

Máquina de expansión y soldadura automatizada para intercambiadores de calor

Maximiliano Nicolás Pollina

Lucas Germán Zehnder

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2026

Máquina de expansión y soldadura automatizada para intercambiadores de calor

Maximiliano Nicolás Pollina
Lucas Germán Zehnder

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

Director/a:
Ing. Pedro Sismondi – Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura
Escuela de Ingeniería Mecánica
Rosario, Argentina
Año 2026

Dedicado a mis familiares y a las personas que me acompañaron en este viaje y proceso de aprendizaje.

Maximiliano N. Pollina

Dedicado a mi familia y amigos por el apoyo incondicional durante todos estos años.
El esfuerzo fue grande, pero así también será la recompensa.

Lucas G. Zehnder

Agradecimientos

Agradecemos a los docentes de la cátedra por su acompañamiento durante el trabajo y también a todos los profesores que nos formaron en este camino. A nuestras familias por el incondicional apoyo y a nuestros amigos por siempre estar presentes.

Agradecemos también a Frecon S.R.L. y en especial a Abel Cocaña -jefe de producción- por toda la información brindada y por permitirnos tomar las mediciones correspondientes en su empresa.

Resumen

Este trabajo final de grado se centra en el diseño de una máquina destinada a automatizar los procesos de expansión de tubos de cobre y la soldadura de codos en U en la fabricación de intercambiadores de calor del tipo aleta-tubo. Actualmente, estas operaciones se realizan de manera manual, utilizando herramientas neumáticas portátiles para el expandido y sopletes oxiacetilénicos para la soldadura, lo que implica tiempos operativos elevados, del orden de 20 minutos por equipo, una alta dependencia de mano de obra calificada y variabilidad en la calidad del producto final.

A partir del análisis del proceso productivo, se ha desarrollado una solución que integra ambos procesos en una única estación de trabajo, combinando un sistema de expandido en una sola pasada con accionamiento neumático y un sistema de soldadura por inducción con cabezales independientes. El equipo propuesto permite reducir significativamente los tiempos de ciclo, estandarizar la calidad de las uniones y disminuir la intervención del operario, manteniendo la flexibilidad necesaria para adaptarse a distintas configuraciones de producto y constituyendo una base sólida para la futura implementación industrial.

Palabras clave: intercambiadores de calor, aleta-tubo, expansión de tubos, soldadura por inducción, automatización industrial.

Abstract

This final degree project focuses on the design of a machine intended to automate the tube expansion and U-bend brazing processes in the manufacturing of fin-and-tube heat exchangers. Currently, these operations are performed manually using portable pneumatic tools for expansion and oxy-acetylene torches for brazing, resulting in long processing times approximately 20 minutes per unit high dependence on skilled labor, and variability in product quality.

Based on the analysis of the production process, an integrated solution has been developed, combining both operations into a single workstation. The proposed system includes a single-pass pneumatic tube expansion mechanism and an electromagnetic induction brazing system with independent heads. This equipment significantly reduces cycle times, standardizes joint quality, and minimizes operator intervention, while maintaining the flexibility required to handle different product configurations, providing a solid foundation for future industrial implementation.

Keywords: Heat exchangers, fin-and-tube, tube expansion, induction brazing, industrial automation.

Contenido

Agradecimientos **5**
Resumen **6**
Abstract **7**
Contenido **8**
Introducción **10**
Capítulo 1: Estado actual y limitaciones **13**
1.1. La empresa relevada y su producto 13
1.2. Caracterización del intercambiador aleta-tubo 13
1.3. Proceso productivo actual 15
1.3.1. Expandido de tubos 15
1.3.2. Soldadura de los codos 16
1.3.3. Pruebas de estanqueidad 17
1.4. Cuantificación de tiempos del proceso actual 18
1.5. Variables identificadas 18
1.6. Condiciones límite 20
1.7. Conclusiones del relevamiento 21
Capítulo 2: Propósitos y propuestas **22**
2.1. Propósitos del proyecto 22
2.2. Propuestas de solución 23
2.3. Selección fundamentada de la alternativa 23
2.4. Justificación tecnológica de la propuesta 25
2.4.1. Tecnologías de expandido 25
2.4.2. Tecnologías de soldadura 26
2.4.3. Tecnologías de transmisión y posicionamiento 27
Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta elegida **27**
3.1. Arquitectura general 27
3.2. Bastidor Fijo 29
3.3. Conjunto Transferencia 31
3.4. Conjunto Bastidor Móvil 34
3.5. Subconjunto Apertura 36
3.6. Subconjunto Soldadura 38
3.7. Conjunto Expandido 40
Capítulo 4: Memoria de cálculo y selección de componentes **45**
4.1. Cálculo de fuerzas y selección de cilindros neumáticos 45
4.1.1. Cálculo de la fuerza axial de expansión 45
4.1.2. Cálculo de la fuerza axial de apertura 47

4.1.3. Selección de los cilindros neumáticos..... 48
4.2. Selección de husillos de bolas y servomotores..... 49
4.2.1. Metodología de dimensionado..... 49
4.2.2. Selección de los husillos..... 49
4.2.3. Selección de los servomotores..... 50
4.3. Verificación de las varillas de expansión por elementos finitos..... 51
4.4. Cabezal de inducción..... 53
Conclusiones y recomendaciones..... 55
Conclusiones..... 55
Recomendaciones..... 57
Bibliografía..... 58
Anexo A: Memoria de cálculo..... 59

Introducción

Los intercambiadores de calor del tipo aleta-tubo son uno de los componentes fundamentales de los equipos de refrigeración comercial. Su función es transferir calor entre un fluido refrigerante que circula por el interior de los tubos y el aire que atraviesa el paquete de aletas, y se encuentran presentes en evaporadores y condensadores de cámaras frigoríficas, exhibidoras, vitrinas, así como en una amplia variedad de equipos industriales destinados a la refrigeración.

La fabricación de los intercambiadores aleta-tubo implica una secuencia de operaciones de conformado, ensamble y unión de distintos materiales, típicamente tubos de cobre y aletas de aluminio. Dentro de esa secuencia, dos procesos concentran gran parte de la mano de obra y del tiempo de ciclo: la expansión mecánica de los tubos sobre el paquete de aletas, que es la operación que garantiza el contacto térmico íntimo entre tubo y aleta, y la soldadura de los codos en U, que cierran el circuito frigorífico uniendo los extremos de los tubos expandidos. Ambos procesos son críticos ya que condicionan tanto el desempeño térmico del producto como la estanqueidad del circuito refrigerante.

El origen del proyecto final se encuentra en la experiencia de pasantías profesionales realizada por uno de los autores en la empresa Frecon S.R.L., dedicada a la fabricación de intercambiadores de calor del tipo aleta-tubo para el mercado de la refrigeración comercial. Durante el desempeño en las áreas de planimetría, distribución de planos y control de calidad, fue posible relevar en detalle el proceso productivo y observar las problemáticas asociadas a la modalidad de trabajo manual con la que se ejecutan estos dos procesos críticos en la industria local. La situación relevada en esta empresa puede tomarse como representativa del estándar de las pequeñas y medianas empresas metalúrgicas del rubro a nivel nacional, en las que predominan los procesos manuales o semiautomáticos sobre soluciones automatizadas.

En el caso particular relevado, la expansión de los tubos se ejecuta con una herramienta neumática portátil que opera sobre dos tubos de manera simultánea, lo que obliga al operario a realizar múltiples accionamientos sucesivos sobre cada equipo, con el consiguiente desgaste físico y la dependencia de su ritmo y competencia. La

soldadura de los codos se ejecuta mediante soplete oxiacetilénico utilizando de aporte varillas de aleación de cobre-fósforo-plata (BCuP), junta por junta, a cargo de un operario soldador especializado. El tiempo del proceso de expansión, sin considerar tiempos muertos, es del orden de 5 minutos por equipo. Al incorporar los tiempos muertos asociados a la manipulación, posicionamiento, traslado entre estaciones y colocación de codos, el tiempo total estimado por equipo asciende al orden de 20 minutos. Además de los altos tiempos, se suman otras problemáticas significativas: la variabilidad de la calidad del expandido y de las soldaduras como consecuencia de la ejecución manual, los riesgos ergonómicos asociados al esfuerzo físico repetitivo, los riesgos de seguridad derivados de la exposición a llamas abiertas y al calor radiante de la soldadura, la necesidad de contar con mano de obra calificada para la operación de soldado y las dificultades para escalar la producción ante incrementos de demanda. En base a estas observaciones se llega a que existen posibilidades de mejora en esta industria en crecimiento, mediante la aplicación de equipos automatizados.

A partir de esto, se decidió abordar el desarrollo de una máquina industrial que automatice los procesos de expandido y de soldadura de los codos, integrándolos en una solución única con intenciones de superar las limitaciones observadas. La máquina deberá comportarse como una estación de trabajo capaz de ejecutar ambas operaciones con mínima intervención del operario, garantizar la repetibilidad de los resultados y reducir significativamente el tiempo total de ciclo respecto del proceso manual actual.

El alcance del presente Proyecto Final comprende el diseño en detalle de la máquina: definición de su estructura general y de los subconjuntos funcionales, el dimensionado y la selección de los actuadores y elementos de transmisión, las verificaciones mecánicas de los componentes críticos, la selección de los componentes comerciales y normalizados, y la generación del modelo tridimensional y del conjunto de planos de fabricación. Quedan fuera del alcance del trabajo el diseño eléctrico y comando, el diseño electrónico y la programación del sistema de control. Asimismo, queda fuera del alcance el diseño de los componentes específicos que puedan obtenerse por medio de cualquier proveedor comercial, como son: motores; guías lineales; rodamientos; tornillos de bolas; equipos de soldadura; etc.

Para orientar el desarrollo del trabajo se han definido los siguientes objetivos:

1. Analizar los procesos actuales de expandido y soldadura en la fabricación de intercambiadores de calor, identificando sus limitaciones productivas y de calidad.
2. Diseñar un sistema integrado que permita realizar en una misma estación el expandido de los tubos de cobre y la soldadura de los codos.
3. Optimizar el tiempo de ciclo de fabricación, reduciendo la intervención manual y aumentando la productividad respecto del proceso actual, con una meta de reducción superior al 50 %.
4. Estandarizar la calidad del producto, asegurando uniones soldadas libres de defectos y un expandido homogéneo en todos los tubos.
5. Incrementar la seguridad del operario, disminuyendo la exposición a riesgos térmicos y a esfuerzos físicos derivados de las operaciones manuales.
6. Evaluar la viabilidad técnica del desarrollo de un equipo que combine ambos procesos en una única estación.

Capítulo 1: Estado actual y limitaciones

En el presente capítulo se describe el estado actual de la fabricación de intercambiadores de calor del tipo aleta-tubo en la industria nacional, tomando como ejemplo a la empresa Frecon S.R.L.

1.1. La empresa relevada y su producto

Frecon S.R.L. es una pequeña y mediana empresa dedicada a la fabricación de equipos intercambiadores de calor del tipo aleta-tubo destinados al mercado de la refrigeración comercial. La empresa produce dos líneas de producto principales: condensadores y evaporadores. Dentro de cada línea, se ofrecen equipos de tamaños chicos y medianos en modalidad de stock o bajo pedido, así como equipos especiales de mayores dimensiones fabricados a medida del requerimiento del cliente.

1.2. Caracterización del intercambiador aleta-tubo

El producto está formado por un paquete de aletas de aluminio perforadas, atravesadas por tubos de cobre con un patrón determinado. Los tubos ingresan al paquete con forma de horquilla (doblados en U) por uno de los extremos para luego pasar a la operación de expandido, en donde se elimina el juego existente entre la aleta y el caño, generando un contacto que favorece la transferencia de calor. Finalmente se unen entre sí mediante codos en U soldados en el extremo opuesto, de modo de conformar un único circuito continuo por el cual circulará posteriormente el fluido refrigerante. El paquete se completa con sus laterales y se incorpora al gabinete o carcasa que lo protege e integra al equipo final.



[FIGURA 1-1: Vista general de un intercambiador aleta-tubo terminado fabricado por Frecon S.R.L.]

Los parámetros geométricos relevados para la familia de productos objeto del presente proyecto son los siguientes:

- Tubos de cobre de diámetro nominal 3/8 pulgada (9,525 mm) y espesor de pared de 0,5 mm.
- Paso entre tubos de 1 pulgada (25,4 mm).
- Paso entre aletas de 10 mm (a confirmar).
- Tres longitudes de aletado consideradas: 270, 400 y 600 mm.
- Tres configuraciones de matriz de tubos consideradas: 3x8, 3x10 y 3x12 (filas x columnas).

La combinación de las tres longitudes con las tres matrices da lugar a nueve variantes de producto que la máquina objeto del proyecto debe ser capaz de procesar. A modo de referencia dimensional, la variante de 270 mm de aletado con matriz 3x8 presenta dimensiones exteriores aproximadas de 330 mm de largo, 270 mm de alto y 120 mm de profundidad.

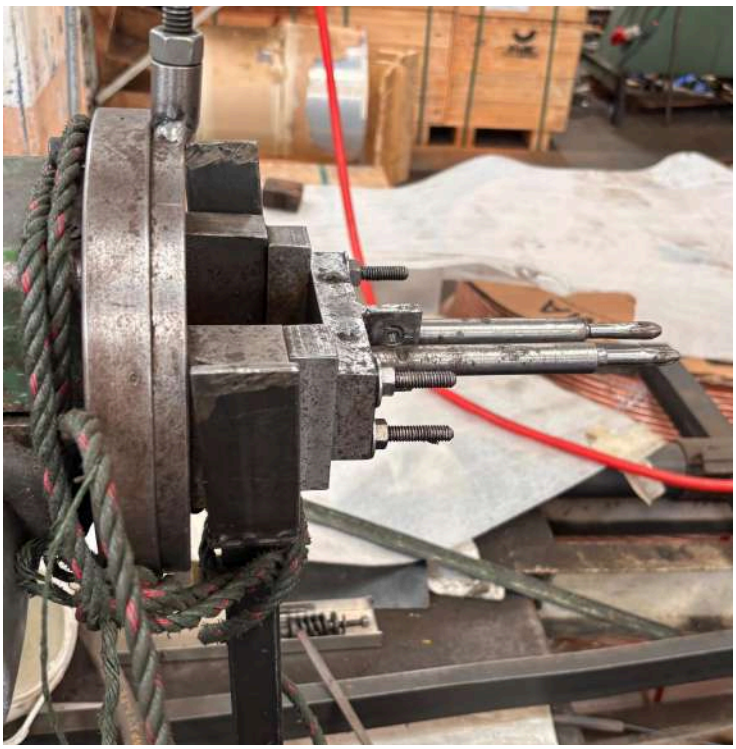
1.3. Proceso productivo actual

Se detalla a continuación cómo se realizan los procesos destacados en la empresa relevada y cuáles son sus debilidades.

1.3.1. Expandido de tubos

Una vez insertadas las horquillas en el paquete de aletas, los tubos deben ser expandidos. La operación de expandido como se detalló anteriormente tiene como objetivo eliminar el juego existente (aire entre las partes) mediante la deformación plástica controlada del tubo, llevándolo a quedar firmemente ajustado contra la aleta. Esta deformación se produce forzando el paso por el interior del tubo de una “bala” que posee un diámetro mayor que el diámetro interior nominal del tubo.

En la práctica actual de Frecon S.R.L., el expandido se realiza mediante una herramienta neumática portátil que opera sobre dos tubos en simultáneo. El operario introduce manualmente las dos varillas de expansión por los extremos de los tubos seleccionados, acciona la herramienta para forzar el paso de las balas, retira las varillas y se desplaza sobre el paquete para repetir la operación sobre el siguiente par de tubos. Como resultado se tienen altos tiempos de proceso y esfuerzos físicos por parte del operario.



[FIGURA 1-3: Operación manual de expandido con herramienta neumática portátil en Frecon S.R.L.]

1.3.2. Soldadura de los codos

La misma se realiza colocando manualmente los codos sobre el equipo y por medio de una llama oxiacetilénica. El material de aporte utilizado es una aleación de cobre-fósforo-plata ("varilla de plata"). Se realiza la soldadura de cada junta de manera individual.



[FIGURA 1-4: Operación manual de soldadura de codos con soplete oxiacetilénico]

Este proceso requiere especialización, lograda por tiempo en dicho puesto y la calidad del proceso depende puramente de la capacidad del operario. A su vez se presentan riesgos de seguridad relacionados a quemaduras o exposiciones prolongadas a gases y calor.

1.3.3. Pruebas de estanqueidad

Finalizada la soldadura, todos los equipos atraviesan una verificación de estanqueidad antes de avanzar hacia el ensamble final. En primer lugar, el circuito se presuriza con nitrógeno gaseoso a la presión de prueba especificada y, a continuación, el equipo se sumerge en una pileta con agua, donde la observación de burbujas en cualquier junta indica la existencia de una fuga.

De detectarse una fuga, el equipo debe ser reprocesado, elevando los tiempos de producción y el costo del proceso por los materiales descartados. Esto nos da a entender la importancia de estandarizar los procesos y su calidad.

1.4. Cuantificación de tiempos del proceso actual

La tabla siguiente muestra los tiempos relevados para un equipo condensador similar a los del caso de estudio:

[TABLA 1-1: Tiempos aproximados del proceso manual actual]

Operación	**Tiempo aproximado**
Expandido	5 minutos
Soldadura	10 minutos
Tiempos muertos	3 minutos

El tiempo total del orden de 20 minutos por intercambiador, considerando los tiempos muertos asociados a la manipulación (ajustes, desajustes) y al traslado entre estaciones, constituye la referencia de partida para evaluar el grado de mejora que la máquina propuesta debe alcanzar.

1.5. Variables identificadas

Como parte de la formulación del proyecto se identificaron las variables relevantes que permiten describir, medir y comparar el desempeño del proceso productivo y de las distintas alternativas de solución a evaluar. Las variables identificadas son las siguientes:

N°	**Variable**	**Descripción**

1	Tiempo de ciclo	Duración total del proceso de expandido y soldadura por equipo.
2	Calidad del expandido	Uniformidad de la expansión de los tubos y ajuste con las aletas.
3	Calidad de soldadura	Cordones homogéneos, sin poros ni fugas.
4	Grado de automatización	Nivel de intervención del operario en el proceso.
5	Productividad	Cantidad de equipos fabricados por turno de trabajo.
6	Seguridad operativa	Riesgos asociados al trabajo manual: quemaduras, esfuerzo físico, ergonomía.
7	Consumo energético	Energía requerida para realizar ambos procesos.
8	Disponibilidad de mano de obra calificada	Necesidad de contar con soldadores calificados.
9	Estandarización de calidad	Capacidad del proceso de garantizar resultados uniformes a lo largo de toda la serie.
10	Espacio de planta requerido	Superficie ocupada por las estaciones de trabajo.
11	Mantenimiento de equipos	Frecuencia y complejidad de las intervenciones requeridas para mantener la maquinaria operativa.

[TABLA 1-2: Variables identificadas]

1.6. Condiciones límite

El espacio de diseño del proyecto se acota mediante un conjunto de condiciones límite que definen el marco dentro del cual debe desarrollarse la solución propuesta. Las condiciones definidas son las siguientes:

N°	Condición límite	Descripción
1	Dimensiones de los equipos	El sistema debe adaptarse a intercambiadores de tamaño estándar utilizados en la industria de la refrigeración comercial.
2	Materiales	El sistema trabajará exclusivamente con tubos de cobre y aletas de aluminio.
3	Tipo de soldadura	Se considera el uso de soldadura fuerte (brazing) con aporte de aleaciones de cobre-fósforo o cobre-fósforo-plata.
4	Fuentes de energía	El equipo operará con alimentación eléctrica trifásica disponible en planta industrial y con suministro de aire comprimido.
5	Nivel de automatización	El diseño debe garantizar la operación semiautomática o automática, reduciendo al mínimo la intervención manual.
6	Condiciones de seguridad	El sistema debe cumplir con las normas básicas de seguridad e higiene aplicables en la industria, de manera de reducir los riesgos sobre el operario.
7	Capacidad productiva	El diseño debe permitir un tiempo de ciclo igual o inferior al del proceso manual actual.
8	Alcance del desarrollo	El proyecto se limita a un prototipo conceptual y funcional, en su faz de diseño mecánico de detalle.

[TABLA 1-3: Condiciones límite]

1.7. Conclusiones del relevamiento

A partir del relevamiento del proceso productivo y del análisis de las variables y condiciones límite, se definen a continuación las problemáticas detectadas que motivan el desarrollo del proyecto:

- Elevados tiempos de producción: el tiempo total estimado por equipo es del orden de los 20 minutos.
- Dependencia de la habilidad del operario.
- Esfuerzos físicos repetitivos del operario que ejecuta el expandido manual con la herramienta neumática portátil.
- Riesgos de seguridad asociados a la exposición prolongada a llamas abiertas y al calor radiante propios de la soldadura con soplete oxiacetilénico.
- Baja estandarización de la calidad.
- Dificultad para escalar la producción en series largas o ante incrementos de demanda, como consecuencia de la dependencia de mano de obra especializada.
- Falta de automatización en los procesos.

Capítulo 2: Propósitos y propuestas

En este capítulo se profundizan los propósitos del proyecto, se presentan las propuestas de solución consideradas, se fundamenta la selección de la alternativa a desarrollar y se justifican las decisiones tecnológicas adoptadas para cada uno de los procesos involucrados.

2.1. Propósitos del proyecto

Los propósitos identificados son los siguientes:

1. **Menor tiempo de proceso:** reducir el tiempo del ciclo de expandido y soldadura en más de un 50 % respecto del proceso manual actual.
2. **Menor intervención del operario:** garantizar una reducción de los esfuerzos físicos y una menor probabilidad de errores o accidentes durante la operación.
3. **Calidad de soldadura**: garantizar uniones soldadas homogéneas, sin defectos y repetibles en el tiempo, eliminando la intervención del operario en la operación de soldadura.
4. **Calidad del expandido:** lograr una expansión homogénea que asegure el contacto con las aletas y facilite las operaciones siguientes de colocación y soldado de los codos, sin presencia de abolladuras en los tubos.
5. **Seguridad operativa y ergonomía:** garantizar la seguridad del operador, de la máquina y de los equipos procesados.
6. **Adaptabilidad a distintos modelos:** permitir el procesamiento de al menos tres modelos distintos de intercambiadores de calor.
7. **Nivel de automatización:** reducir al mínimo la intervención del operario durante el proceso.
8. **Tiempo de mano de obra:** disminuir el tiempo de mano de obra requerido por equipo procesado, como consecuencia directa de la reducción del tiempo de ciclo y de la disminución de la intervención manual.
9. **Mantenibilidad:** facilitar el acceso para realizar las tareas de mantenimiento y el recambio de piezas.

10. **Operabilidad:** lograr un funcionamiento adecuado, con una interfaz intuitiva e instrucciones sencillas, que facilite el uso del equipo sin requerir conocimientos avanzados por parte del operario.
11. **Integración de procesos:** unificar los procesos en una solución que minimice los tiempos muertos, reduciendo además el espacio ocupado en planta en aproximadamente un 50 %.

2.2. Propuestas de solución

Sobre la base de los propósitos formulados, se elaboraron tres propuestas de solución que responden al problema con distintos niveles de automatización, integración y complejidad tecnológica.

Propuesta 1 - Estación única automatizada: Realización de los procesos de expansión en una pasada y soldadura por inducción en una única estación automatizada, en la cual la intervención del operario se limita exclusivamente a las tareas de carga y descarga del equipo y a la carga manual de los codos en una matriz determinada.

Propuesta 2 - Estaciones separadas semiautomatizadas: Realización de los procesos de expansión en una pasada y soldadura por inducción en estaciones físicamente separadas, con un esquema de operación semi automatizado que requiere una intervención mínima del operario para el traslado del equipo entre estaciones y para la colocación de los codos en posición.

Propuesta 3 - Solución robotizada: Realización de la totalidad de los procesos (expansión, colocación de codos y soldadura) en estaciones diferenciadas, mediante un sistema robotizado encargado de mover el equipo entre las estaciones y de ejecutar la soldadura de los codos, sin intervención de operarios.

2.3. Selección fundamentada de la alternativa

La alternativa seleccionada para su desarrollo es la **Propuesta 1 - Estación única automatizada**. Para fundamentar la selección se evaluó cada propuesta frente a los

propósitos formulados en el apartado 2.1, identificando como decisivos los propósitos 1 (tiempo de proceso), 2 (intervención del operario), 5 (seguridad y ergonomía), 7 (nivel de automatización) y 11 (integración de procesos).

En relación con el tiempo de proceso, la Propuesta 1 permite minimizar el tiempo de ciclo gracias a la integración de las cuatro operaciones secuenciales (apertura, expandido, colocación de codos y soldadura) en una única estación. El intercambiador se sujeta una sola vez al ingresar a la máquina y permanece en esa misma posición durante todo el ciclo, mientras que la mesa móvil lo desplaza entre los puestos de trabajo de cada proceso. De este modo se eliminan los tiempos muertos asociados al traslado del equipo entre estaciones separadas y a la sujeción en cada uno de ellos. A su vez, el diseño contempla una mesa auxiliar lateral en la que el operario puede preparar la matriz con los codos del equipo siguiente mientras la máquina ejecuta el ciclo en curso. En las propuestas 2 y 3, en cambio, las operaciones se ejecutan en estaciones físicamente diferentes, con tiempos de traslado adicionales y posicionamientos del equipo en cada una de ellas.

En relación con la intervención del operario, la seguridad y la ergonomía, la Propuesta 1 reduce la participación del operario a tareas de baja exigencia física (carga y descarga del equipo, posicionamiento manual de los codos sobre una matriz), eliminándola por completo en las operaciones críticas de expandido y soldadura. Esto se traduce en ventajas claras en seguridad, dado que el operario deja de estar expuesto a los riesgos asociados al expandido manual repetitivo y a la operación con llamas abiertas.

En relación con el nivel de automatización, las tres propuestas alcanzan un grado elevado, pero la Propuesta 1 logra ese nivel con menor complejidad tecnológica y menor cantidad de elementos móviles independientes que la Propuesta 3, lo que se traduce en mayor robustez del sistema.

En relación con la integración de procesos, la ventaja comparativa de la Propuesta 1 sobre las demás es significativa ya que al concentrar ambos procesos en una sola estación se obtiene una solución compacta que reduce el espacio ocupado en planta de manera apreciable y elimina los tiempos muertos asociados al traslado del equipo entre estaciones de trabajo distintas.

Se considera que las tres propuestas son equivalentes en cuanto a calidad de soldadura, calidad de expandido y adaptabilidad a distintos modelos, y que las diferencias relativas en términos de mantenibilidad y operabilidad resultan marginales frente a las ventajas señaladas anteriormente. Sobre la base de esta evaluación, el resto del informe desarrolla el diseño mecánico de la Propuesta 1.

2.4. Justificación tecnológica de la propuesta

Una vez seleccionada la propuesta a desarrollar, corresponde justificar las decisiones tecnológicas adoptadas para cada una de las operaciones que la propuesta integra: el expandido de los tubos, la soldadura de los codos y los movimientos de aproximación y posicionamiento entre puestos de trabajo.

2.4.1. Tecnologías de expandido

La expansión mecánica de tubos sobre un paquete de aletas es una operación de conformado por deformación plástica en la cual se fuerza el paso de una bala a través del interior del tubo, llevando su diámetro interior desde un valor inicial hasta el valor expandido requerido. Para esta operación se evaluaron tres alternativas tecnológicas:

1. Herramientas portátiles neumáticas: expanden uno o dos tubos por vez. Constituyen la solución adoptada actualmente en la empresa relevada y presentan los inconvenientes de tiempo de ciclo elevado, esfuerzo físico repetitivo del operario y dependencia de su capacidad y habilidad para mantener la calidad.
2. Máquinas de expandido en una pasada con accionamiento neumático: disponen de una varilla por tubo y ejecutan la expansión completa con un único accionamiento, reduciendo drásticamente el tiempo de ciclo y garantizando homogeneidad en la expansión de todos los tubos.
3. Sistemas hidráulicos: accionan las varillas mediante actuadores hidráulicos en lugar de neumáticos. Son soluciones de mayor capacidad de fuerza pero requieren incorporar una unidad hidráulica con depósito, bomba y refrigeración, lo que aumenta la complejidad y el costo de la solución.

Para el alcance del proyecto se adopta la **expansión en una pasada con accionamiento neumático**. La elección se fundamenta en que esta tecnología combina adecuadamente tiempo de ciclo, calidad y simplicidad, y aprovecha la disponibilidad de aire comprimido en planta. Las fuerzas axiales necesarias, calculadas en el Capítulo 4, son alcanzables con cilindros neumáticos comerciales de tamaño estándar.

2.4.2. Tecnologías de soldadura

La unión de los codos a los tubos expandidos requiere una soldadura compatible con el cobre como material base y capaz de resistir las presiones de trabajo del circuito frigorífico. Las alternativas evaluadas son:

1. Soldadura oxiacetilénica con aporte manual: corresponde al proceso utilizado actualmente, cuyas desventajas se describieron en el Capítulo 1.
2. Soldadura oxiacetilénica con aporte automatizado: presenta limitaciones para abordar geometrías con múltiples juntas en distintas posiciones y mantiene los riesgos asociados a la operación con llama abierta y al manejo de gases combustibles.
3. Soldadura por inducción: permite calentar de manera localizada y rápida la junta a soldar mediante corrientes inducidas en el material base, sin contacto físico ni llama abierta, con un ciclo enteramente controlado por parámetros eléctricos.

Para el alcance del proyecto se adopta la **soldadura por inducción**. La elección se fundamenta en cuatro ventajas decisivas frente a las alternativas: la reducción del tiempo de proceso a pocos segundos por junta, el calentamiento localizado, la repetibilidad, y la eliminación de la llama abierta. Adicionalmente, la inducción permite ejecutar varias uniones en paralelo mediante la disposición de cabezales independientes, característica que el diseño desarrollado aprovecha mediante la incorporación de dos cabezales con movimiento autónomo en tres ejes.

2.4.3. Tecnologías de transmisión y posicionamiento

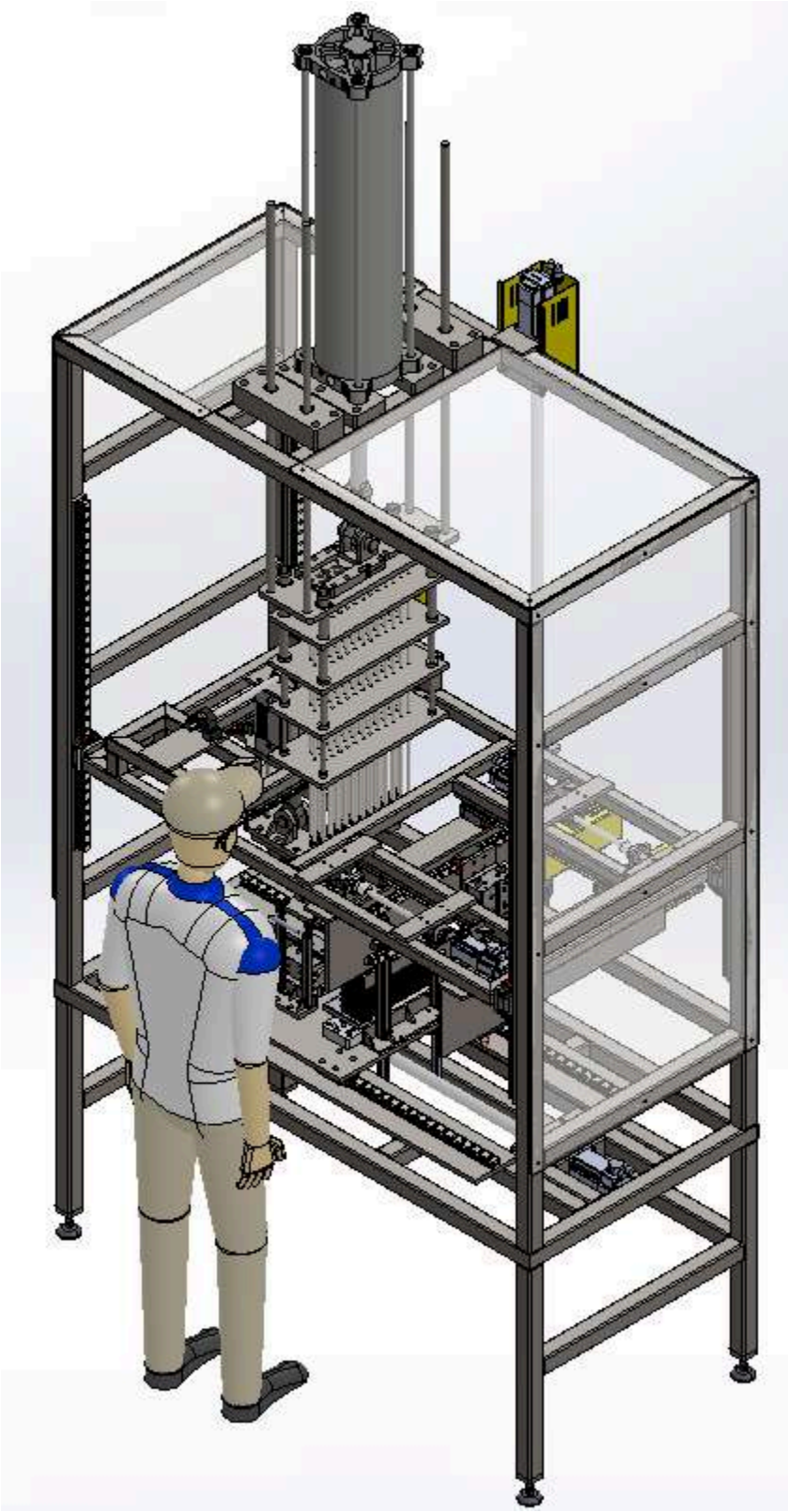
Los movimientos de la máquina requieren posicionamiento preciso, repetible y controlado. El traslado del intercambiador entre los puestos de trabajo, el avance del bastidor móvil y el posicionamiento independiente de los cabezales de soldadura en los tres ejes se resuelven mediante husillos de bolas recirculantes accionados por servomotores. Esta tecnología combina alta eficiencia de transmisión, capacidad de carga axial significativa, baja fricción y posicionamiento de elevada precisión.

Capítulo 3: Desarrollo de la propuesta elegida

En este capítulo se desarrolla el diseño mecánico de detalle de la máquina seleccionada.

3.1. Disposición general

La máquina está organizada en torno a un bastidor fijo que constituye su estructura principal y que aloja los dos elementos móviles fundamentales: la mesa de transferencia, que porta el intercambiador y lo desplaza horizontalmente entre los puestos de trabajo, y el bastidor móvil, que se desplaza verticalmente desde su posición superior y concentra los subconjuntos de Apertura y Soldadura. A estos se suma el conjunto Expandido, que se encuentra fijo respecto al bastidor estructural y opera sobre el equipo cuando la mesa de transferencia lo coloca en su posición correspondiente.



[FIGURA 3-1: Vista general de la máquina]

La secuencia funcional de operación de la máquina es la siguiente:

1. **Carga del intercambiador:** El operario coloca el intercambiador en posición vertical sobre la mesa de transferencia, en el extremo asignado a la carga, y ajusta manualmente las regulaciones de las sujeciones según el modelo a procesar (270, 400 o 600 mm de longitud de aletado).
2. **Aproximación del bastidor móvil:** Una vez sujetado el equipo, el bastidor móvil desciende desde su posición de reposo hasta posicionarse a la altura del intercambiador, dejando los subconjuntos de Apertura y Soldadura en condiciones de operar sobre el extremo abierto de los tubos.
3. **Apertura:** La mesa desplaza el equipo hasta el primer puesto de trabajo, donde el subconjunto de Apertura realiza una pequeña expansión inicial de la boca de los tubos.
4. **Expandido:** La mesa avanza hasta el puesto de Expandido, donde el conjunto correspondiente, fijo respecto del bastidor, realiza la expansión completa de los tubos en una única pasada mediante las varillas accionadas por su cilindro neumático.
5. **Colocación de los codos:** La mesa avanza a una posición intermedia de carga lateral, en la cual el operario coloca manualmente los codos sobre los extremos sobresalientes de los tubos.
6. **Soldadura:** La mesa avanza al puesto de Soldadura, donde los dos cabezales de inducción del bastidor móvil ejecutan las uniones de los codos mediante movimientos independientes en los tres ejes.
7. **Descarga:** Finalizado el ciclo, el bastidor móvil se eleva a su posición de reposo y el operario procede con la liberación de las sujeciones y retira el intercambiador procesado.

3.2. Bastidor Fijo

El bastidor fijo constituye la estructura principal de la máquina. Está resuelto como una estructura soldada conformada con perfiles estructurales cuadrados de 50 x 50 x 3,2 mm en acero SAE 1010.



