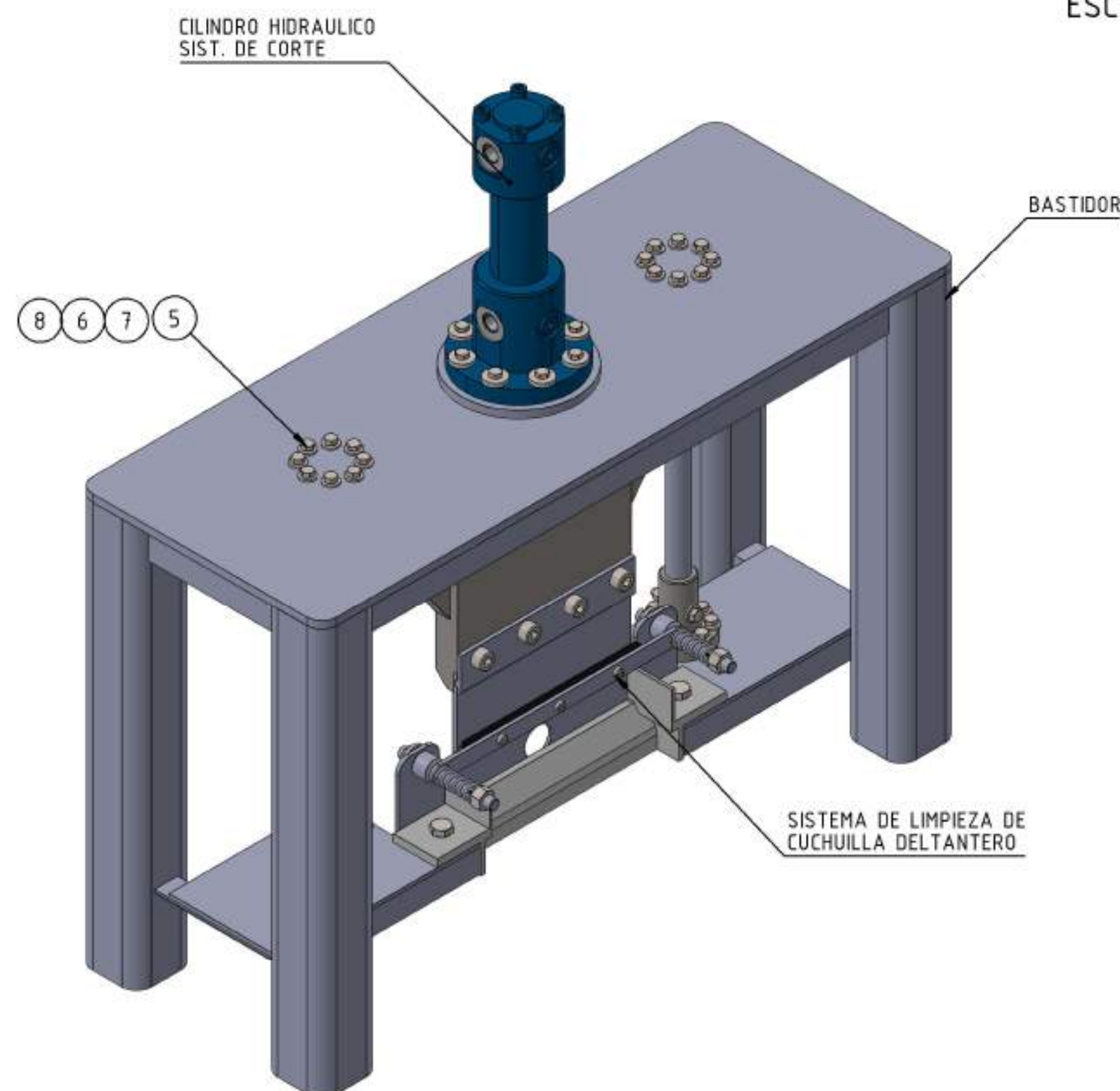
01	TAPON	01	REDONDO Ø1" - PEAD
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA EXTRUSIÓN (HOJA 2)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		06	
DENOMINACION		TAPON	
FCBA		PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA	
MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING		N° DE PLANO	
DISEÑO		FECHA	
B. BOLIVAR		20/01/2025	
N° HOJA: 03		REV. 0	
ESCALAS		S/VISTA	
PF-PL02-00			



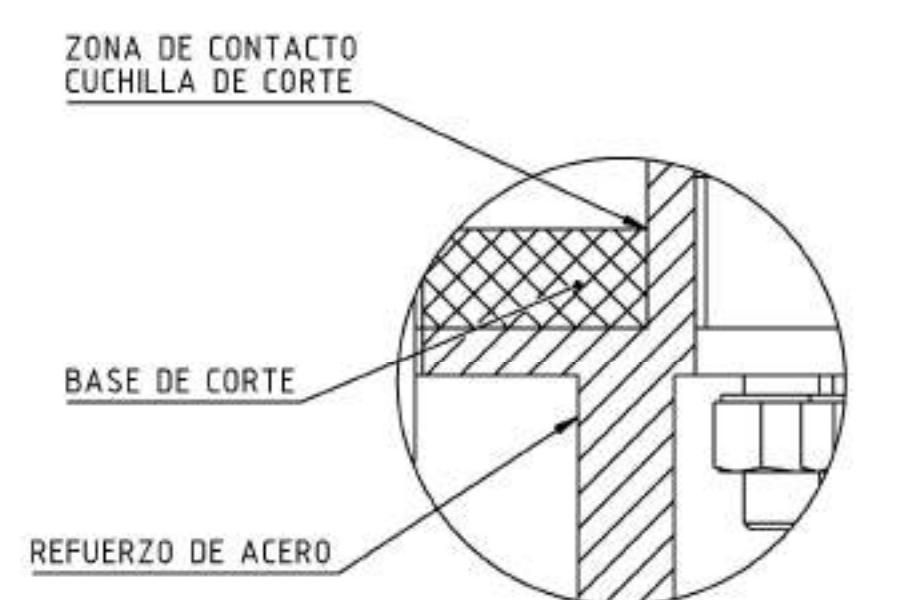
CORTE: B-B
ESC.: (1 : 2)



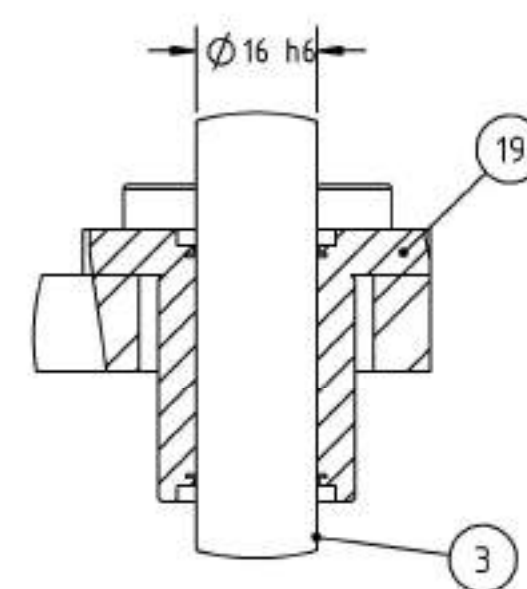
VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:2



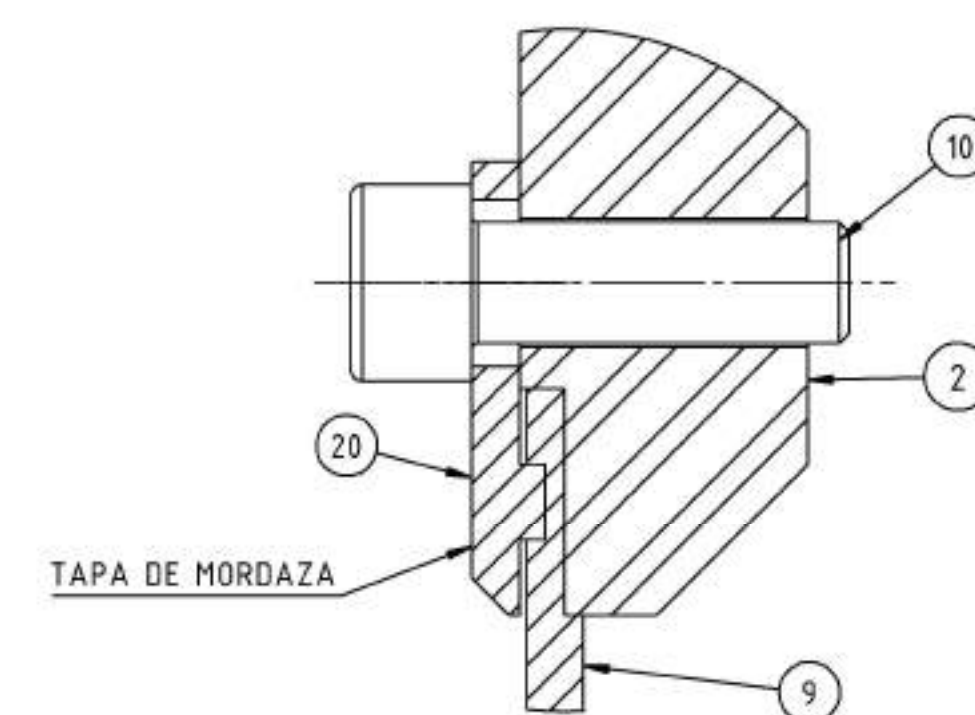
VISTA ISOMÉTRICA



DETALLE "I"
ZONA DE IMPACTO DE CUCHILLA
ESC.: (2 : 1)



DETALLE "L"
RODAMIENTO LINEAL-
GUIA DE BANDERA
ESC.: (1 : 1)



DETALLE "G"
MORDAZA DE CUCHILLA DESMONTABLE
ESC.: (2 : 1)

20	TAPA MORDAZA	01	VER HOJA 06
19	ROD. LINEAL-MOD.: BBER16AUU - NTN	02	COMERCIAL
18	CILINDRO HID. CORTE	01	VER PF-DH-00
17	ARANDELA GROWER DIN 127-B M8	02	COMERCIAL
16	ARANDELA DIN 125-A M8	02	COMERCIAL
15	TUERCA DIN 934 M8 - 8	02	COMERCIAL
14	BULON HEX. DIN 931 M8 X30	02	COMERCIAL
13	BASE DE CORTE	01	VER HOJA 05
12	SISTEMA RASCADOR DELANTERO	01	VER HOJA 06
11	RASCADOR TRASERO	01	VER HOJA 06
10	TORNILLO DIN 912 M8 X 25 - 8.8	04	COMERCIAL
09	CUCHILLA DE CORTE	01	VER HOJA 06
08	ARANDELA GROWER DIN 127-B M5	44	COMERCIAL
07	ARANDELA DIN 125-A M5	44	COMERCIAL
06	TUERCA DIN 934 M5 - 8	44	COMERCIAL
05	BULON HEX. DIN 931 M5 X30	44	COMERCIAL
04	SOPORTE GUIA LATERAL	04	VER HOJA 06
03	GUIA LATERAL	02	VER HOJA 06
02	BANDERA	01	VER HOJA 05
01	ESTRUCTURA SOPORTE	01	VER HOJA 05
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES

CONJUNTO: CONJUNTO GENERAL (HOJA 1)