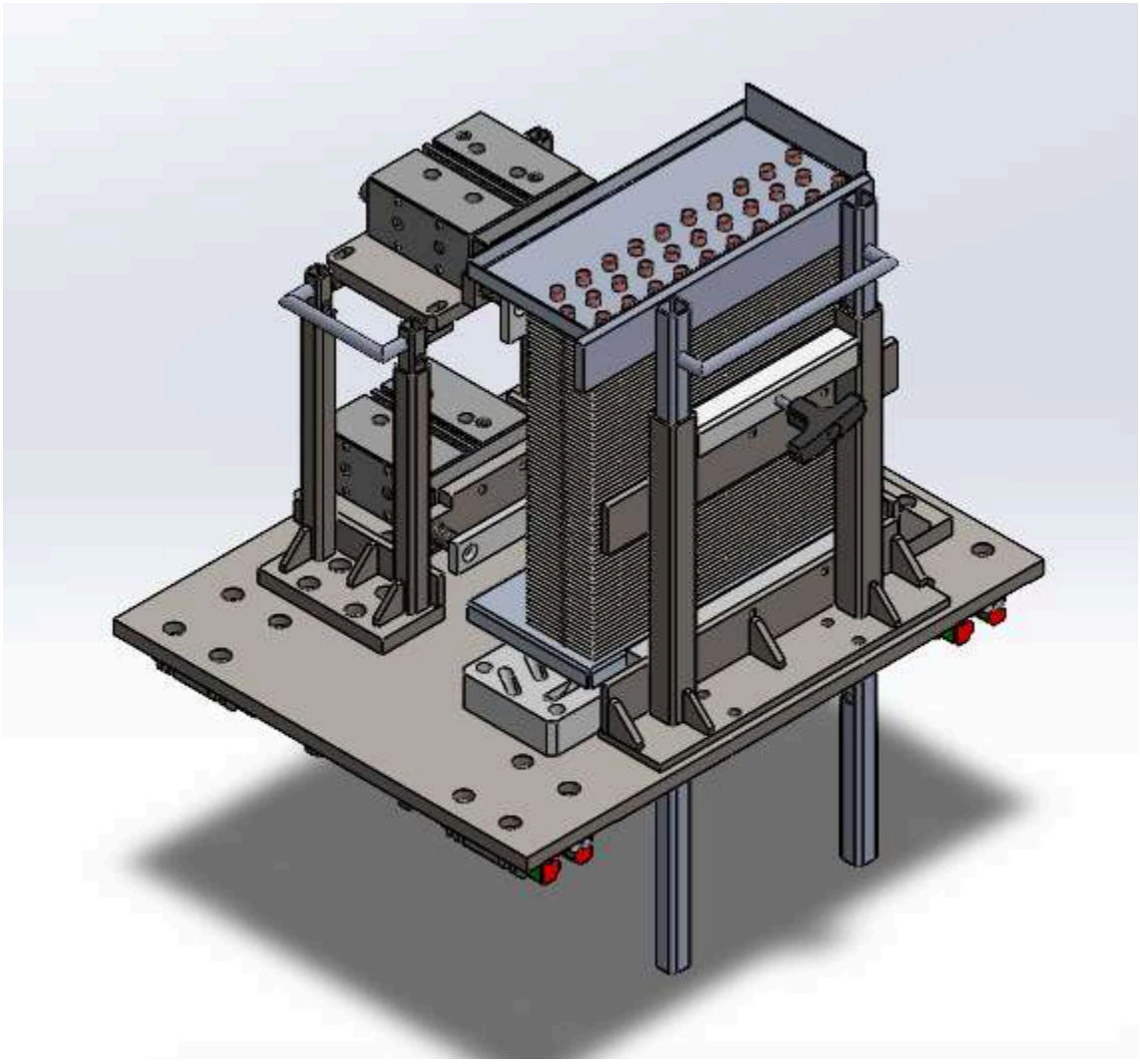
[FIGURA 3-2: Bastidor Fijo]

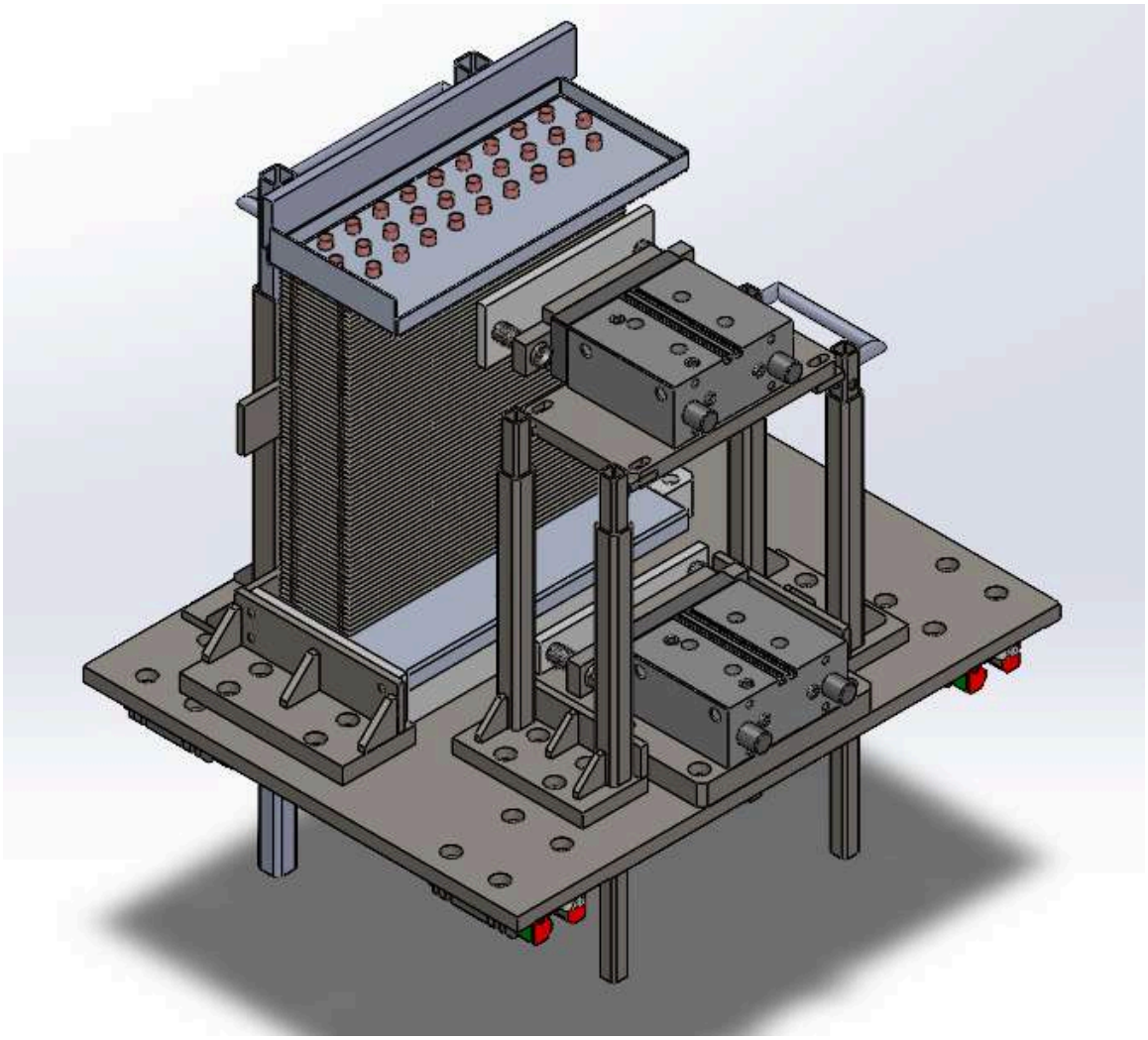
Sobre el bastidor fijo se montan las guías lineales por las que se desplaza el bastidor móvil. A su vez en la parte superior del mismo se localiza el cilindro neumático que ejerce la fuerza de expansión y todo el conjunto de chapas y varillas correspondientes. En la parte central, se encuentra colocado el sistema de movimiento de la mesa de transferencia. Por último la máquina cuenta con un cerramiento y protecciones de seguridad para el operario.

Las dimensiones generales del bastidor están dadas por la mayor longitud de aletado a procesar (600 mm) y por la suma de los recorridos de la mesa de transferencia entre los cuatro puestos de trabajo, más las distancias de seguridad y los márgenes constructivos de los anclajes y soportes.

3.3. Conjunto Transferencia

El conjunto Transferencia es el responsable de portar el intercambiador en posición vertical y de desplazarlo horizontalmente entre los cuatro puestos de trabajo. Está montado sobre dos guías lineales con patines apoyadas en el bastidor fijo y es accionado por un husillo de bolas controlado por un servomotor mediante un acople rígido entre el extremo del husillo y la placa de patines, lo cual garantiza el posicionamiento preciso y repetible que cada operación requiere.





[FIGURA 3-3: Conjunto Transferencia]

Sistema de sujeciones: Sobre la placa de patines se monta el conjunto de sujeciones del intercambiador. La sujeción posterior fija y la sujeción lateral fija actúan como referencias geométricas contra las cuales el operario asienta el paquete al cargar el equipo. Una sujeción lateral móvil, accionada por un cilindro neumático guiado mediante cuatro ejes con bujes de bronce, aprisiona el equipo lateralmente contra la sujeción fija una vez posicionado, asegurando su inmovilización durante todo el ciclo. La sujeción móvil incorpora cuatro resortes que aseguran un retorno inmediato y suave una vez liberada la presión.

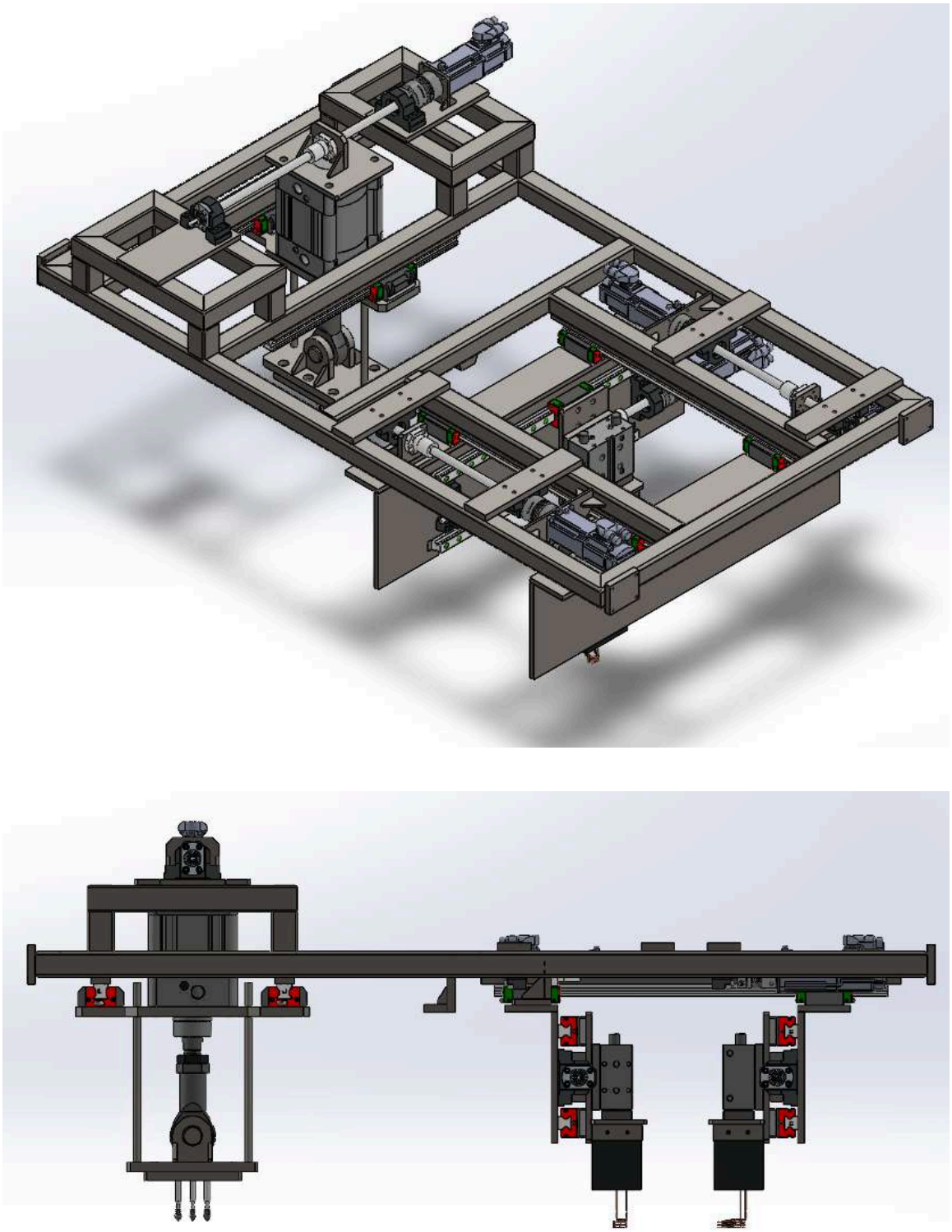
Apoyos en contacto con el producto: Tanto los apoyos inferiores como los apoyos laterales que están en contacto directo con el paquete del intercambiador se ejecutan en grilón (poliamida), material que combina rigidez suficiente y baja dureza superficial para no rayar ni dañar las aletas de aluminio ni la superficie de los tubos de cobre durante las operaciones de carga, sujeción y descarga.

Regulación para distintas longitudes de aletado: Para adaptar el conjunto a las tres longitudes contempladas (270, 400 y 600 mm) se incorporan dos regulaciones manuales: una frontal y otra posterior, ambas con manija de operación rápida. La regulación frontal permite el ajuste fino de la posición de la sujeción frontal según el modelo, mientras que la regulación posterior fija el tope general del conjunto. Las regulaciones se ejecutan sobre tubos estructurales de 15x15 y 20x20 mm que aportan rigidez al ajuste y cuentan con una posición de bloqueo manual para cada uno de los tres modelos.

Acople al husillo: El extremo del husillo de bolas se vincula a la placa de patines mediante una pieza soldada que oficia de acople, dimensionada para transmitir la totalidad de la carga axial sin holguras ni desalineaciones.

3.4. Conjunto Bastidor Móvil

El conjunto Bastidor Móvil es una estructura soldada en perfil estructural cuadrado de 50 x 50 x 3,2 mm en acero SAE 1010 que aloja los subconjuntos de Apertura y Soldadura, y se desplaza verticalmente desde su posición superior de reposo hasta su posición de trabajo, en la cual ambos subconjuntos quedan operativos sobre el extremo abierto de los tubos del intercambiador. El desplazamiento se ejecuta mediante guías lineales con patines y un husillo de bolas servocontrolado propio.



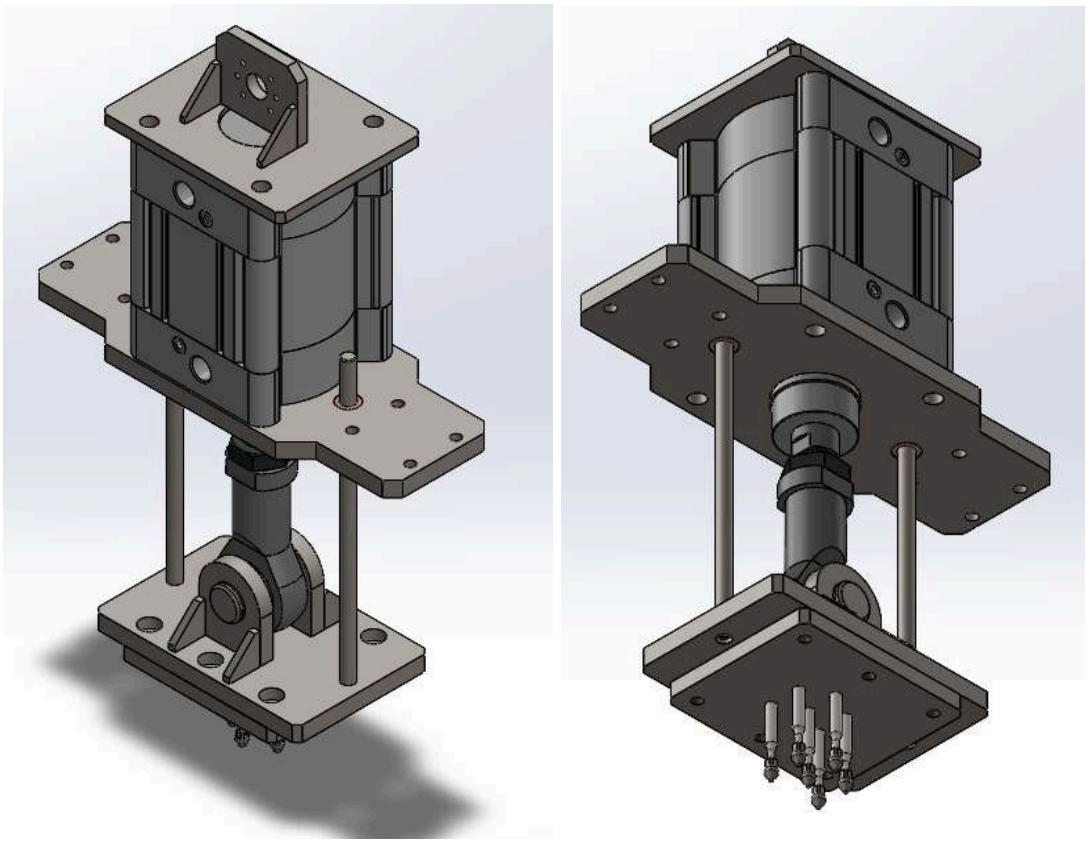
[FIGURA 3-4: Conjunto Bastidor Móvil]

Posición fija durante el ciclo: Una vez alcanzada la posición de trabajo, correspondiente a la altura del intercambiador a procesar, el bastidor móvil permanece estático durante toda la ejecución del ciclo. Las operaciones de apertura y de soldadura se realizan sin movimiento del bastidor móvil sino mediante la movilidad propia de cada uno de los subconjuntos que aloja: el subconjunto de Apertura cuenta con su cilindro neumático y su tornillo de bolas para el avance y posicionamiento de las varillas, y el subconjunto de Soldadura cuenta con los tres ejes servocontrolados de cada uno de sus dos cabezales.

Soportes y elementos auxiliares: El diseño del bastidor contempla los puntos de anclaje de ambos subconjuntos. Además, sobre la cara inferior del bastidor móvil se incorporan los topes que limitan la posición de las placas telescópicas antipandeo del conjunto Expandido durante la operación de expansión.

3.5. Subconjunto Apertura

El subconjunto Apertura ejecuta la primera de las operaciones del ciclo. Consiste en una expansión ligera, en una longitud reducida de pocos milímetros, sobre la boca de los tubos en el extremo donde se soldarán los codos. Esta operación cumple dos funciones simultáneas: generar un encauce para el ingreso de las varillas del Expandido y proporcionar la cuna de soldadura que facilitará el flujo del material de aporte por capilaridad.



[FIGURA 3-5: Subconjunto Apertura]

Configuración general: El subconjunto está formado por una placa base mecanizada en SAE 1010 que soporta seis varillas dispuestas según el patrón de tubos del intercambiador, cada una con su tapa y su bala de apertura. Las balas se mecanizan en acero SAE 4140 templado y revenido, dado que están sometidas a fricción y a fatiga repetitiva contra el cobre del tubo durante la operación.

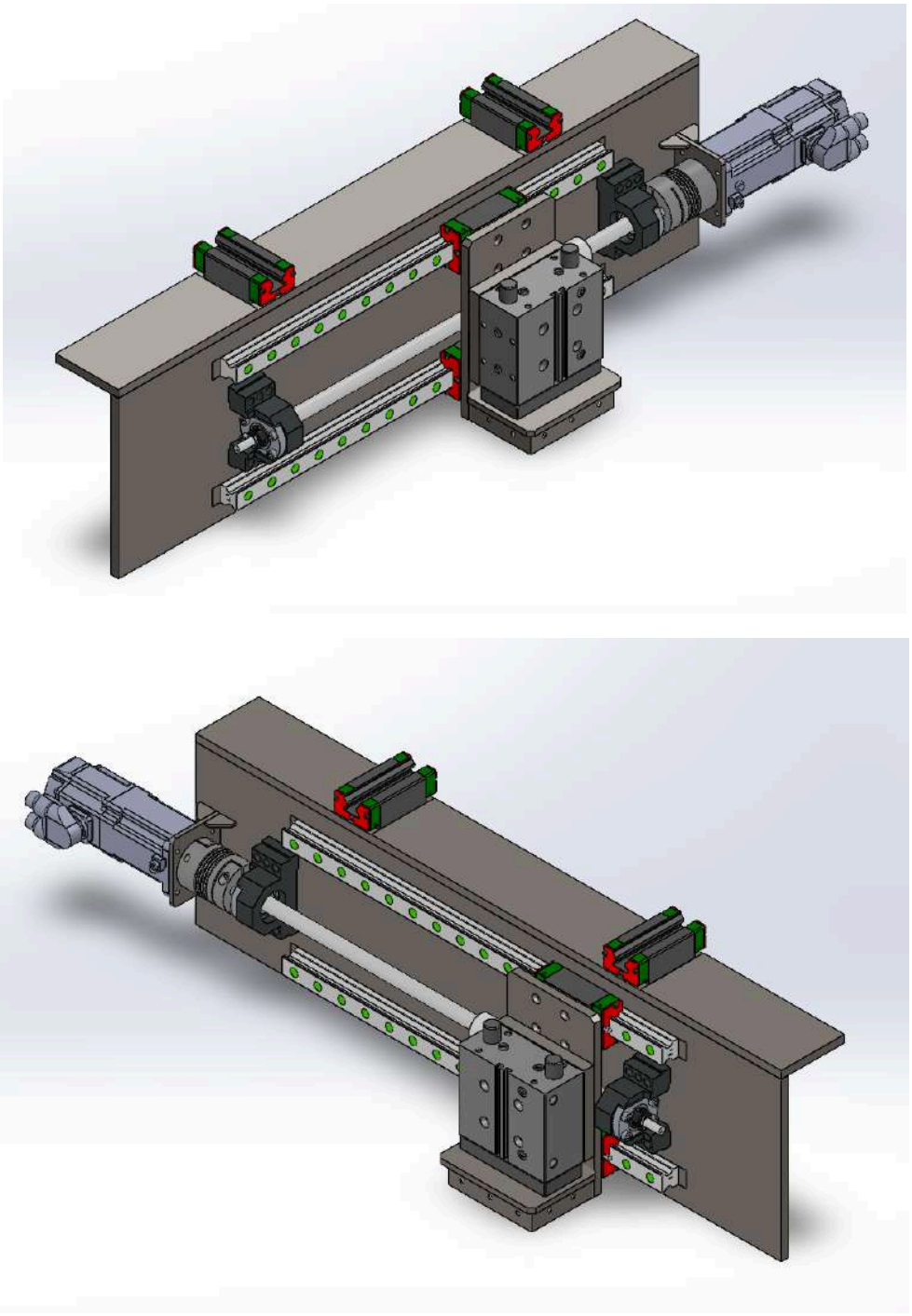
Accionamiento neumático: El avance de las varillas se produce por la acción de un cilindro neumático FESTO de la serie DSBG con diámetro de émbolo de 125 mm y carrera de 150 mm. El cilindro se vincula a la placa base mediante un perno tipo rótula, ejecutado en acero SAE 1045, que permite absorber pequeñas desalineaciones angulares sin transmitir esfuerzos parásitos a las varillas.

Sistema antigiro: Para impedir el giro relativo entre el cilindro y la placa base se incorpora un sistema de cuatro guías paralelas mecanizadas en SAE 1010 que se desplazan sobre cuatro bujes de bronce alojados en un soporte solidario al bastidor móvil.

Posicionamiento por husillo de bolas: El conjunto cilindro-placa base se monta sobre un tornillo de bolas servocontrolado cuya función es definir con precisión la profundidad de penetración de las balas dentro de los tubos. Mientras que el cilindro neumático aporta la fuerza axial necesaria para producir la deformación plástica del cobre, el tornillo de bolas establece el punto exacto en el que la operación se detiene, garantizando la repetibilidad de la geometría de la apertura realizada y de la cuna de soldadura.

3.6. Subconjunto Soldadura

El subconjunto Soldadura ejecuta la unión de los codos a los tubos del intercambiador mediante soldadura por inducción. Está conformado por dos cabezales de inducción comerciales, cada uno dotado de movilidad independiente en los tres ejes mediante husillos de bolas servocontrolados. Esta disposición permite posicionar cada cabezal sobre un codo distinto en simultáneo, reduciendo el tiempo total de soldadura respecto de una solución con un único cabezal.



[FIGURA 3-6: Subconjunto Soldadura]

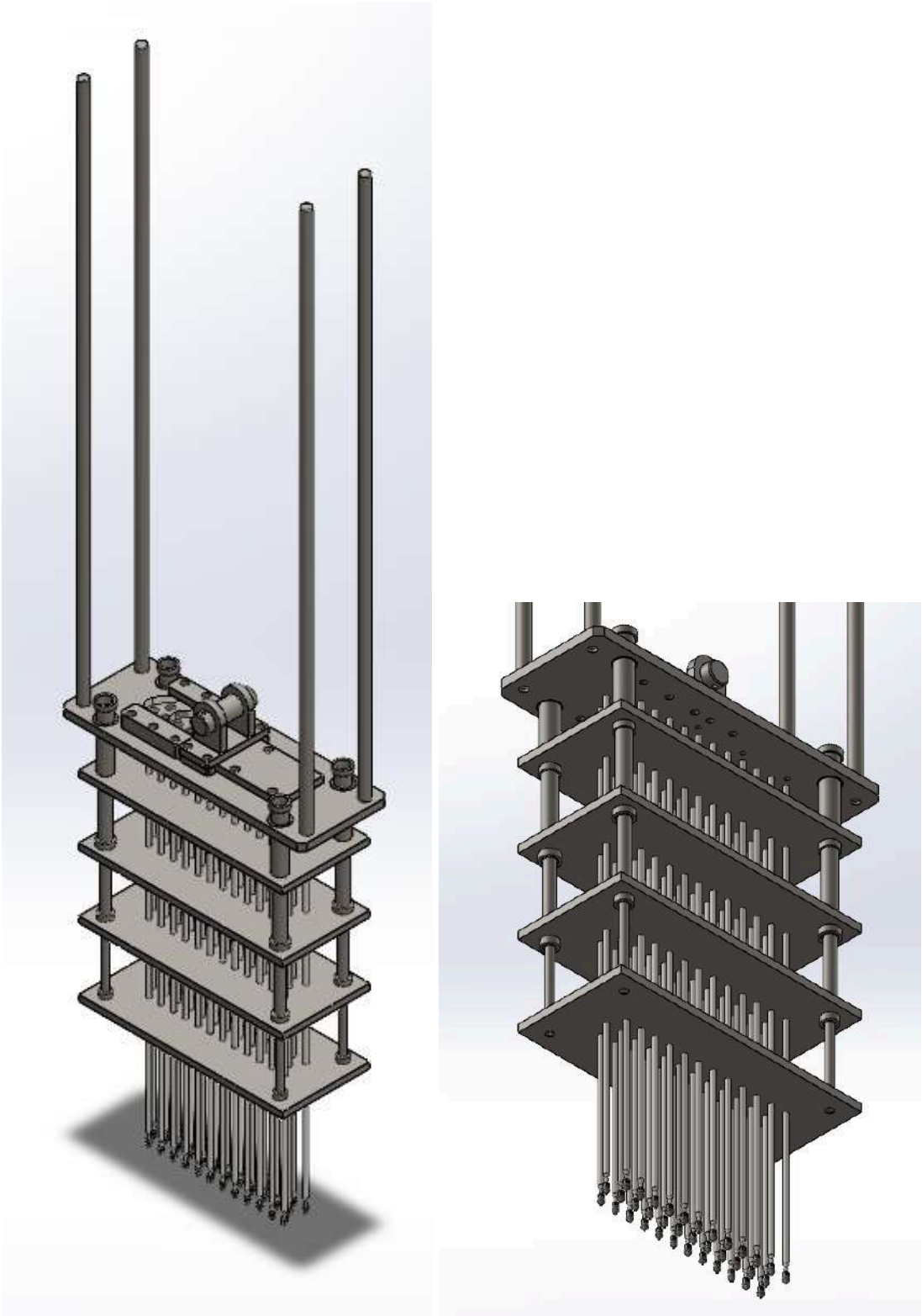
Geometría de los cabezales: Los dos cabezales adoptados son de geometría diferenciada, uno trabaja a 90° y el otro a 45° respecto de la dirección vertical de los tubos. Esta diferencia de orientación responde a la disposición de los codos en U sobre la matriz de tubos del intercambiador, en la cual las uniones a soldar se presentan con orientaciones distintas según su posición en el patrón. Disponer de un cabezal a 90° y otro a 45° permite resolver la totalidad de las uniones del equipo sin requerir reorientación de los cabezales durante el ciclo.

Soporte y accionamiento: Cada cabezal se monta sobre una estructura soldada en SAE 1010 que aloja los tres ejes de movimiento. Las placas verticales y las placas laterales que conforman la estructura están mecanizadas en SAE 1010, y los separadores de los patines de las guías lineales se ejecutan en grilón para evitar transmitir vibraciones entre el cabezal y la estructura del bastidor móvil. El acople mecánico entre el husillo del eje correspondiente y el cabezal de inducción se realiza mediante una placa soldada y una pieza de acople específica para la geometría del cabezal del proveedor.

Especificación funcional al proveedor: El cabezal de inducción y la fuente de potencia asociada constituyen un componente comercial cuya selección y diseño interno corresponde al proveedor del equipo.

3.7. Conjunto Expandido

El conjunto Expandido es el responsable de ejecutar la operación de expansión propiamente dicha de los tubos sobre el paquete de aletas. Está fijo respecto del bastidor estructural y opera sobre el intercambiador cuando la mesa de transferencia lo coloca en su posición correspondiente.



[FIGURA 3-7: Conjunto Expandido]

Configuración general: El subconjunto está formado por una placa base mecanizada en SAE 1010 que soporta hasta treinta y seis varillas dispuestas según el patrón general de los tubos, cantidad que cubre la matriz máxima 3x12 considerada en el proyecto. Cada varilla se fabrica en SAE 1010 y posee en sus extremos su tapa y su bala de expansión, mecanizada en SAE 4140 templado y revenido por las mismas razones señaladas para las balas de apertura. La placa base se vincula al cilindro neumático mediante una placa intermedia soldada, dos suplementos de acople mecanizados y un perno en SAE 1045.

Accionamiento neumático: El avance de las varillas se produce por la acción de un cilindro neumático FESTO de la serie DSBG con diámetro de émbolo de 200 mm y carrera de 750 mm. La carrera del cilindro está determinada por la mayor longitud de aletado a procesar (600 mm) más los márgenes correspondientes al retroceso de las balas y a la sobrecarrera. La fuerza axial total disponible, del orden de 18 kN, resulta superior a la requerida para la expansión simultánea de 36 tubos.

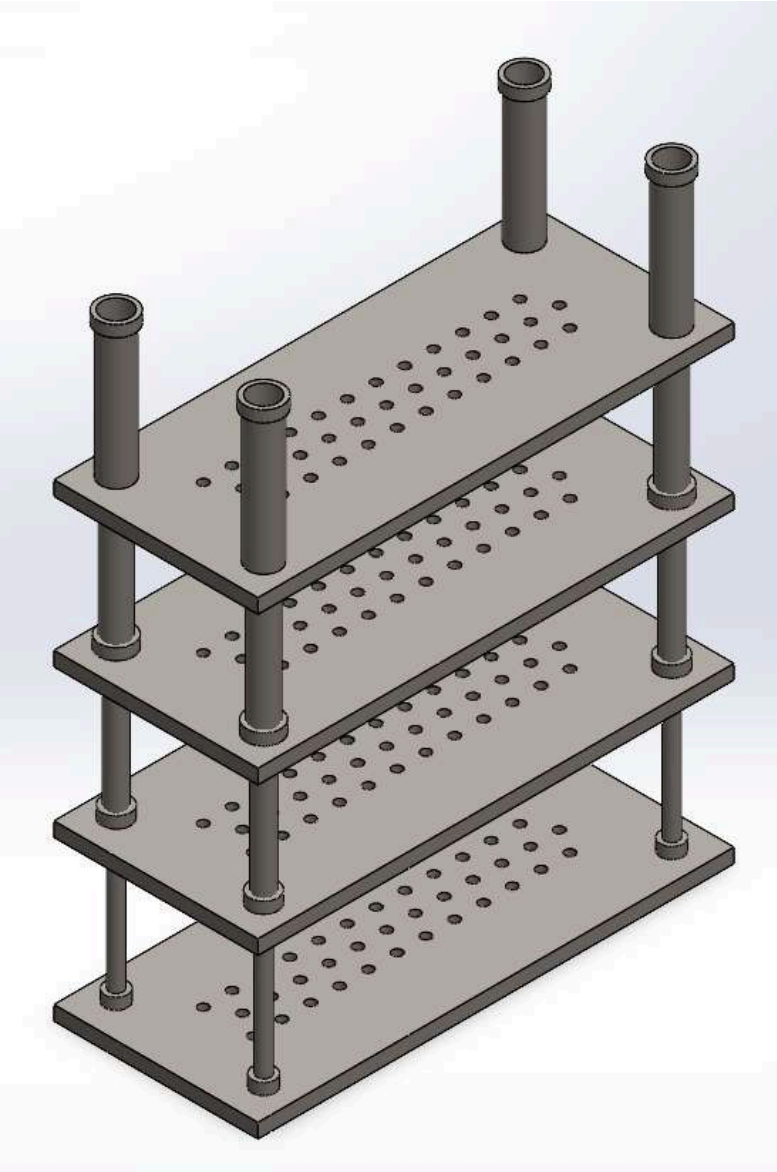
Sistema antigiro y guiado del cilindro: Para impedir el giro del cilindro y mantener la alineación de las varillas respecto del paquete del intercambiador se incorporan cuatro guías mecanizadas en SAE 1010 que se desplazan sobre bujes de bronce alojados en placas guía auxiliares.

Sistema de sufrideras con tope: El conjunto incorpora un sistema de sufrideras manuales que permite anular selectivamente el avance de algunas de las varillas, de manera de adaptar el equipo a las distintas matrices de tubos contempladas (3x8, 3x10 y 3x12). Cuando se procesa un intercambiador con matriz menor que la máxima, el operario retira manualmente las sufrideras correspondientes a las varillas que no deben actuar sobre el equipo, permitiendo retirar las varillas que no actuarán.

Sistema antipandeo/guía de placas telescópicas: Las varillas de expansión, debido a su longitud y a la fuerza axial de compresión que soportan durante la operación, presentan riesgo de pandeo. Para mitigarlo se incorpora un sistema de cuatro placas telescópicas antipandeo, mecanizadas en SAE 1010, que actúan como apoyos intermedios durante el avance del cilindro. Las placas se mantienen vinculadas entre sí

mediante un sistema de tubos telescópicos en cuatro escalones (caños de 25, 20 y 15 mm y un tramo macizo de 15 mm) y bujes de distintos tamaños.

Con el cilindro en su posición superior de reposo, las placas telescópicas se encuentran completamente separadas, manteniendo a las varillas guiadas en cuatro puntos intermedios a lo largo de su longitud. A medida que el cilindro avanza hacia abajo durante la operación, las placas se van apilando progresivamente, conservando en todo momento un guiado intermedio de las varillas. Un tope solidario al bastidor móvil limita el desplazamiento descendente del conjunto de placas, garantizando que las placas telescópicas no entren en contacto con el intercambiador en ningún momento del ciclo.



[FIGURA 3-8: Sistema antipandeo/guia]

Conjunto de placa telescópica: Cada placa telescópica se complementa con su correspondiente conjunto de caños telescópicos en SAE 1010, conformando un subconjunto repetitivo de cuatro unidades. Los detalles constructivos de las placas y de sus elementos auxiliares, caños, bujes y placas guía, se encuentran en los planos correspondientes.

Capítulo 4: Memoria de cálculo y selección de componentes

En este capítulo se desarrollan los cálculos que sustentan el dimensionado de los componentes de la máquina y se presenta la selección de los elementos comerciales y normalizados adoptados.

Se describirán las ecuaciones más representativas de cálculo en cada caso con el objetivo de no prolongar el desarrollo. La totalidad de los cálculos se encuentran en la hoja de cálculos en el anexo A.

4.1. Cálculo de fuerzas y selección de cilindros neumáticos

4.1.1. Cálculo de la fuerza axial de expansión

La fuerza axial requerida para forzar el paso de la bala a través del tubo se determina a partir del comportamiento plástico del material y del balance de fuerzas sobre la zona de contacto cónica bala-tubo. El estado tensional dominante en la pared del tubo durante la operación es de tensión circunferencial (hoop stress), generada por la presión radial que la bala ejerce sobre la cara interna del tubo durante su paso. Esta tensión se relaciona con la presión radial mediante la ecuación de equilibrio en pared delgada $\sigma = \frac{P*D}{2*e}$. El criterio de cálculo empleado consiste en igualar la tensión circunferencial a la tensión de fluencia instantánea del cobre, obtenida a partir de la ley de endurecimiento por deformación de tipo potencial $\sigma = K * \varepsilon^{n}$, para determinar la presión radial mínima necesaria que asegura la deformación plástica del tubo y, a partir de ella, la fuerza axial requerida sobre la bala incorporando la corrección por fricción en la interfaz.

Las hipótesis y datos de entrada adoptados son los siguientes:

- Tubo de cobre recocido: diámetro exterior $D = 9,525\,mm$, espesor de pared $e = 0,5\,mm$, diámetro interior $D_i = 8,525\,mm$.
- Diámetro de expansión requerido: $D_e = 10\,mm$.
- Bala: diámetro $D_b = 9,2\,mm$, ángulo de cono $\alpha = 30°$, longitud de contacto $L_c = 0,585\,mm$.
- Comportamiento plástico del cobre: $K = 315\,MPa$, $n = 0,5$.
- Coeficiente de fricción cobre-acero: $u = 0,4$.

Las ecuaciones empleadas y los resultados obtenidos se sintetizan a continuación:

Deformación verdadera:

$$\varepsilon = ln(\frac{D_e}{D}) = 0.0487$$

Tensión de fluencia instantánea:

$$\sigma = K * \varepsilon^n = 69.49MPa$$

Presión radial de contacto:

$$P = \frac{(2 \cdot e \cdot \sigma)}{D} = 7,7\,MPa$$

Siendo el área de contacto:

$$A_c = \pi \cdot D_b \cdot L_c = 16,29\,mm^2$$

Fuerza axial ideal:

$$F = \frac{P \cdot A_c}{tan\,(\alpha)} = 217,22\,N$$

Fuerza axial real con fricción:

$$F_r = F * (1 + \mu * cot(\alpha)) = 367.71\ N$$

La fuerza axial real requerida por cada varilla resulta de 367,71 N. Para una matriz 3×12, que constituye el caso más exigente con expansión simultánea de la totalidad de los tubos, la fuerza total requerida es:

$$F_{tot} = 36 \cdot F_r = 13.237,5\ N$$

4.1.2. Cálculo de la fuerza axial de apertura

El cálculo de la fuerza requerida en la operación de apertura sigue la misma metodología, con los parámetros propios de esta operación: diámetro de expansión superior (De = 10,5 mm), bala de mayor diámetro (Db = 9,6 mm) y longitud de contacto ampliada (Lc = 0,931 mm).

Aplicando las ecuaciones del apartado anterior se obtienen los siguientes resultados:

- Deformación verdadera: $\varepsilon = 0.0975$
- Tensión de fluencia instantánea: $\sigma = 98.34MPa$
- Presión radial de contacto: $P = 10.90MPa$
- Área de contacto: $Ac = 26.51mm^2$
- Fuerza axial ideal: $F = 500.23N$
- Fuerza axial real (con fricción): $F_r = 846.81N$ **por varilla**.

La fuerza total requerida para la operación de apertura, ejecutada con seis varillas en simultáneo, resulta:

$$F_{tot} = 6 \cdot F_r = 5.080,85\ N$$

4.1.3. Selección de los cilindros neumáticos

A partir de las fuerzas calculadas y considerando una presión de trabajo de 6 bar, los cilindros neumáticos seleccionados son los siguientes:

- Cilindro de Expandido: **FESTO DSBG-200-750-PPVA-N3** [1], con diámetro de émbolo de 200 mm y carrera de 750 mm. La fuerza teórica disponible a 6 bar es de 18.096 N, lo cual representa un factor de sobredimensionado de 1,37 respecto de los 13.237,5 N requeridos. La carrera de 750 mm cubre la mayor longitud de aletado a procesar (600 mm) con margen suficiente para el retroceso de las balas y la sobrecarrera del cono.
- Cilindro de Apertura: cilindro **FESTO DSBC-125-25-PPVA-N3**, con diámetro de émbolo de 125 mm y carrera de 25 mm. La fuerza teórica disponible a 6 bar es de 7.363 N, con un factor de sobredimensionado de 1,45 respecto de los 5.080,85 N requeridos. La carrera de 25 mm es suficiente para ejecutar la apertura en la pequeña profundidad requerida con margen para el retorno completo del cilindro.
- Cilindros del eje Z de Soldadura: dos cilindros **FESTO DFM-32-50-P-A-KF** (uno por cabezal de soldadura), con diámetro de émbolo de 32 mm y carrera de 50 mm, con fuerza teórica de 482 N. Se trata de cilindros guiados compactos que aportan tanto la movilidad axial del cabezal como la rigidez lateral necesaria para mantener la posición durante la operación.
- Cilindro de sujeción lateral: cilindro **FESTO DFM-32-50-P-A-KF**, con las mismas características que los del eje Z de soldadura. La selección se realiza por criterio funcional, fuerza adecuada para la sujeción del paquete y dimensiones compactas, sin requerir un dimensionado específico, dado que la fuerza requerida es claramente inferior a la disponible.

4.2. Selección de husillos de bolas y servomotores

4.2.1. Metodología de dimensionado

El dimensionado de cada husillo de bolas se realiza siguiendo la metodología del catálogo HIWIN, sobre la base de los siguientes parámetros de entrada propios de cada eje: peso del conjunto móvil, fuerza axial adicional generada por el proceso correspondiente, velocidad máxima de desplazamiento, longitud entre apoyos y vida útil nominal esperada. Sobre cada husillo se realizan las siguientes verificaciones

- Factor de seguridad estático
- Vida nominal a fatiga
- Verificación de pandeo según Euler
- Verificación de velocidad crítica de vibración del eje

A partir del cumplimiento simultáneo de las cuatro verificaciones se selecciona el modelo del catálogo, dando preferencia a los modelos que combinan las verificaciones cumplidas con dimensiones compactas y con disponibilidad comercial.

4.2.2. Selección de los husillos

La máquina cuenta en total con siete husillos de bolas distribuidos según el siguiente criterio: dos husillos para los movimientos principales del Bastidor Móvil y de la Transferencia, ambos con cargas axiales y longitudes de recorrido elevadas; un husillo para el posicionamiento del Subconjunto Apertura; y cuatro husillos para los ejes X e Y de los cabezales de Soldadura (dos cabezales por dos ejes cada uno), todos con cargas y recorridos significativamente menores.

Sobre la base del dimensionado realizado se adoptan dos modelos de husillo, agrupando los ejes según sus requerimientos:

Husillo HIWIN de mayor diámetro nominal, adoptado para los ejes de Transferencia y Bastidor Móvil (2 unidades), dadas las cargas axiales involucradas y las longitudes de

recorrido requeridas. Estos dos ejes son los que mayor capacidad de carga, mayor verificación de pandeo y mayor velocidad crítica deben presentar, lo que justifica la adopción del modelo de mayor porte del catálogo dentro de las series usuales del fabricante.

Husillo HIWIN de menor diámetro nominal, adoptado para los ejes de Apertura y para los ejes X e Y de los cabezales de Soldadura (5 unidades), cuyas cargas y recorridos son significativamente menores y permiten resolver el dimensionado con un husillo de tamaño compacto, manteniendo el cumplimiento de las cuatro verificaciones.

4.2.3. Selección de los servomotores

Los servomotores que accionan los husillos se seleccionan a partir del par y de la potencia mecánica requeridas en el eje del husillo, calculadas en función de la fuerza axial, del paso del husillo y del rendimiento del conjunto husillo-tuerca. Adicionalmente se verifica la compatibilidad de la inercia total referida al eje del motor con la inercia del propio motor seleccionado, criterio que se considera satisfactorio cuando el cociente entre ambas inercias es inferior a 10.

Se adopta la marca **Bosch Rexroth, serie MS2N** [2], correspondiente a servomotores síncronos de imanes permanentes, estándar en la industria de la máquina-herramienta para aplicaciones de posicionamiento preciso. Sobre la base del par y la potencia requeridos en cada eje, se adoptan dos modelos de la serie:

- **Bosch Rexroth MS2N04**: para los ejes de *Transferencia y Bastidor Móvil*, cuyas exigencias de par son las más significativas de la máquina debido tanto a la masa móvil como a las componentes axiales asociadas a los procesos.
- **Bosch Rexroth MS2N03:** *para los ejes restantes* (Apertura y ejes X e Y de los dos cabezales de Soldadura), cuyas exigencias de par y potencia son menores.

4.3. Verificación de las varillas de expansión por elementos finitos

Las varillas del Conjunto Expandido trabajan a compresión axial pura durante la operación, sometidas a la fuerza por varilla calculada en el apartado 4.2.1 (Fr = 367,71 N). Dada la longitud total de la varilla (750 mm) y su diámetro reducido (8 mm), el modo de falla crítico no es la fluencia del material sino el **pandeo**. La verificación, en consecuencia, se realiza mediante un análisis de pandeo según Euler sobre el modelo tridimensional de la varilla, ejecutado en SolidWorks Simulation.

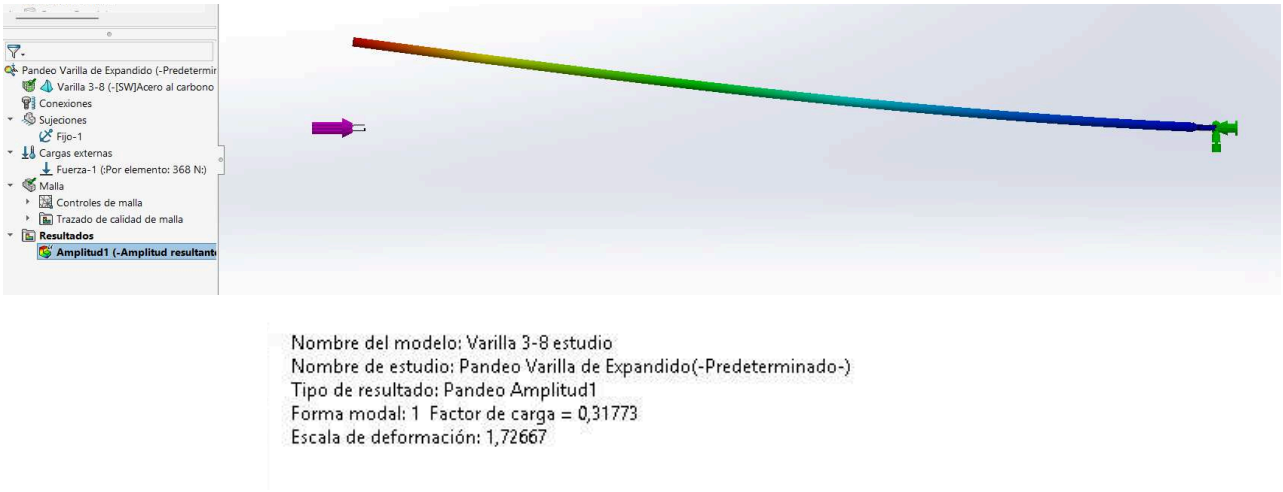
El procedimiento adoptado consiste en evaluar el factor de carga de pandeo (BLF, Buckling Load Factor) sobre la varilla aislada, considerando dos escenarios geométricos; sin sistema antipandeo (longitud libre L = 750 mm) y con sistema antipandeo (longitud libre máxima entre placas L = 150 mm), y dos condiciones de borde; empotrado-libre, que constituye el peor caso, y biarticulada, que representa una condición realista cuando la varilla está guiada por las placas y con la punta ya ingresada al tubo. La carga aplicada en todos los casos es la fuerza por varilla de 367,71 N. La carga crítica de pandeo se obtiene como Pcr = BLF * Faplicada, y la condición de no pandeo se cumple cuando BLF > 1.

Los resultados obtenidos se sintetizan en la siguiente tabla:

[TABLA 4-1: Resultados verificación por pandeo]

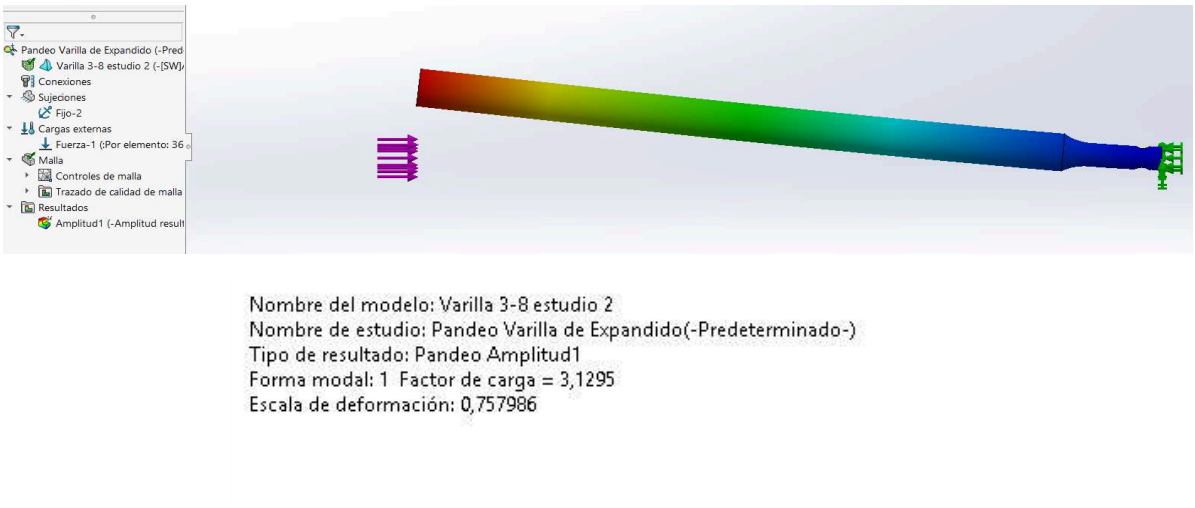
Caso	L libre [mm]	Condición de borde	BLF	Resultado
Sin placas, peor caso	750	Empotrado-libre	0,32	Pandea (BLF < 1)
Sin placas, condición realista	750	Biarticulado	3,00	No pandea (FS = 3,0)
Con placas, peor caso	150	Empotrado-libre	3,13	No pandea (FS = 3,1)
Con placas, condición realista	150	Biarticulado	61,45	No pandea (FS = 61)

A continuación se muestran los resultados de los ensayos de las simulaciones:

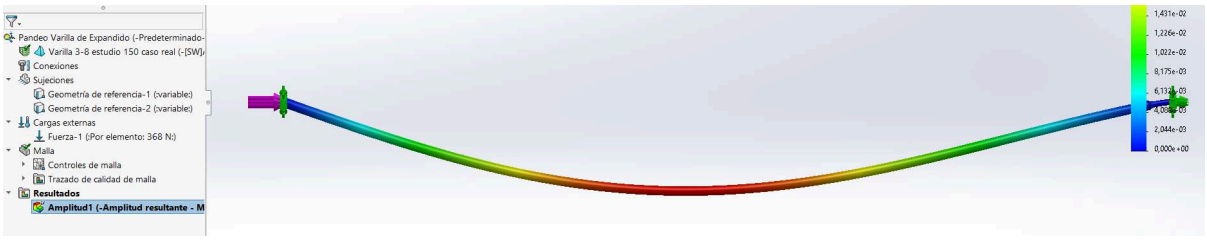


[FIGURA 4-1: Modos de pandeo de la varilla 750mm empotrado libre]

El valor de Factor de carga es el interés en los resultados, ya que ese valor representa el BLF. Si el factor de carga está entre 0 y 1, significa que la varilla pandea. Por encima de 1 la varilla no pandea y a medida que aumenta ese valor, mayor será el factor de seguridad.

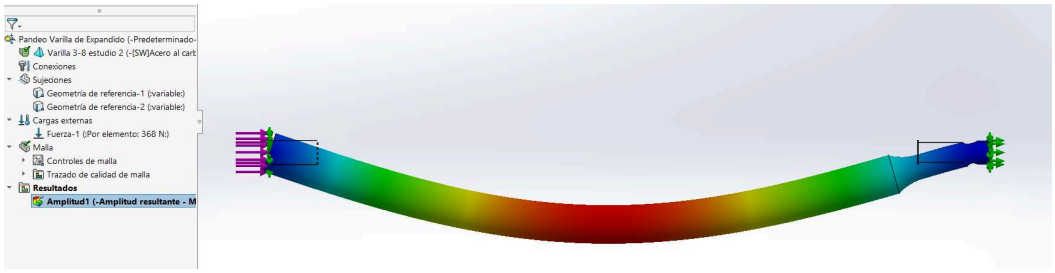


[FIGURA 4-2: Modos de pandeo de la varilla 150mm empotrado libre]



Nombre del modelo: Varilla 3-8 estudio 750 caso real
Nombre de estudio: Pandeo Varilla de Expandido(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Pandeo Amplitud1
Forma modal: 1 Factor de carga = 2,9967
Escala de deformación: 3,66951

[FIGURA 4-3: Modos de pandeo de la varilla 750mm biarticulada]



Nombre del modelo: Varilla 3-8 estudio 150 caso real
Nombre de estudio: Pandeo Varilla de Expandido(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Pandeo Amplitud1
Forma modal: 1 Factor de carga = 61,45
Escala de deformación: 1,66092

[FIGURA 4-4: Modos de pandeo de la varilla 150mm biarticulada]

Vemos que en el caso biarticulado que mejor representa al funcionamiento real, en ambos casos, 150mm y 750mm, **se verifica el pandeo**. También se puede ver que a pesar de que no se produzca el pandeo, las placas favorecen a la estabilidad del conjunto y a su vez cumplen la doble función no sólo de evitar un posible pandeo sino también de guiar a las varillas y mantenerlas dirigidas hacia los tubos.

4.4. Cabezal de inducción

El cabezal de inducción y la fuente de potencia asociada constituyen un componente comercial cuya selección se realiza en consulta con el proveedor sobre la base de la

geometría de la junta a soldar, el material del tubo y del codo, y el tiempo de ciclo deseado por unión. Para el dimensionamiento preliminar se utilizó la calculadora de potencia provista por el fabricante UltraFlex Power Technologies [3], que entrega un primer orden de magnitud para iniciar el intercambio técnico definitivo.

Se definen los siguientes datos de entrada:

- Øext = 9.525mm
- Longitud de carga a calentar = 10mm
- Tubo hueco
- Espesor = 0.5mm
- Objetivo de calentamiento: Parcial
- Material: Cobre
- Geometría del cabezal: En C abierta
- T° inicial de la unión: 20°C
- T° objetivo: 700°C
- T° ambiente: 20°C
- Tiempo de calentamiento: 3 segundos

A partir de los datos de la junta codo-tubo de cobre considerada en el proyecto, la calculadora arroja una potencia requerida del orden de los 2 kW por cabezal. Sobre esta base se adopta como referencia el equipo **UltraFlex UltraHeat SM-2A**, perteneciente a la serie S-Air de fuentes de potencia refrigeradas por aire, cuyas características generales son:

- Potencia nominal: 2 kW.
- Rango de frecuencia: 20 a 100 kHz.
- Refrigeración: por aire forzado (no requiere circuito de agua externo).

Se prevé la instalación de dos equipos UltraHeat SM-2A, uno por cada cabezal de soldadura, alimentando los cabezales con sus respectivas bobinas adaptadas a la geometría de la junta. La especificación final del equipo, incluyendo la geometría exacta de la bobina, las conexiones de alimentación y las señales de comando hacia el sistema de automatización, se define en consulta con el proveedor, quien asume la responsabilidad técnica del diseño interno del cabezal y de la fuente.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

A partir del relevamiento del proceso productivo en la empresa Frecon S.R.L., el análisis de las tecnologías disponibles y el desarrollo del diseño mecánico de detalle, se obtienen las conclusiones que se presentan a continuación.

Sobre el diagnóstico del proceso actual: se confirmó que los procesos manuales actuales de expandido de tubos y soldadura de codos en la fabricación de intercambiadores de calor aleta-tubo presentan limitaciones concretas en tiempo de ciclo, repetibilidad de la calidad, ergonomía y dependencia de mano de obra calificada, características que pueden tomarse como representativas del estándar de las pequeñas y medianas empresas metalúrgicas del rubro a nivel nacional. Estas limitaciones justifican técnica y productivamente el desarrollo de una solución automatizada que las integre.

Sobre la solución propuesta: Se diseñó una máquina que integra ambos procesos, apertura, expandido y soldadura de los codos, en una **única estación de trabajo**, organizada en los conjuntos Bastidor Fijo, Transferencia, Bastidor Móvil, con los subconjuntos de Apertura y de Soldadura, y Expandido. Esta integración constituye una de las fortalezas distintivas del diseño, dado que reduce de manera significativa el espacio ocupado en planta y elimina los tiempos muertos asociados al traslado del equipo entre estaciones físicamente separadas.

Sobre la adaptabilidad del diseño: El diseño desarrollado permite procesar nueve variantes distintas de intercambiador (tres longitudes de aletado de 270, 400 y 600 mm combinadas con tres matrices de tubos de 3x8, 3x10 y 3x12) con un único conjunto mecánico, mediante las regulaciones manuales de longitud y el sistema de sufrideras del Conjunto Expandido. Esta característica responde plenamente al propósito de adaptabilidad del proyecto y otorga al equipo una flexibilidad productiva relevante.

Sobre las verificaciones mecánicas: Los componentes críticos fueron dimensionados y verificados según las metodologías estándar. Los cilindros neumáticos FESTO

seleccionados proporcionan la fuerza axial requerida con factores de sobredimensionado adecuados. Los husillos de bolas HIWIN, agrupados en dos modelos según los requerimientos de cada eje, verifican simultáneamente factor de seguridad estático, vida nominal a fatiga, pandeo de Euler y velocidad crítica. La verificación por elementos finitos del sistema antipandeo de las varillas de expansión demostró que las placas telescópicas son necesarias y suficientes para evitar el pandeo bajo la carga de trabajo, con un factor de seguridad mínimo de 3,1 en la condición más desfavorable.

Sobre la viabilidad temporal: La estimación preliminar del tiempo de ciclo de la máquina propuesta, considerando la secuencia integrada de carga, apertura, expandido, presentación de codos, soldadura y descarga, resulta del orden de 4 a 5 minutos por equipo, frente a los aproximadamente 20 minutos del proceso manual actual. Esta reducción del orden del 75 % supera ampliamente el objetivo planteado de reducción superior al 50 %, validando la viabilidad técnica del diseño respecto del propósito principal del proyecto.

Sobre los proveedores y los componentes: Se identificaron y consultaron proveedores de los componentes comerciales principales FESTO para neumática, HIWIN para husillos de bolas, Bosch Rexroth para servomotores y UltraFlex Power Technologies para los cabezales de inducción, lo que aporta un marco realista para la futura ejecución del proyecto y permite la trazabilidad de cada selección hasta un fabricante con presencia comercial accesible.

En conclusión, este trabajo deja planteada una estructura general, el modelo tridimensional, conjunto de planos por subconjunto y memoria de cálculo que constituye una base sólida sobre la que podría avanzarse hacia las etapas posteriores de fabricación y validación industrial.

Recomendaciones

Como recomendaciones para la expansión del proyecto y mejora del mismo, como para una posible puesta en el mercado, se plantean las siguientes recomendaciones:

- **Extender la máquina a otras familias de productos** considerando otros diámetros de tubo, otras longitudes de aletado u otras matrices de tubos, mediante adaptaciones de balas, sufrideras y regulaciones, ampliando el alcance del equipo a un mayor número de configuraciones del producto.
- **Incorporar inteligencia artificial en los cabezales de soldadura**, mediante cámaras integradas que permitan la detección automática de las posiciones de los codos y la adaptación del ciclo frente a variaciones geométricas o frente a circuitos diferentes a los previstos, lo que extendería significativamente la versatilidad de la máquina.
- **Incorporar componentes adicionales de seguridad**, en particular barreras láser sobre las aberturas de carga y descarga, sensores de presencia, redundancias en los paros de emergencia y demás elementos previstos por las normas de seguridad de máquinas industriales aplicables.
- **Desarrollar el plan de mantenimiento detallado** y el stock de consumibles asociados al funcionamiento continuo de la máquina, en particular las balas de apertura y expansión y las varillas, sometidas a desgaste por fricción contra el cobre del tubo durante la operación.

Bibliografía

[1] FESTO - Cilindros neumáticos - https://www.festo.com/ar/es/c/productos/actuadores/cilindros-neumaticos-id_pim135/

[2] MS2N - BOSCH REXROTH - Servomotores MS2N - https://store.boschrexroth.com/en/us/ms2n-performance?srsltid=AfmBOopENSxXgimmsOS8UswHrYj2GeRmYjytc2M5F1TNXyyoPV0EIgw7

[3] Calculadora UltraFlex - Power Technologies -https://ultraflexpower.com/learn-about-induction-heating/induction-heating-calculation-tool/

[4] HIWIN Technology Corp. Catálogos de guías lineales, husillos de bolas y demás. www.hiwin.de

[5] Tubos Argentinos S.A. Catálogo de Tubos Estructurales.

[6] *Hibbeler, R. C. Mecánica de Materiales*.

[7] *Pisarenko*, Manual de Resistencia de Materiales.

[8] *Coil design and fabrication: basic design and modifications Induction* by STANLEY ZINN and S. L. SEMIATIN.

[9] *Advances in induction brazing of copper and dissimilar metals: Challenges and emerging trends*. Paper de soldadura por medio de brazing de Eyuel A. Lemma, Joao M.S. Dias, Antonio Bastos, Bernardo Mascate, Ana Horovistiz.

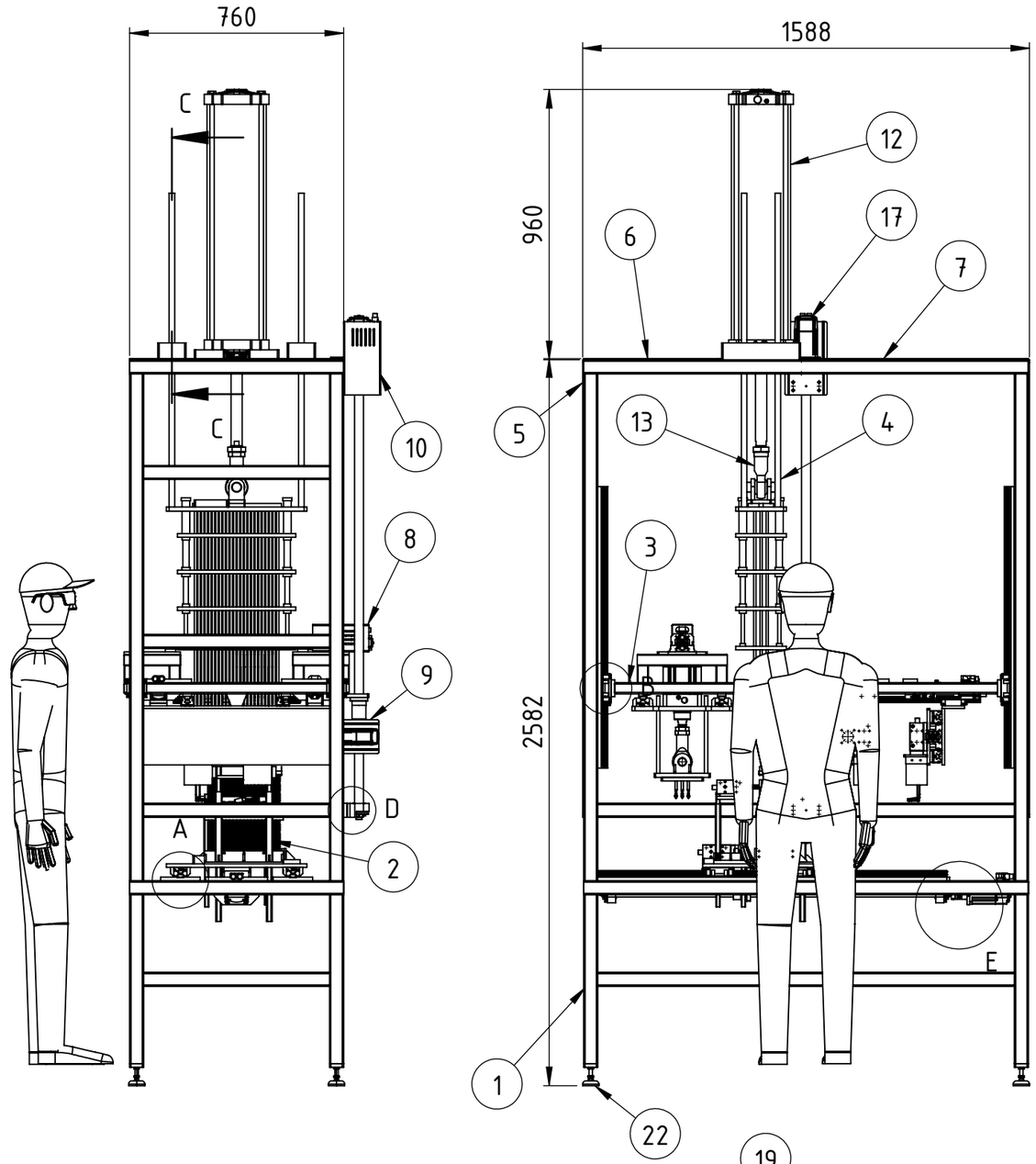
[10] *Handbook of Induction Heating* - Rudnev, Loveless, L. Cook.

[11] Frecon S.R.L.. https://frecon.com.ar/

[12] RETA Machines - Fabricante de máquinas para intercambiadores de calor https://www.retamachine.com/

Anexo A: Memoria de cálculo

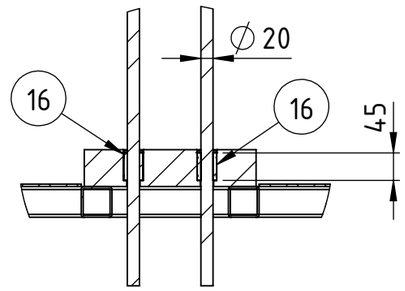
Se adjunta un documento de la memoria de cálculo junto a este informe.



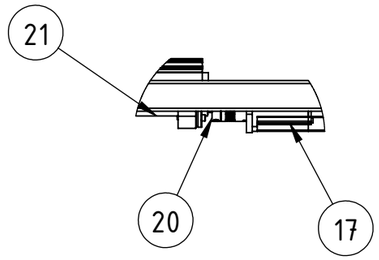
DETALLE A
ESCALA 1 : 10

DETALLE B
ESCALA 1 : 10

DETALLE D
ESCALA 1 : 10



DETALLE CORTE C-C
ESCALA 1 : 10



DETALLE E
ESCALA 1 : 10

POS	DENOMINACIÓN	Material	CANT.	CÓDIGO
22	PATA REGULABLE Ø58 x M12	COMERCIAL	4	3842511893
21	TORNILLO DE BOLAS R32 - 1280	COMERCIAL	1	R32-05K6-FSCDIN-1158-1280
20	ACOPLE FLEXIBLE Ø14	COMERCIAL	2	BK2 15-59-14-14
19	TORNILLO DE BOLAS R32 - 1600	COMERCIAL	1	R32-05K6-FSCDIN-1478-1600
18	SOPORTE TORNILLO DE BOLAS	COMERCIAL	4	SFA20
17	SERVOMOTOR BOSCH REXROTH	COMERCIAL	2	MS2N04
16	RODAMIENTO LINEAL Ø20	COMERCIAL	4	NSKB20UU
15	GUÍA LINEAL 25 X 1000	COMERCIAL	4	RGR25R1000H
14	PATÍN LINEAL 25	COMERCIAL	4	QRW25CCZAH
13	CABEZA DE RÓTULA M36 X 2	COMERCIAL	1	SGS-M36x2
12	CILINDRO NEUMÁTICO 200 X 750	COMERCIAL	1	DSBG-200-750-PPV-N3
11	GUÍA LINEAL 25 X 1240	COMERCIAL	2	RGR25R1240H
10	PROTECCIÓN MOTOR BASTIDOR MÓVIL	SAE 1010	1	ES1-5006
9	PROTECCIÓN MOTOR SOLDADURA	SAE 1010	2	ES1-5005
8	PROTECCIÓN MOTOR APERTURA	SAE 1010	1	ES1-5004
7	VENTANA TECHO 2	POLICARBONATO	1	ES1-5003
6	VENTANA TECHO 1	POLICARBONATO	1	ES1-5002
5	VENTANA LATERAL	POLICARBONATO	2	ES1-5001
4	CONJUNTO EXPANDIDO	-	1	ES1-4000
3	CONJUNTO BASTIDOR MÓVIL	-	1	ES1-3000
2	CONJUNTO TRANSFERENCIA	-	1	ES1-2000
1	CONJUNTO BASTIDOR	-	1	ES1-1000

DENOMINACION: CONJUNTO GENERAL | CANTIDAD: 1 | PESO: 583.81 KG

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

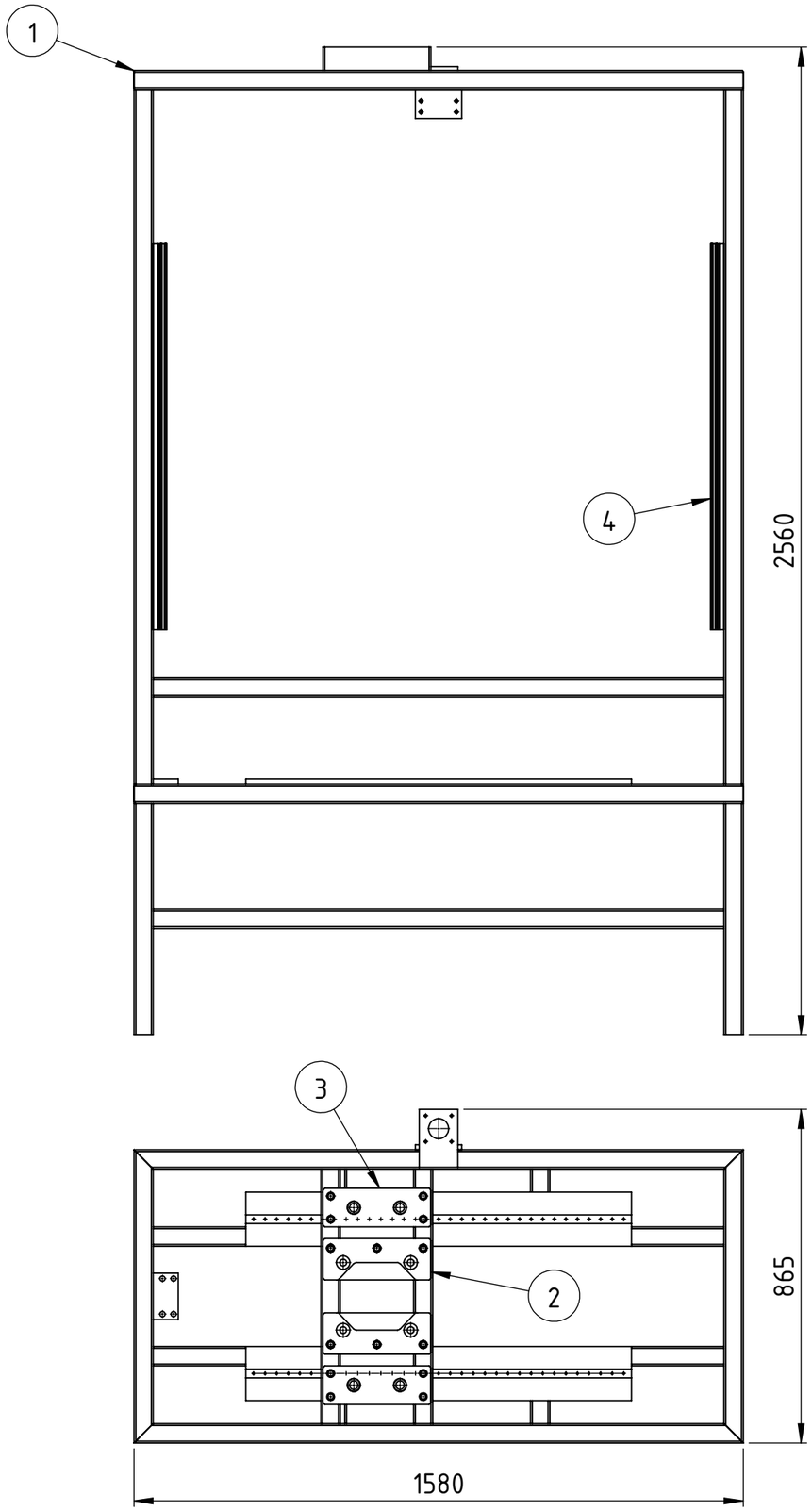
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

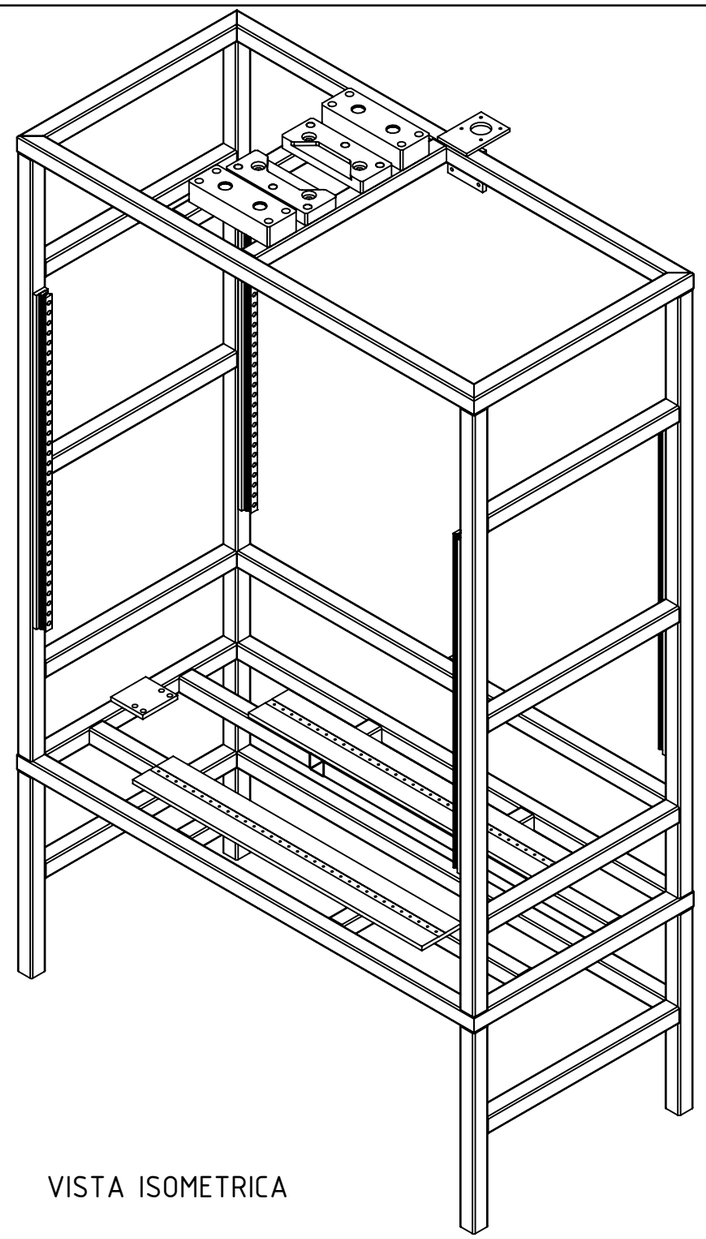
TITULO
EXPANSORA + SOLDADORA DE CAÑOS
CONJUNTO GENERAL

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	MAXIMILIANO P.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL 1:20

ES1-0000





VISTA ISOMETRICA

POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
4	GUIA LINEAL HIWIN 1000mm	COMERCIAL	4	RGR25R1000H
3	CAJA RODAMIENTOS LINEALES	SAE1010	2	ES1-1002
2	BASE CILINDRO EXPANSION	SAE 1010	2	ES1-1002
1	BASTIDOR FIJO	SAE 1010	1	ES1-1001

PESO 232.7 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

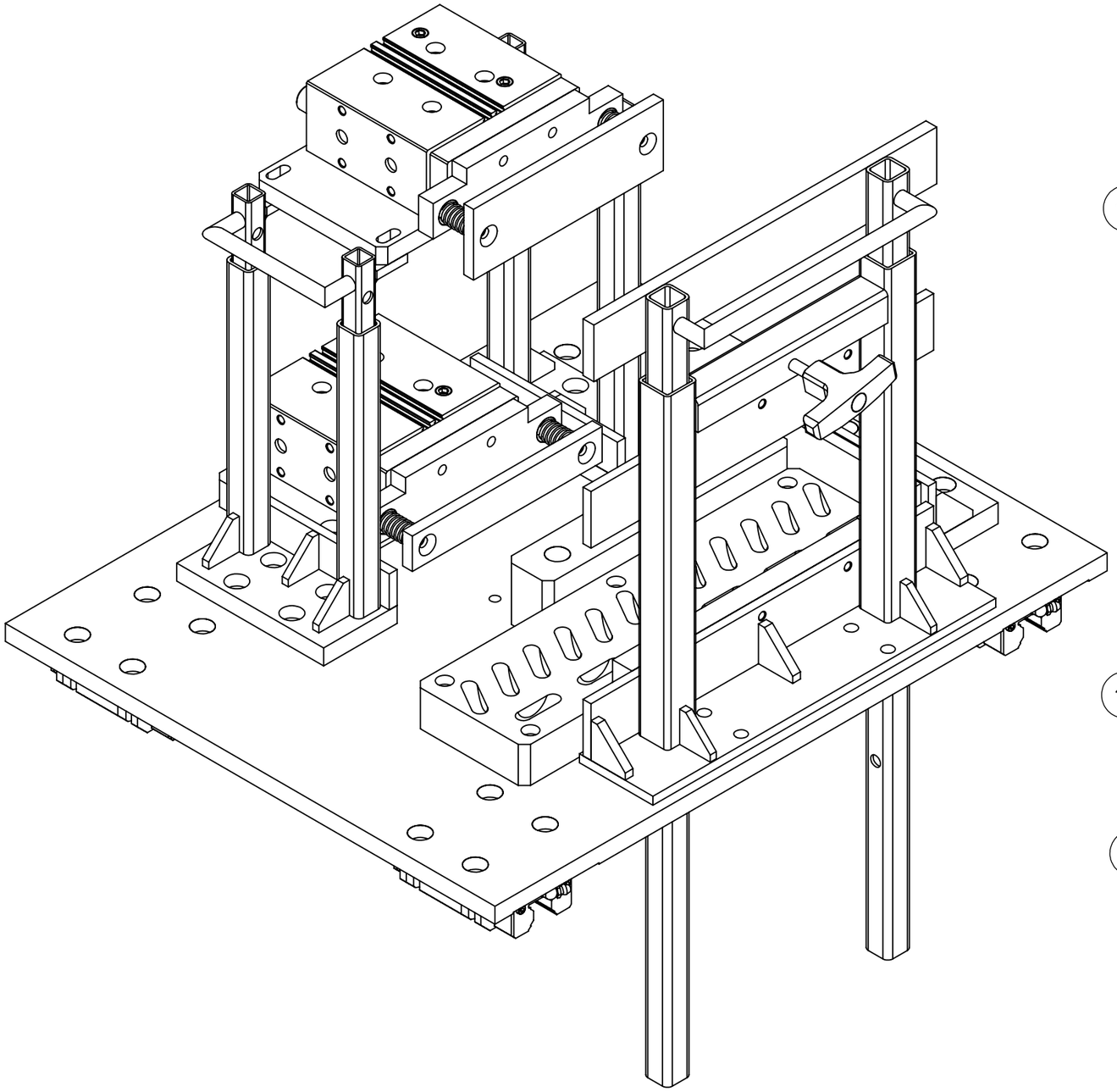
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Conjunto Bastidor
Conjunto General