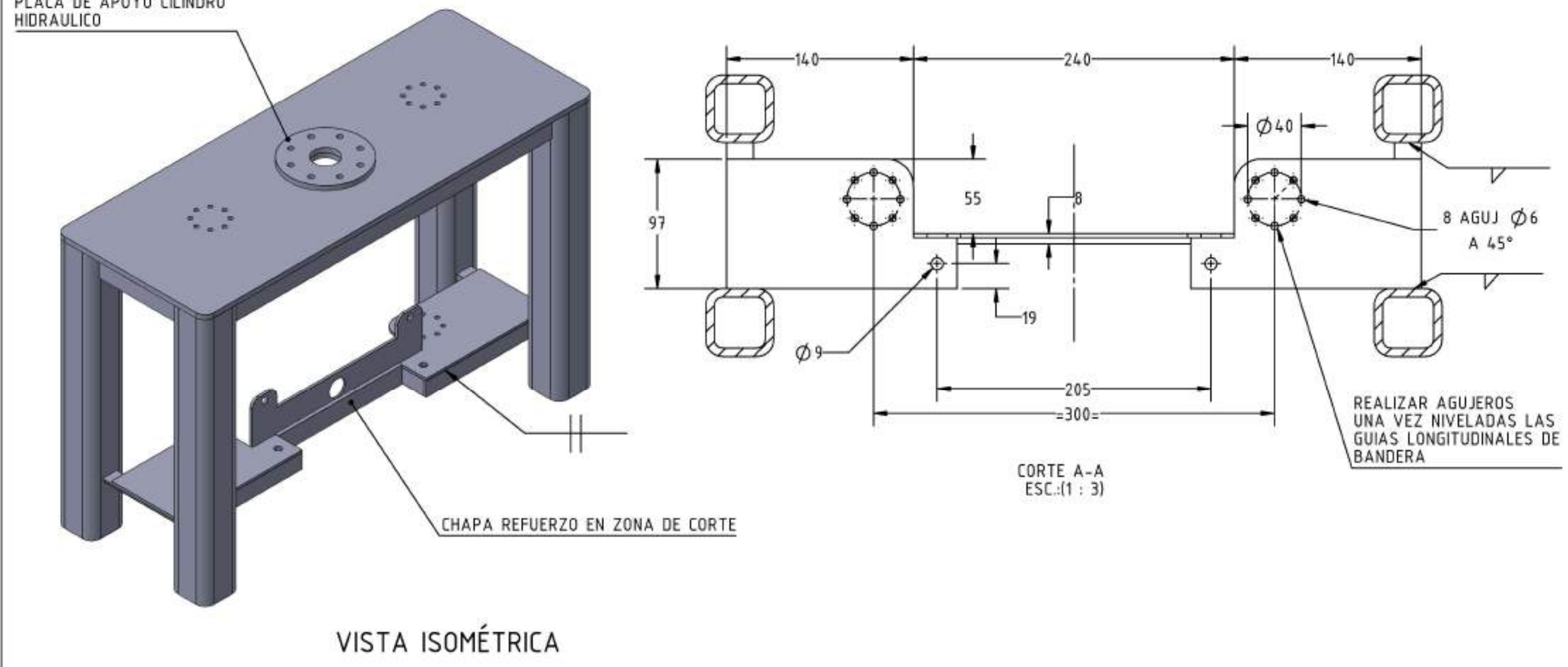
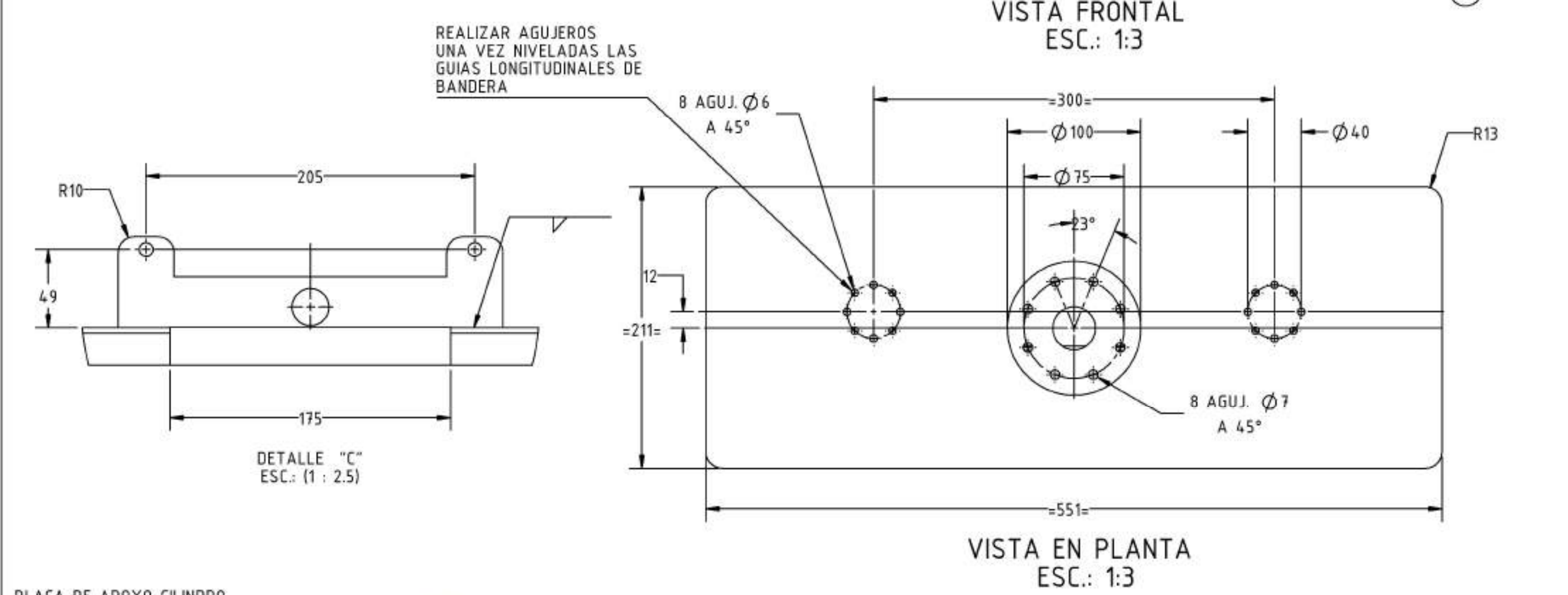
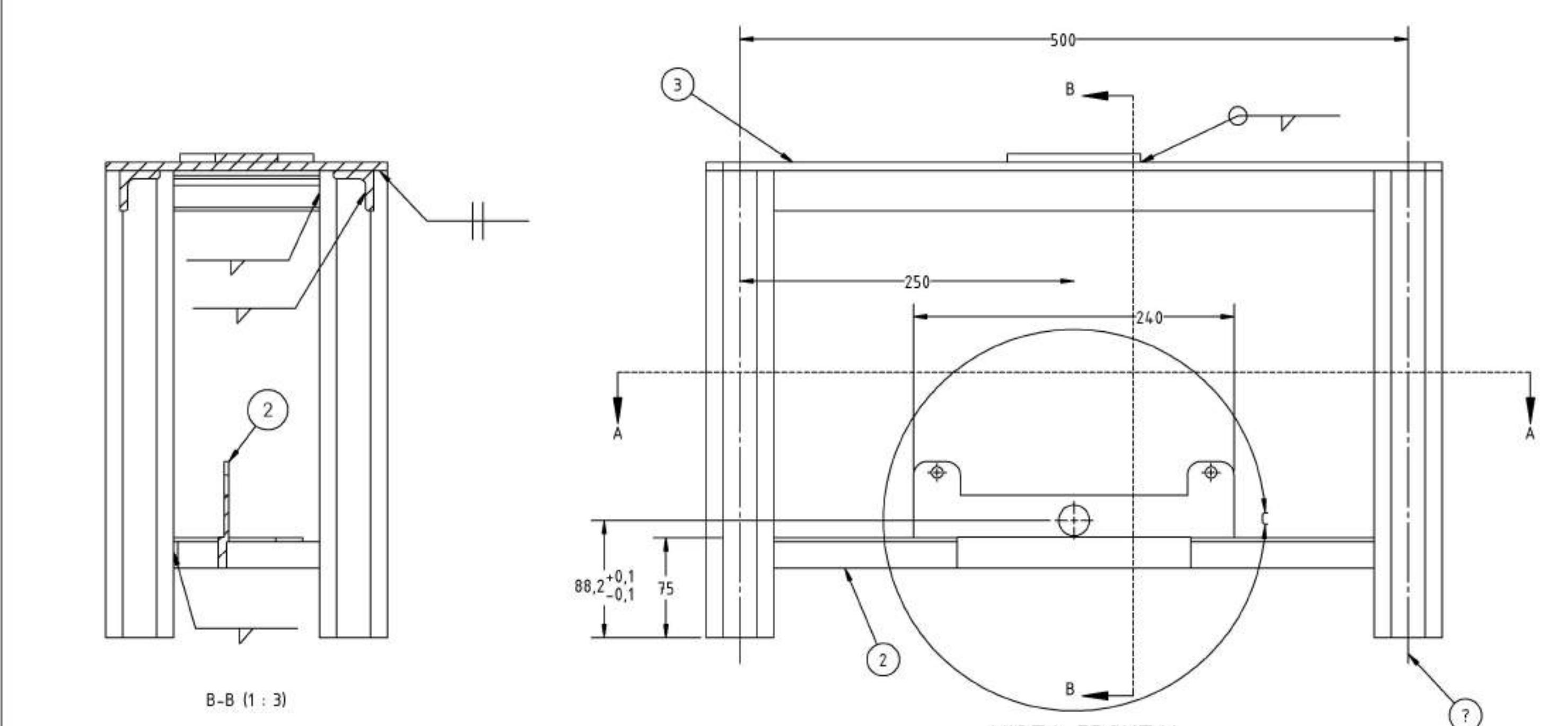
N° DE PIEZA EN CONJ. 16

DENOMINACION SISTEMA DE CORTE

PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING

DIBUJO: 20/01/2025 ESCALAS: S/ VISTA N° DE PLANO: PF-PL03-00

NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M



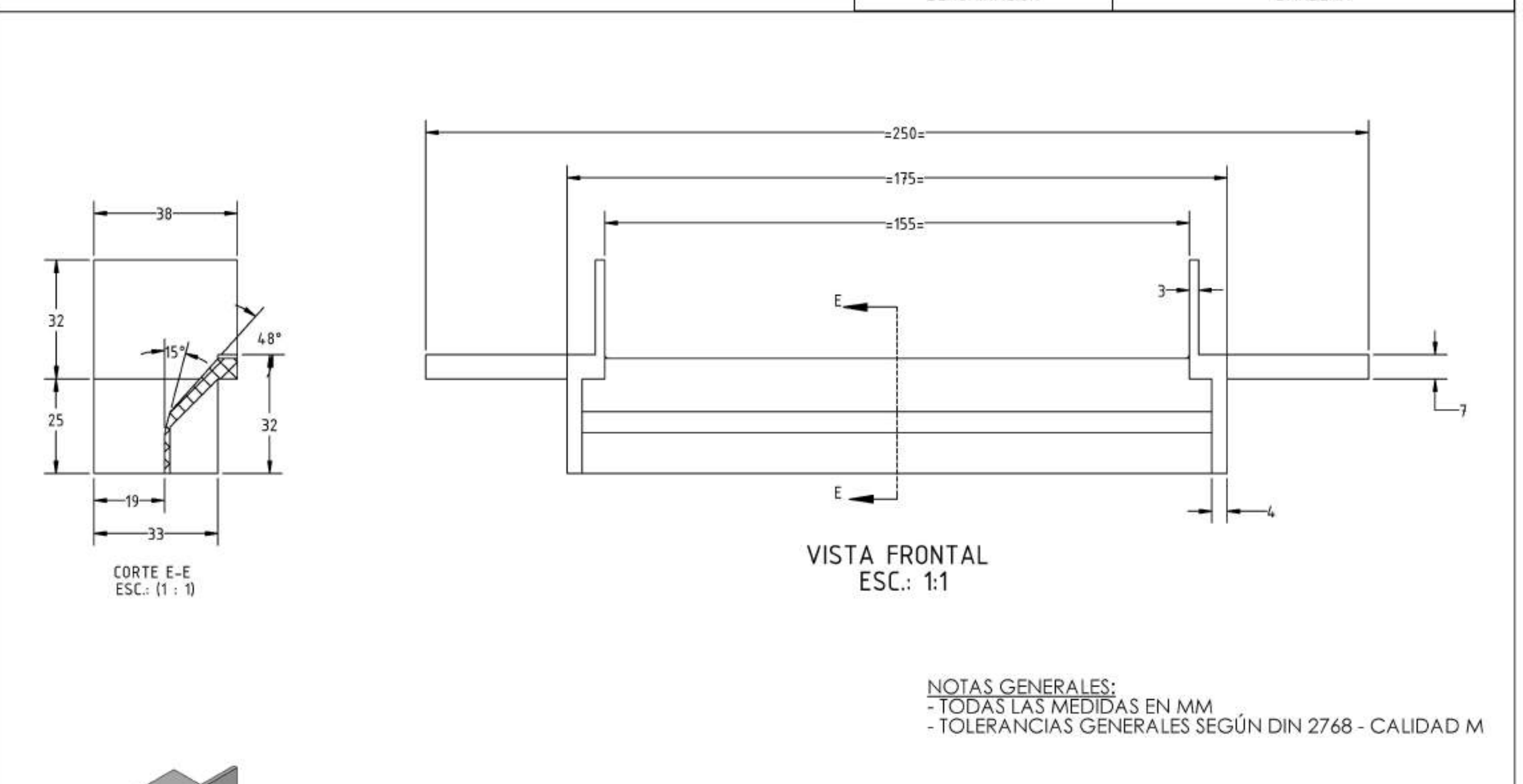
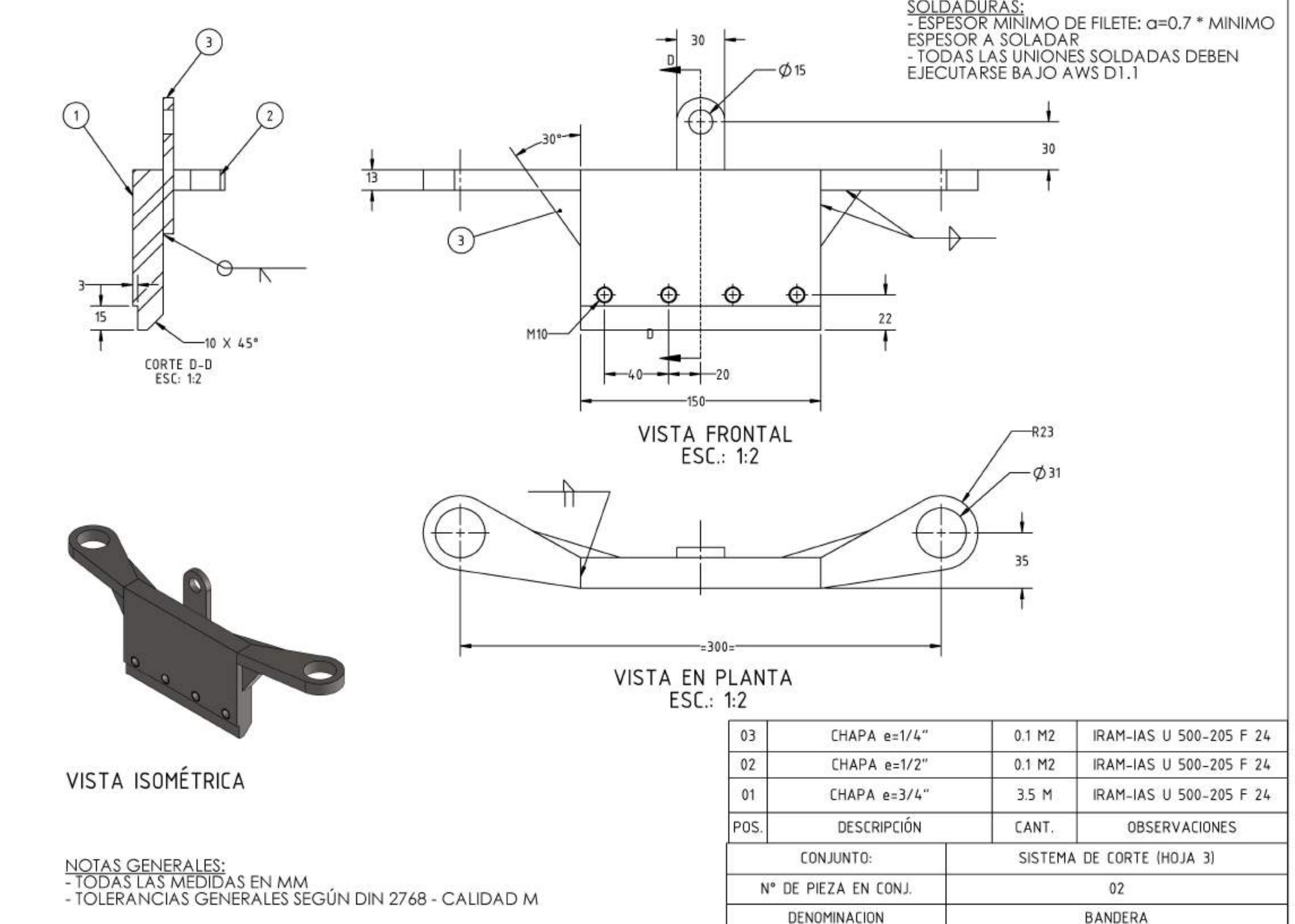
NOTAS GENERALES:

- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

SOLDADURAS:

- ESPESOR MÍNIMO DE FILETE: $\alpha=0.7 \cdot \text{MÍNIMO ESPESOR A SOLDAR}$
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

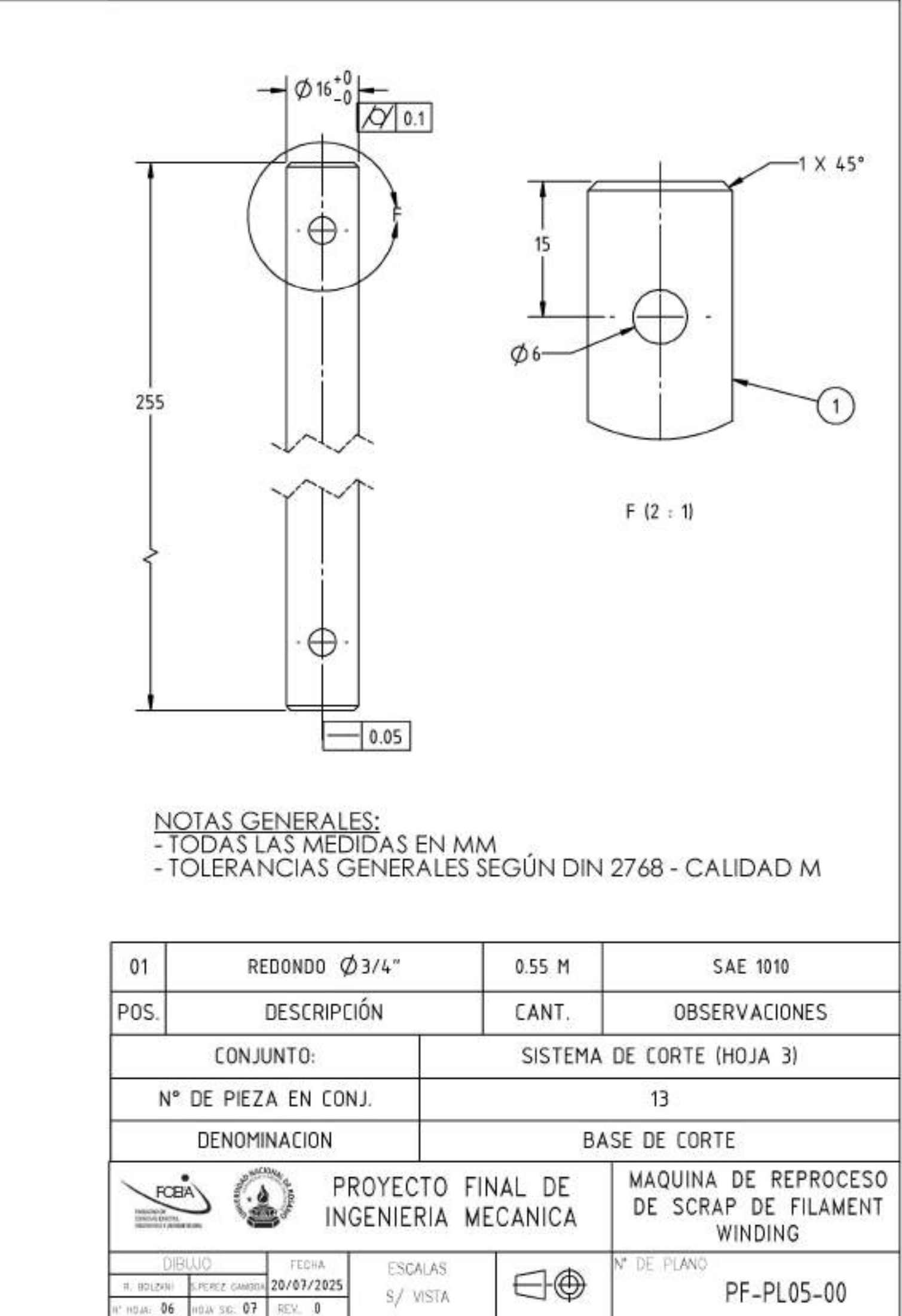
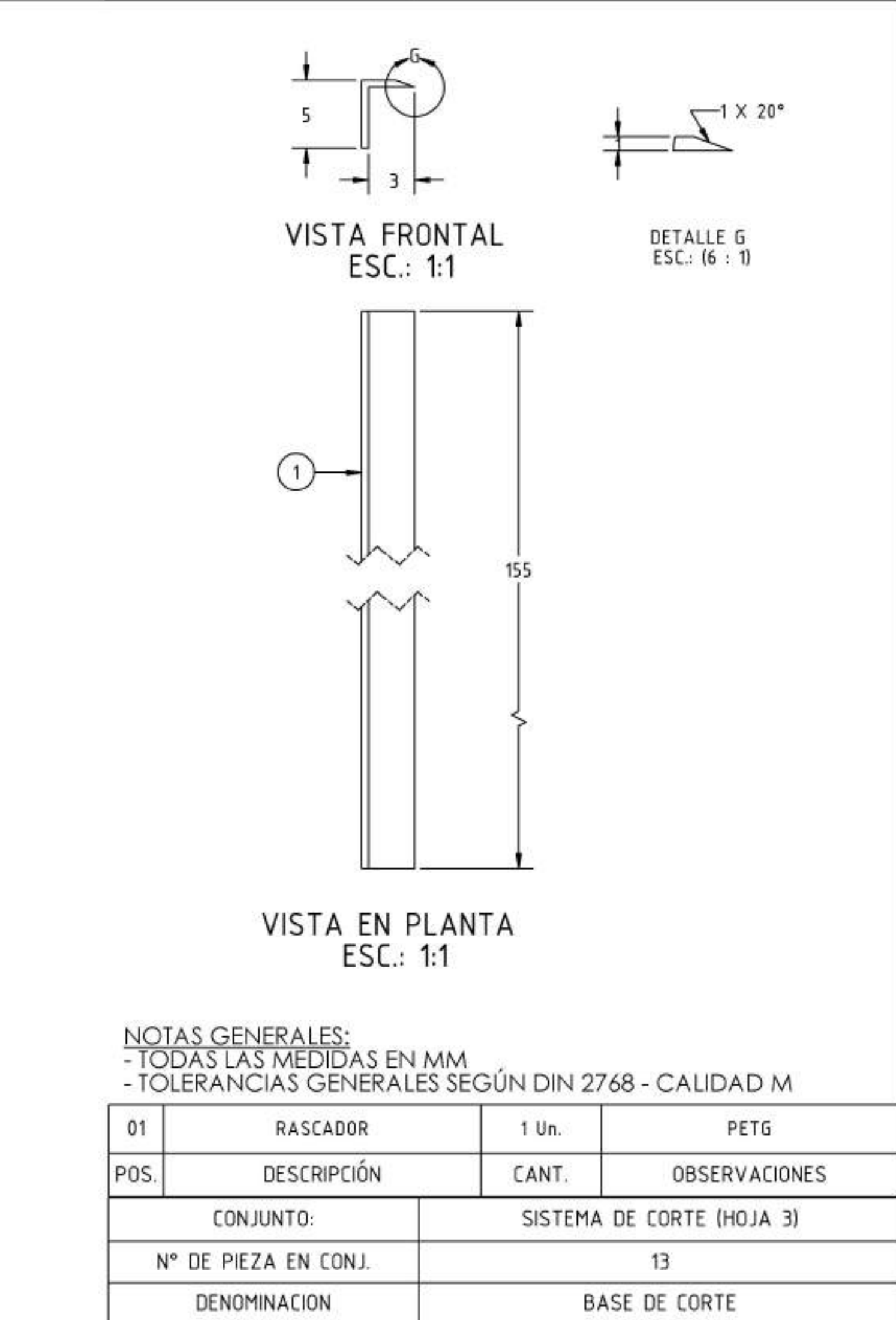
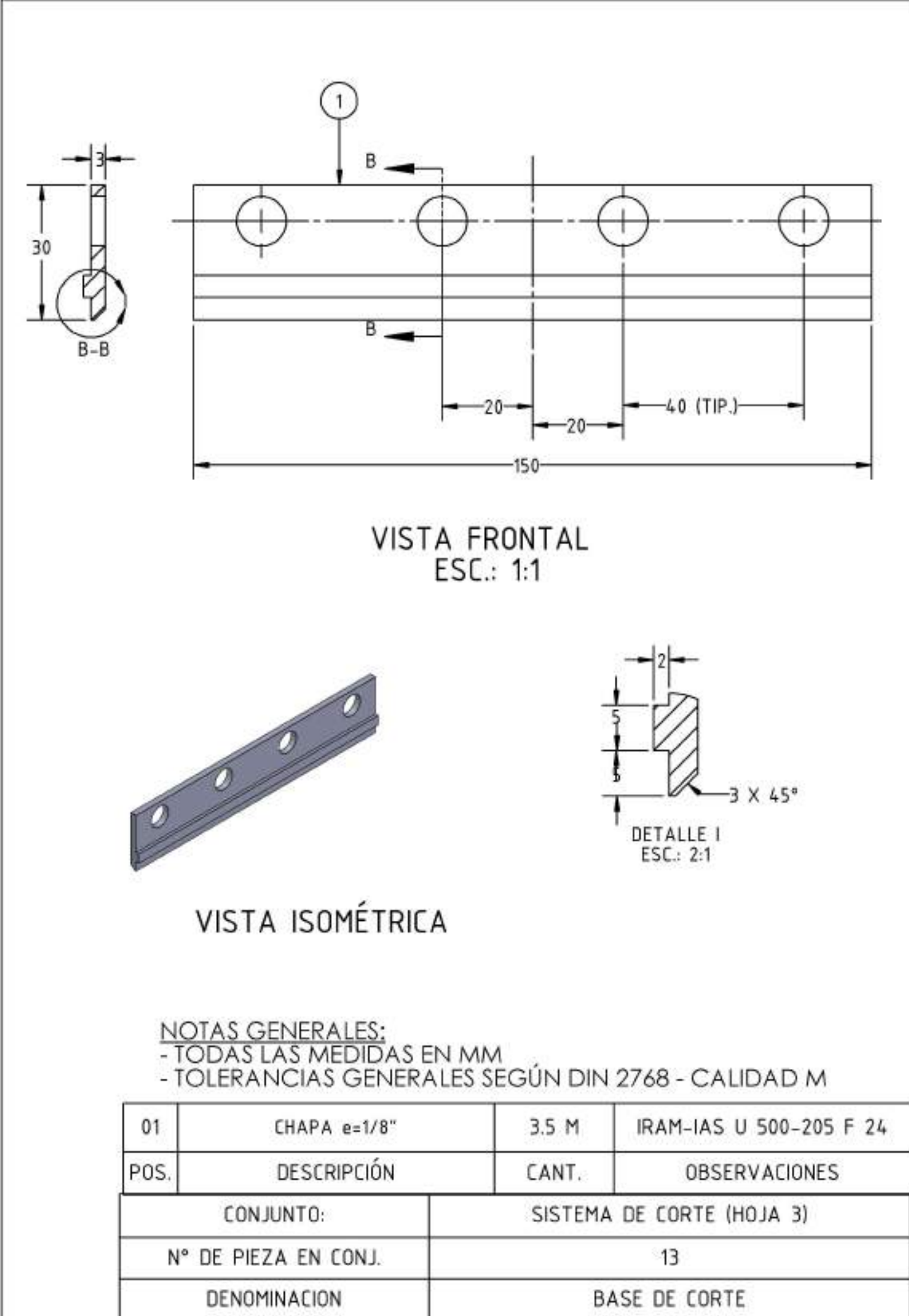
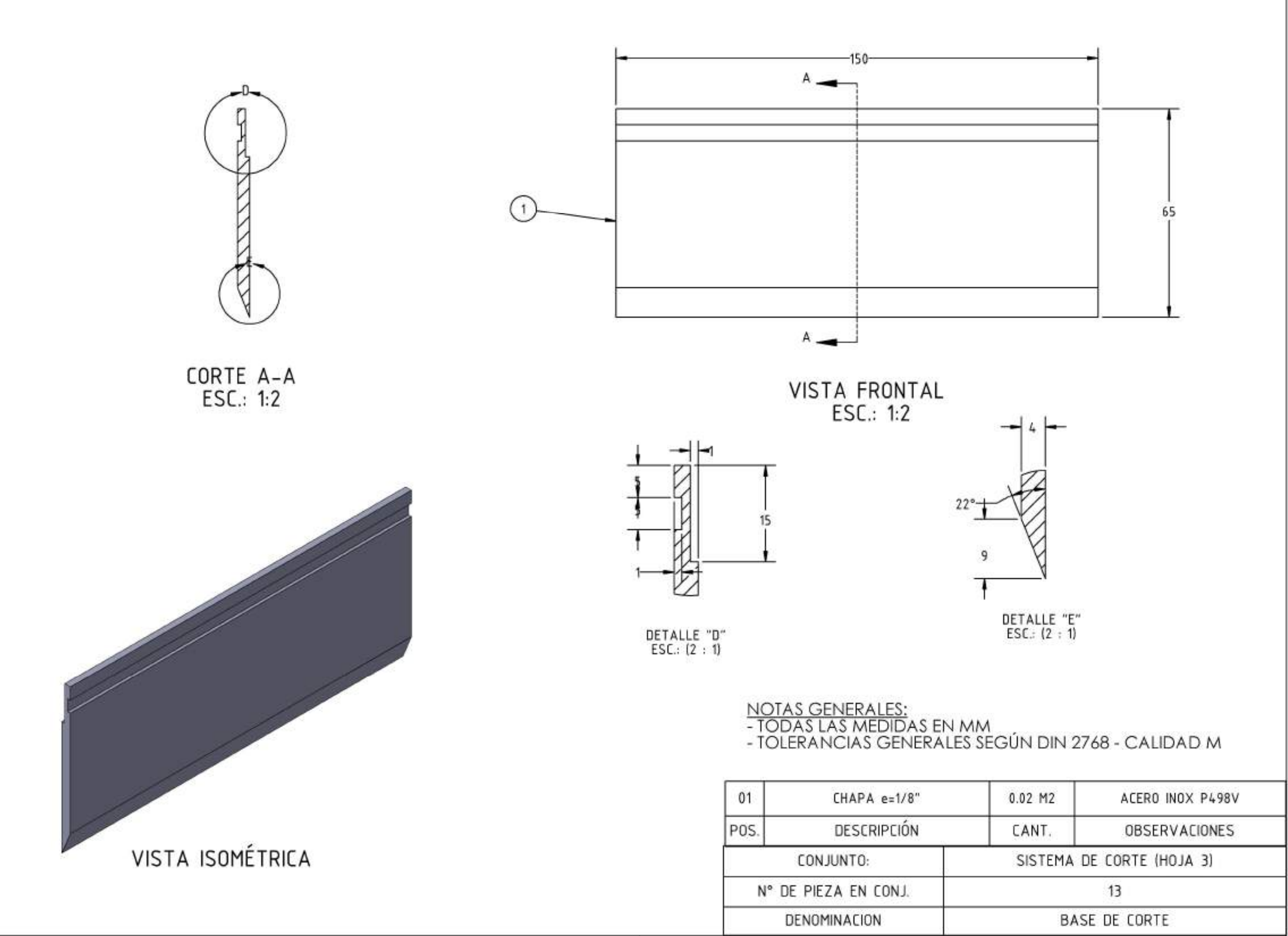
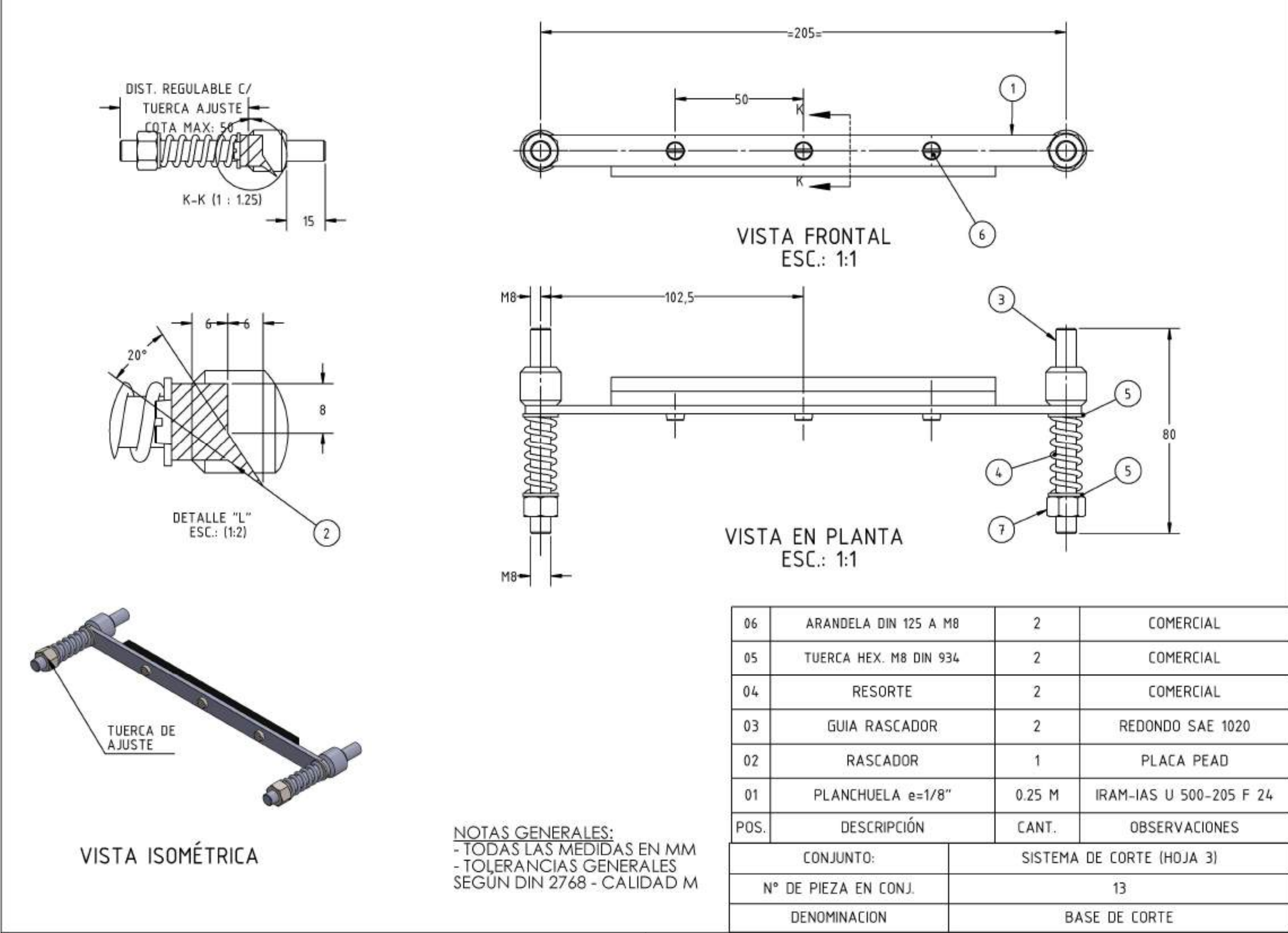
03	CHAPA e=1/4"	0.1 M2	IRAM-IAS U 500-201
02	CHAPA e=3/8"	0.25 M2	IRAM-IAS U 500-205 F 24
01	CAÑO 40 x 40	1.25 M	IRAM-IAS U 500-259
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA DE CORTE (HOJA 3)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		01	
DENOMINACION		ESTRUCTURA SOPORTE	