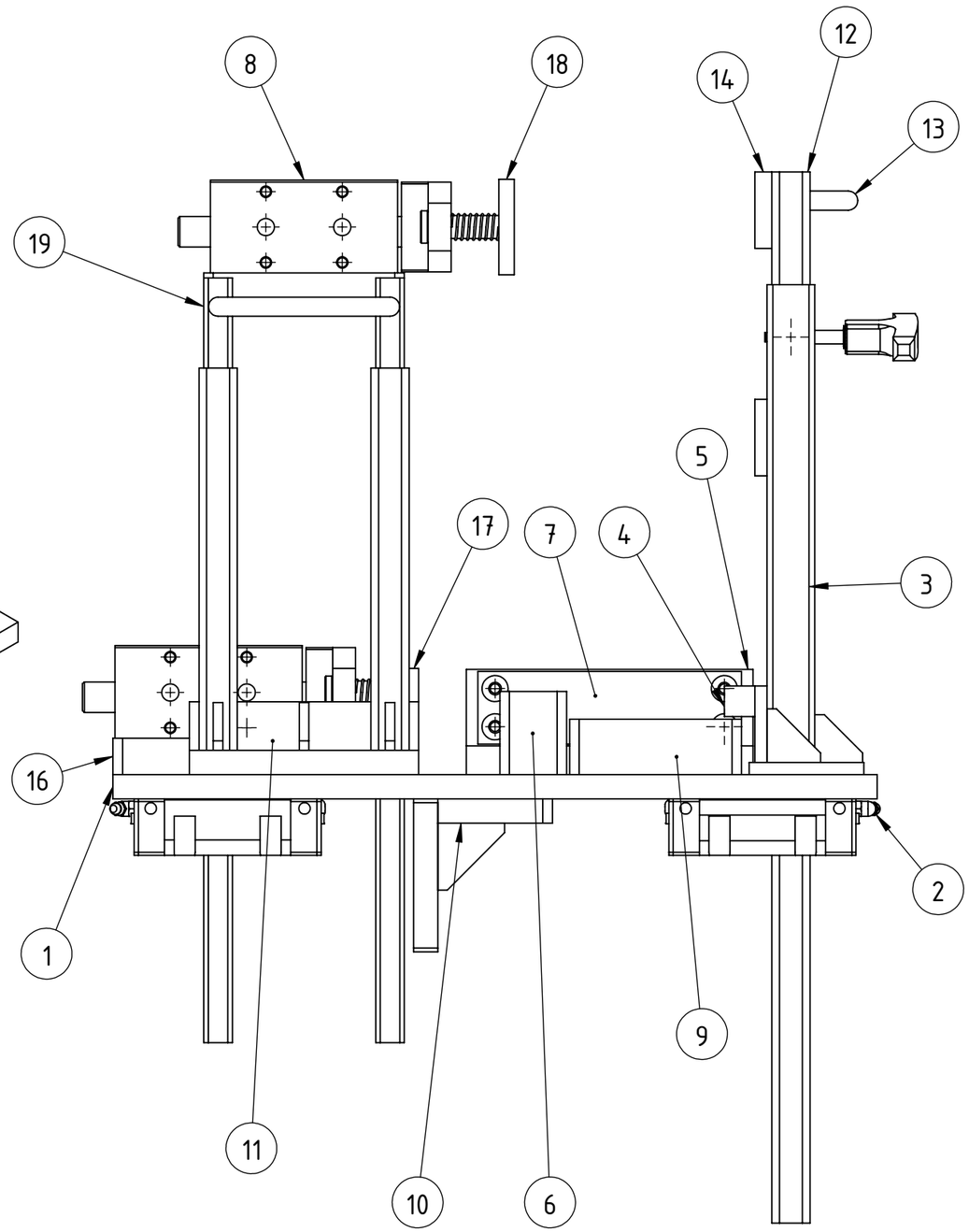
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:15

ES1-1000



VISTA ISOMETRICA



PESO 40.35 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Conjunto transferencia
Conjunto General

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL
1:3

ES1-2000

HOJA 1 de 2

N.º	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
19	SOPORTE REGULABLE		1	
18	APOYO SUJECIÓN CILINDRO MOVIL	GRILON	1	ES1-2014
17	APOYO SUJECIÓN CILINDRO	GRILON	1	ES1-2008
16	PLACA CILINDRO SUJECIÓN	SAE 1010	1	ES1-2017
14	APOYO REGULABLE	SAE 1010	1	ES1-2015
13	MANIJA	SAE 1010	1	-
12	TUBO 20X20X550	SAE 1010	2	-
11	APOYO TRANSFERENCIA	SAE 1010	2	ES1-2011
10	PATIN HIWIN	COMERCIAL	4	QRW25CCZ AH
9	SUJECION POSTERIOR		1	
8	APOYO SUJECIÓN POSTERIOR	GRILON	1	ES1-2003
7	SUJECIÓN LATERAL FIJA	SAE 1010	1	ES1-2004
6	APOYO INFERIOR	GRILON	1	ES1-2005
5	APOYO SUJECIÓN LATERAL	GRILON	1	ES1-2006
4	CONJUNTO CILINDRO SUJECIÓN	-	2	ES1-2100
3	APOYO CODOS INFERIOR	GRILON	1	ES1-2009
2	ACOPLE TORNILLO DE BOLAS	SAE 1010	1	ES1-2010
1	PLACA PATINES	SAE 1010	1	ES1-2001

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Conjunto transferencia
Conjunto General

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL
1:3

ES1-2000

HOJA 2 de 2

POS	NOMBRE DEL ARCHIVO SW(FILE TITLE)	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
23	TUERCA HEX ISO 4032 M4	COMERCIAL	12	COMERCIAL
22	ARANDELA GROWER DIN 6905	COMERCIAL	26	
21	DIN 912 M4 X 20	COMERCIAL	12	
20	DIN 912 M5 X 20	COMERCIAL	18	
19	DIN 912 M6 X 20	COMERCIAL	70	
18	DIN 912 M8 X 35	COMERCIAL	24	
17	DIN 912 M8 X 20	COMERCIAL	2	
16	ACOPLE TORNILLO SOLDADURA	SAE 1010	2	ES1-3206
15	TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTE Ø 15mm P10 X 450MM	COMERCIAL	2	
14	ACOPLE BK2__15_59_8_9__1	COMERCIAL	3	
13	RODAMIENTO CON CAJA MS2N03	COMERCIAL	3	
12	SOPORTE PLACAS TELESCOPICAS	ASTM A36 ACERO	1	
11	CABEZAL	COMERCIAL	1	
10	CABEZAL	COMERCIAL	1	
9	RODAMIENTO CON CAJA SFA10	COMERCIAL	6	
8	TORNILLO DE BOLAS RECIRCULANTE Ø 15mm P10 X 450MM	COMERCIAL	1	
7	CONJUNTO SOLDADURA DERECHO	-	1	ES1-3300
6	CONJUNTO SOLDADURA IZQUIERDO	-	1	ES1-3200
5	RGR20R600H	COMERCIAL	2	
4	RGR25R450H_FILE_1	COMERCIAL	2	
3	QRW25CCZAH	COMERCIAL	2	
2	CONJUNTO APERTURA	-	1	ES1-3100
1	BASTIDOR MÓVIL SOLDADO	ASTM A36 ACERO	1	ES1-3001

PESO 43.32 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

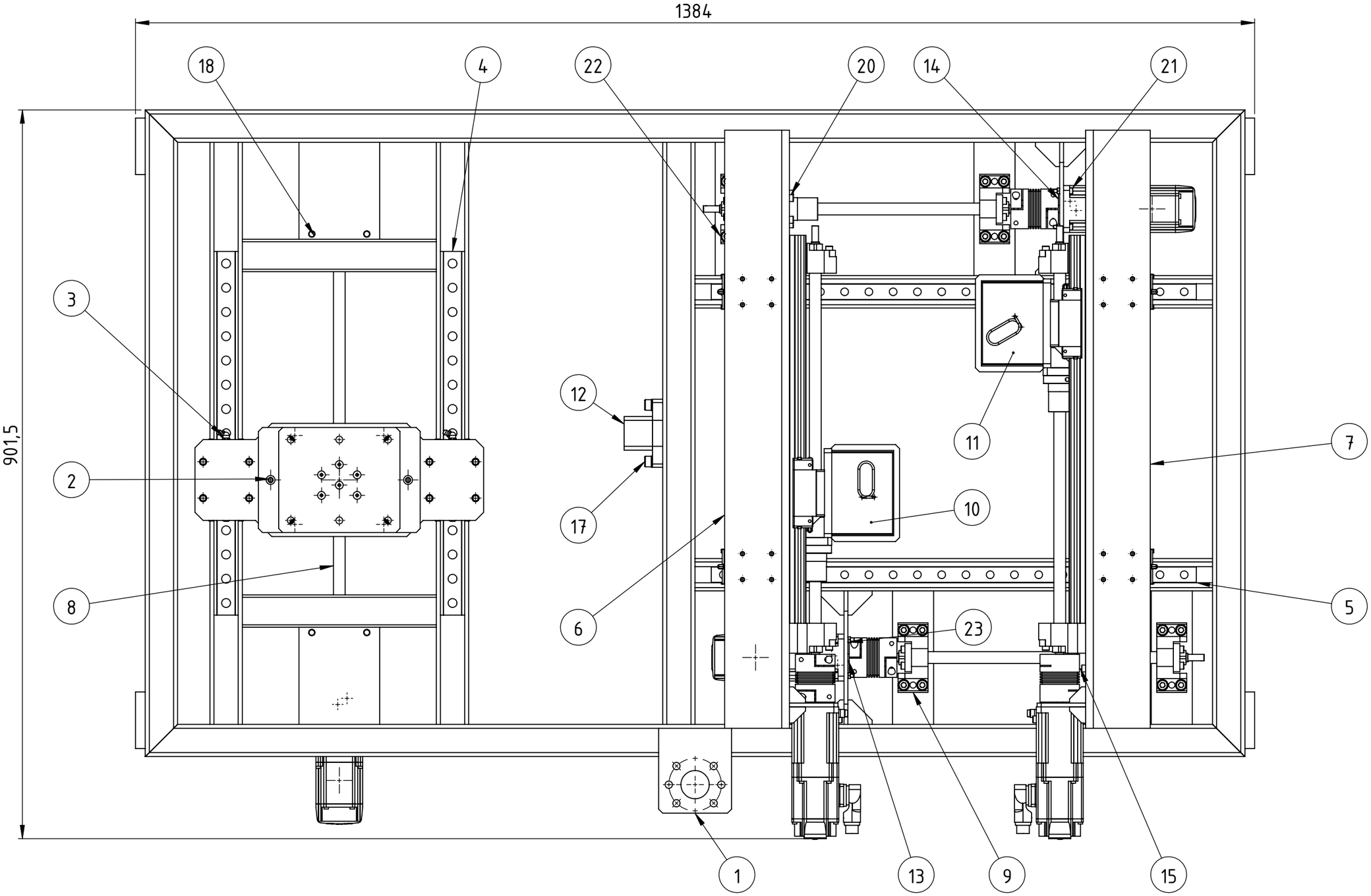
TITULO
Conjunto Bastidor Móvil
Conjunto General

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:5

ES1-3000

HOJA 1 de 3



PESO 42.32 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

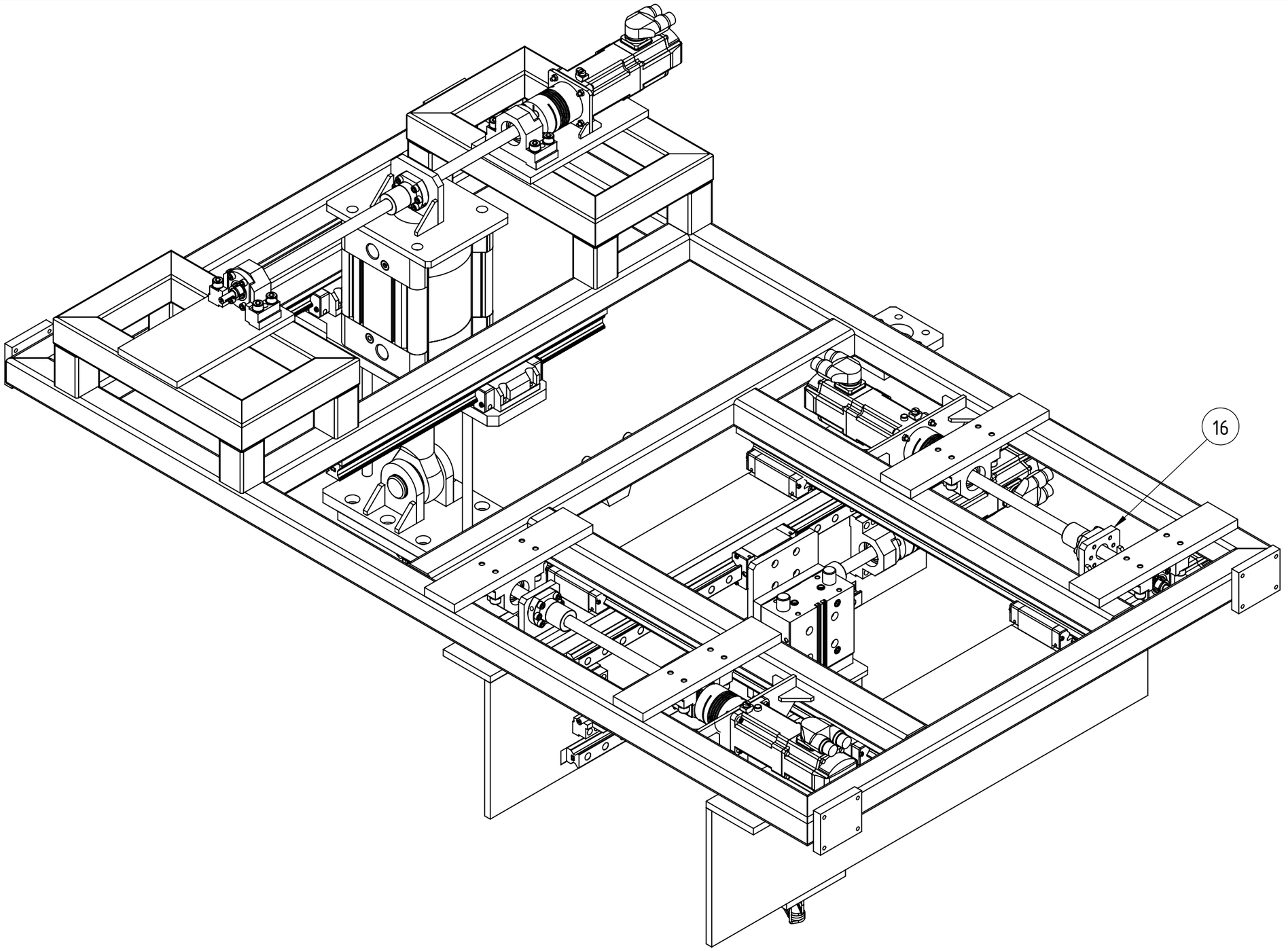
TITULO
Conjunto Bastidor Móvil
Conjunto General

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:5

ES1-3000

HOJA 2 de 3



PESO 43.32 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

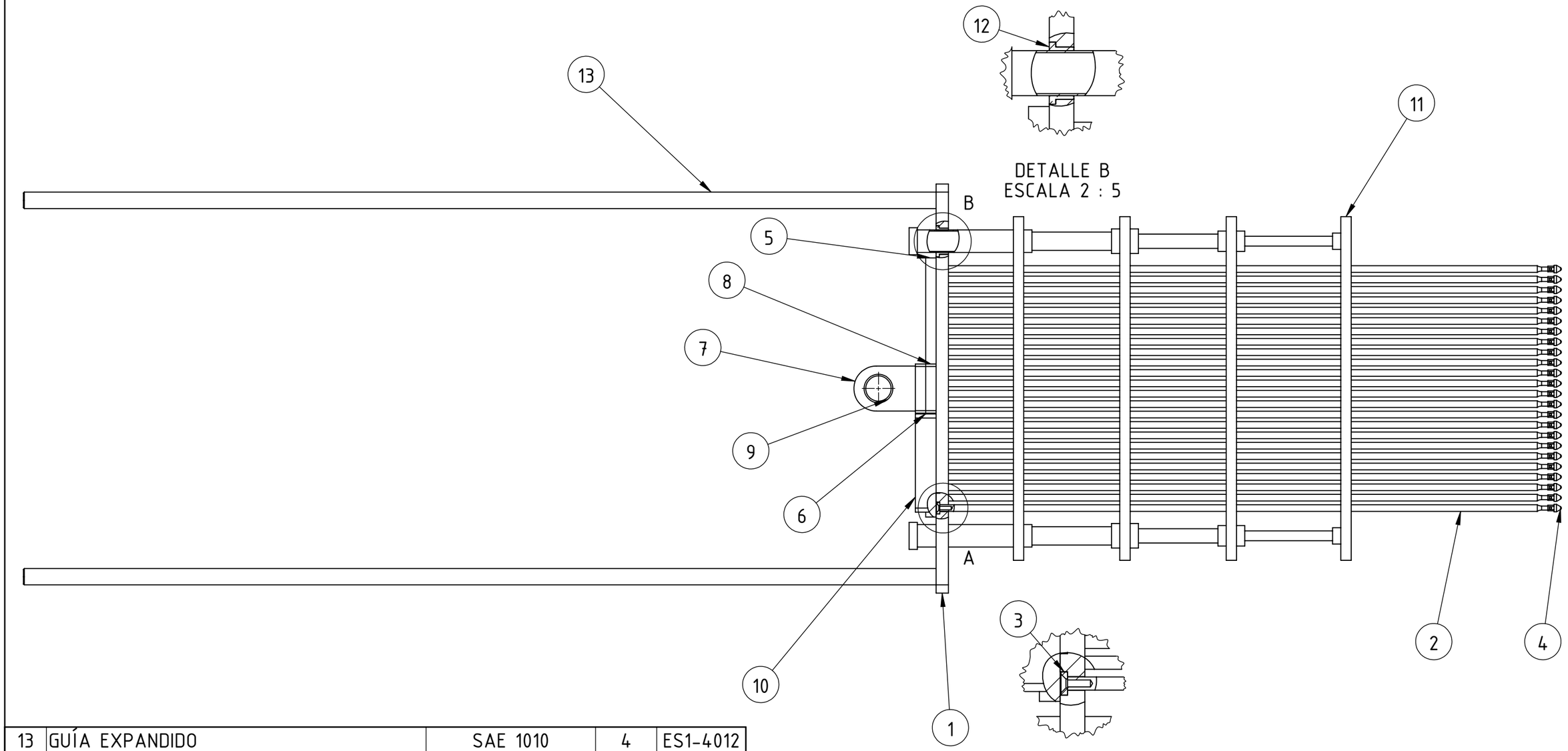
TITULO
Conjunto Bastidor Móvil
Conjunto General

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:5

ES1-3000

HOJA 3 de 3



DETALLE A
ESCALA 2 : 5

POS	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
13	GUÍA EXPANDIDO	SAE 1010	4	ES1-4012
12	BUJE RESALTE PLACA GUÍA	BRONCE SAE 660	4	ES1-4011
11	CONJUNTO PLACA TELESCOPICA	SAE 1010	1	ES1-4100
10	PLACA GUÍA AUXILIAR	SAE 1010	2	ES1-4010
9	PERNO CILINDRO	SAE 1045	1	ES1-4009
8	SUPLEMENTO ACOPLE	SAE 1010	2	ES1-4008
7	PLACA CILINDRO EXPANDIDO	SAE 1010	1	ES1-4007
6	TAPA AUXILIAR	SAE 1010	2	ES1-4006
5	TAPA PRINCIPAL	SAE 1010	1	ES1-4005
4	BALA 3-8	SAE 8620	36	ES1-4004
3	TAPA VARILLA	SAE 1010	36	ES1-4003
2	VARILLA 3-8	SAE 1010	36	ES1-4002
1	PLACA BASE	SAE 1010	1	ES1-4101

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

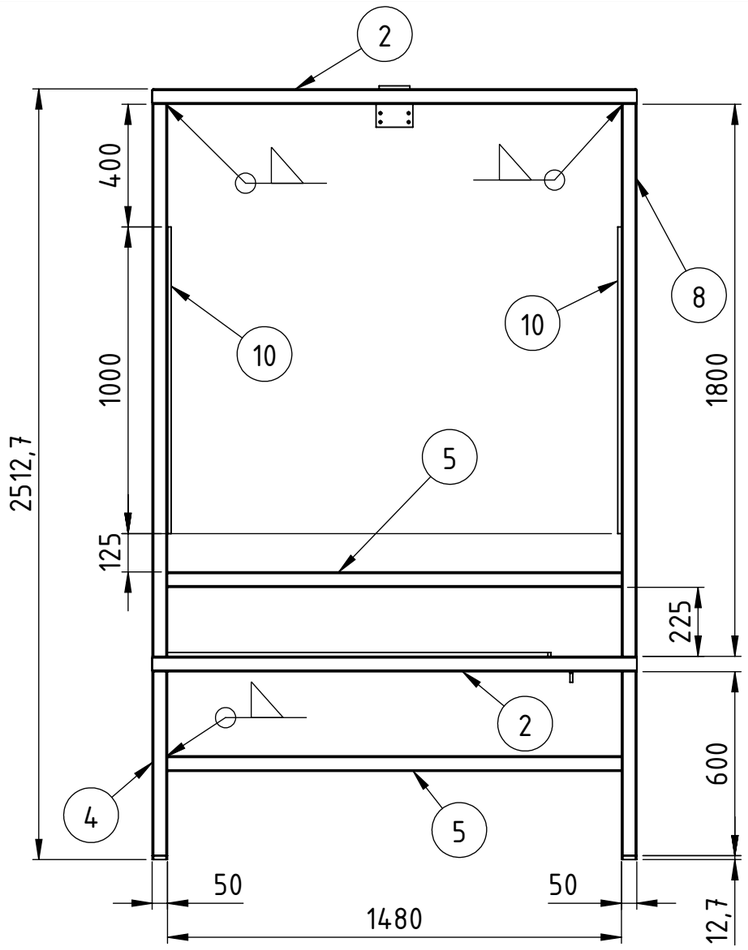
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

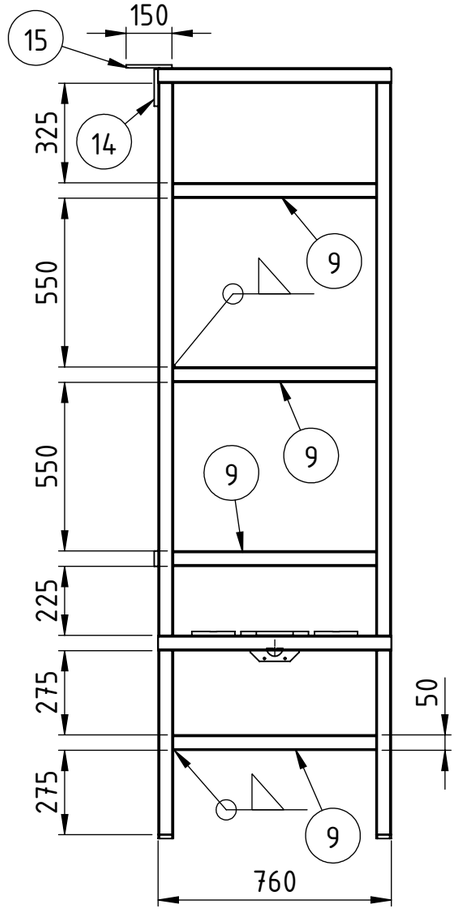
TITULO
Conjunto expandido
Conjunto General

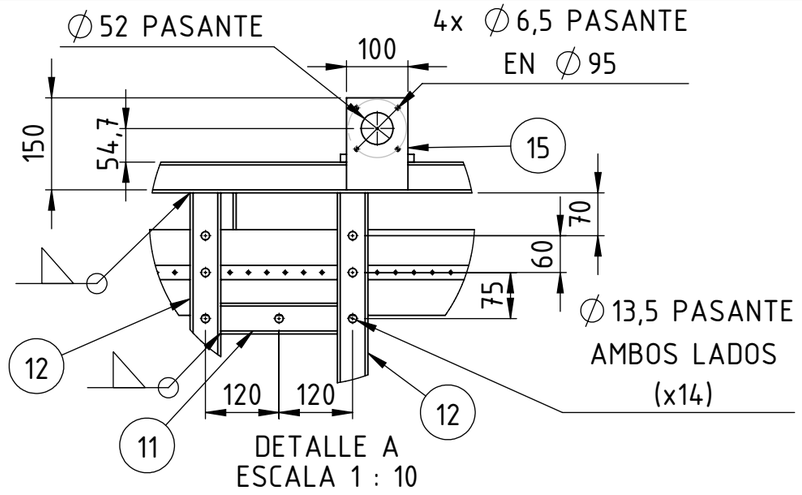
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:5

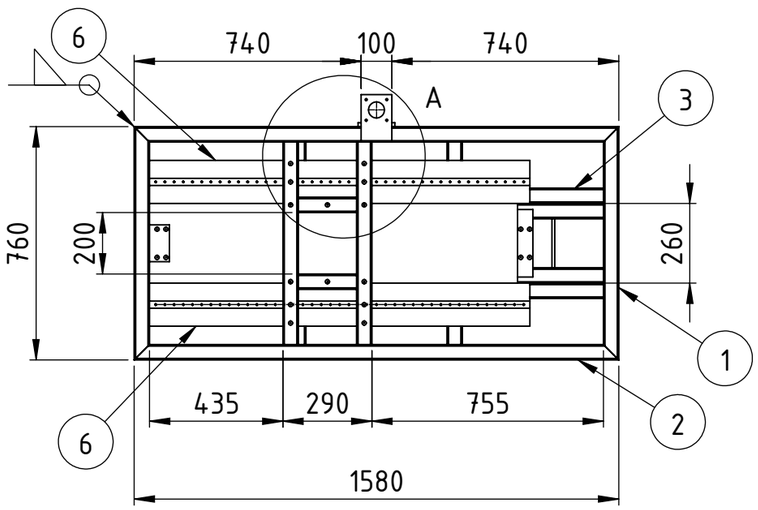
ES1-4000



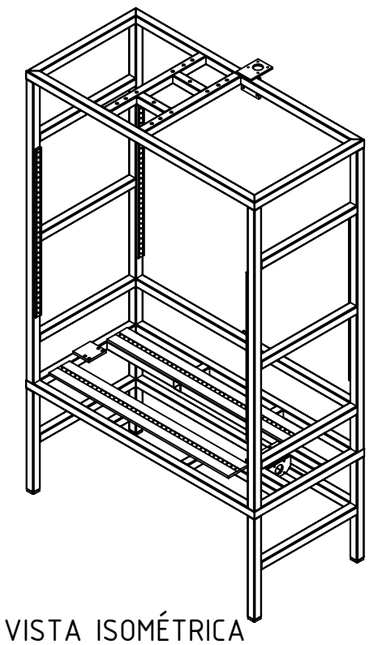




DETALLE A
ESCALA 1 : 10



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:30

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
20	4	PLACA PATAS	
19	1	PLACA MOTOR 2	
18	1	PLACA SOPORTE 4	
17	2	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	280
16	1	PLACA SOPORTE 3	
15	1	PLACA MOTOR 1	
14	1	PLACA SOPORTE 2	
13	1	PLACA SOPORTE 1	
12	2	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	660
11	2	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	190
10	4	PLACA GUÍAS BASTIDOR MÓVIL	
9	8	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	660
8	4	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	1800
7	4	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	200
6	2	PLACA GUÍAS MESA	
5	2	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	1480
4	4	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	600
3	6	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	460
2	4	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	1580
1	4	TUBO ESTR. 50 X 50 X 3,2	760

MATERIAL: SAE 1010	CANT.: 1	PESO: 204.58 KG	HOJA: 1 de 2

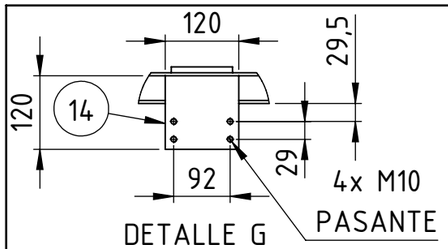
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Bastidor fijo
Conjunto Bastidor

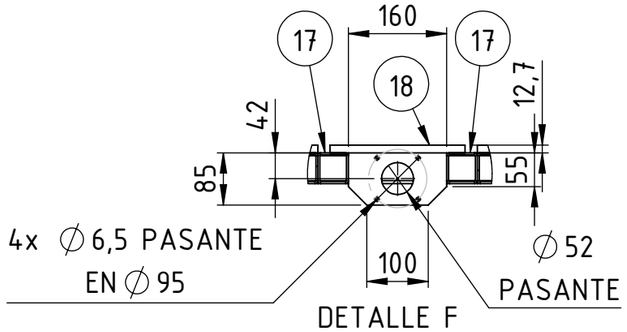
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	MAXIMILIANO P.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL 1:20

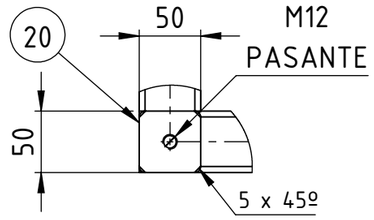
ES1-1001



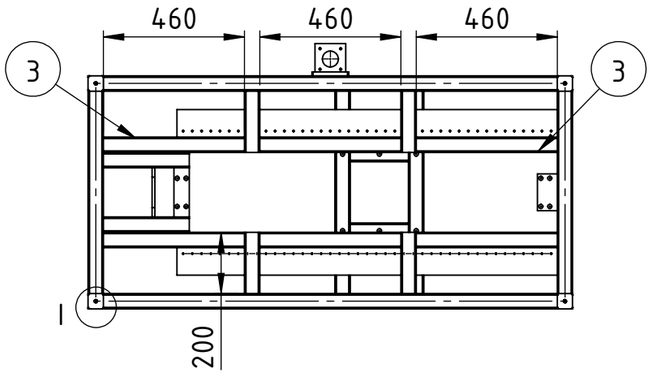
DETALLE G
ESCALA 1 : 10

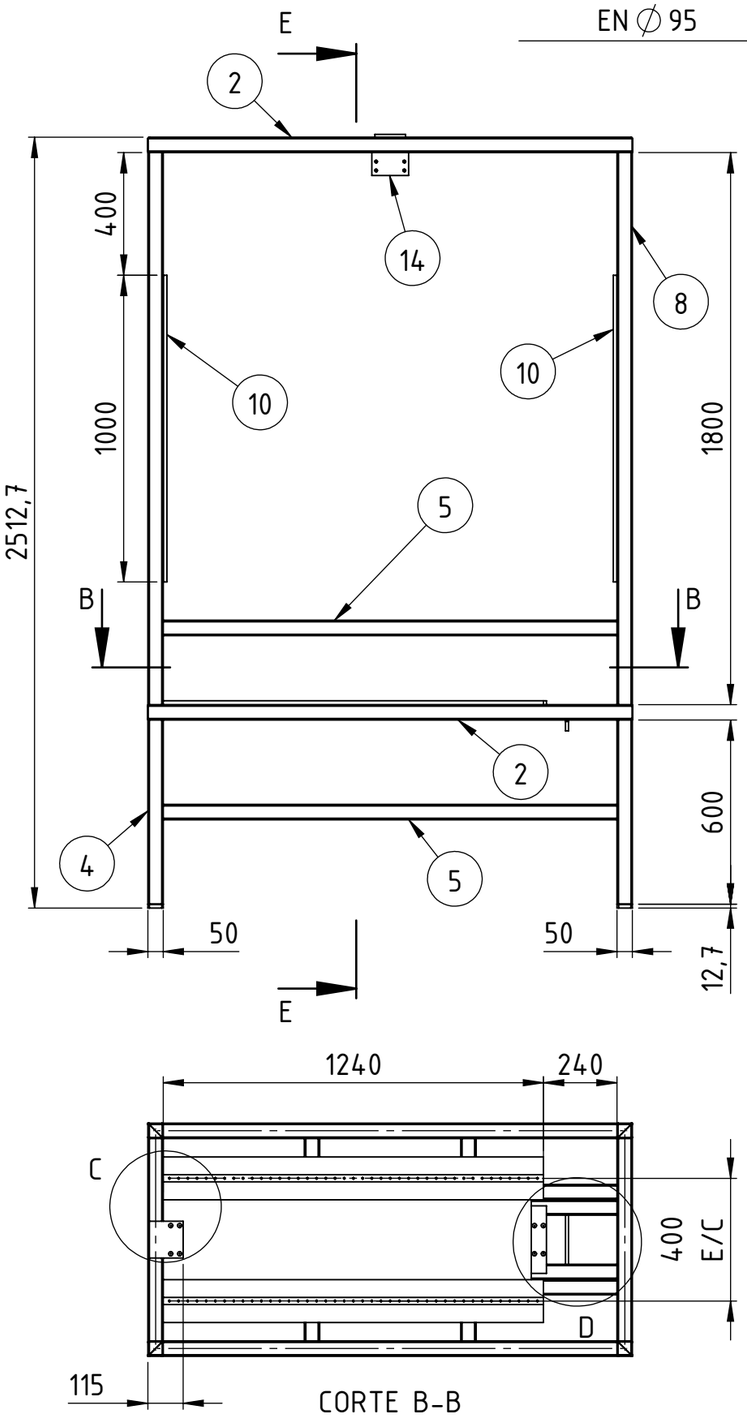


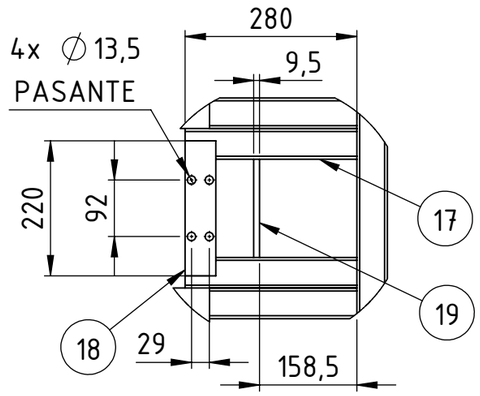
DETALLE F
ESCALA 1 : 10



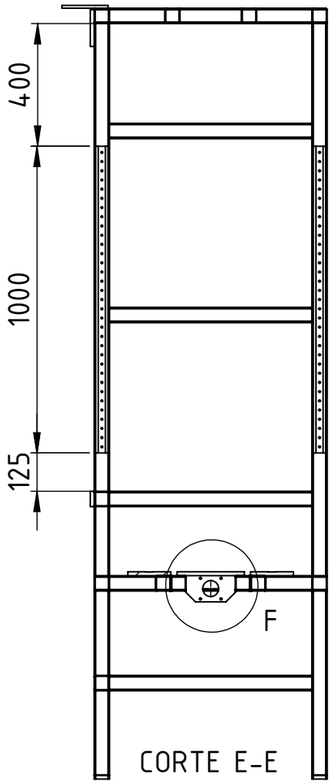
DETALLE I
ESCALA 1 : 5



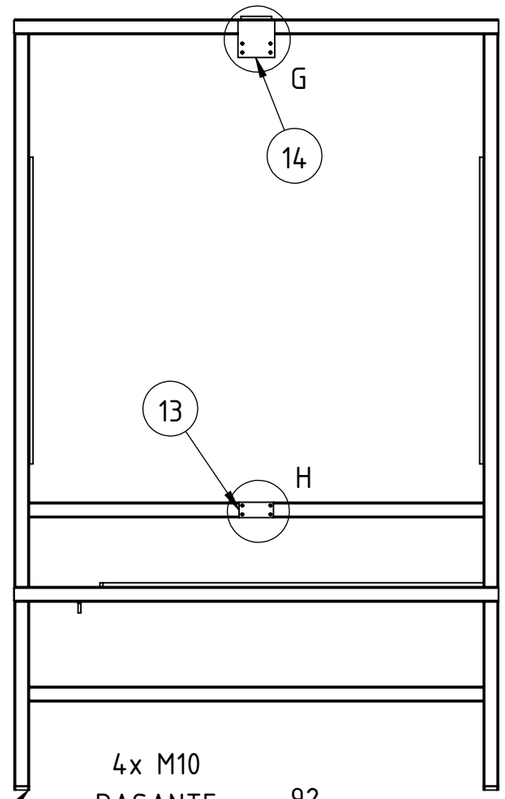


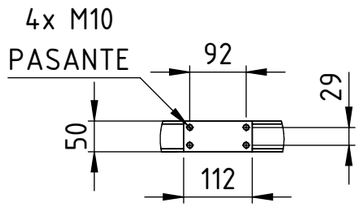


DETALLE D
ESCALA 1 : 10

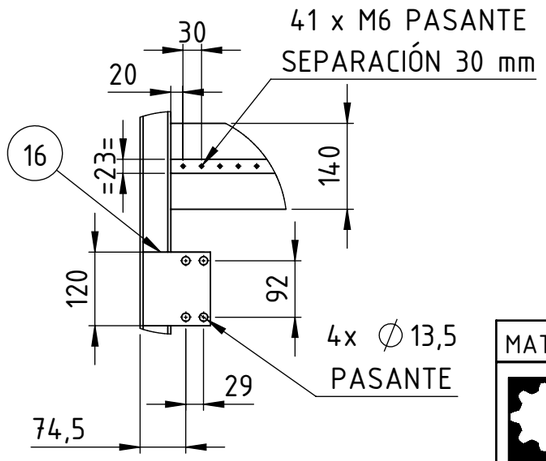


CORTE E-E





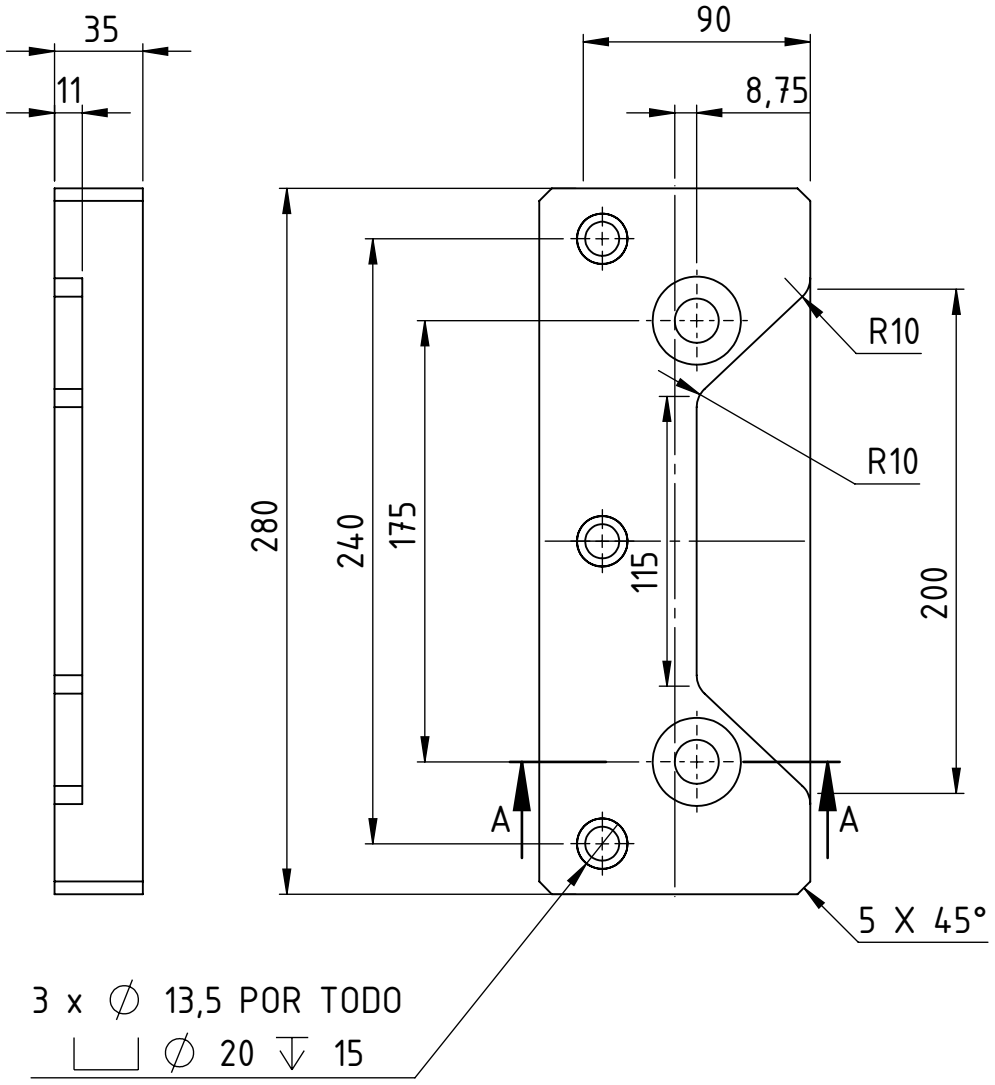
DETALLE H
ESCALA 1 : 10

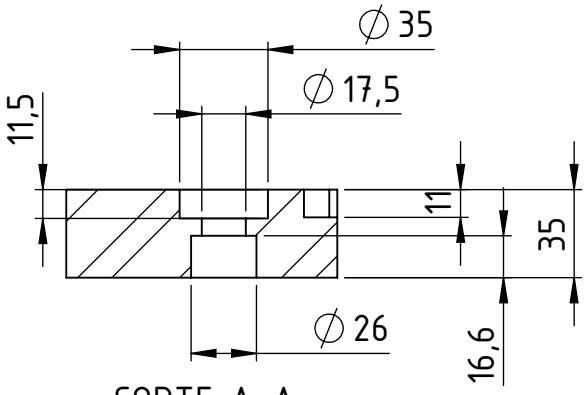


DETALLE C
ESCALA 1 : 10

CORTE B-B

MATERIAL: SAE 1010		CANT.: 1		PESO: 204.58 KG	HOJA: 2 de 2
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO Bastidor fijo Conjunto Bastidor	
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO	ESCALA GENERAL	
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	MAXIMILIANO P.	1:20	ES1-1001
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026		





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Chapa 1 1/2" x 90 x 280	SAE 1010	2	7.15 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

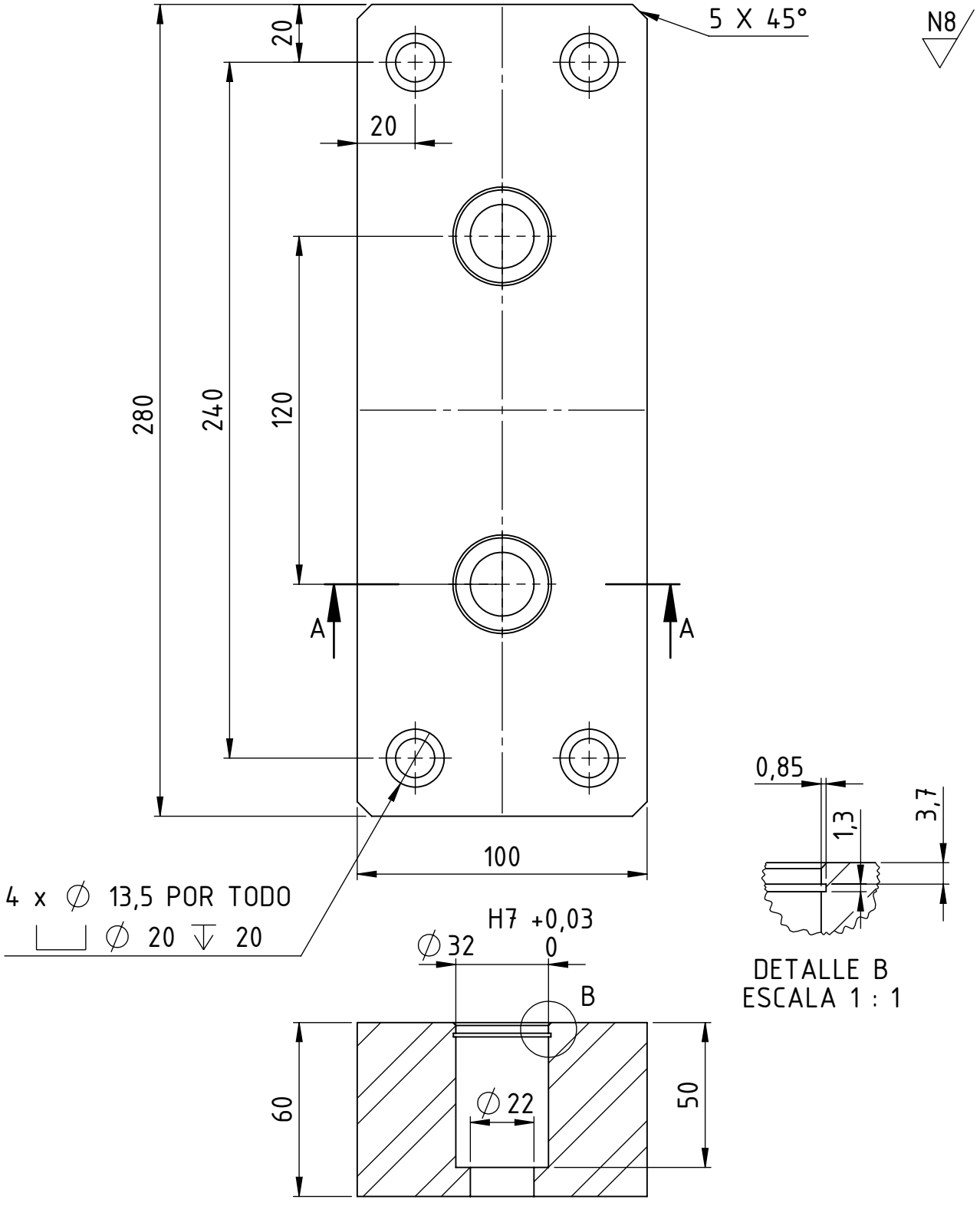
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Base cilindro expansion
Conjunto Bastidor

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL
1:3

ES1-1002



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa 2 1/2" x 100 x 280	SAE1010	2	12.12 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

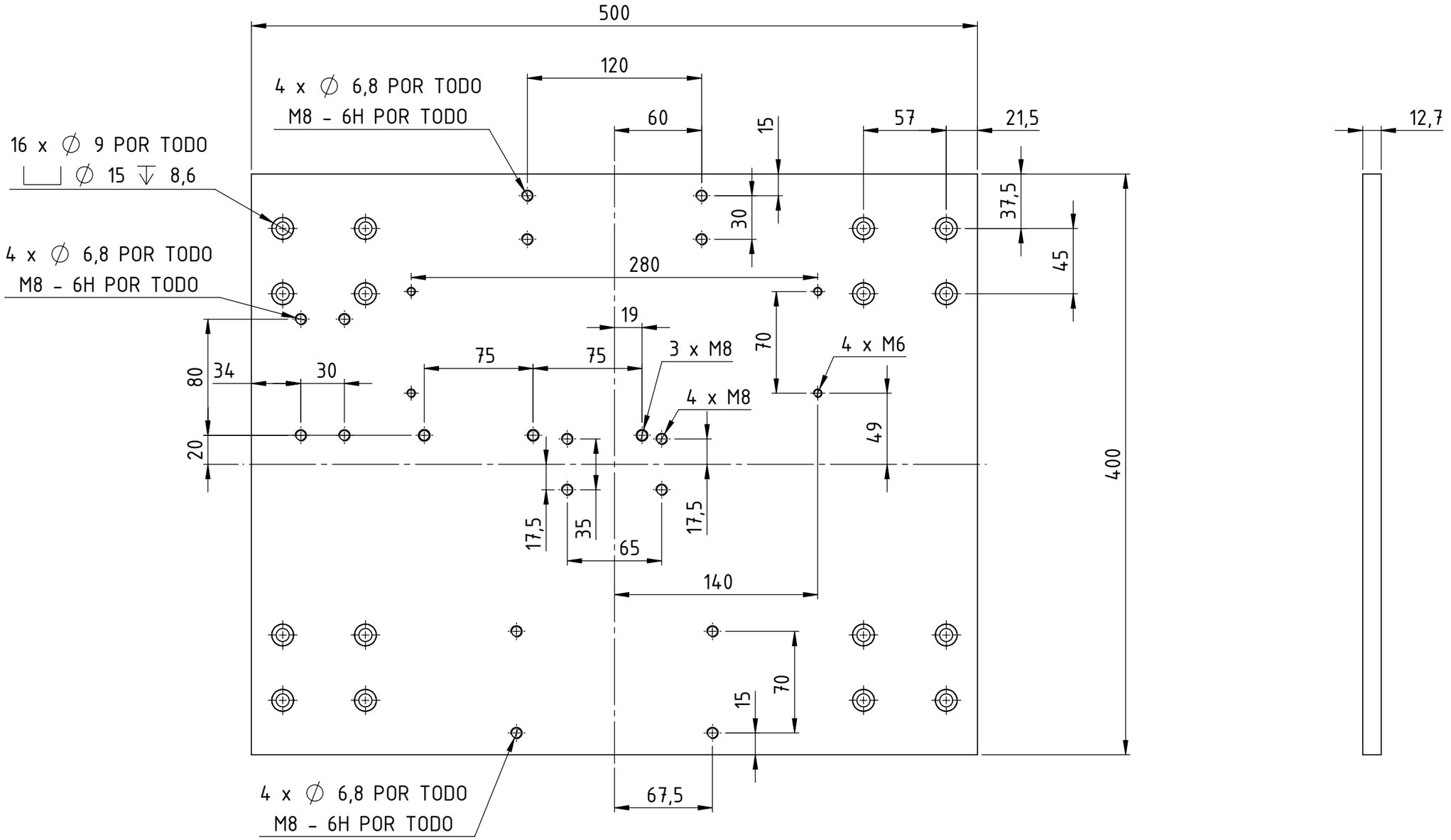
TITULO
Caja rodamientos lineales
Conjunto Bastidor

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO Lucas Z.
FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL 1:2

ES1-1002



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa 1/2" x 400 x 500	SAE 1010	1	19.26 KG

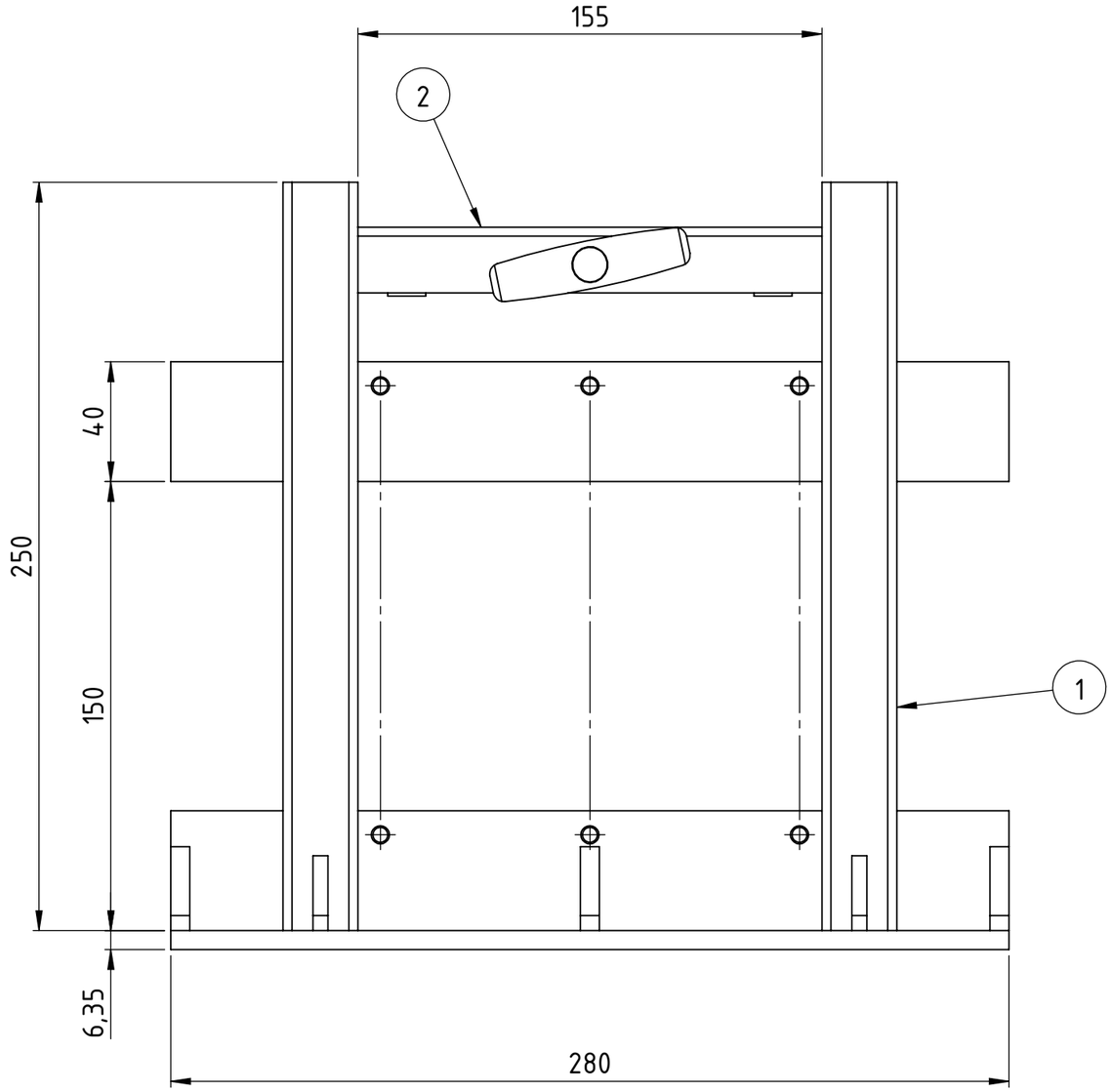
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

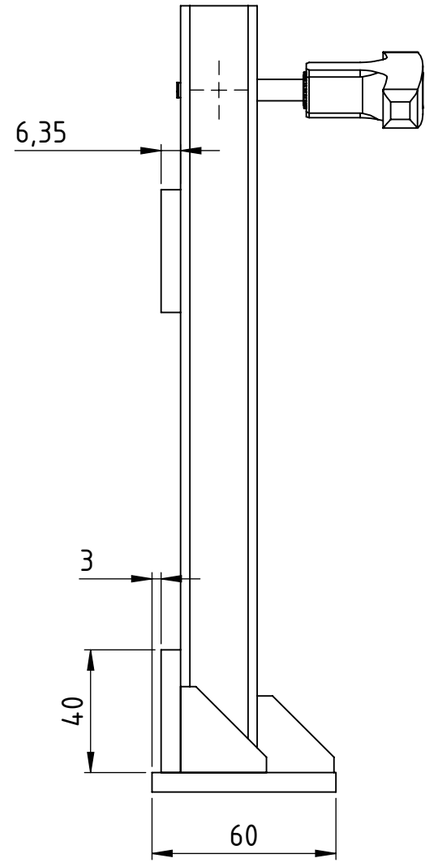
TITULO
Placa patines
Conjunto Transferencia

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL 1:3

ES1-2001





POS	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
2	SISTEMA DE TRABA	COMERCIAL	1	-
1	SUJECIÓN POSTERIOR 1	SAE 1010	1	ES1-2002

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Sujecion Posterior
Conjunto Transferencia

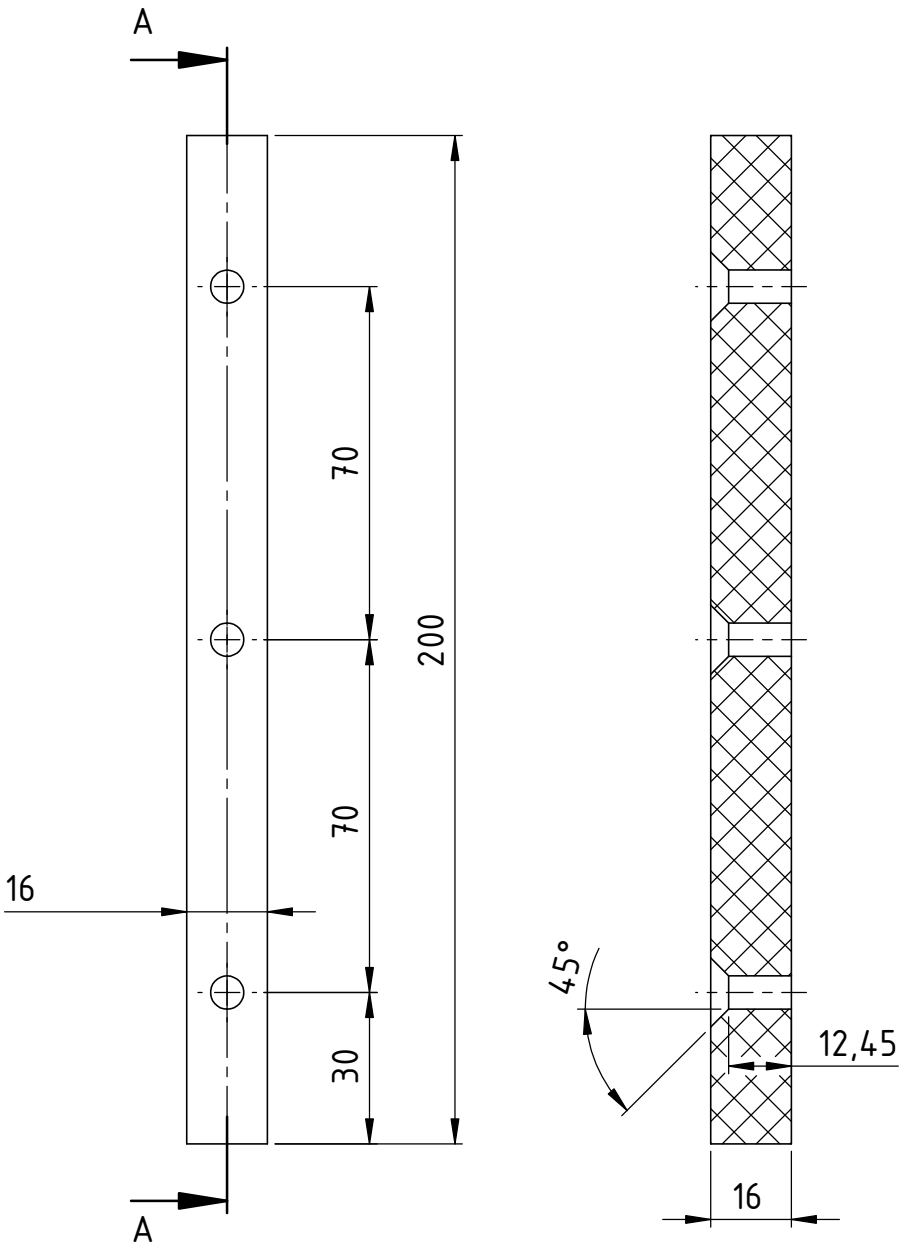
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO Lucas Z.
FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL 1:2

ES1-2002

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilón 16mm x 16mm x 200mm	Grilon	1	0.05 KG

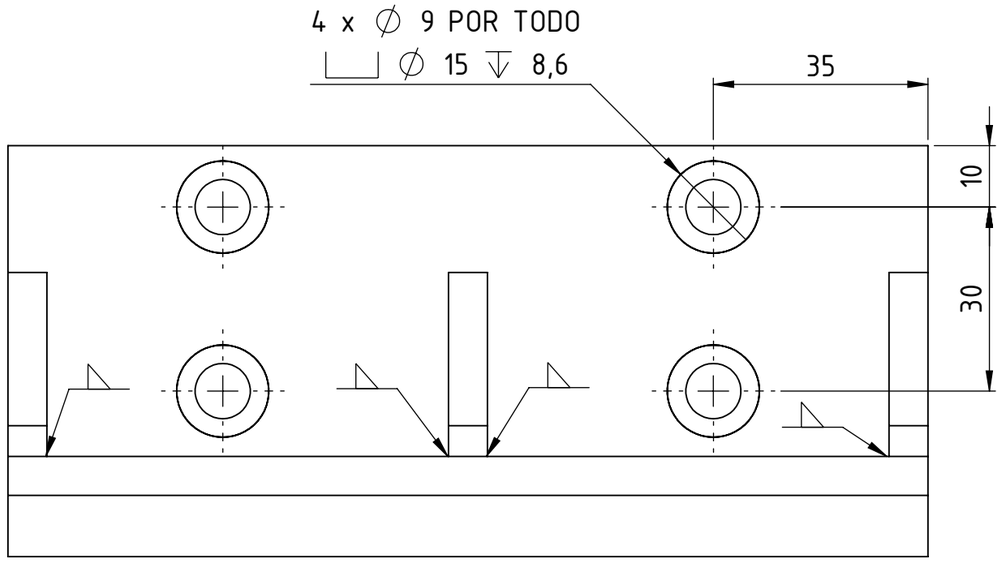
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

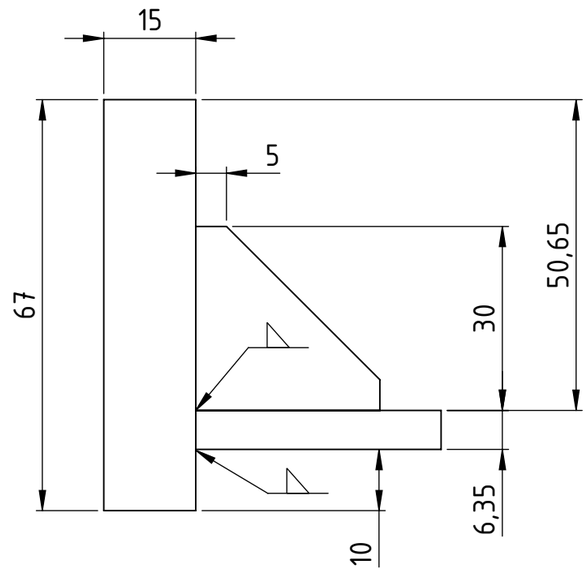
TITULO
Apoyo sujeción posterior
Conjunto Transferencia

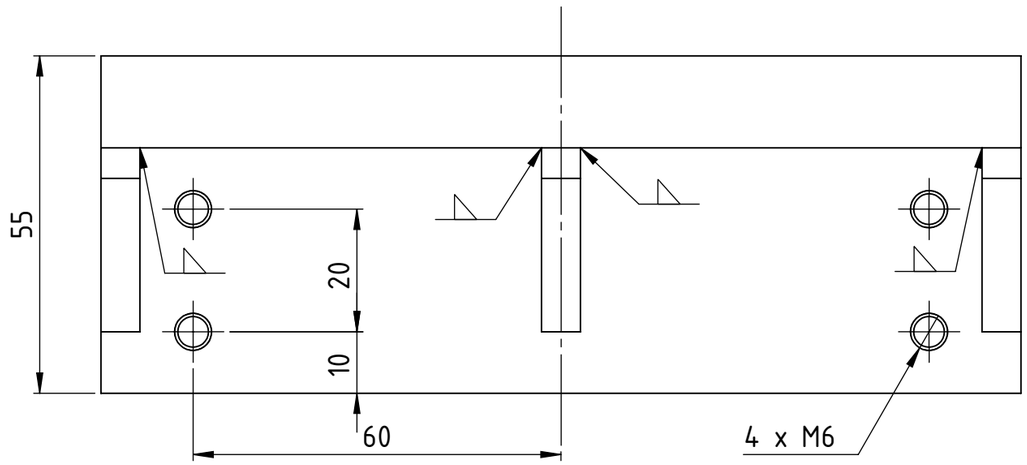
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

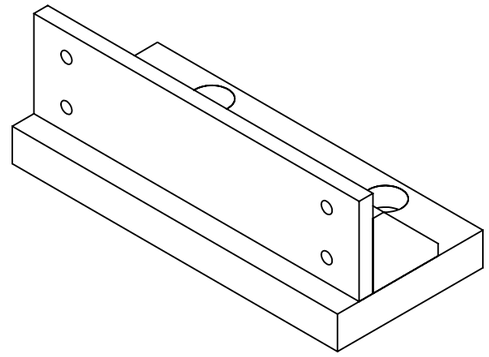
ESCALA GENERAL
2:3

ES1-2003









VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1 : 2

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL
3	3	CARTELA	SAE 1010
2	1	PLACA FRONTAL	SAE 1010
1	1	PLACA BASE	SAE 1010

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

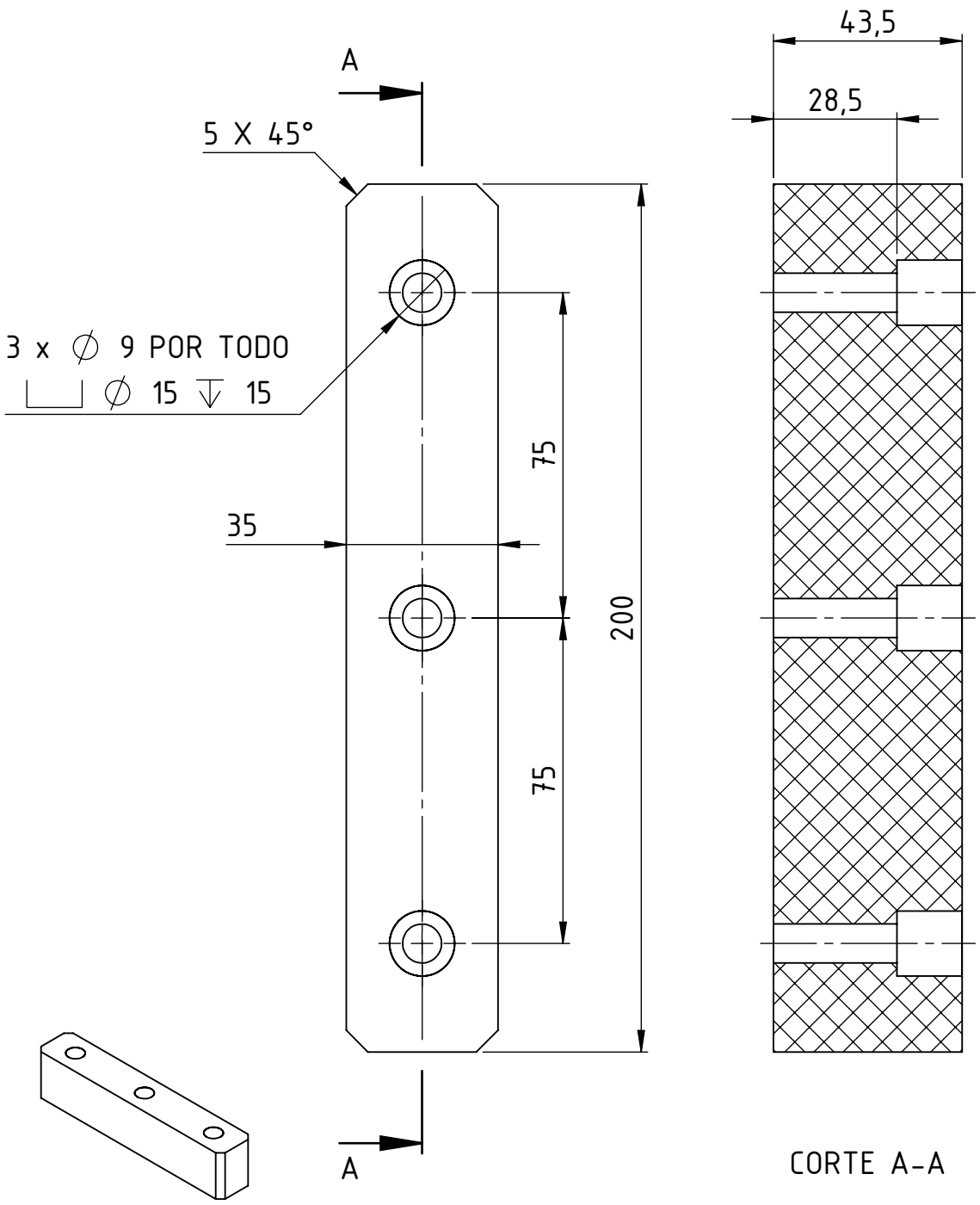
TITULO
Sujeción lateral fija
Conjunto Transferencia

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2004

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



CORTE A-A

VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1 : 5

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilon 35mm x 43.5mm x 200mm	Grilon	1	0.32 KG

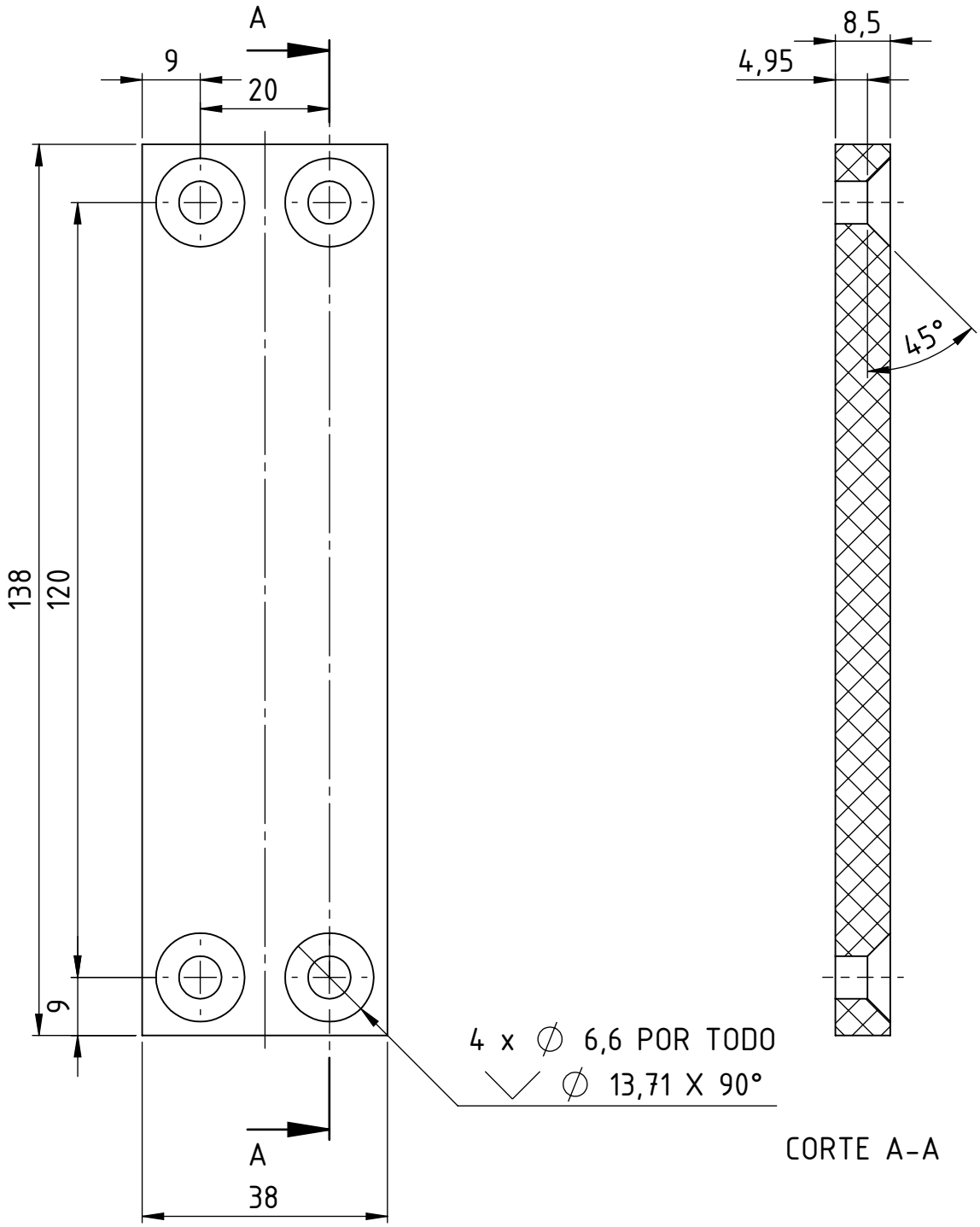
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Apoyo inferior
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
2:3

ES1-2005



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilon 8.5mm x 38mm x 138mm	Grilon	1	0.05 KG

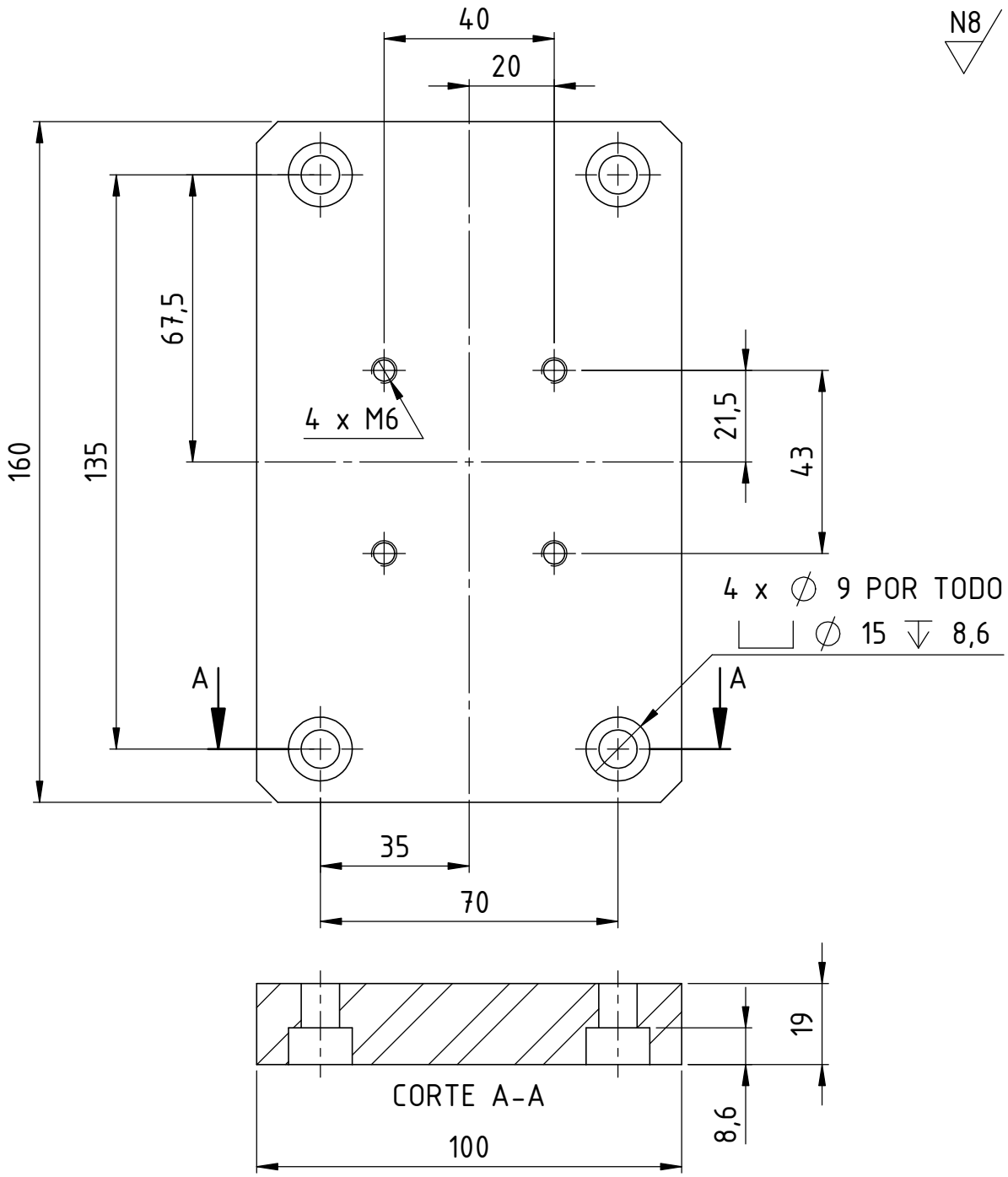
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Apoyo sujeción lateral
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2006



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa 3/4" x 100mm x 160mm	SAE 1010	1	2.30 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

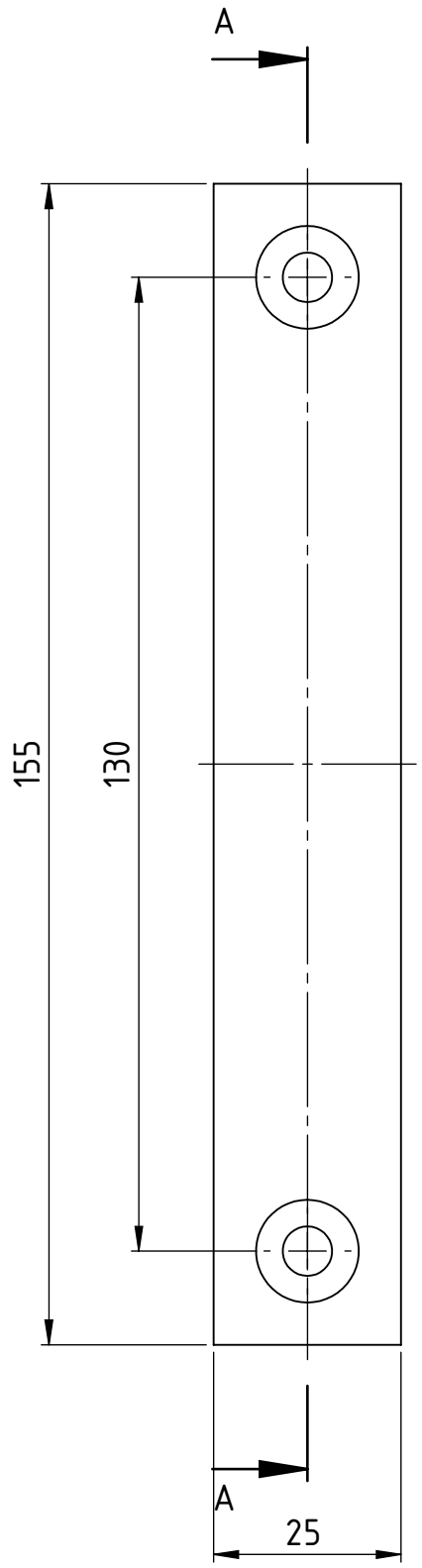
TITULO
Placa cilindro sujeción
Conjunto Transferencia

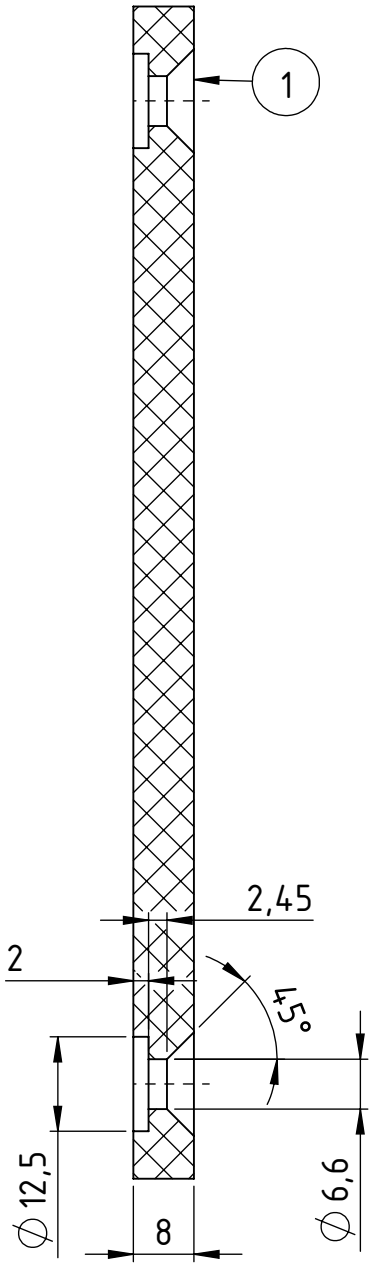
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO Lucas Z.
FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 2:3