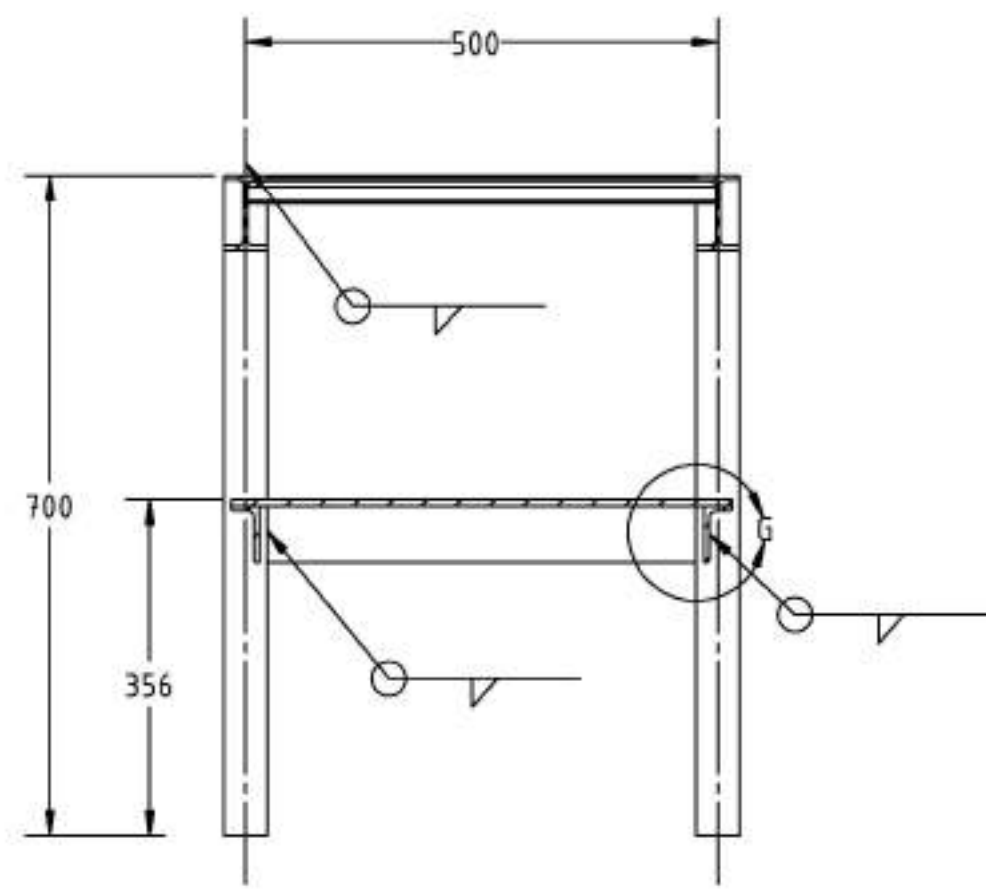


NOTAS GENERALES:

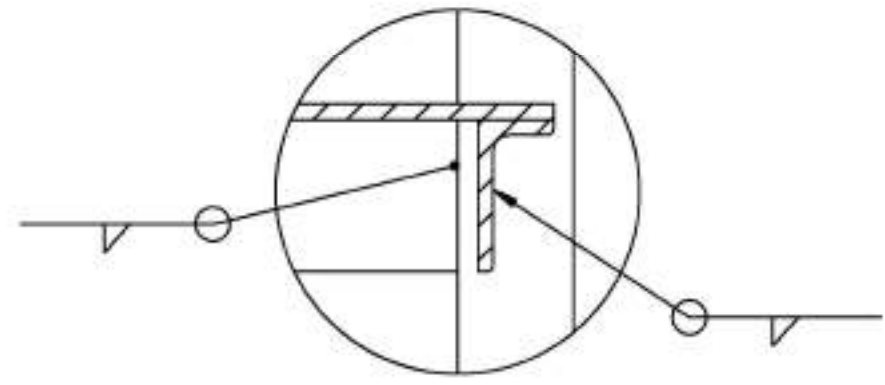
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

01	BASE DE CORTE	1	TEFLON
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		SISTEMA DE CORTE (HOJA 3)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		13	
DENOMINACION		BASE DE CORTE	
PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA		MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING	
DIBUJO		FECHA	
B. SOLDAJE		20/07/2025	
N° HOJA: 05		REV. 0	
ESCALAS		S/ VISTA	
N° DE PLANO		PF-PL04-00	