ES1-2007





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilon 8mm x 25mm x 155mm	Grilon	1	0.03 KG

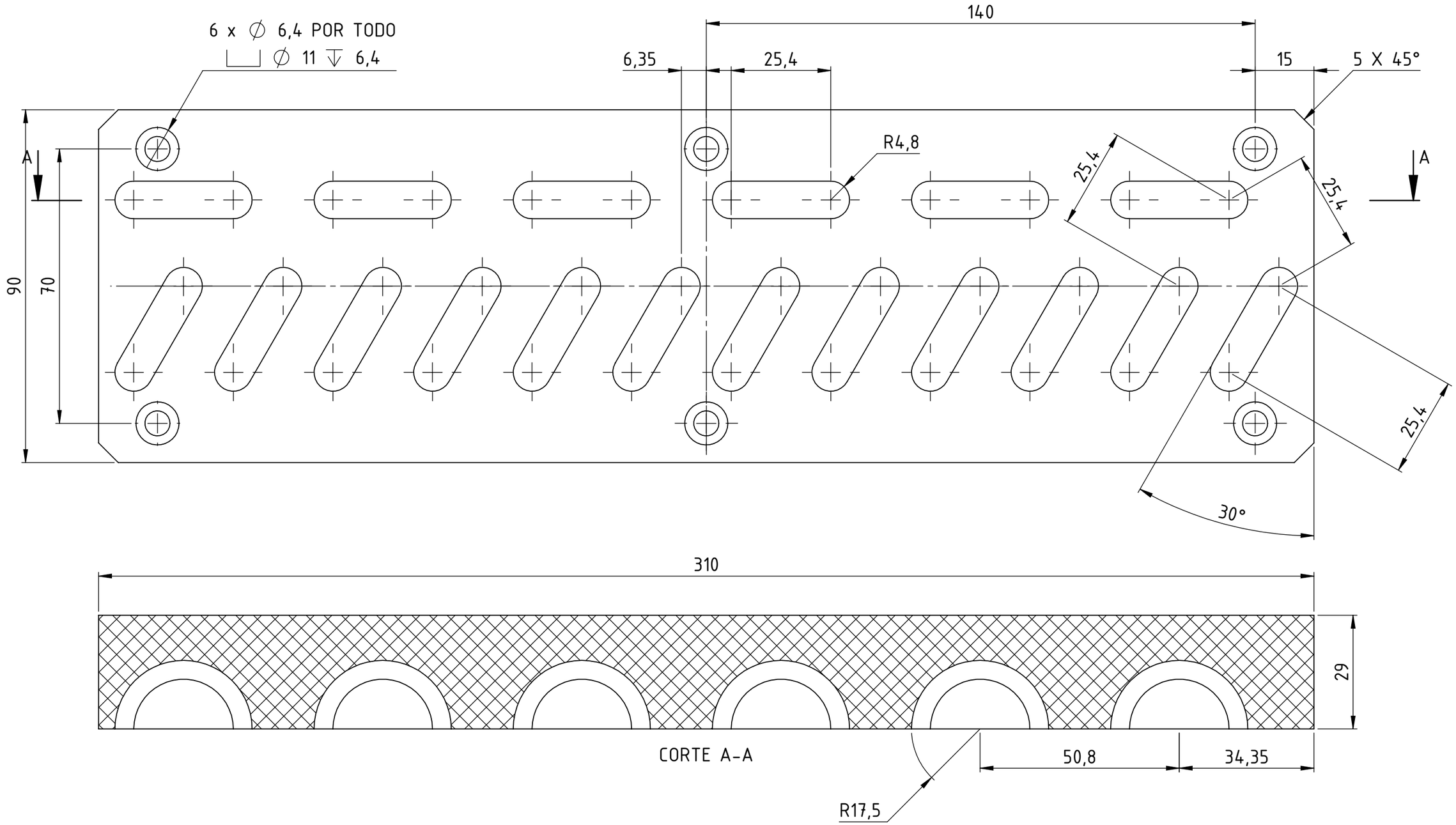
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Apoyo sujeción cilindro
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2008



CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Grilón 33.5mm x 90mm x 310mm	Grilon	1	0.81 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

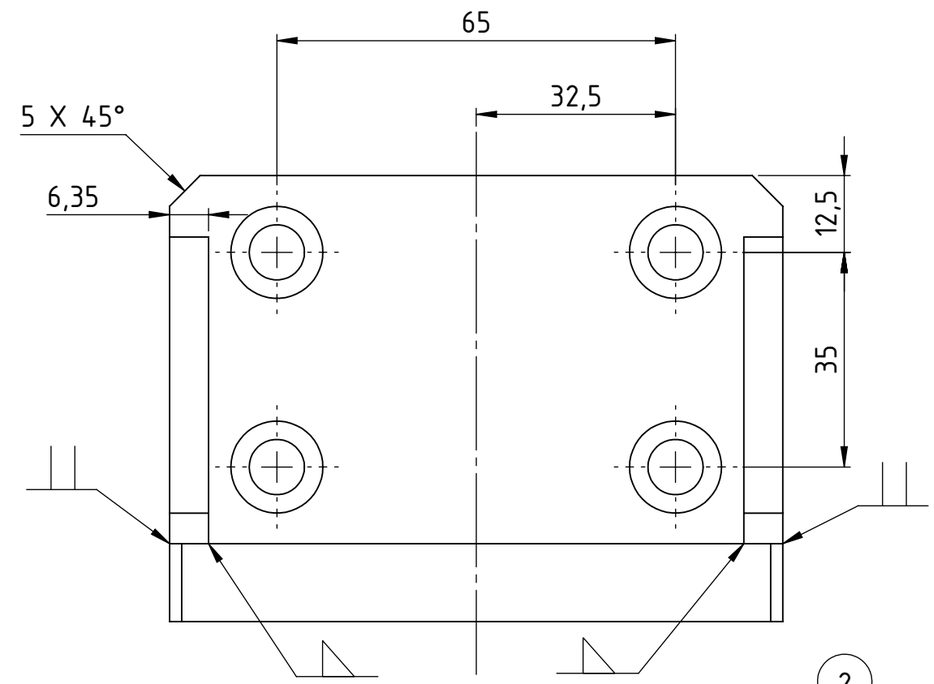
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

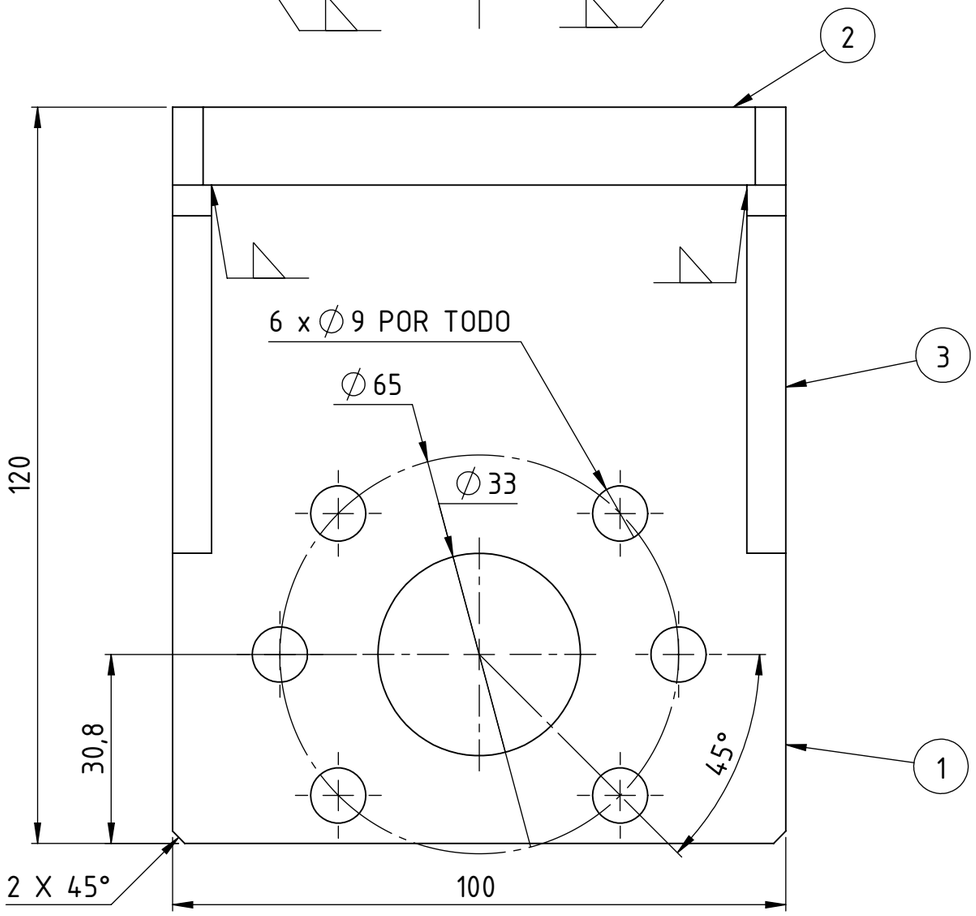
TITULO
Apoyo codos inferior
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2009





MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
3	2	CARTELA	SAE 1010
2	1	PLACA SUPERIOR	SAE 1010
1	1	PLACA TUERCA	SAE 1010

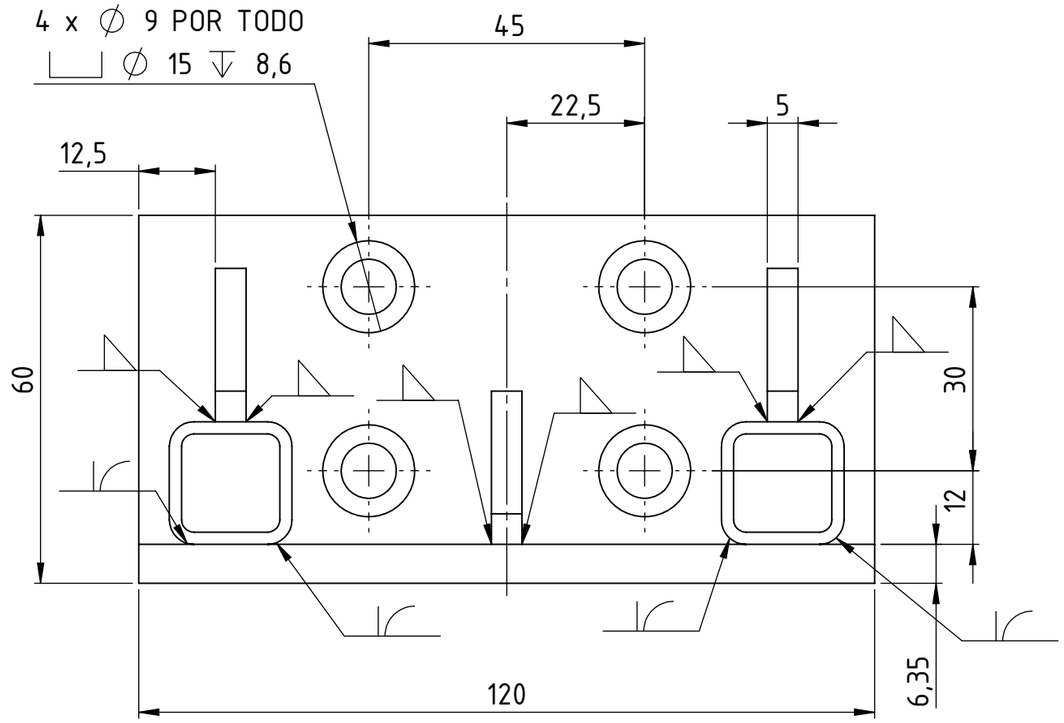
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO

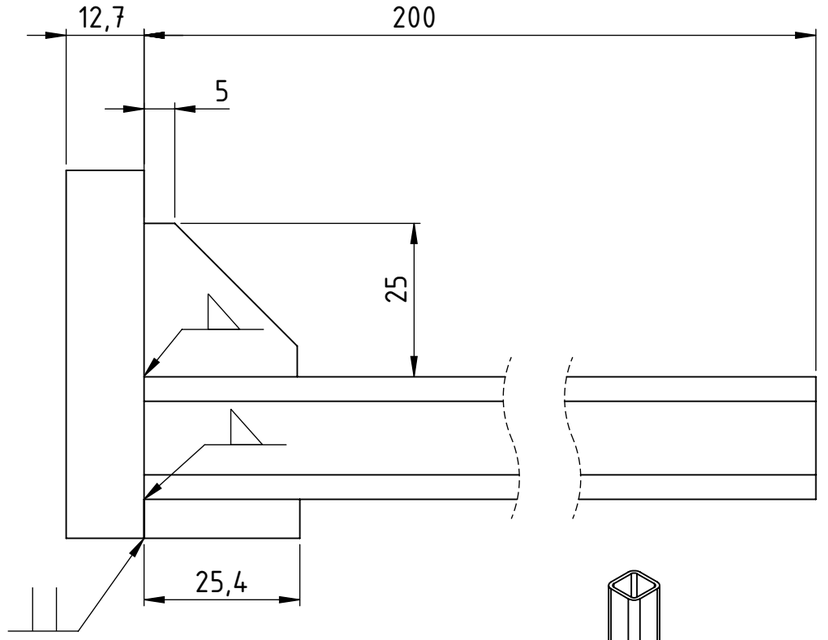
TITULO
Acople tornillo de bolas
Conjunto Transferencia

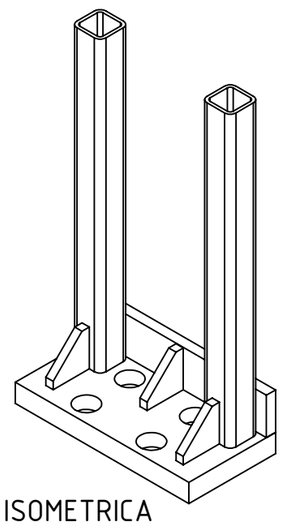
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 29/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

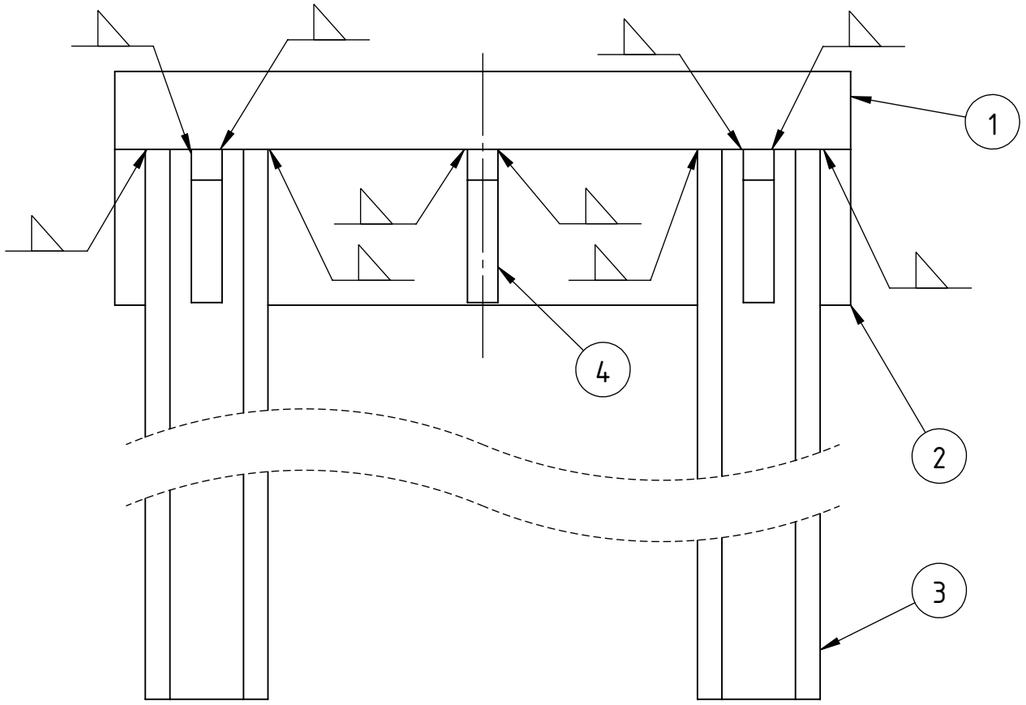
ES1-2010







VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1 : 3



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCION	MATERIAL
4	3	CARTELAS	SAE 1010
3	2	CAÑO ESTRUCTURAL 20X20X2	SAE 1010
2	1	PLACA TRASERA	SAE 1010
1	1	PLACA BASE	SAE 1010

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Apoyo transferencia
Conjunto Transferencia

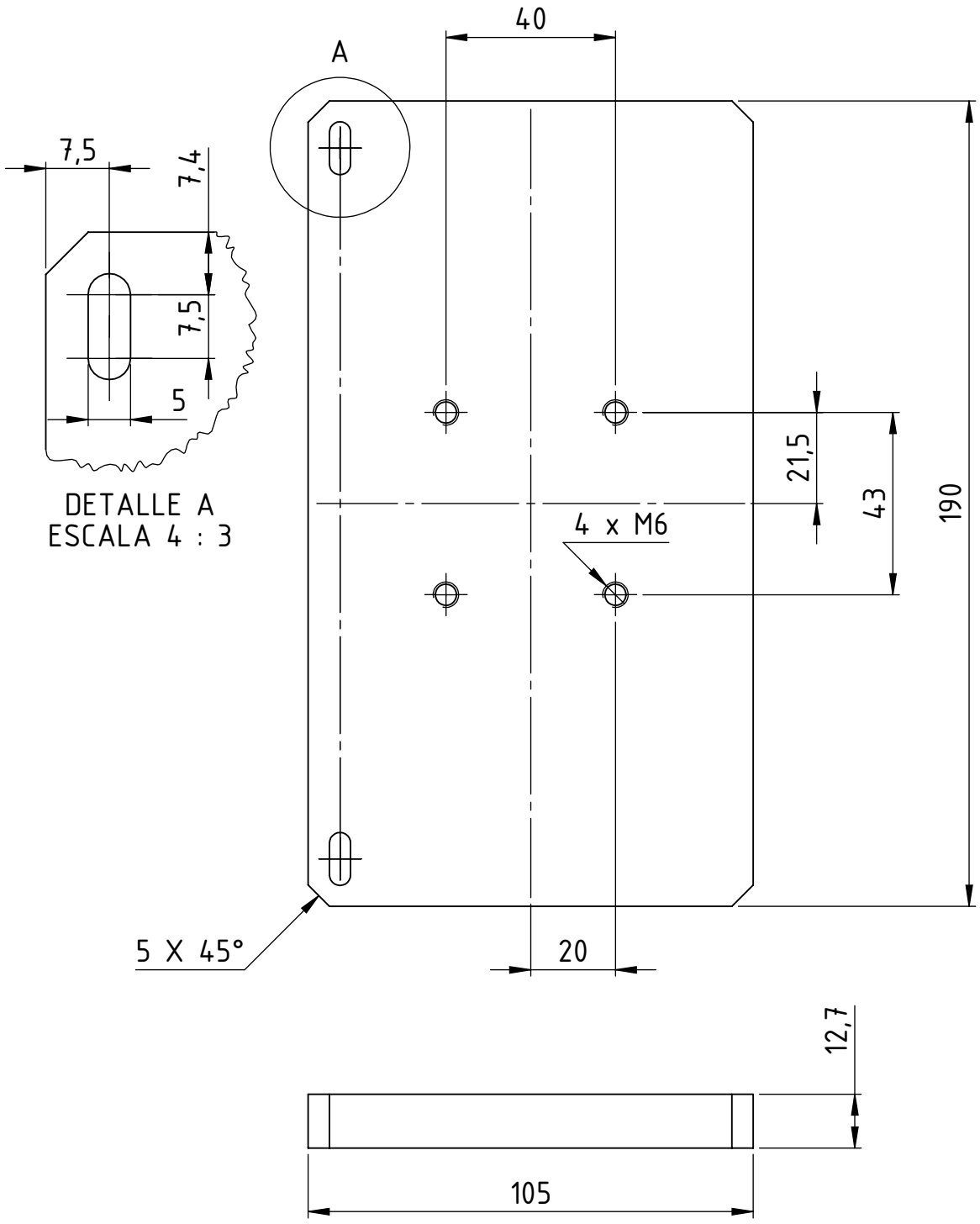
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO: Lucas Z.
FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-2011

N8



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa 1/2" x 105mm x 190mm	SAE 1010	1	1.97 KG

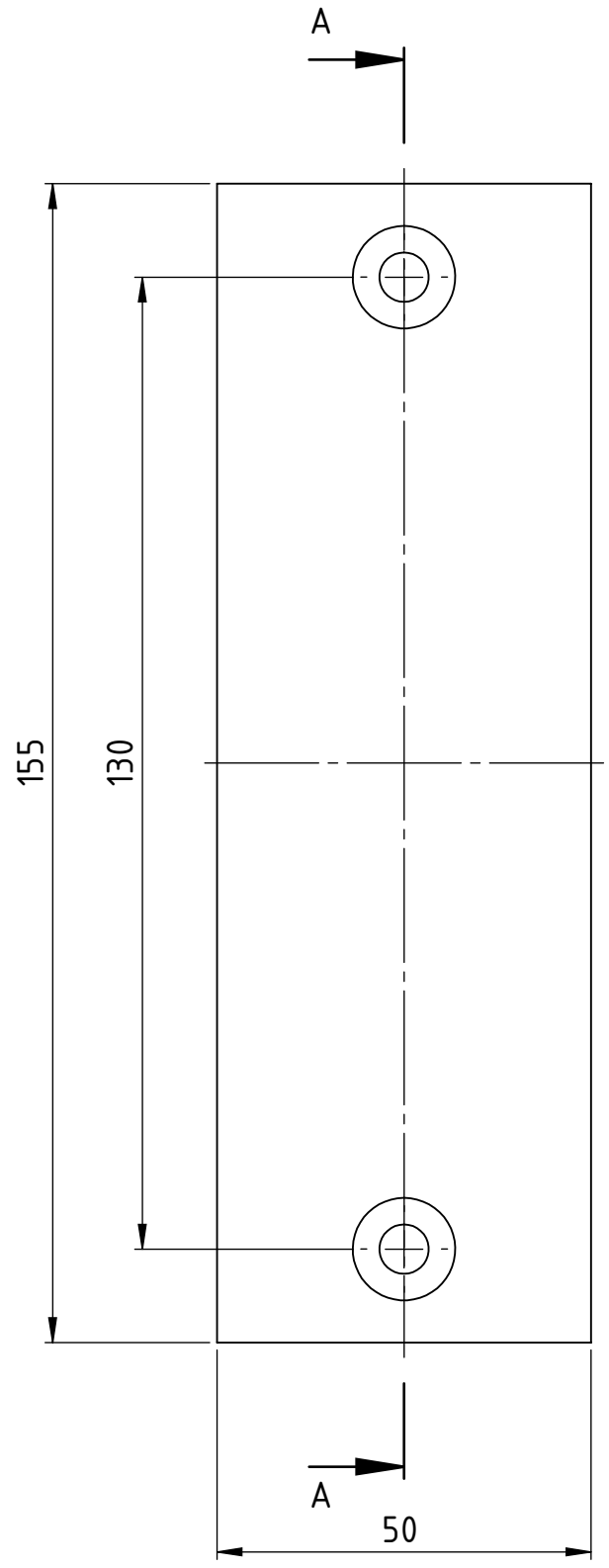
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

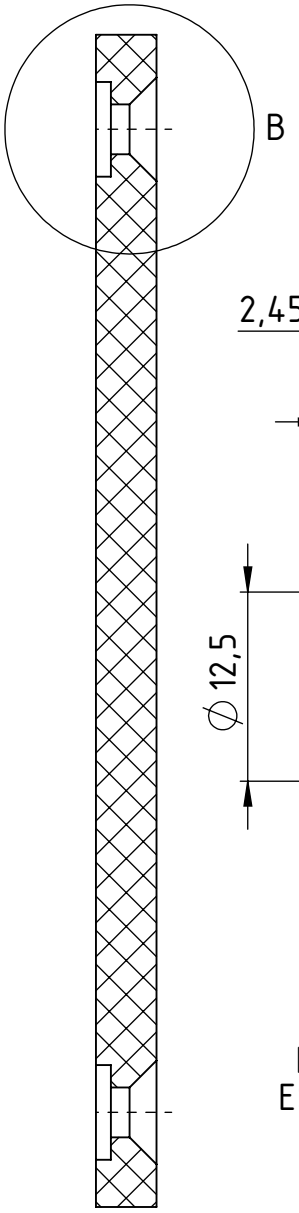
TITULO
Placa cilindro movil
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

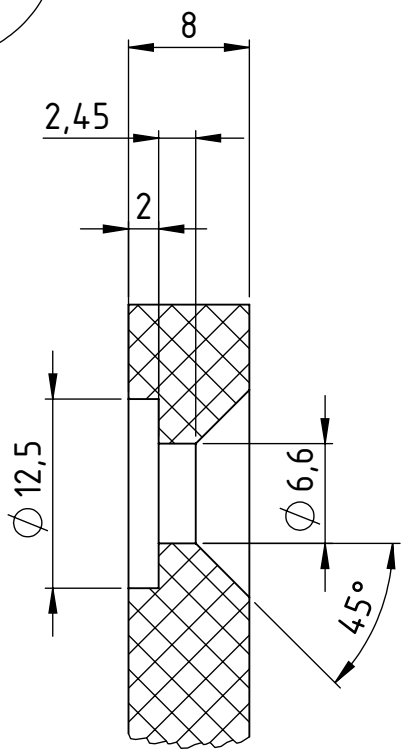
ESCALA GENERAL
2:3

ES1-2013





CORTE A-A



DETALLE B
ESCALA 2 : 1

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilon 8mm x 50mm x 155mm	Grilon	1	0.07 KG

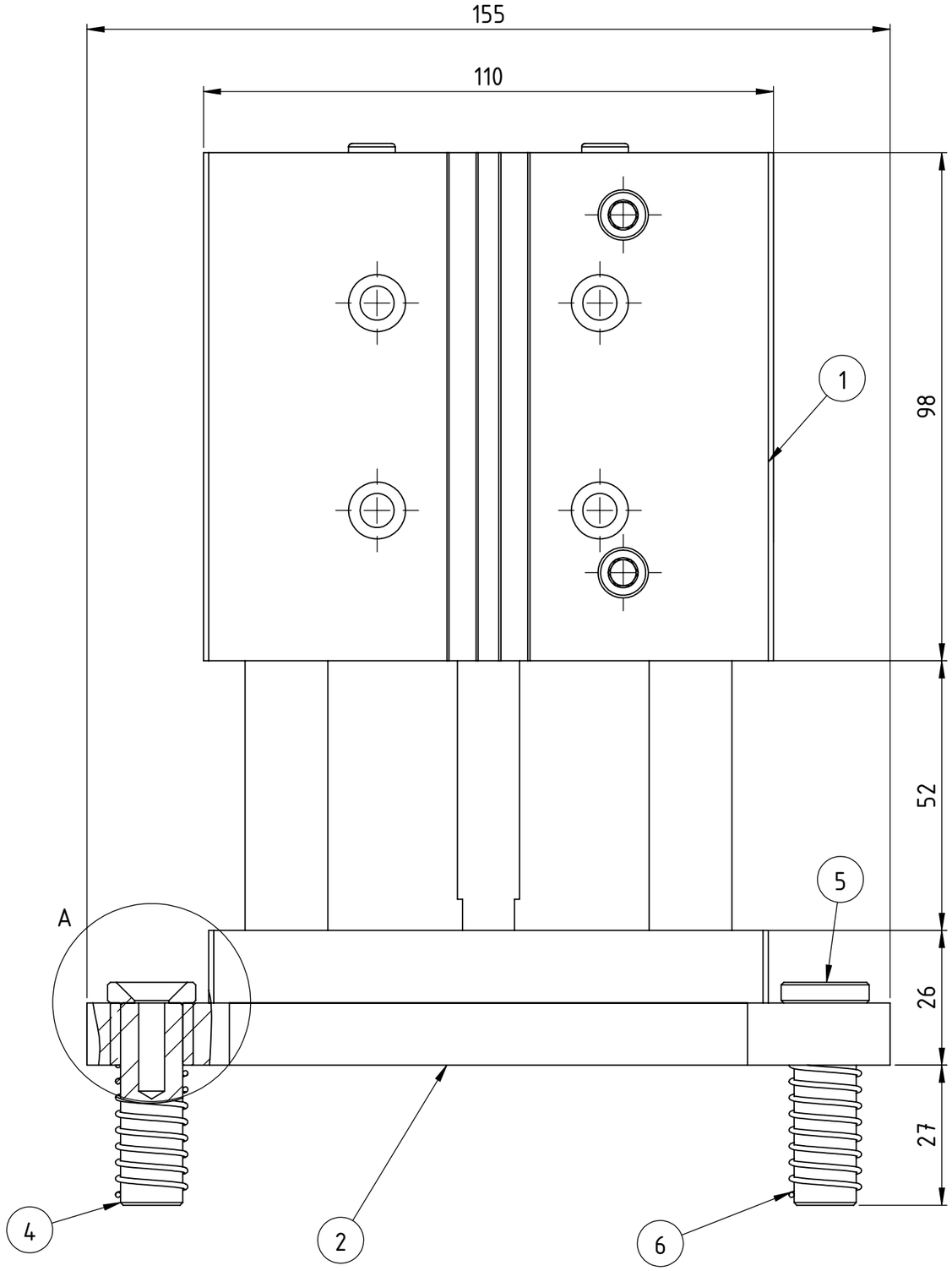
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

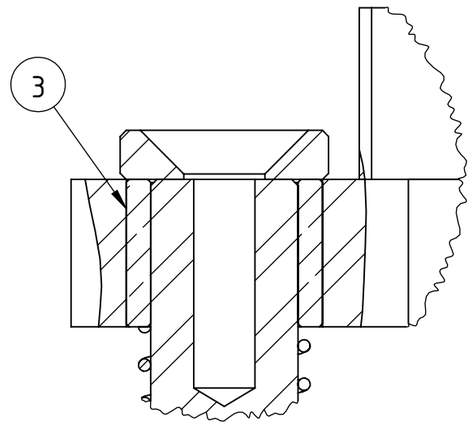
TITULO
Apoyo sujeción cilindro movil
Conjunto Transferencia

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2014





DETALLE A
ESCALA 2 : 1

POS	NOMBRE DEL ARCHIVO SW(FILE TITLE)	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
6	RESORTE SUJECIÓN	SAE 1070	2	ES1-2106
5	TOPE CILINDRO SUJECIÓN	SAE 1010	2	ES1-2105
4	EJE CILINDRO SUJECIÓN	SAE 1010	2	ES1-2103
3	BUJE ACOPLE	BRONCE SAE 660	2	ES1-2102
2	ACOPLE CILINDRO SUJECIÓN	SAE 1010	1	ES1-2101
1	CILINDRO NEUMATICO FESTO DFM-32-50-P-A-KF	COMERCIAL	1	-

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

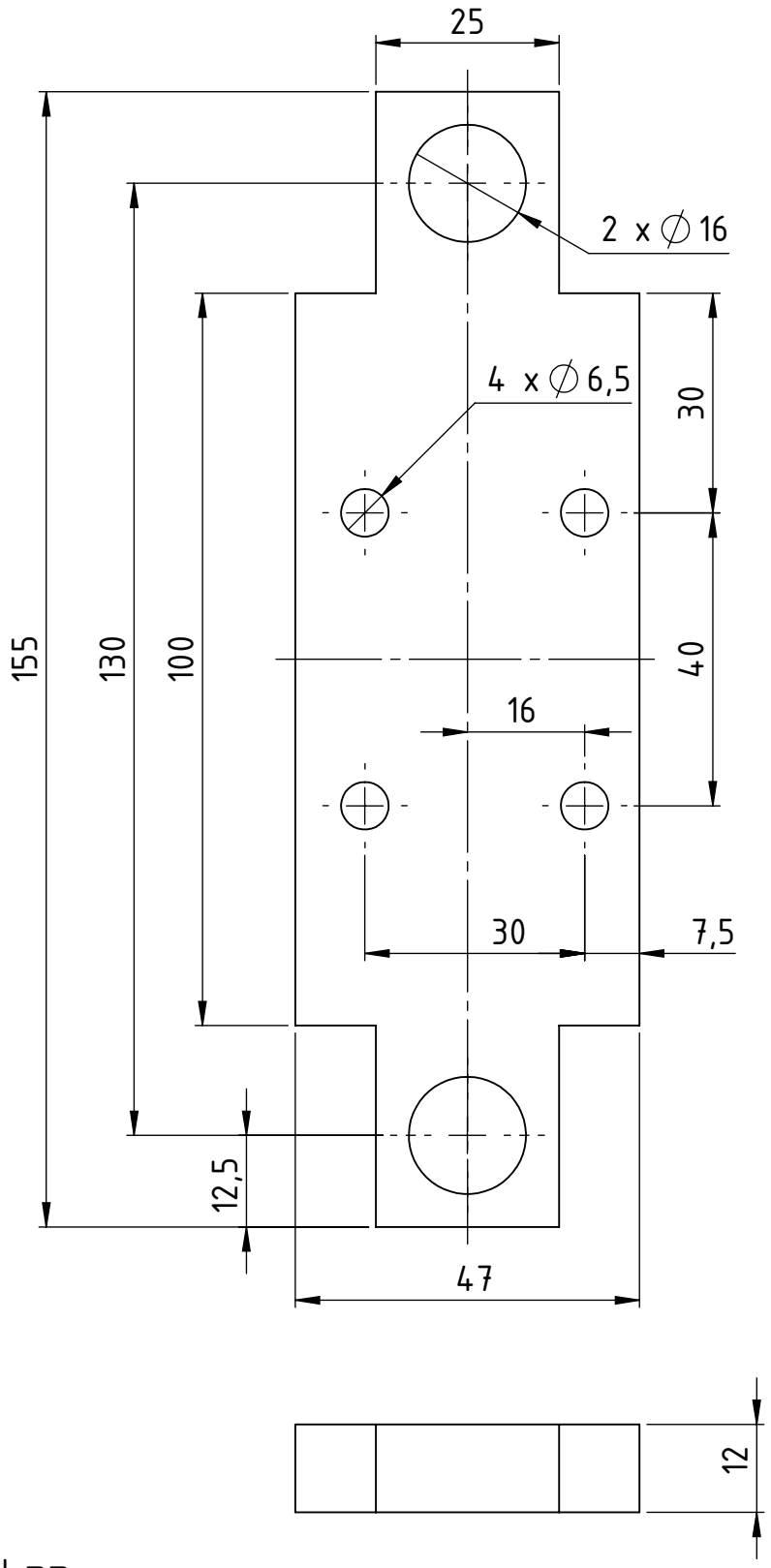
TITULO
Conjunto cilindro sujeción
Conjunto Transferencia

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-2100

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa 1/2" x 47 x 155	SAE 1010	2	0.52 KG

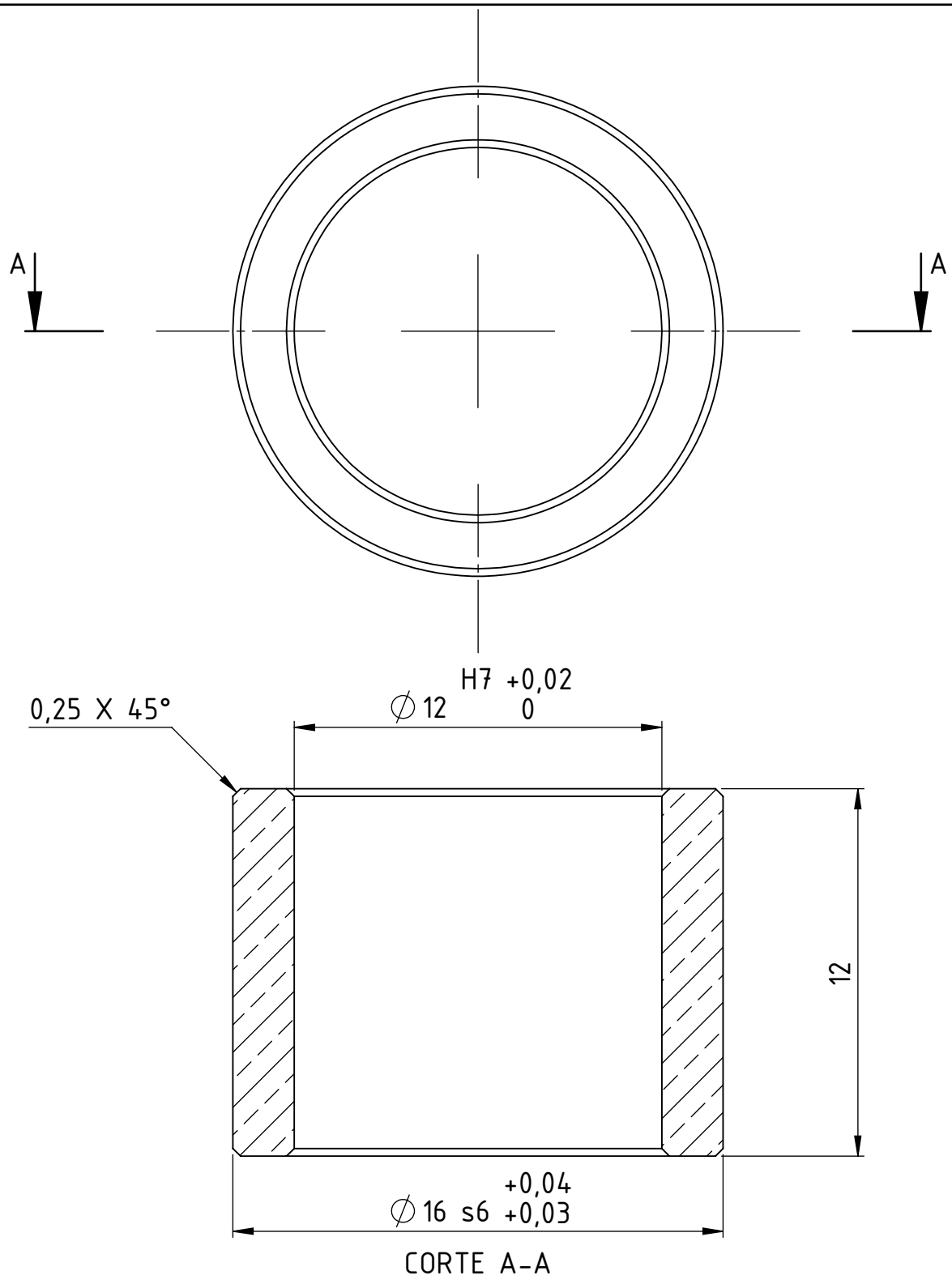
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Acople cilindro sujeción
Conjunto Cilindro Sujecion

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-2101



CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Redondo Ø16mm	Bronce SAE 660	4	0.01 KG