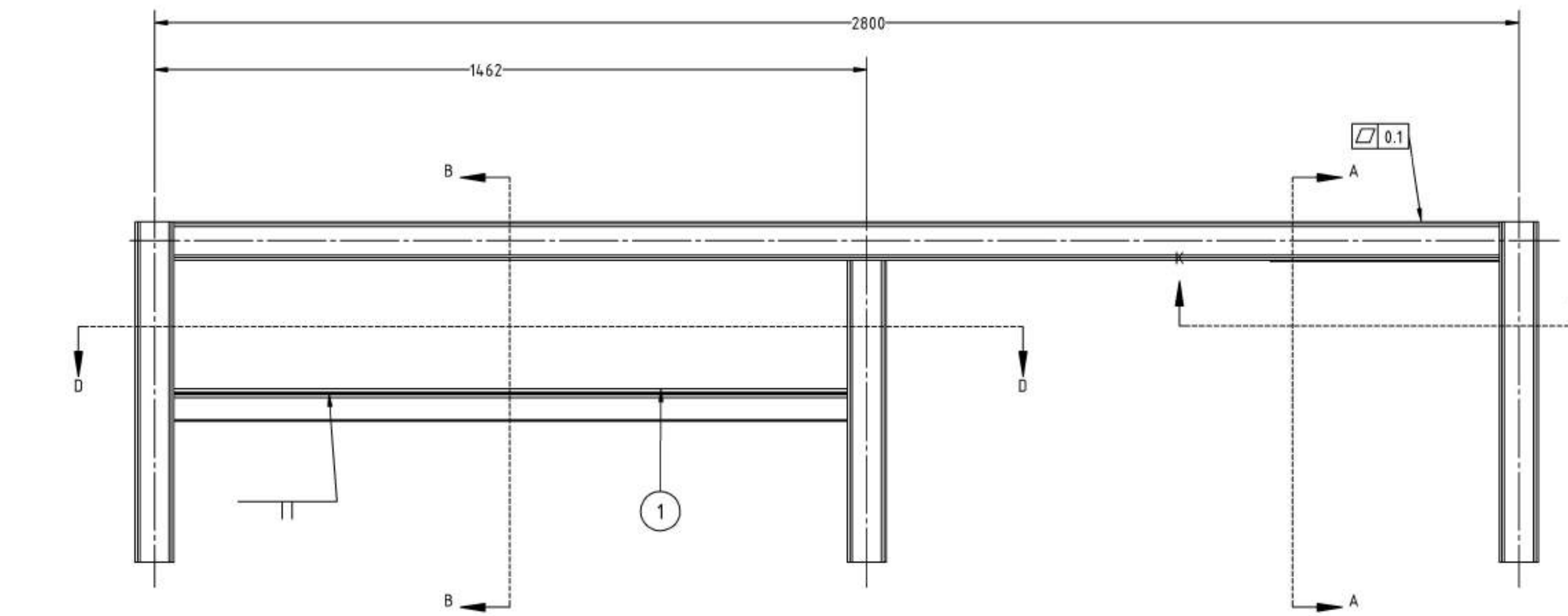




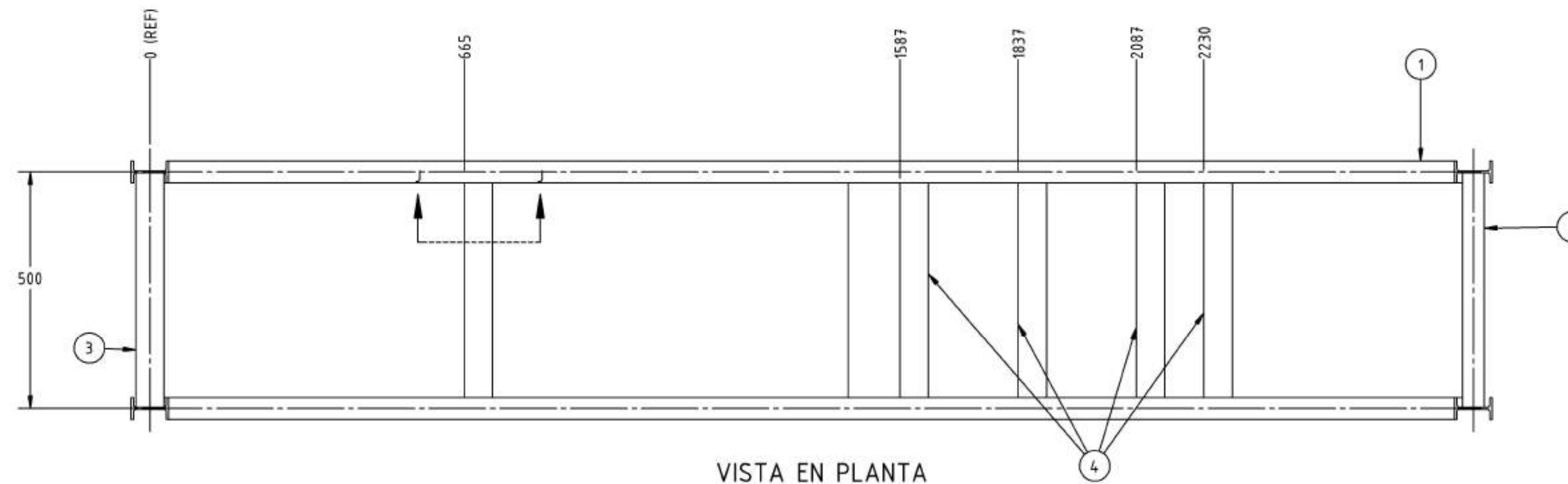
CORTE "B-B"
ESC.: 1:10



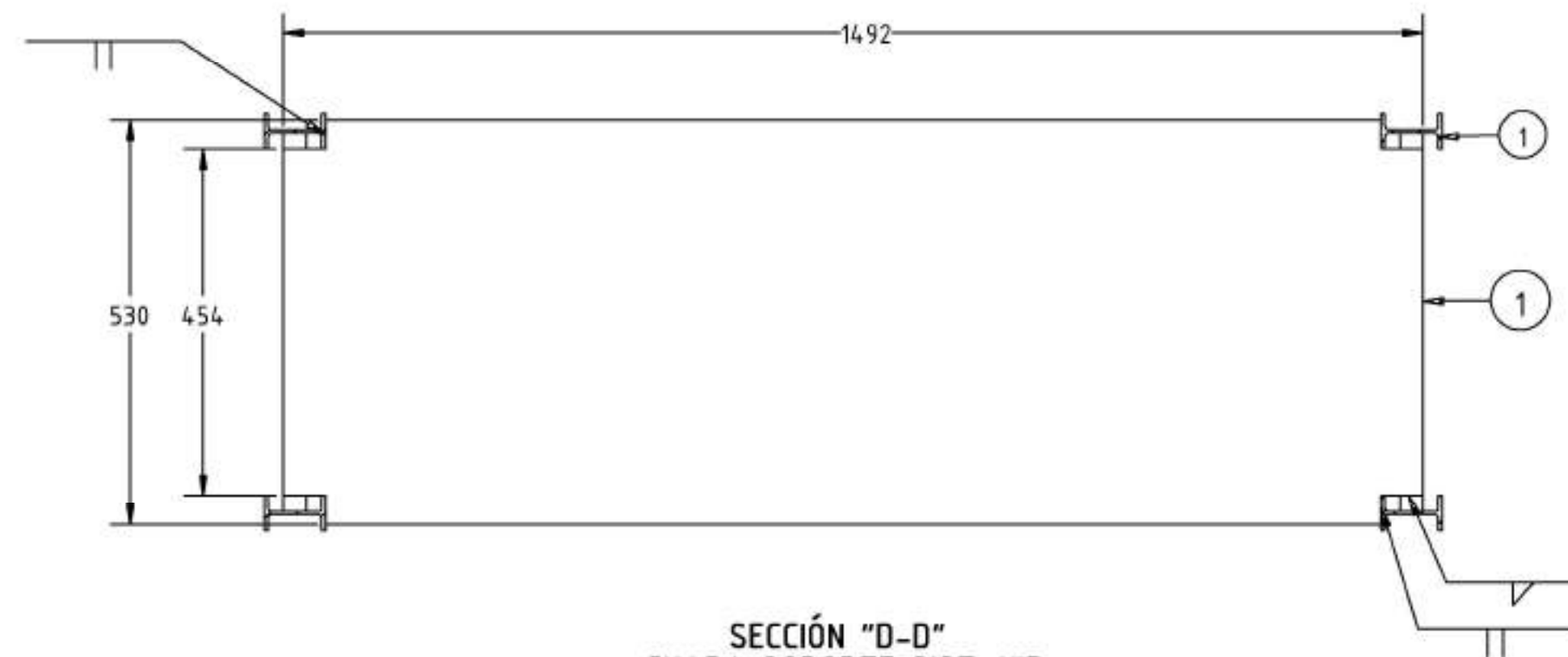
DETALLE "G"
ESC.: (1:3)



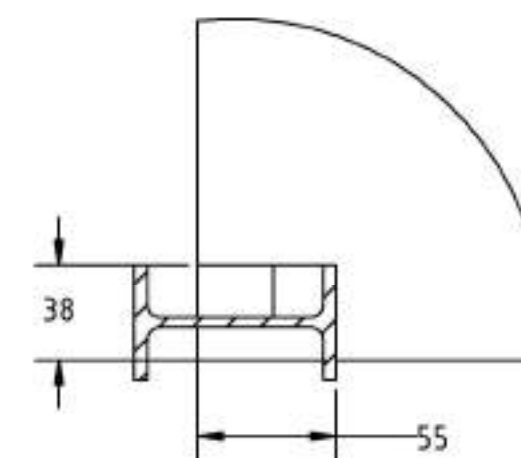
VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:10



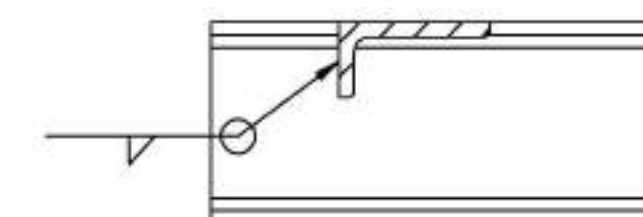
VISTA EN PLANTA
ESC.: 1:10



SECCIÓN "D-D"
CHAPA SOPORTE SIST. HID
ESC.: 1:5

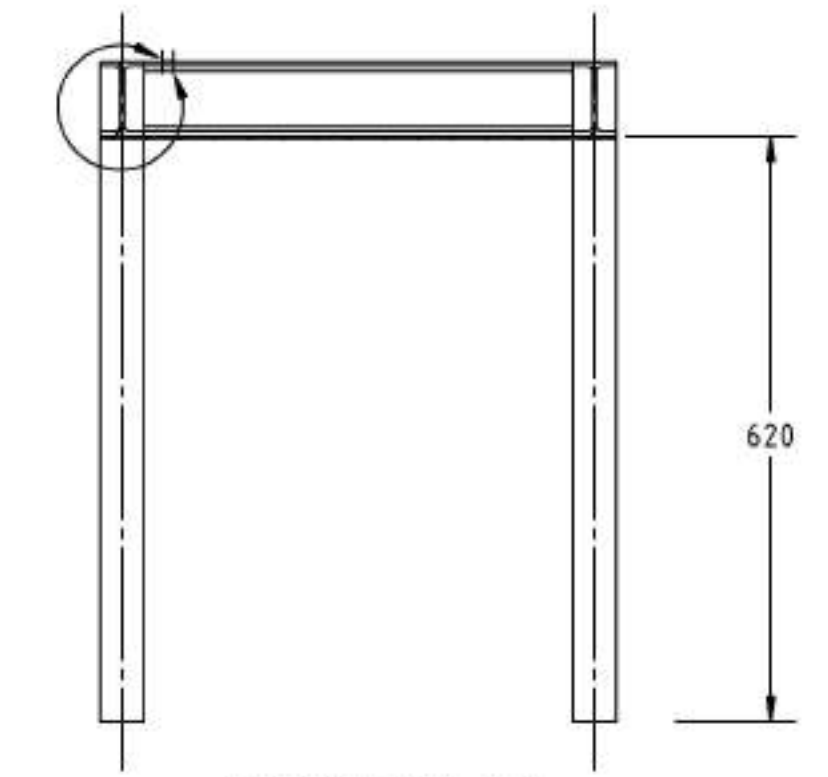


DETALLE "M"
ESC.: (1:3)

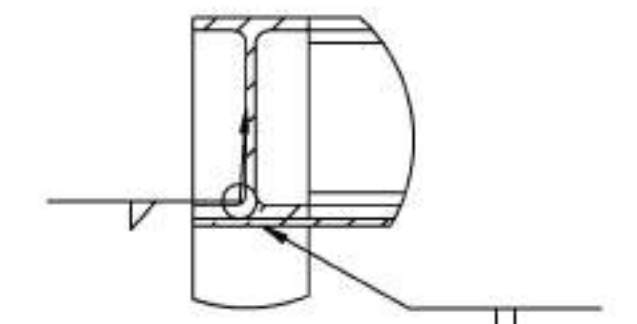


SECCION "J-J"
ESC.: (1:3)

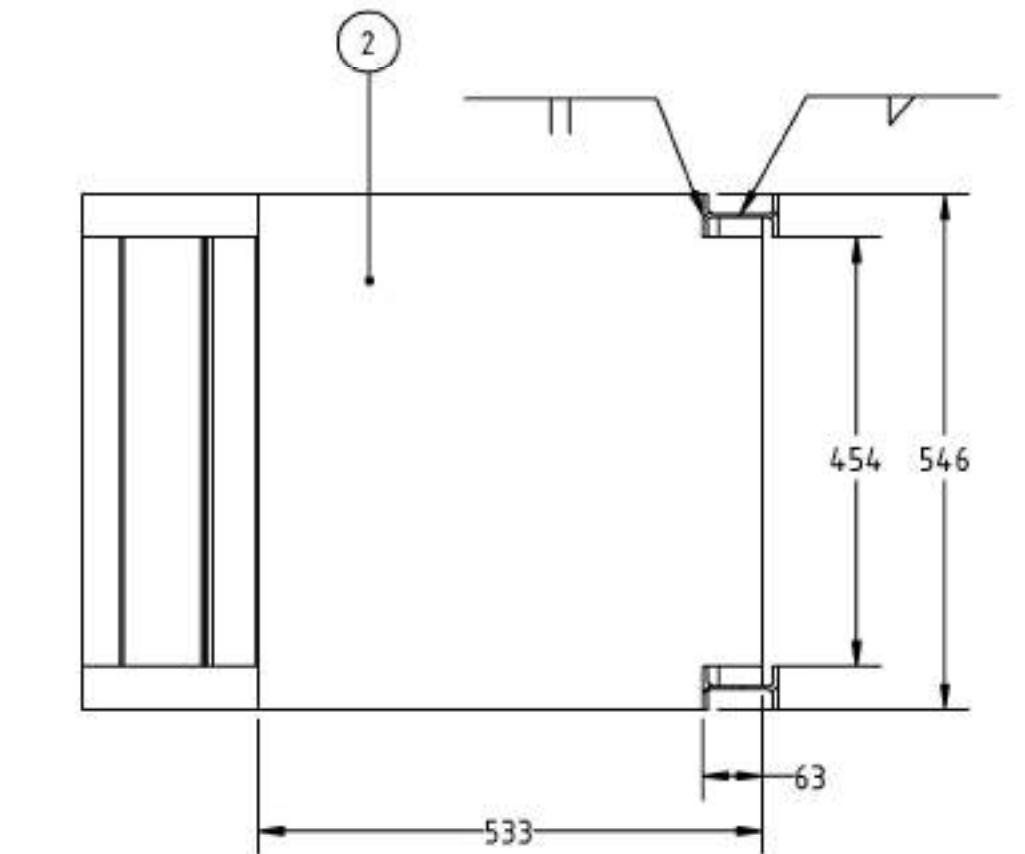
NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M



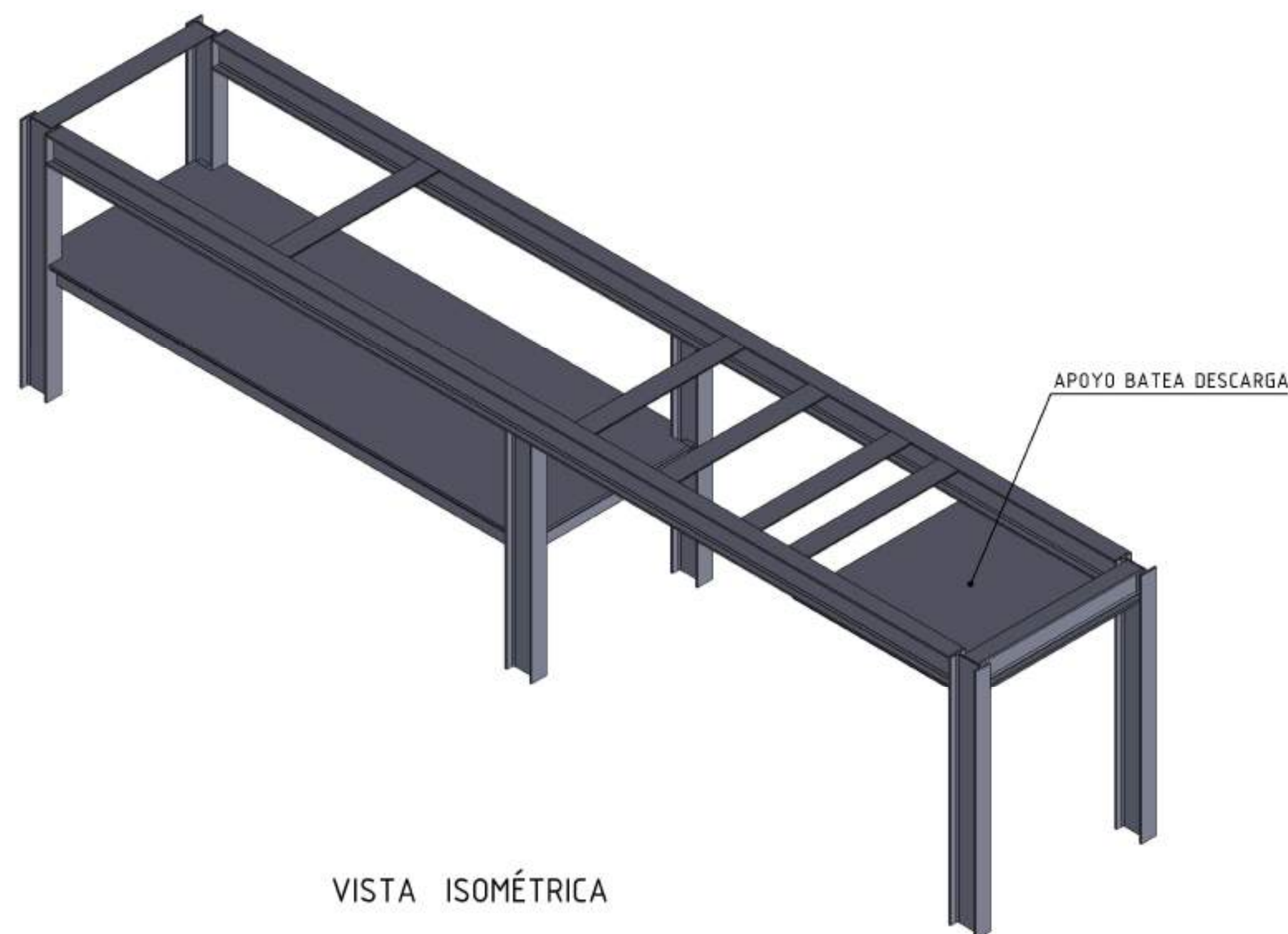
CORTE "A-A"
ESC.: 1:10



DETALLE "H"
ESC.: (1:3)



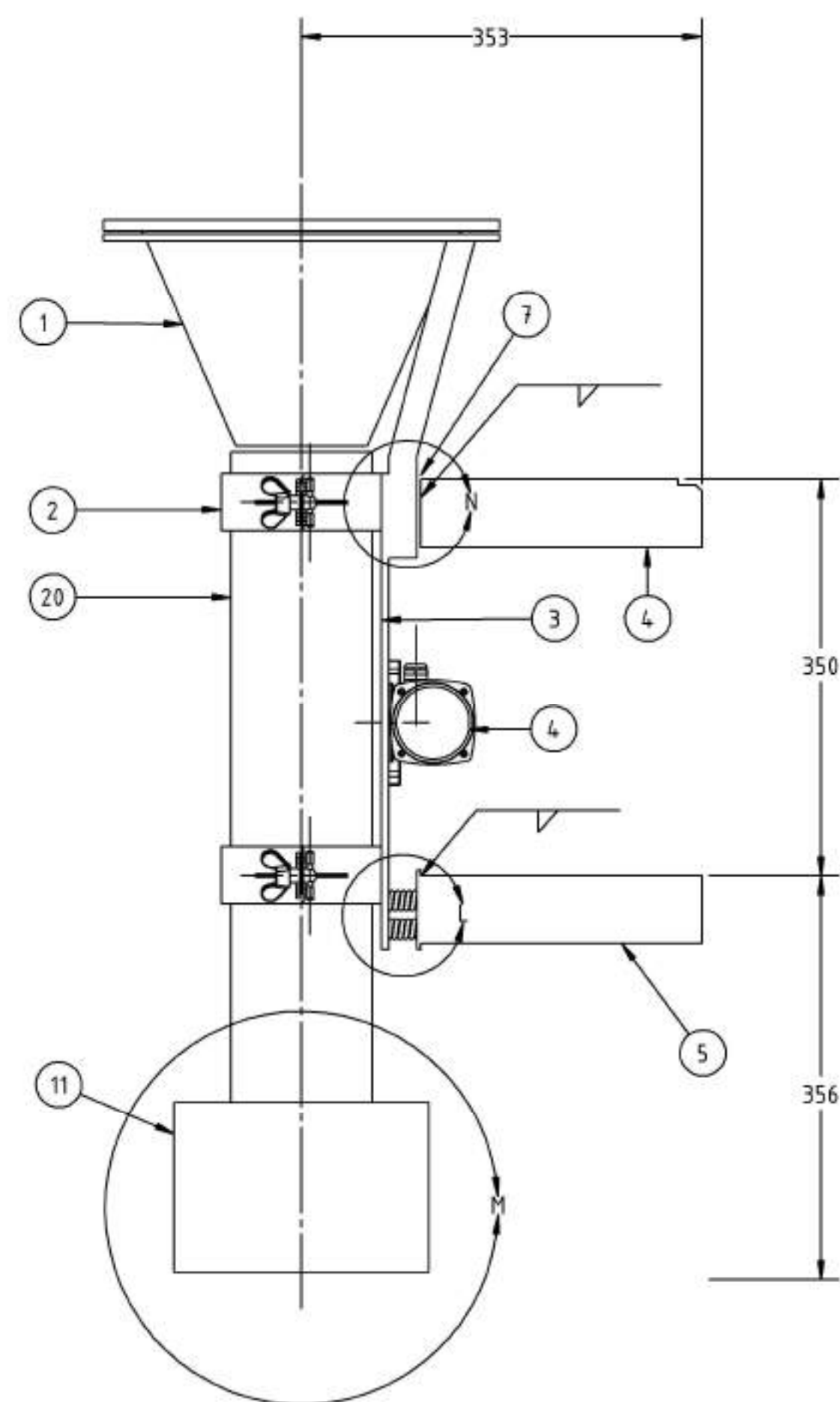
DETALLE CHAPA APOYO
BAETA DE DESCARGA
ESC.: 1:5



VISTA ISOMÉTRICA

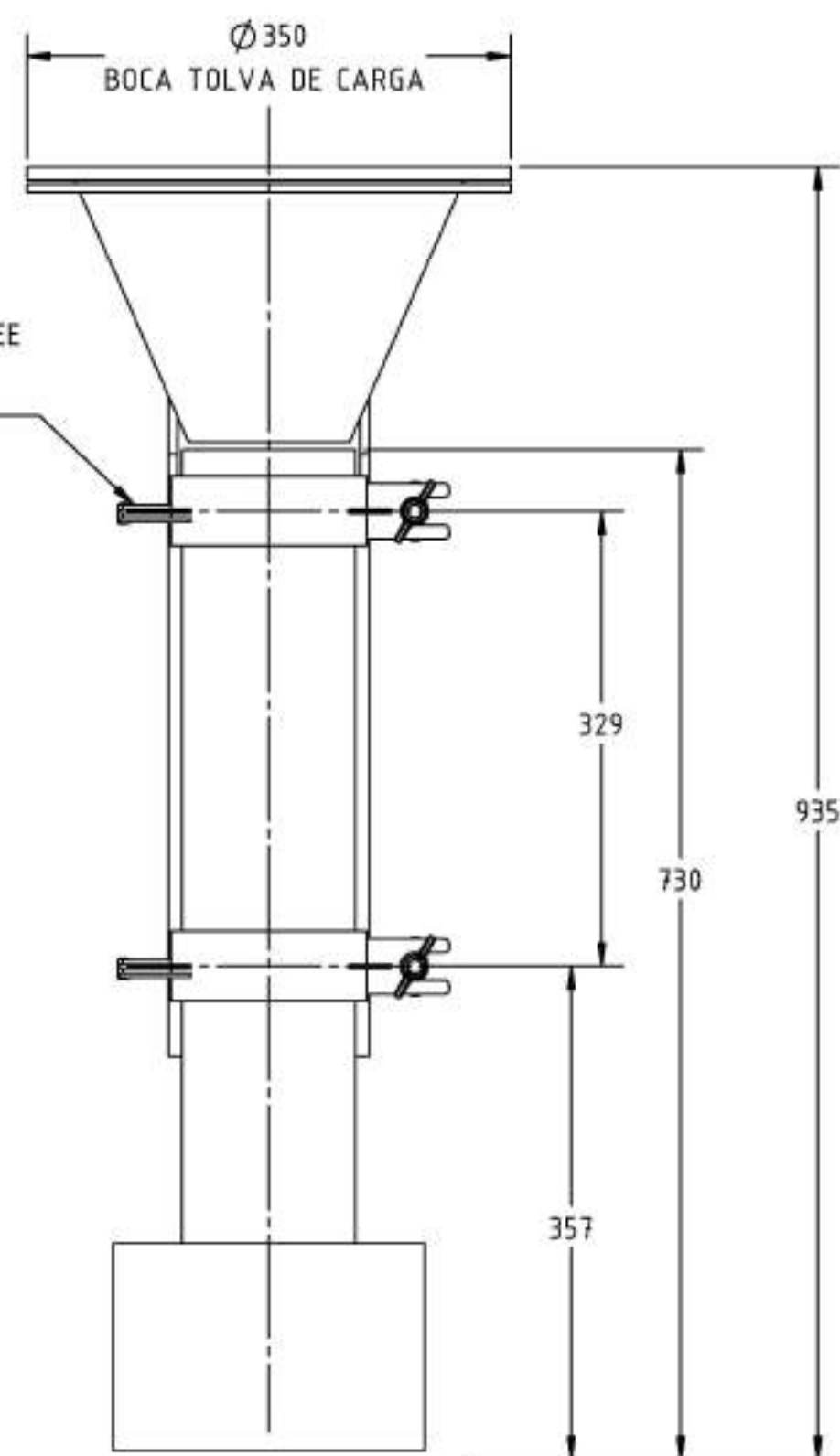
SOLDADURAS:
- ESPESOR MÍNIMO DE FILETE: $\alpha=0.7$ * MÍNIMO ESPESOR A SOLDAR
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

03	PERFIL L L 60 x 30 x 6	5 M	IRAM-IAS U 500-201
02	CHAPA e=1/4	1.1 M2	IRAM-IAS U 500-205 F 24
01	PERFIL IPN 80	3.5 M	IRAM-IAS U 500-205
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GRAL (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		01	
DENOMINACIÓN		BANCADA	
DIBUJO		PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECANICA	
B. SOLDAO		MAQUINA DE REPROCESO DE SCRAP DE FILAMENT WINDING	
FECHA		N° DE PLANO	
20/07/25		PF-PL06-00	
ESCALAS			
S/VISTA			
REV. 0			

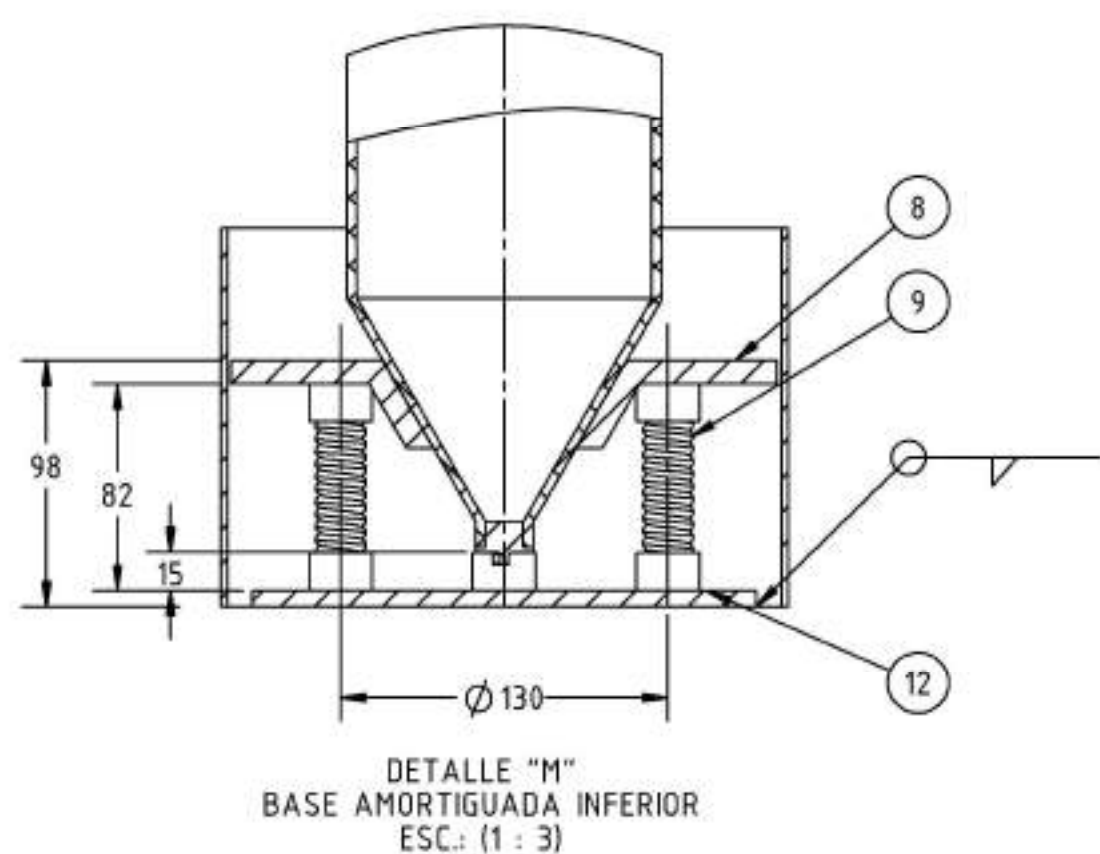
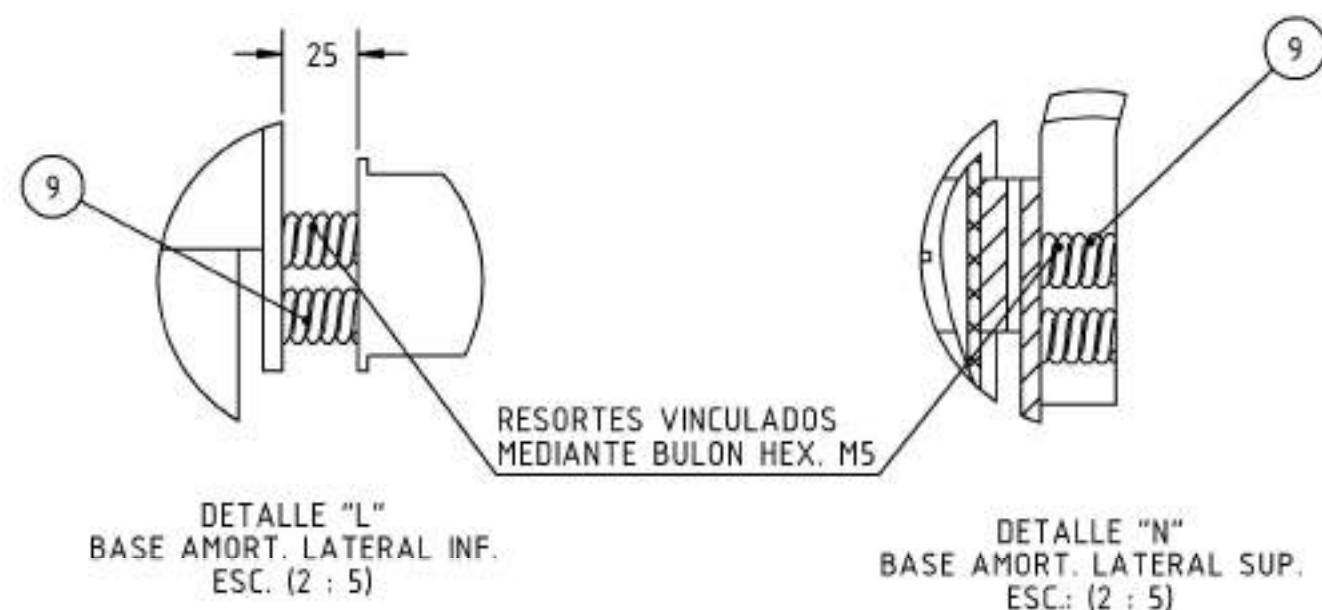