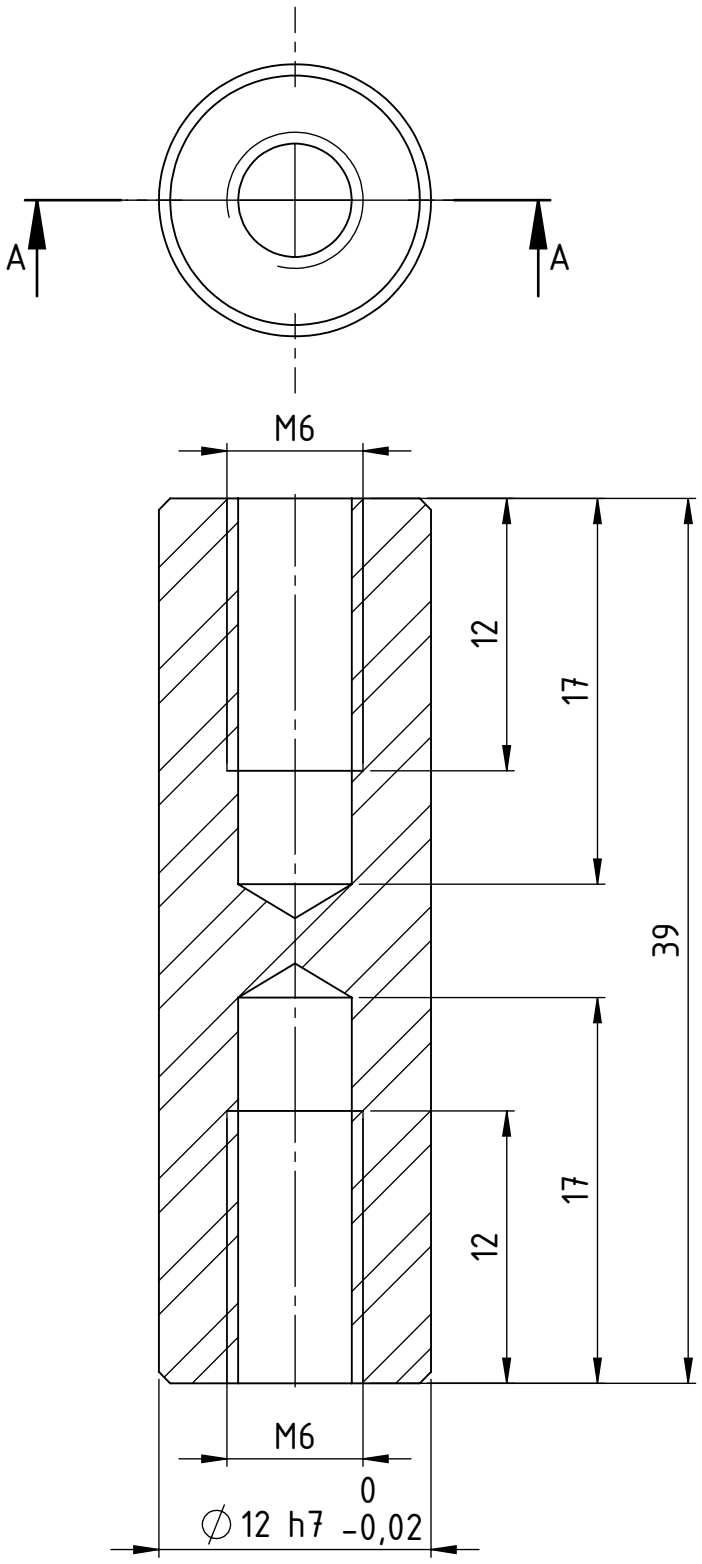
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Buje acople
Conjunto Cilindro Sujecion

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
5:1

ES1-2102



CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Varilla Ø12mm x 39	SAE 1010	4	0.03 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

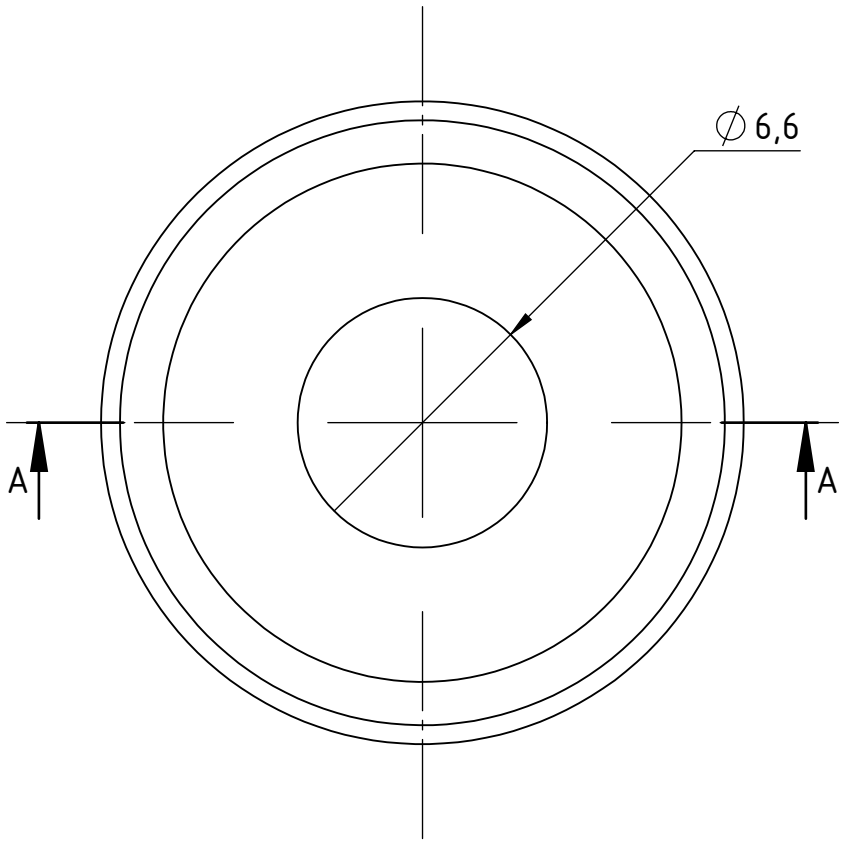
TITULO
Eje cilindro sujeción
Conjunto Cilindro Sujecion

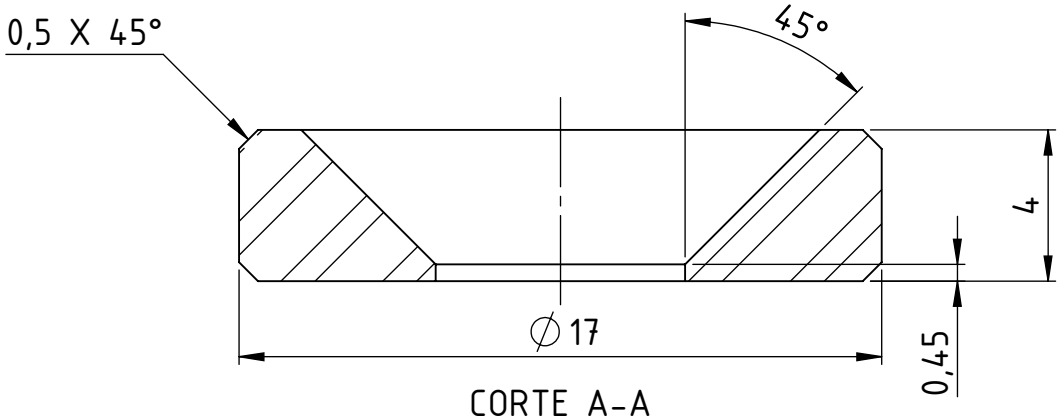
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
3:1

ES1-2103

N8





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Redondo Ø17mm x 4mm	SAE 1010	4	0.00 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

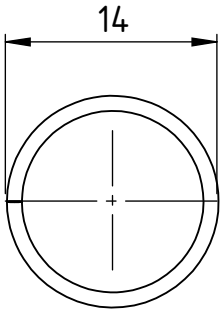
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

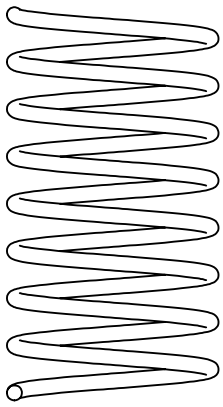
TITULO
Tope cilindro sujeción
Conjunto Cilindro Sujecion

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
5:1

ES1-2105





Alto	25 mm
Revoluciones	8
Paso	3.13 mm
Øext	14 mm
Øalambre	1 mm

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Alambre 1mm x 330mm	SAE 1070	4	0.00 KG

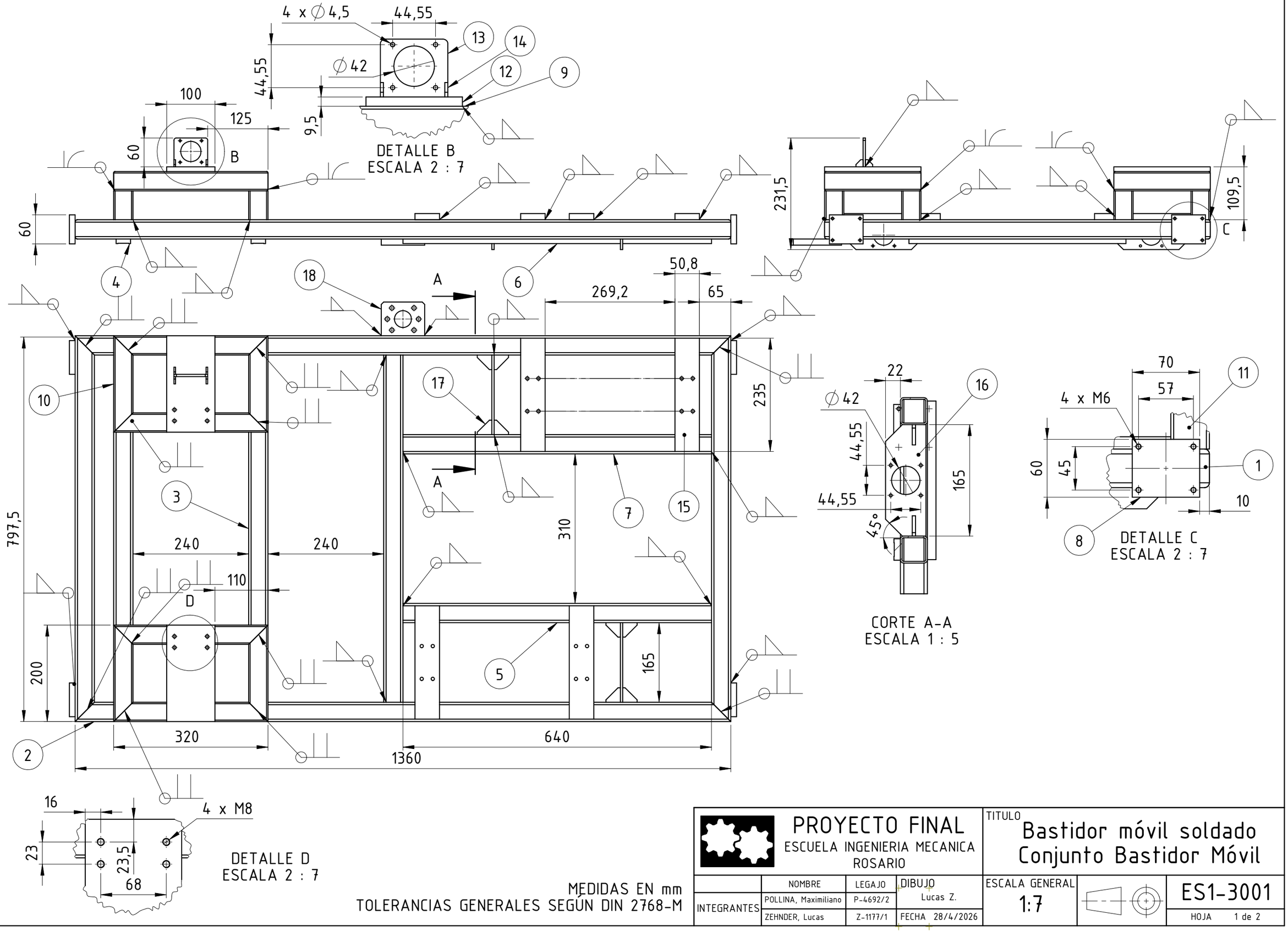
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Resorte sujeción
Conjunto Cilindro Sujecion

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

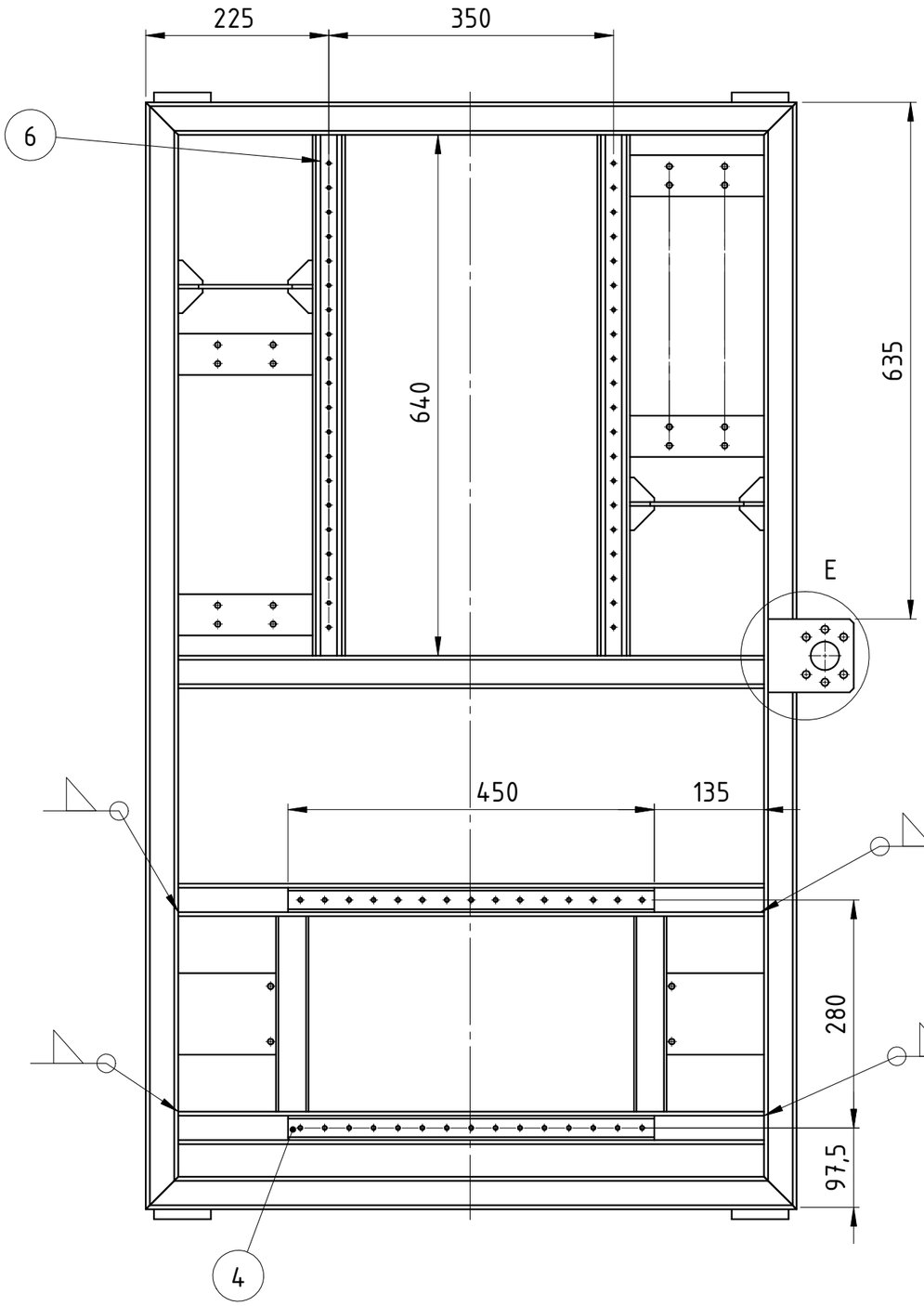
ESCALA GENERAL
2:1

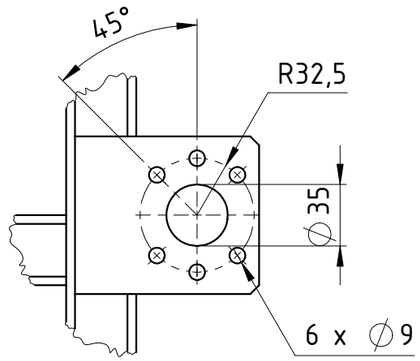
ES1-2106



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO Bastidor móvil soldado Conjunto Bastidor Móvil	
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO	ESCALA GENERAL	ES1-3001
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.	1:7	
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026		HOJA 1 de 2





DETALLE E
ESCALA 2 : 7

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	LONGITUD
18	1	SOPORTE TUERCA DE BOLAS	
17	8	CARTELA 30X30X4.75	
16	2	CHAPA SUJECION MOTOR SOLDADURA	
15	4	PLACA APOYO TORNILLO CABEZAL	
14	4	CARTELA 15X15X3.2	
13	1	CHAPA SUJECION MOTOR APERTURA	
12	2	PLACA APOYO TORNILLO APERTURA	
11	8	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	60
10	4	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	200
9	4	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	320
8	4	PLACA PATIN MOVIMIENTO VERTICAL	
7	1	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	640
6	2	APOYO GUIA 640mm	
5	1	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	640
4	2	APOYO GUIA 450mm	
3	3	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	720
2	2	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	1360
1	2	TUBO CUADRADO 40 X 40 X 2,5	800

PESO 38.9 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

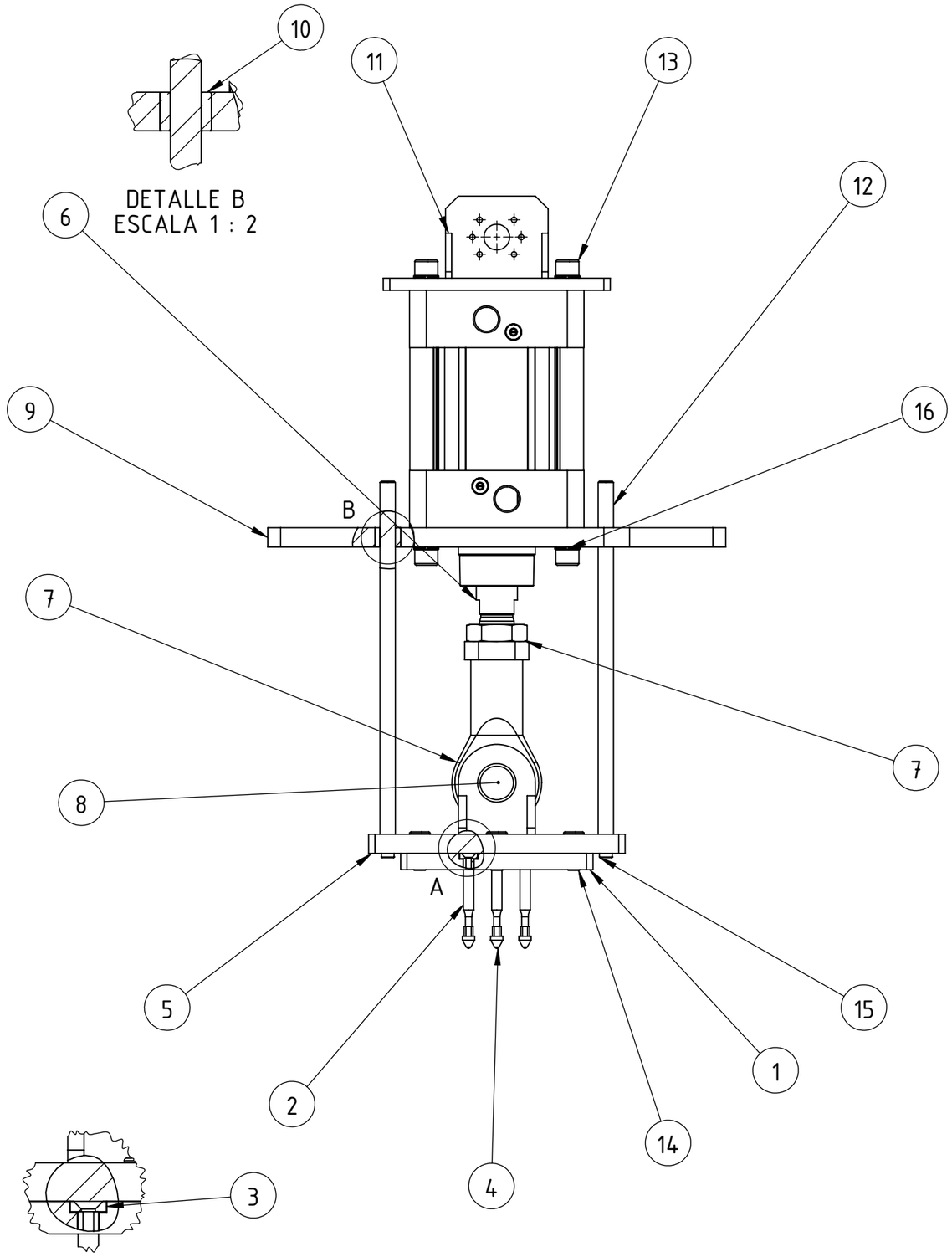
TITULO
Bastidor móvil soldado
Conjunto Bastidor Móvil

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL 1:7

ES1-3001

HOJA 2 de 2



DETALLE B
ESCALA 1 : 2

DETALLE A
ESCALA 1 : 2

PESO 15.77 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	CÓDIGO DE PIEZA
18	ARANDELA GROWER DIN 6905 M6	COMERCIAL	2	
17	ARANDELA GROWER DIN 6905 M10	COMERCIAL	6	
16	ARANDELA GROWER DIN 6905 M12	COMERCIAL	8	
15	ALLEN DIN 912 M6 X 16	COMERCIAL	2	
14	ALLEN DIN 912 M10 X 20	COMERCIAL	6	
13	ALLEN DIN 912 M12 X 30	COMERCIAL	8	
12	GUÍA CILINDRO	SAE 1010	2	ES1-3110
11	SOPORTE CILINDRO ACOPLE	SAE 1010	1	ES1-3109
10	BUJE GUIA APERTURA	BRONCE SAE 660	2	ES1-3108
9	SOPORTE CILINDRO GUÍAS	SAE 1010	1	ES1-3107
8	PERNO RÓTULA 30	SAE 1045	1	ES1-3106
7	ROTULA 10774 SGS-M27X2	COMERCIAL	1	
6	CILINDRO NEUMÁTICO FESTO 1804956 DSBC-125-25-PPVA-N3	COMERCIAL	1	
5	TAPA APERTURA	SAE 1010	1	ES1-3105
4	BALA 3-8 APERTURA	SAE 8620	6	
3	TAPA VARILLA	SAE 1010	6	ES1-3103
2	VARILLA APERTURA	SAE 1010	6	ES1-3102
1	PLACA BASE APERTURA	SAE 1010	1	ES1-3101

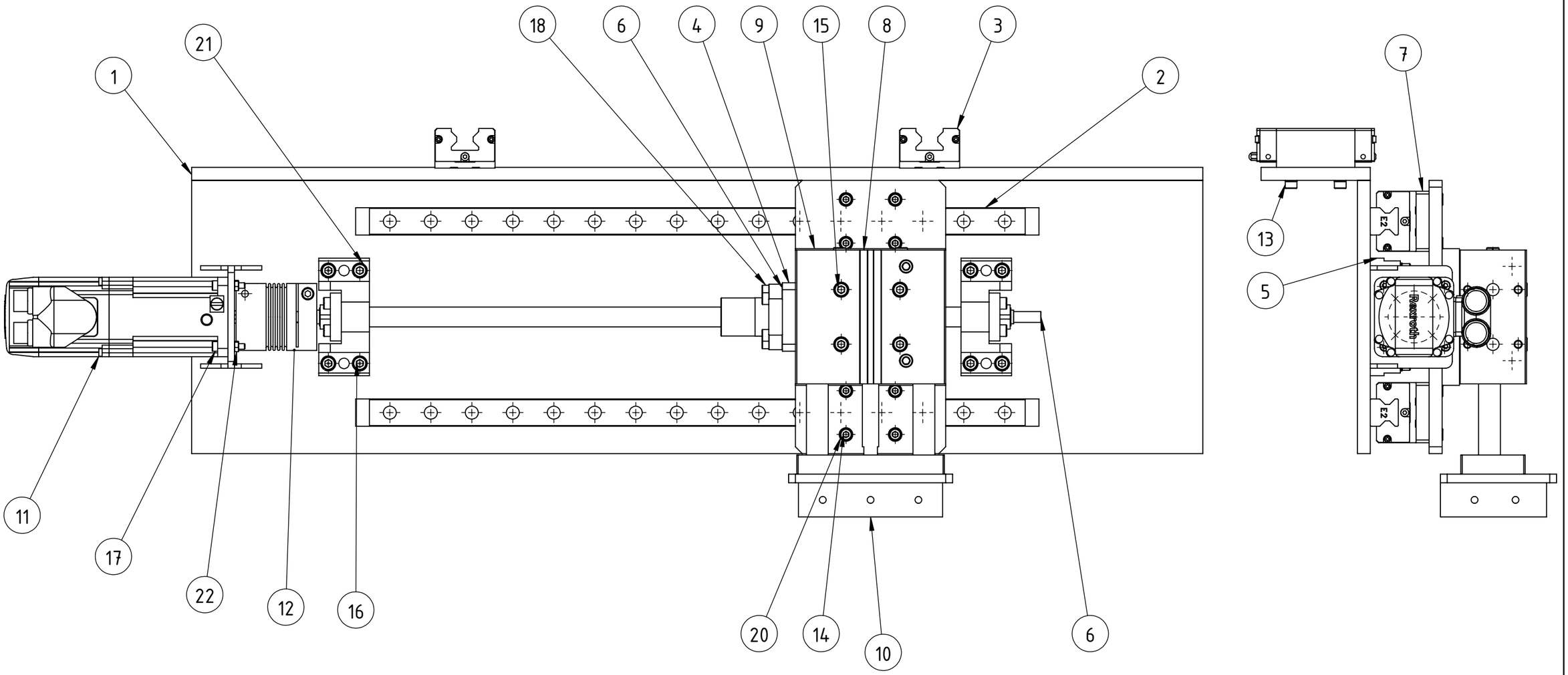
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Conjunto apertura
Conjunto Bastidor Móvil

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:4

ES1-3100



PESO 21 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERIA MECANICA ROSARIO				TITULO Conjunto Soldadura Derecho Conjunto Bastidor Móvil	
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO Lucas Z.	ESCALA GENERAL 1:3	ES1-3300
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2			
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026		HOJA 1 de 2

POS	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	CODIGO
22	TUERCA HEX ISO 4032 M4	COMERCIAL	4	COMERCIAL
21	ARANDELA GROWER DIN 6905 M5	COMERCIAL	12	
20	ARANDELA GROWER DIN 6905 M5	COMERCIAL	20	
19	ALLEN DIN 912 M6 X 20	COMERCIAL	32	
18	ALLEN DIN 912 M5 X 20	COMERCIAL	6	
17	ALLEN DIN 912 M4 X 20	COMERCIAL	4	
16	ALLEN DIN 912 M6 X 30	COMERCIAL	8	
15	ALLEN DIN 912 M6 X 50	COMERCIAL	4	
14	ALLEN DIN 912 M5 X 16	COMERCIAL	12	
13	ALLEN DIN 912 M5 X 12	COMERCIAL	8	
12	ACOPLE SERVOMOTOR	COMERCIAL	1	BK2__15__59__8__9__1
11	SERVOMOTOR REXROTH	COMERCIAL	1	MS2N03
10	ACOPLE CABEZAL SOLDADURA	SAE 1010	1	ES1-3205
9	PLACA CILINDRO CABEZAL	SAE 1010	1	ES1-3204
8	CILINDRO NEUMÁTICO FESTO	COEMRCIAL	1	170933 DFM-32-50-P-A-KF
7	SEPARADOR PATINES	GRILON	2	ES1-3203
6	TORNILLO DE BOLAS Ø15MM P10	COMERCIAL	1	2R16-10K3-FSCDIN-450-550-0
5	RODAMIENTO CON CAJA	SAE 1010	2	SFA 10
4	PLACA VERTICAL	SAE 1010	1	ES1-3202
3	PATIN HIWIN 20mm	COMERCIAL	4	RGH20CAZAH
2	GUIA HIWIN 480mm	COMERCIAL	2	RGR20R380H
1	PLACA LATERAL	SAE 1010	1	ES1-3201

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

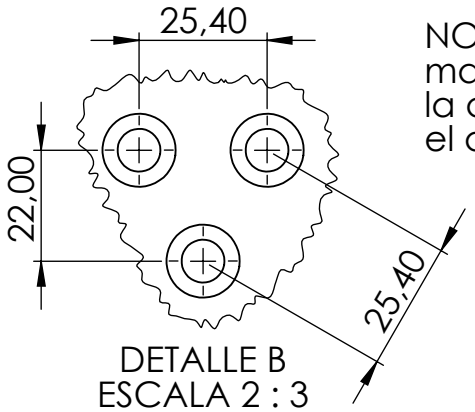
TITULO
Conjunto Soldadura Derecho
Conjunto Bastidor Móvil

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:3

ES1-3300

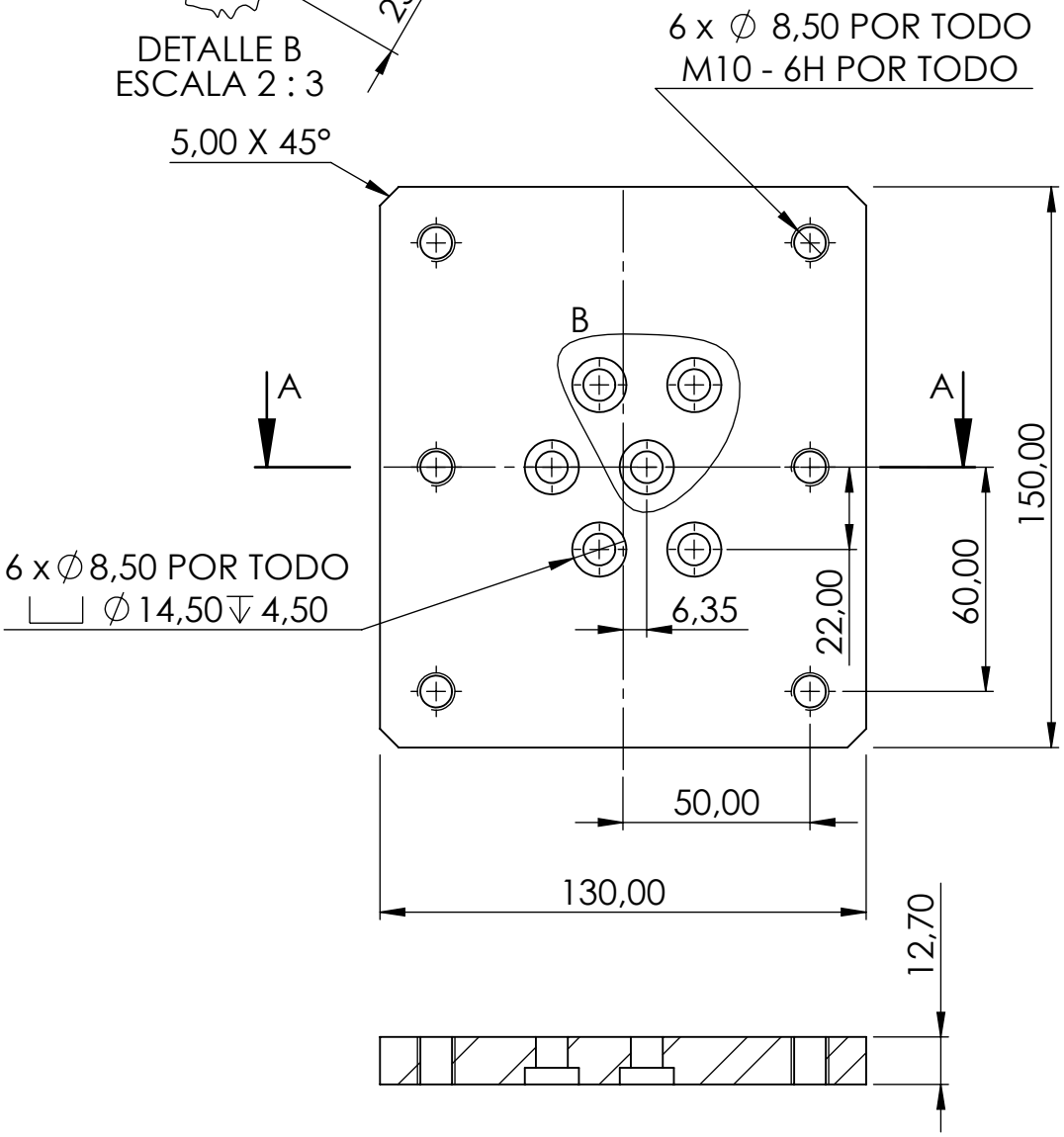
HOJA 2 de 2



DETALLE B
ESCALA 2 : 3

NOTA: Los agujeros deben mantener un paso de 1" en la disposición mostrada en el detalle B

N8



SECCIÓN A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1/2" 130mm x 150mm	SAE 1010	1	1.85 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

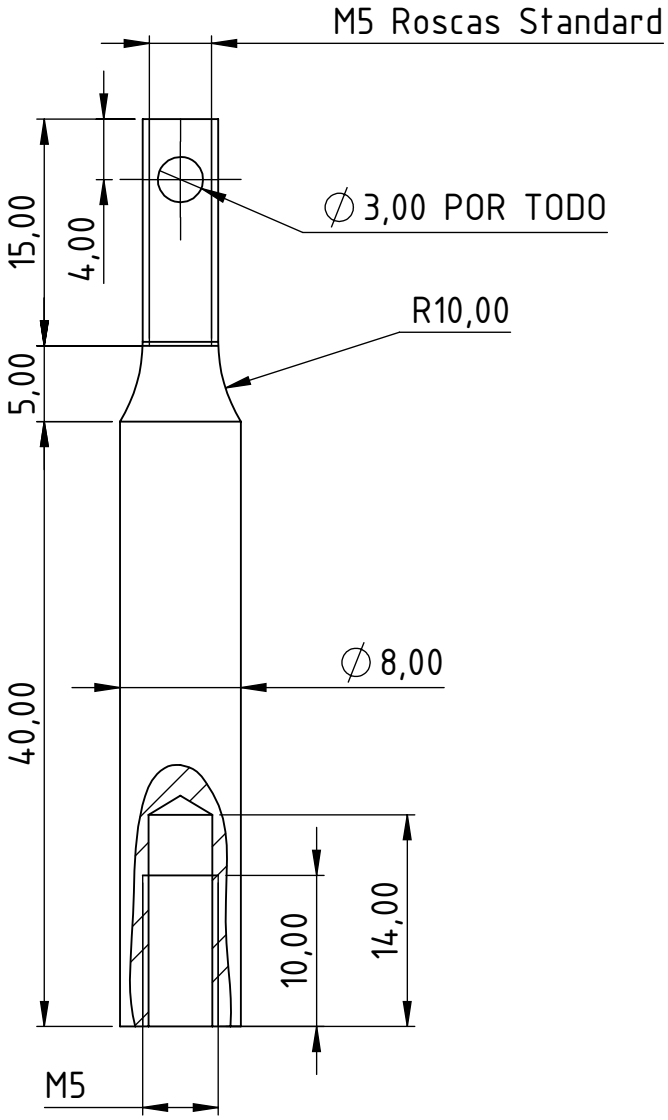
TITULO: Placa base apertura
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:2

ES1-3101

N7



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Trefilado Ø 8mm	SAE 1010	6	0.02 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

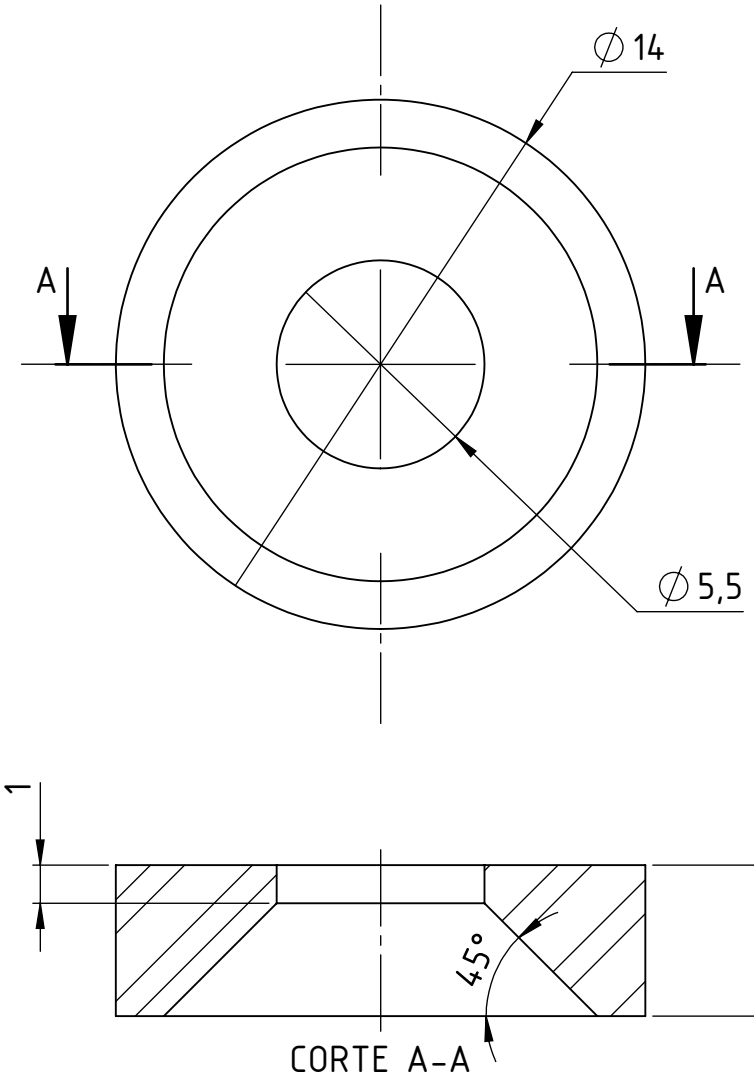
TITULO
Varilla apertura
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
2:1

ES1-3102

N9



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Redondo Ø 14mm	SAE 1010	6	0.00 KG