VISTA LATERAL
ESC.: 1:2

SISTEMA VISAGRA Y CIERRE
IDEM CAMARA EXTERIOR
VER HOJA 2



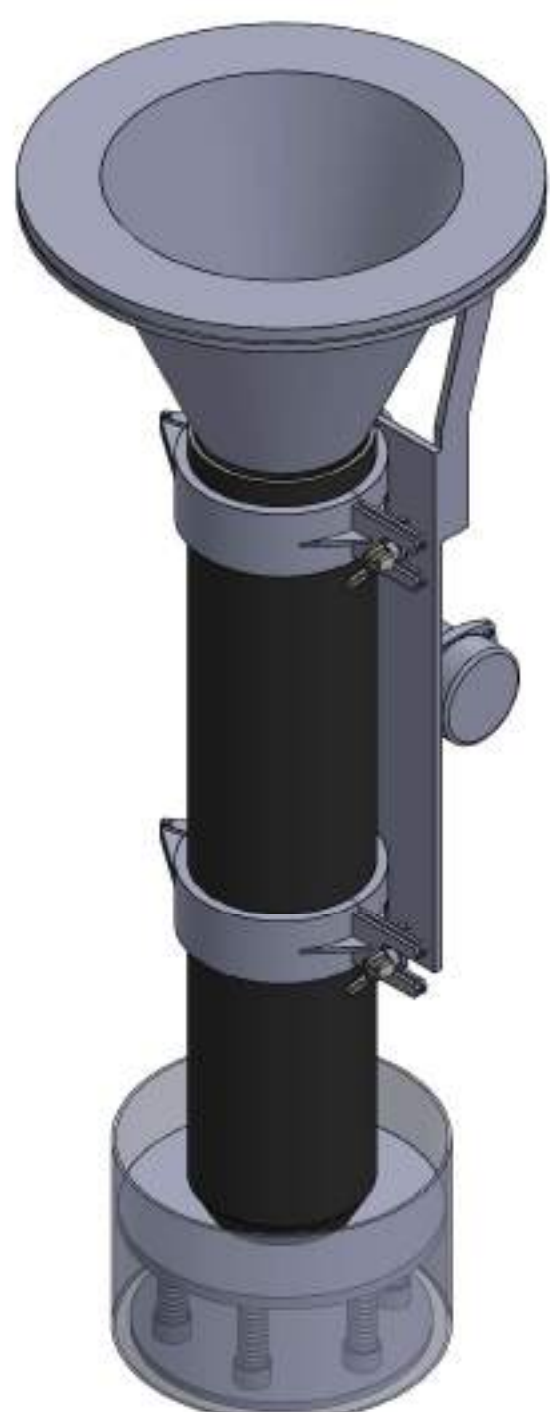
VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:5



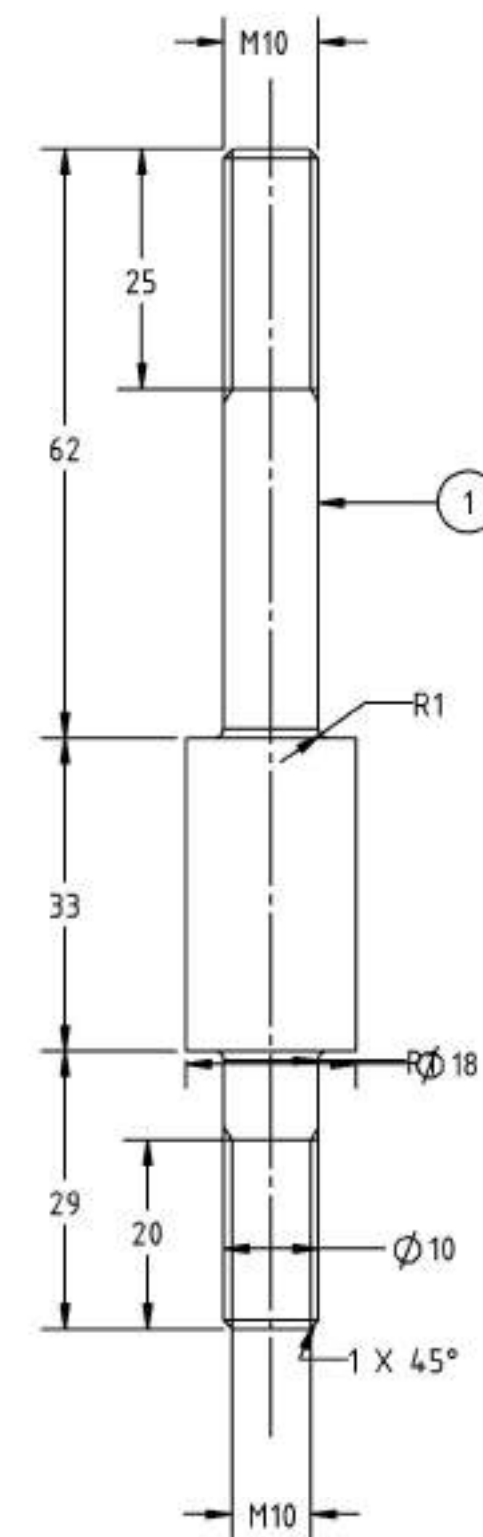
NOTAS GENERALES:
- TODAS LAS MEDIDAS EN MM.
- TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768 - CALIDAD M

SOLDADURAS:
- ESPESOR MINIMO DE FILETE: $\alpha=0.7 \cdot \text{MINIMO ESPESOR A SOLADAR}$
- TODAS LAS UNIONES SOLDADAS DEBEN EJECUTARSE BAJO AWS D1.1

12	BASE	01	IRAM IAS F24
11	PROTECTOR INFERIOR	01	CAÑO ØEXT 225 - F24
10	RESORTE INFERIOR	04	COMERCIAL
09	RESORTE LATERAL	02	COMERCIAL
08	SOPORTE INFERIOR	01	-
07	PLACA VINCUALCION	02	IRAM IAS F24 e= 3/8"
06	BRAZO INFERIOR	01	ÁNG. L 40x40x4 mm- A36
05	BRAZO SUPERIOR	01	ÁNG. L 40x40x4 mm- A36
04	MOTOVIBRADOR	01	MOD: MVE-MICRO - OLI
03	PLACA VIBRANTE	01	IRAM IAS F24 e=1/4"
02	SIST. SUJECION	02	VER HOJA 02
01	TOLVA DE CARGA	01	PEAD
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GRAL (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		15	
DENOMINACION		SISTEMA DE CARGA	

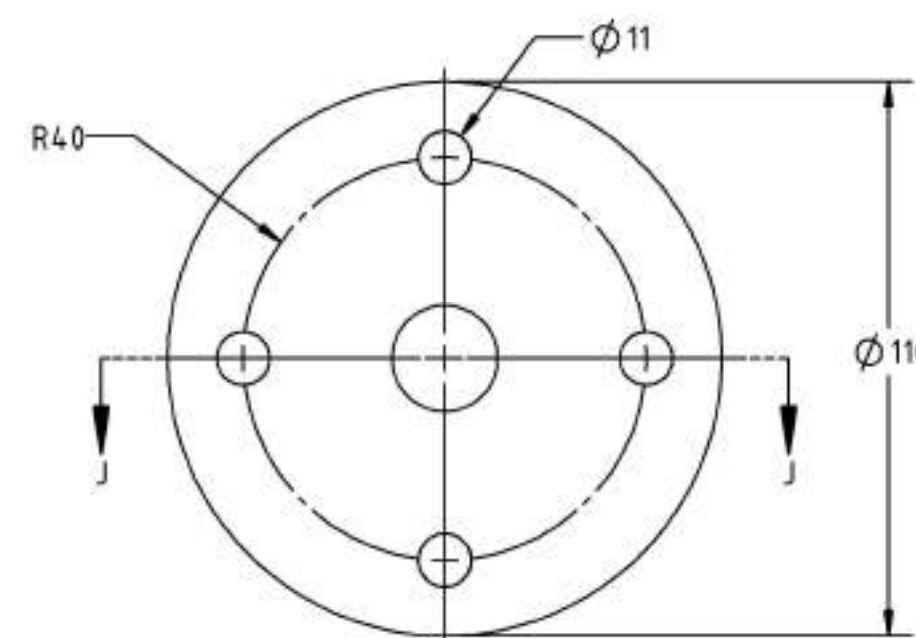


VISTA ISOMÉTRICA

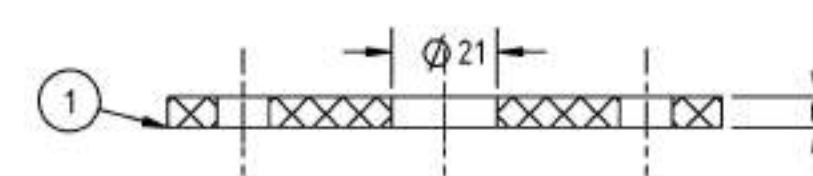


VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:1

01	PERNO	01	SAE 1040
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GENERAL (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		03	
DENOMINACION		PERNO SUJECION CIL.	

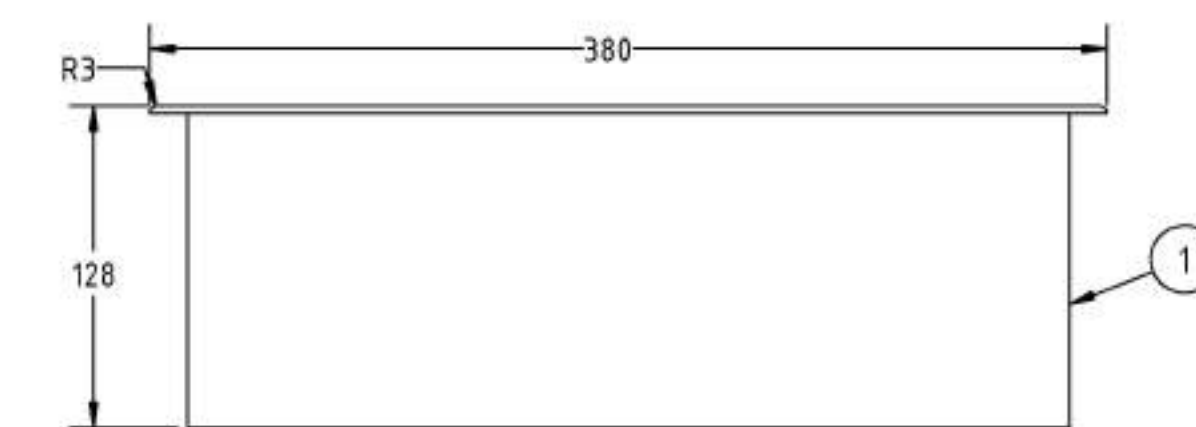


VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:2

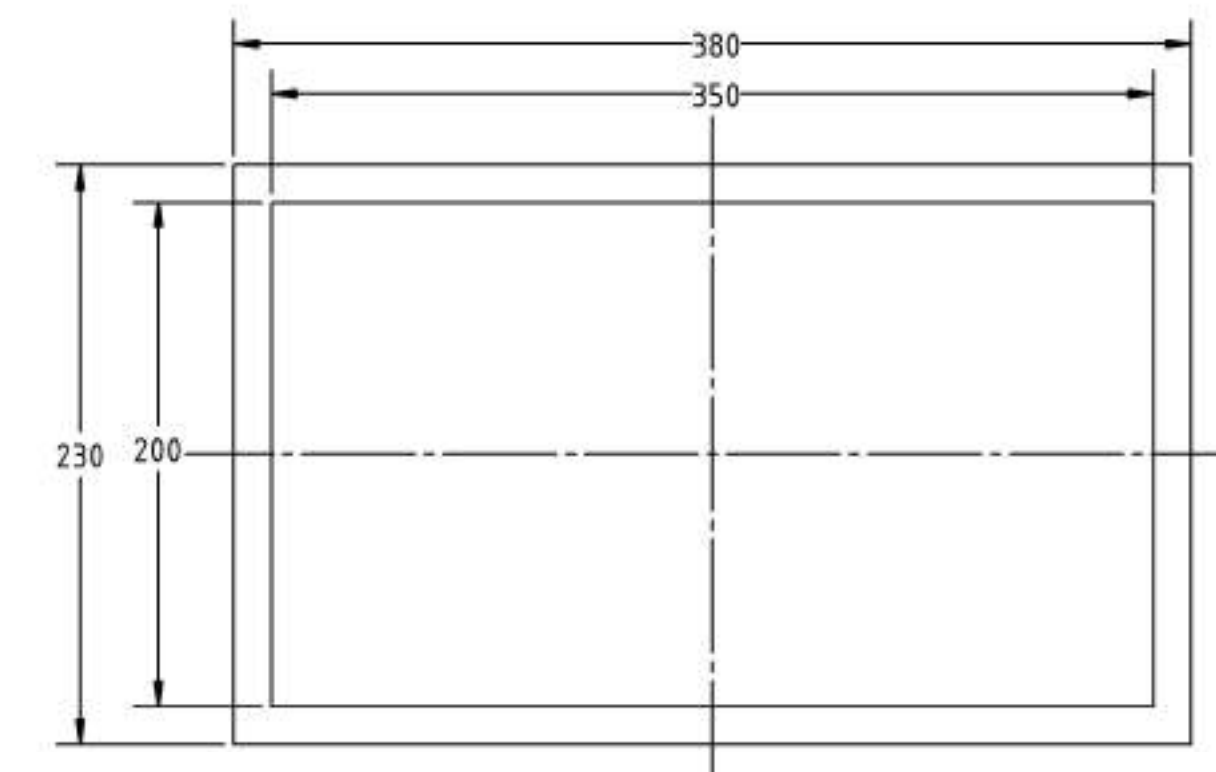


CORTE J-J
ESC.: 1:2

01	ACOPLE JUNTA	01	TEFLON
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJ. GRAL. (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		05	
DENOMINACION		JUNTA POLIMERO	

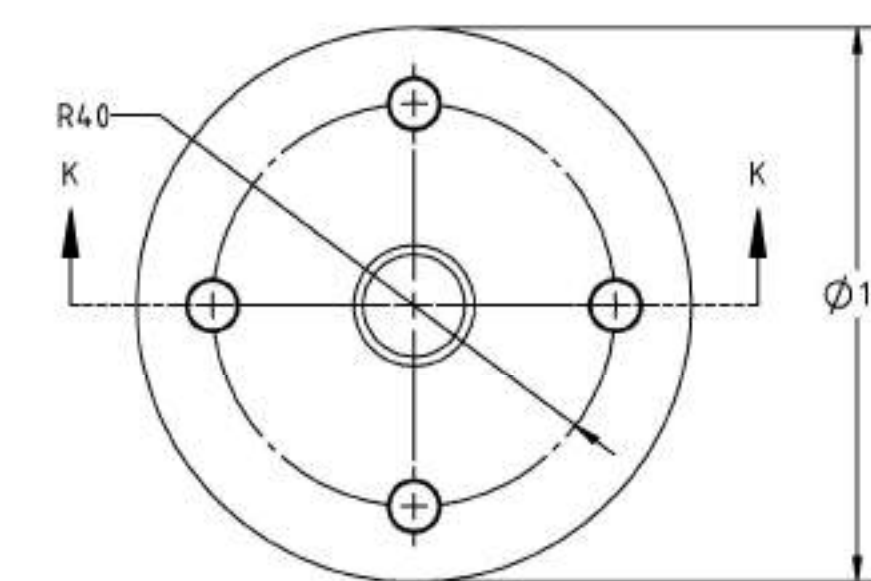


VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:3

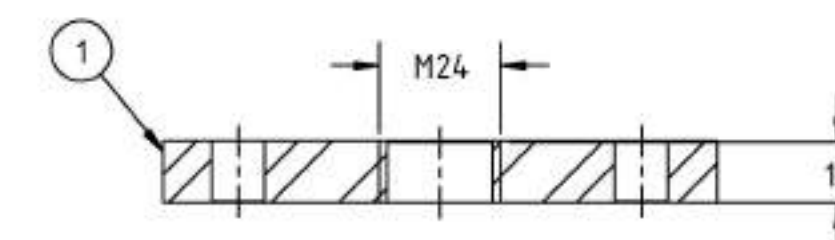


VISTA EN PLANTA
ESC.: 1:3

01	BATEA	01	PEAD
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GRAL. (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		17	
DENOMINACION		BATEA DESCARGA	

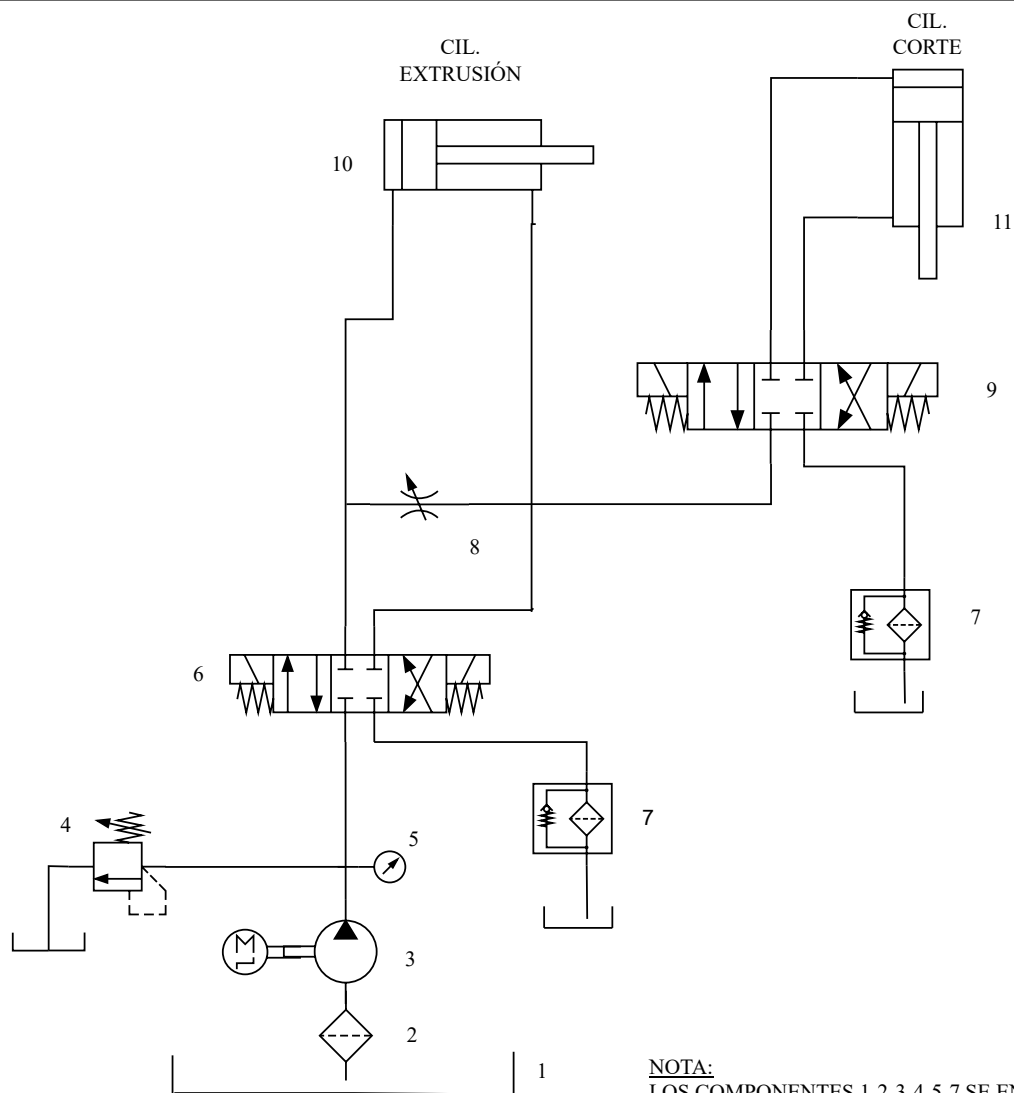


VISTA EN ELEVACION
ESC.: 1:2



CORTE A-A
ESC.:1:2

01	BRIDA ROSCADA	01	SAE 1040
POS.	DESCRIPCIÓN	CANT.	OBSERVACIONES
CONJUNTO:		CONJUNTO GRAL. (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		04	
DENOMINACION		BRIDA ROSCADA	
CONJUNTO:		CONJ. GRAL. (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		05	
DENOMINACION		JUNTA POLIMERO	
CONJUNTO:		CONJ. GRAL. (HOJA 1)	
N° DE PIEZA EN CONJ.		05	
DENOMINACION		JUNTA POLIMERO	



NOTA:
 LOS COMPONENTES 1-2-3-4-5-7 SE ENCUENTRAN
 PAQUETIZADOS EN LA UNIDAD HIDRAULICA MOD. DL 725
 - F99 - 66/12(110)/(30) - G10 - OC/CR - 13 - S338 - O1/M2/G80
 MARCA: REXROTH

11	CILINDRO HIDRAULICO SIST. CORTE	MOD. CDM1MF3_25_14_50A3X_B22CRUMW - REXROTH
10	CILINDRO HIDRAULICO SIST. EXTRUSION	MOD. CDH2MS2/50/32/650A3X/B44CHUMZWFWWWWWW - REXROTH
9	VALV. DIRECCIONAL 4 POS. 3 VIAS ACTUADA	MOD. B8 4V-02-D36-2-OC-01-F - REXROTH
8	VALV. REGULADORA DE CAUDAL	MOD. 0521110302-05-00B - REXROTH
7	FILTRO C/ VALV. ANTI RETORNO	VER NOTA
6	VALV. DIRECCIONAL 4 POS. 3 VIAS ACTUADA	MOD. B8 4V-02-D36-2-OC-01-F - REXROTH
5	MANOMETRO	VER NOTA
4	VALV. LIMITADORA DE PRESION	VER NOTA
3	BOMBA CAUDAL CTTE - MOTOR -ELEC.	VER NOTA
2	FILTRO	VER NOTA
1	DEPOSITO	VER NOTA
POS.	DENOMINACION	ESPECIFICACION

		PROYECTO FINAL DE INGENIERIA MECÁNICA MAQUINA RECICLADO SCRAP FILAMENT WINDING		
BOLZANI, RENZO	PF-DH-00	DIAGRAMA HIDRAULICO - SISTEMAS DE EXTRUSION Y CORTE	01/07/2025	
PEREZ GAMBOA, SANTIAGO			REV 0	

Anexo:

Renders

**Maquina procesadora de Scrap de
filament winding**

Objeto:

El presente anexo tiene por objetivo mostrar en detalle el modelo de maquina de procesamiento de scrap de filament winding diseñado.

En las imágenes a continuación se ilustra dicho modelo desde diferentes perspectivas.



Imagen 1: Vista isométrica



Imagen 2: Detalle sistema de corte



Imagen 3: Vista lateral



Imagen 4: Disposición de sistemas principales

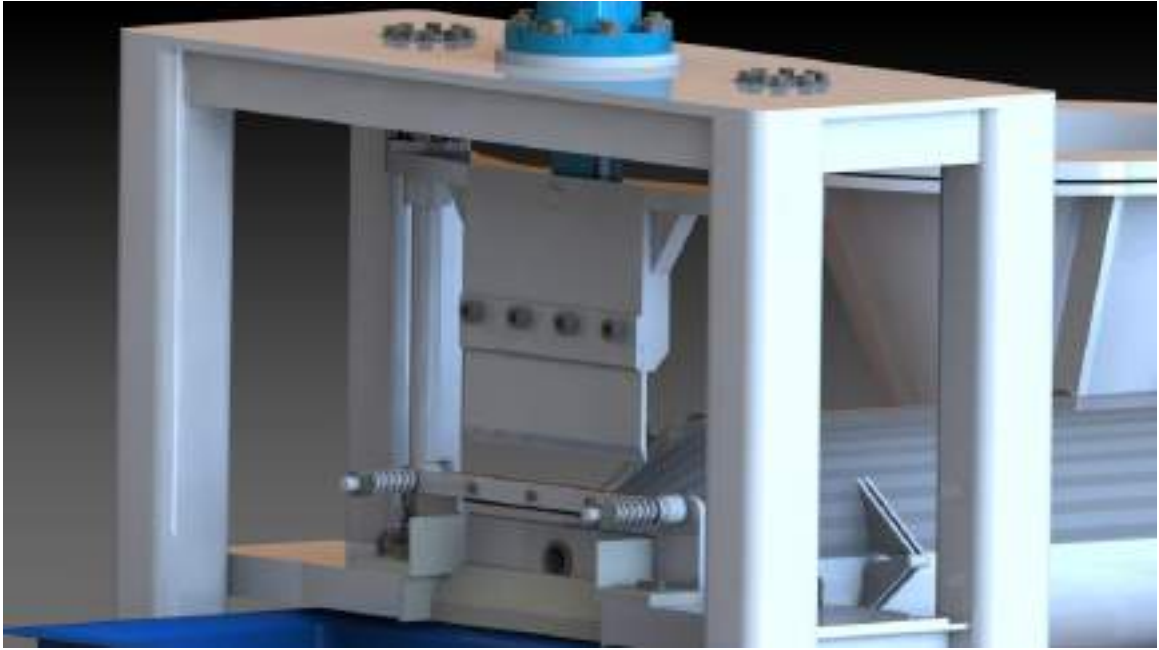


Imagen 5: Vista isométrica de sistema de corte



Imagen 6: Vista trasera



Imagen 7: Vista superior



Imagen 8: Vista isométrica trasera

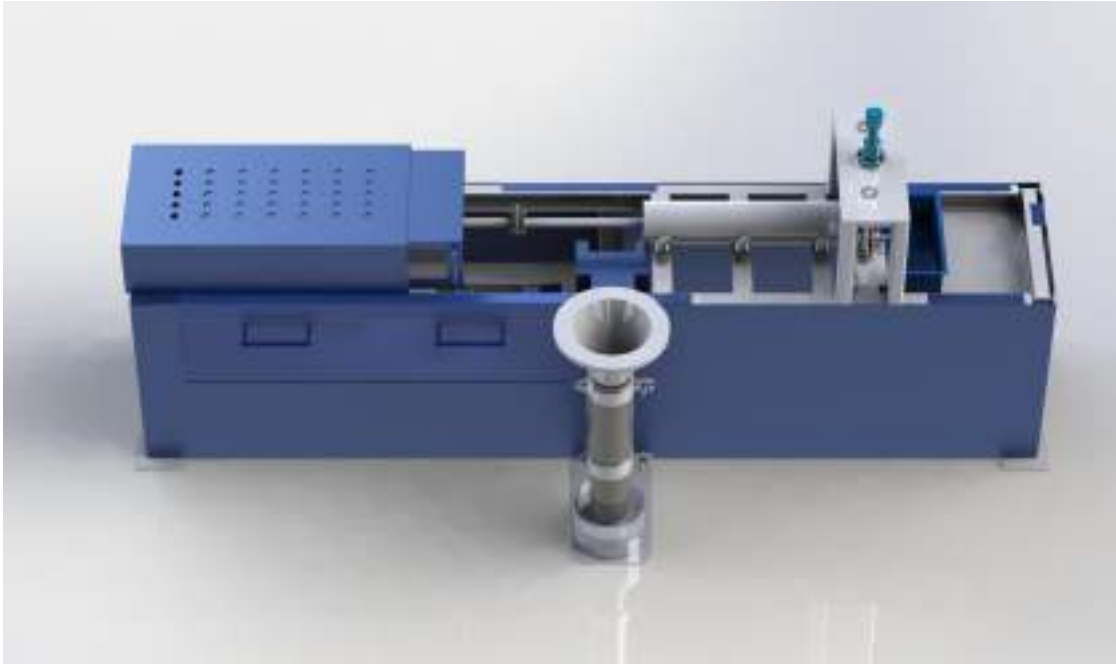


Imagen 9: Vista frontal superior

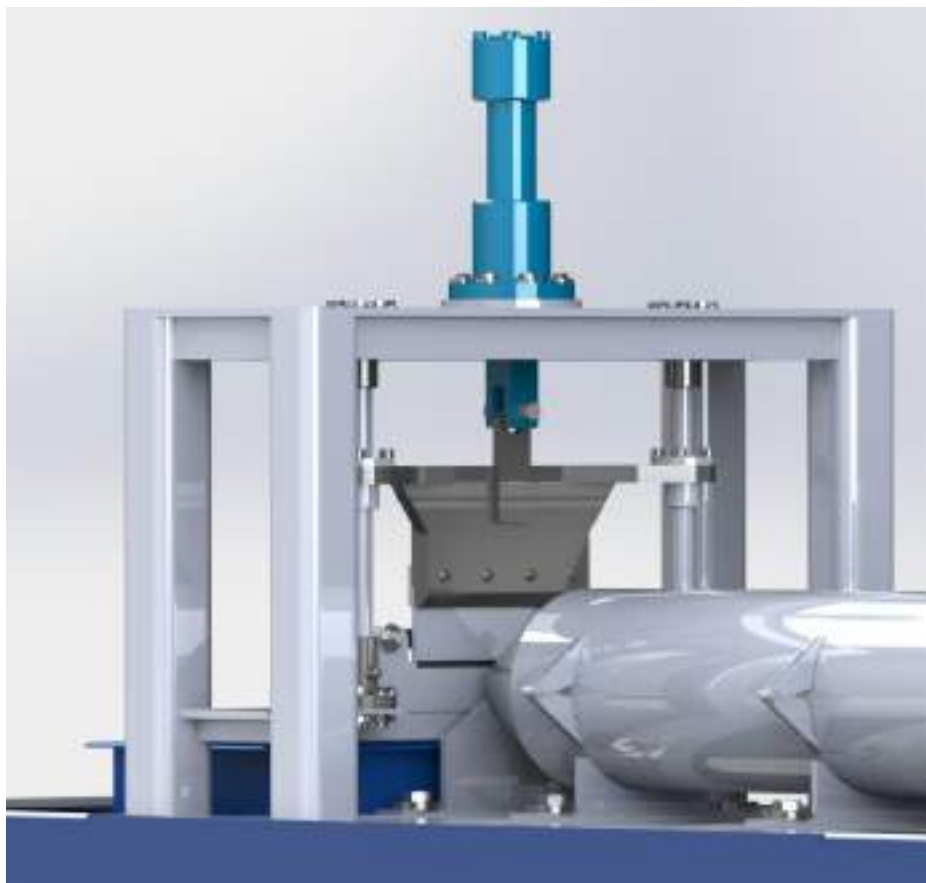


Imagen 10: Detalle salida de extrusión