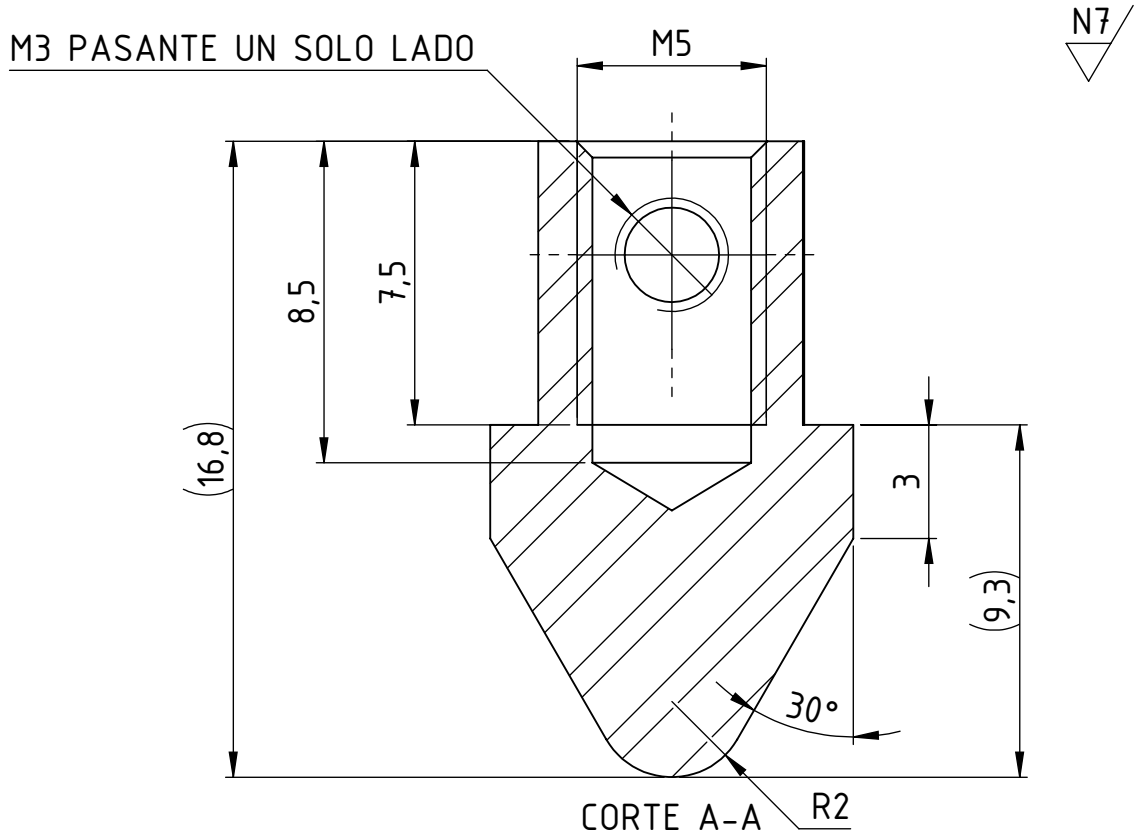
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

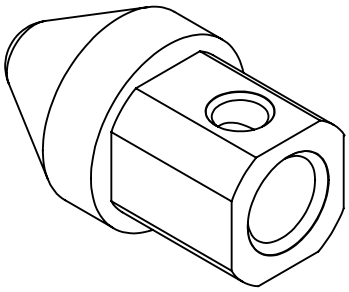
TITULO
Tapa varilla
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

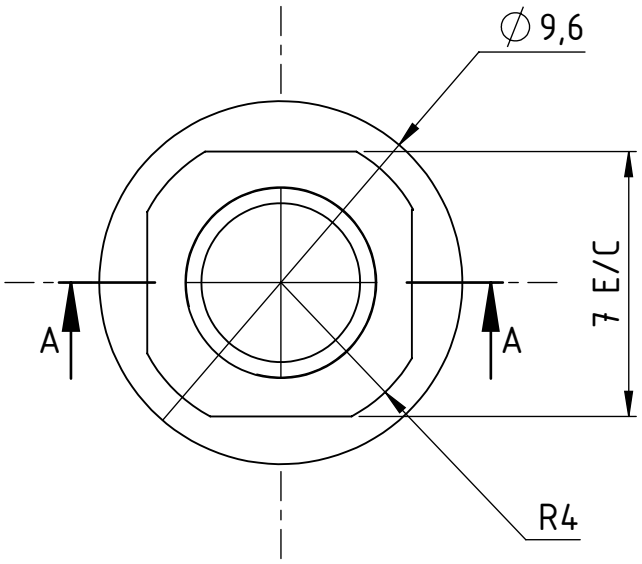
ESCALA GENERAL
5:1

ES1-3103





VISTA ISOMETRICA
ESCALA 3 : 1



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Varilla Ø 10mm	AISI 4340 Acero normalizado	6	0.00 KG

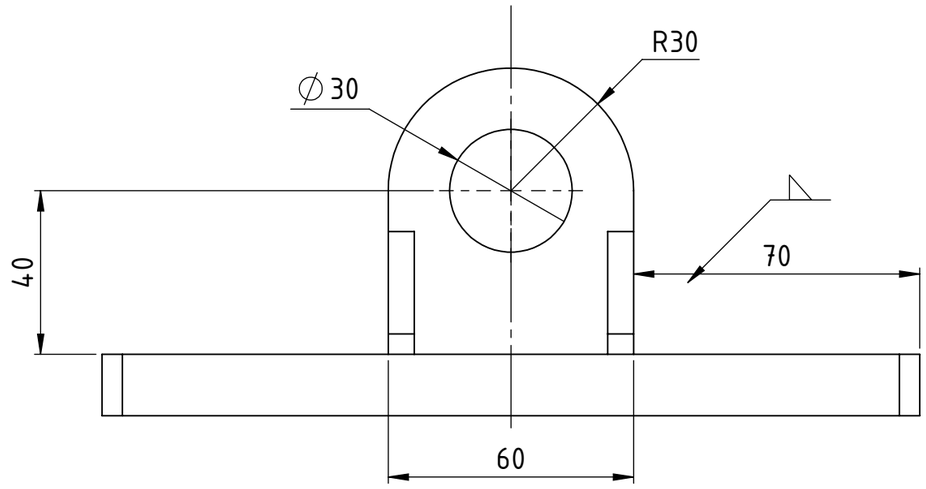
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

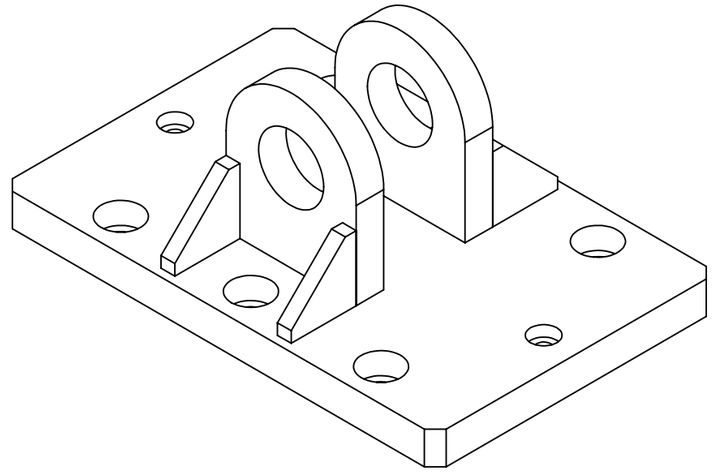
TITULO: Bala 3-8 apertura
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

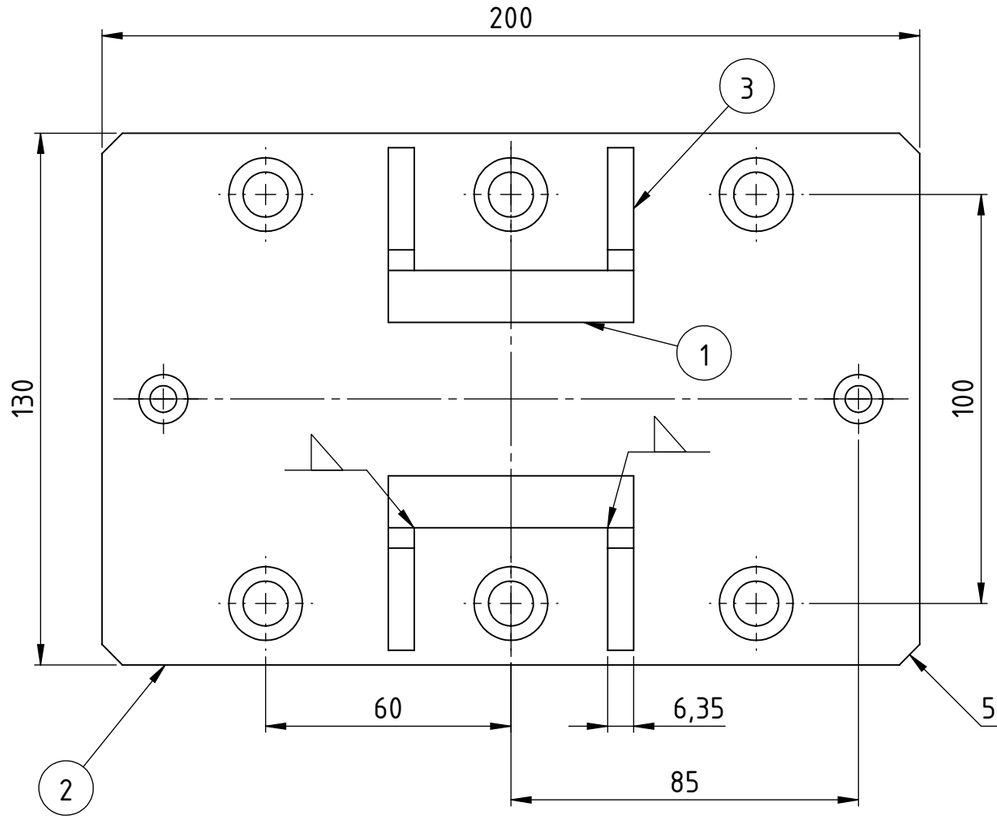
ESCALA GENERAL 5:1

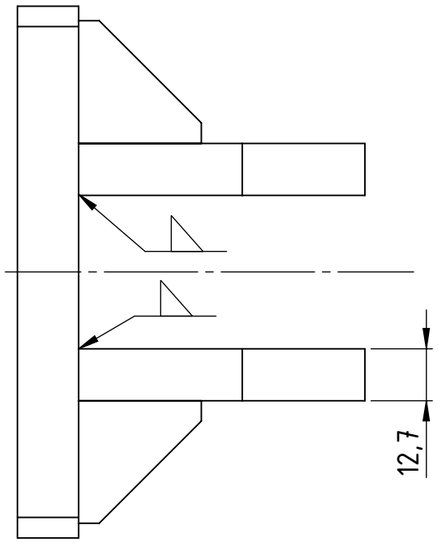
ES1-3104





VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1 : 2





N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
3	4	CARTELA	SAE 1010
2	1	CHAPA BASE	SAE 1010
1	2	OREJA	SAE 1010

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

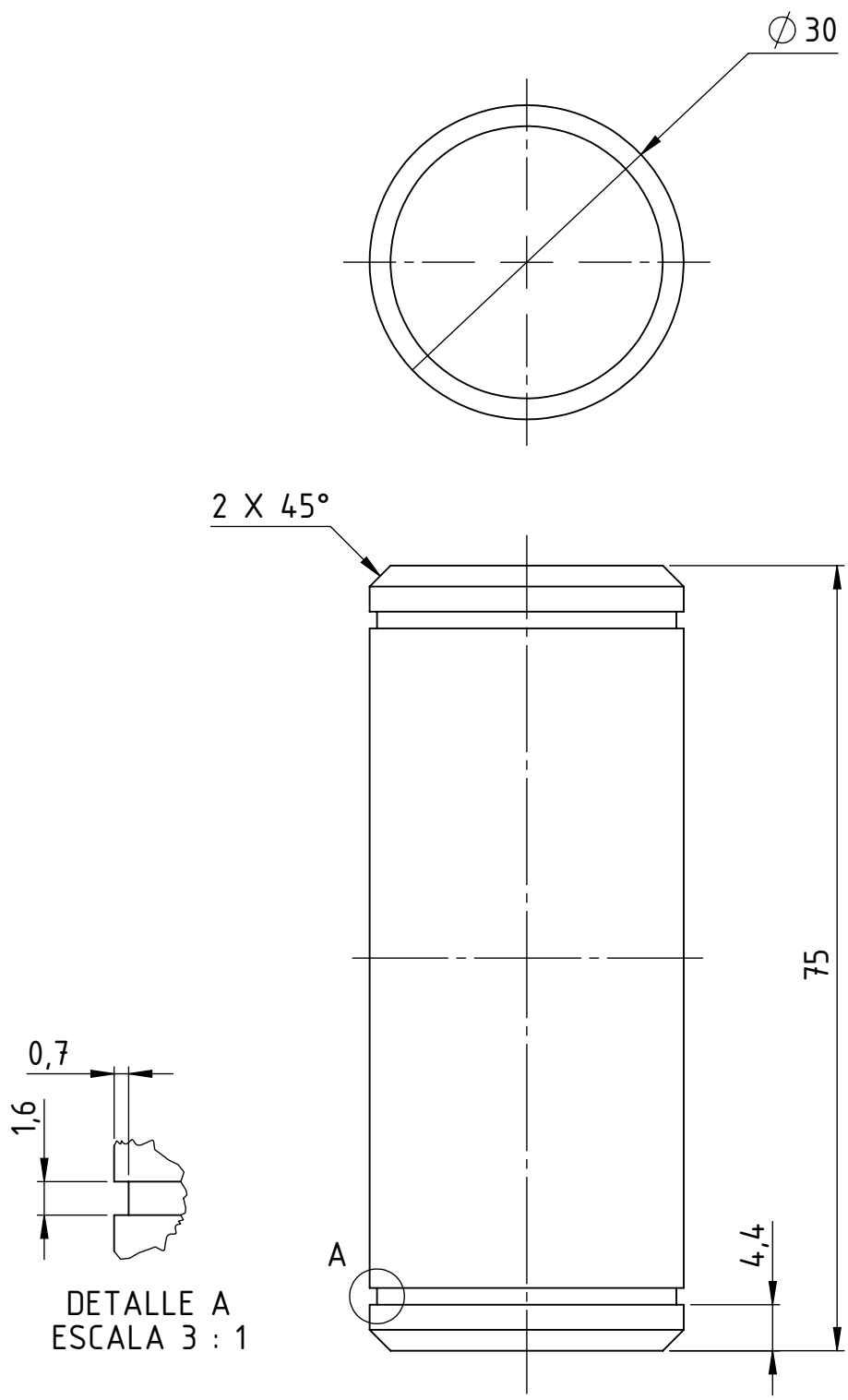
TITULO
Tapa apertura
Conjunto Apertura

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 2:3

ES1-3105

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Redondo Ø 30mm	SAE 1045	1	0.41 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

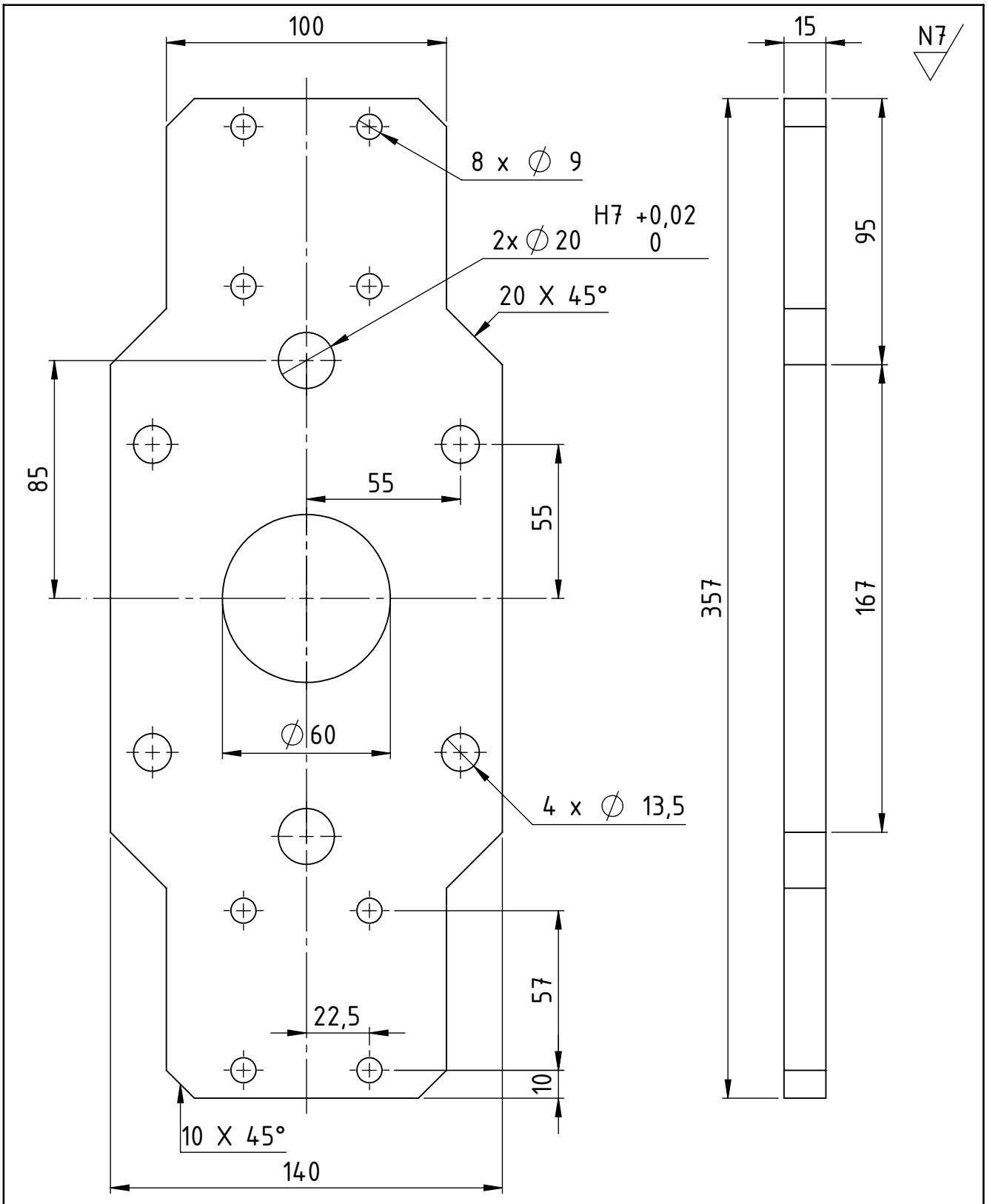
TITULO: Perno rótula 30
Conjunto Apertura

INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO: Lucas Z.
FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 3:2

ES1-3106



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 5/8" 357mm x 140mm	SAE 1010	1	4.54 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

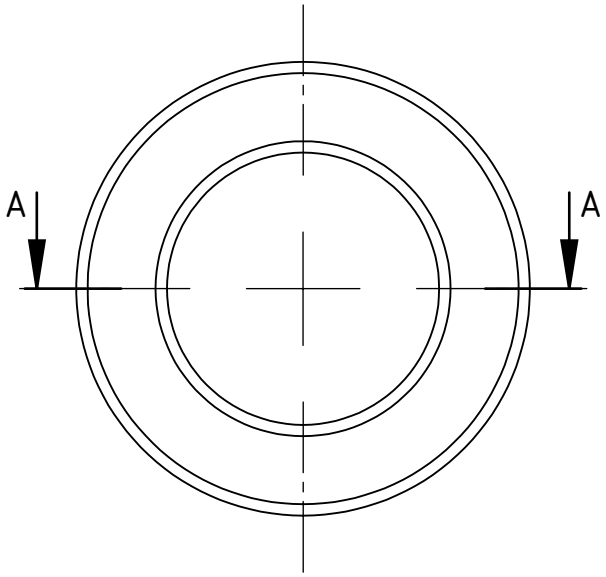
TITULO
Soporte cilindro guías
Conjunto Apertura

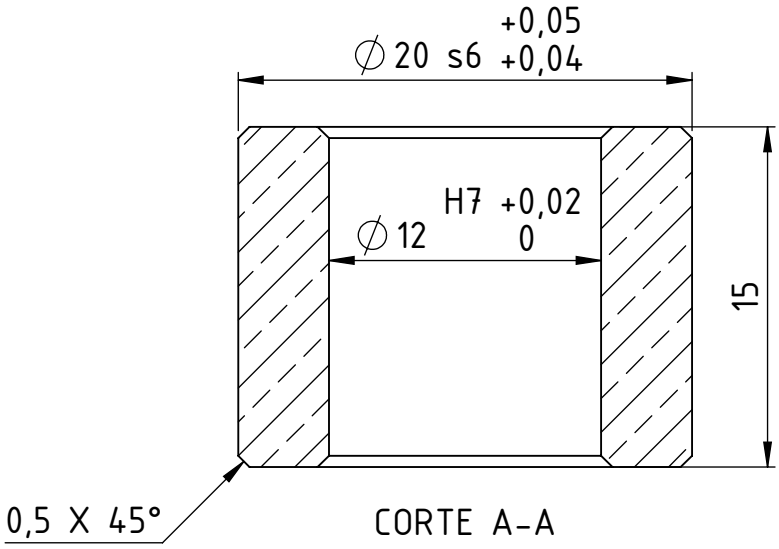
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:2

ES1-3107

N7





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Macizo bronce Ø 20 mm	Bronce SAE 660	4	0.03 KG

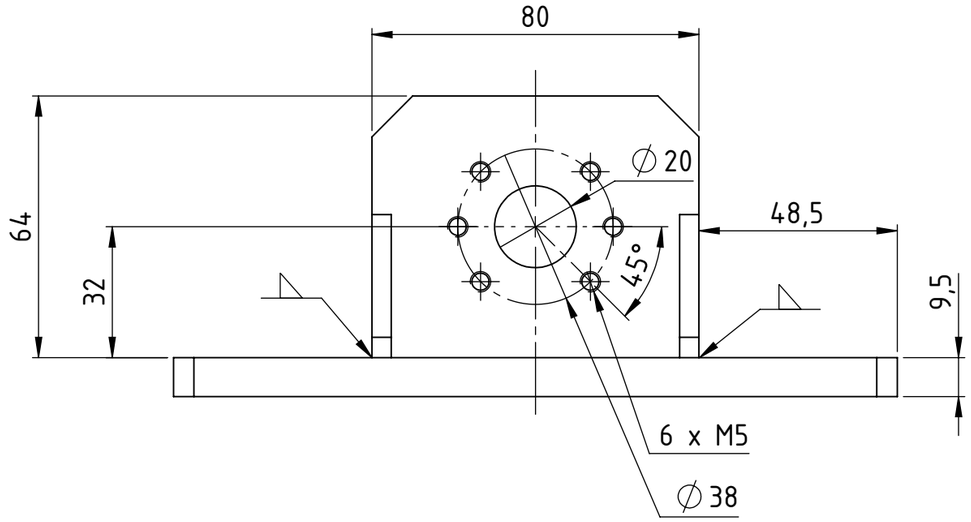
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

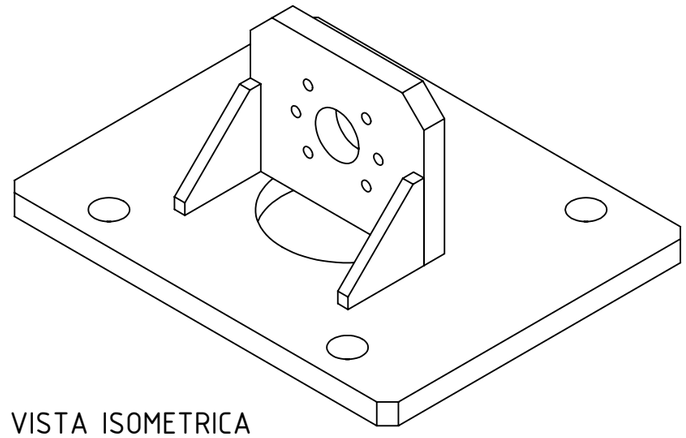
TITULO
Buje guia apertura
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

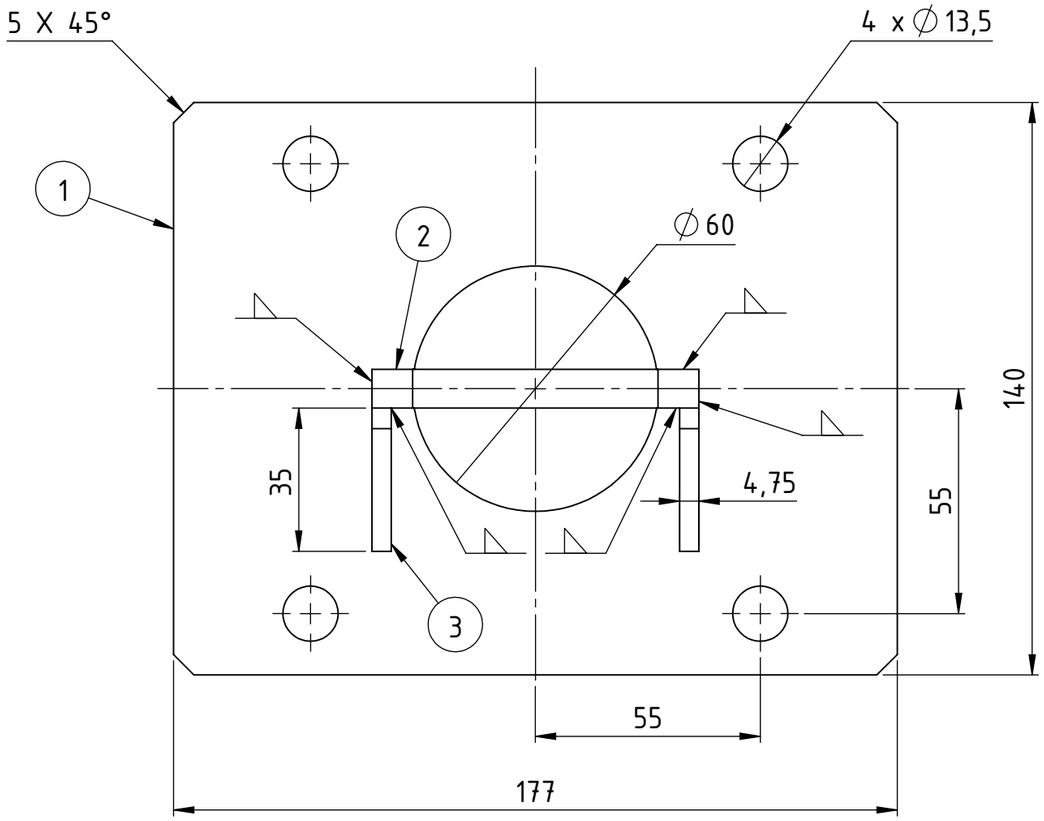
ESCALA GENERAL
3:1

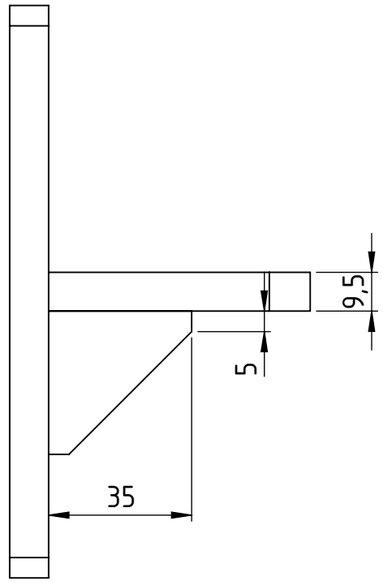
ES1-3108





VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1 : 2





N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
3	2	CARTELA	SAE 1010
2	1	PLACA UNION	SAE 1010
1	1	PLACA BASE	SAE 1010

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

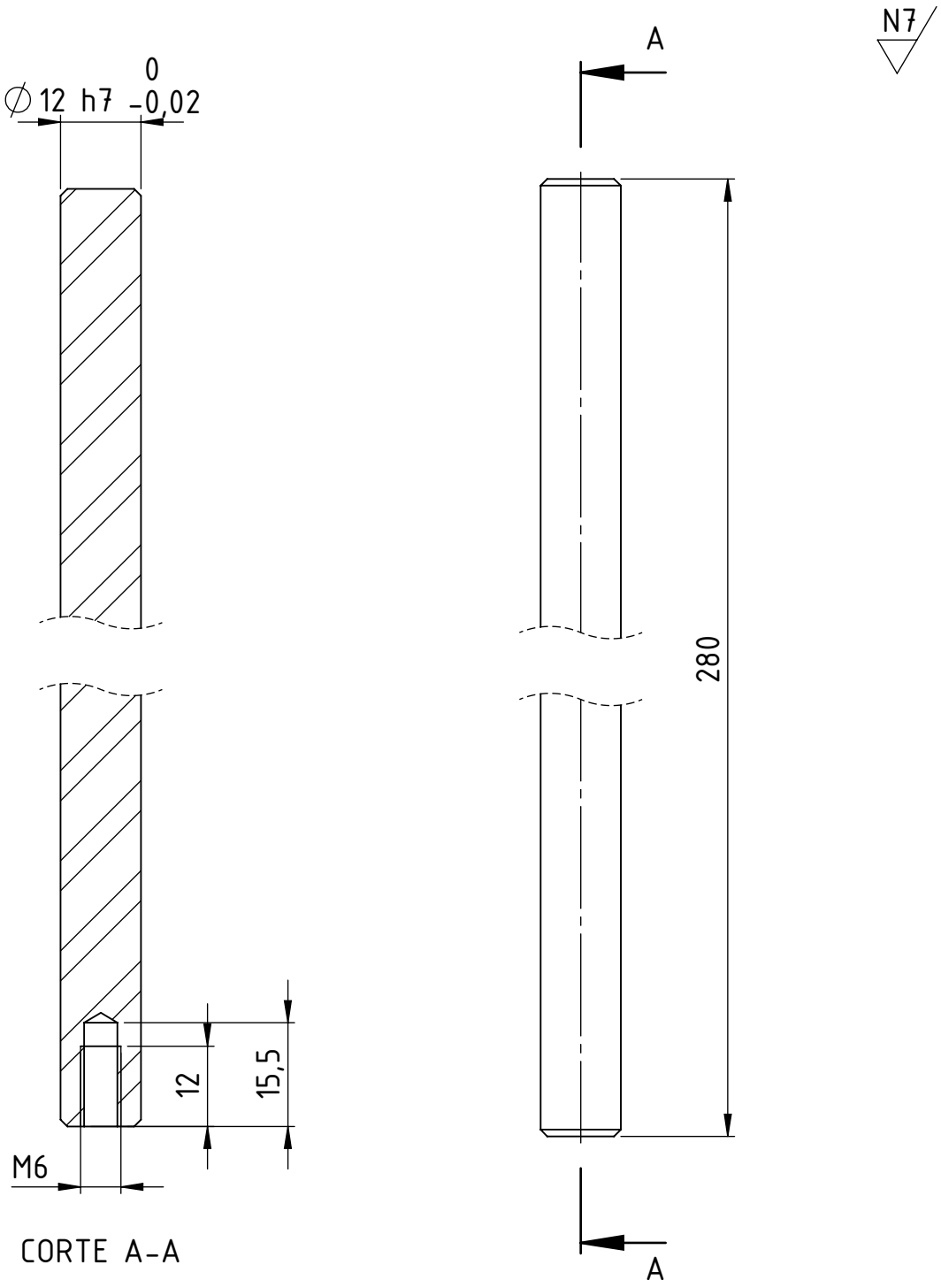
TITULO
Soporte cilindro acople
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 2:3

ES1-3109

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	REDONDO LAMINADO 12mm	SAE 1010	4	0.25 KG

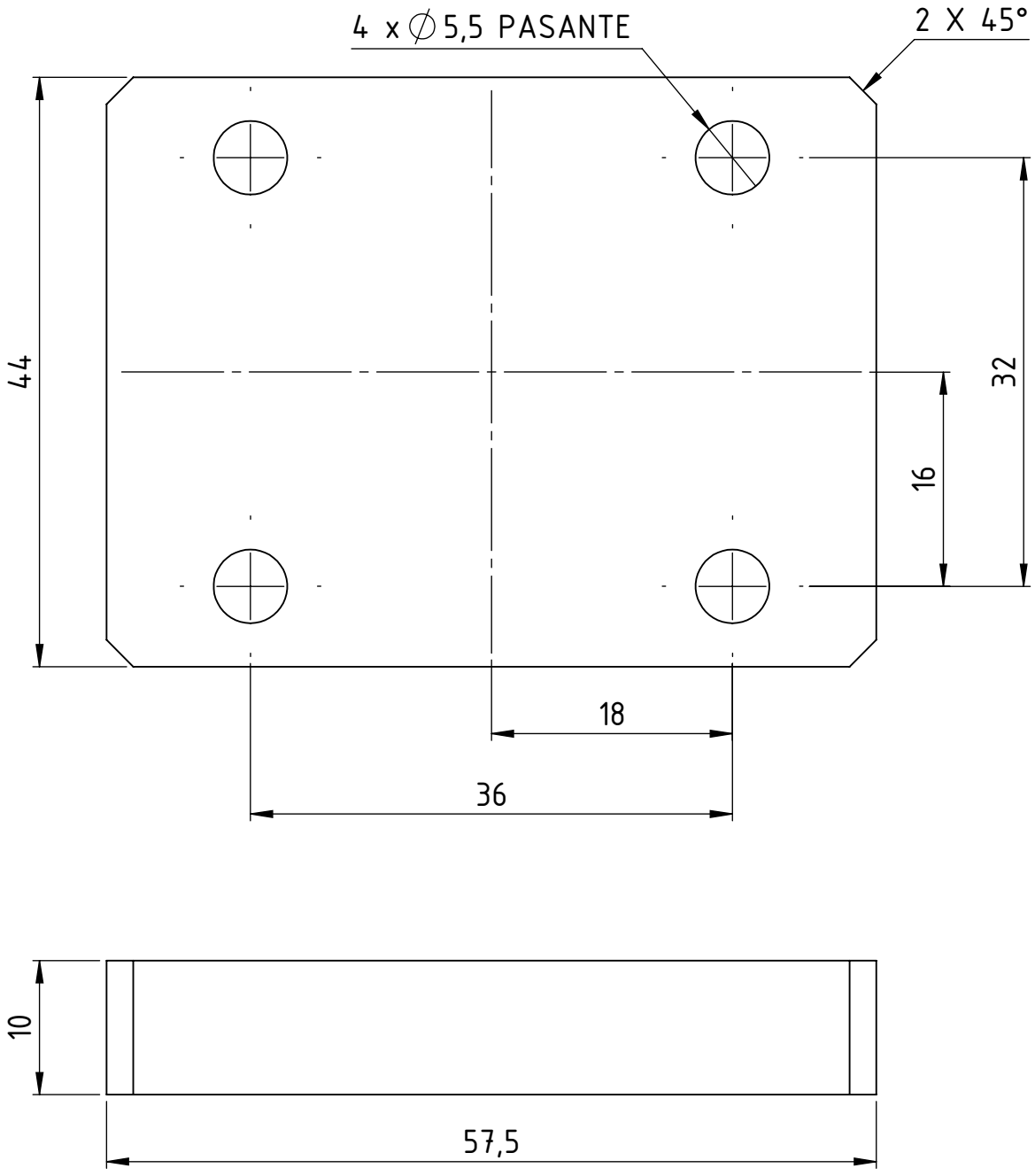
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO: Guía cilindro
Conjunto Apertura

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-3110



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Grilon 10mm x 44mm x 57.5	Grilon	4	0.03 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

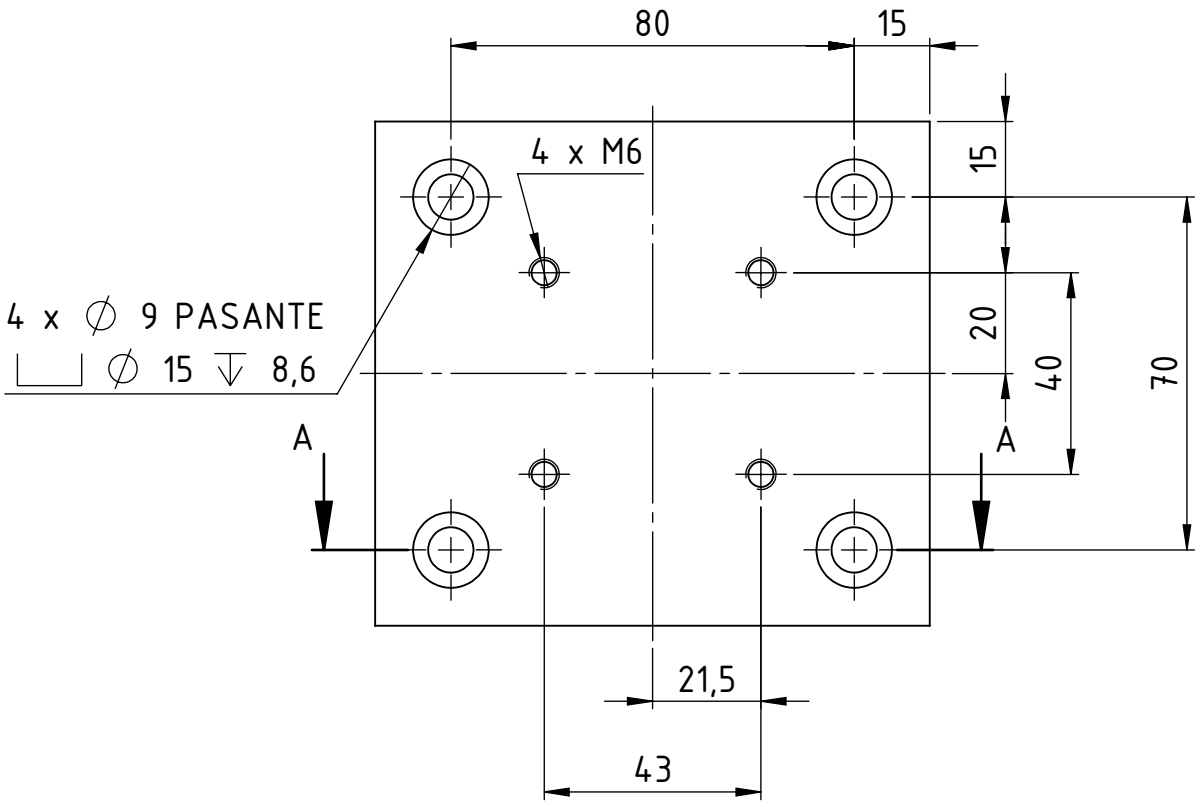
TITULO
Separador patines
Conjunto Soldadura

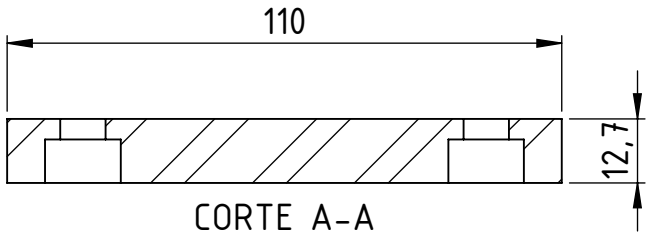
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
2:1

ES1-3203

N8





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1/2" 100mm x 110mm	SAE 1010	2	1.04 KG

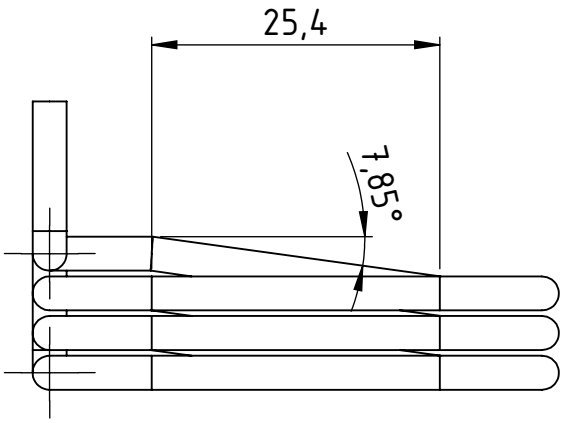
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

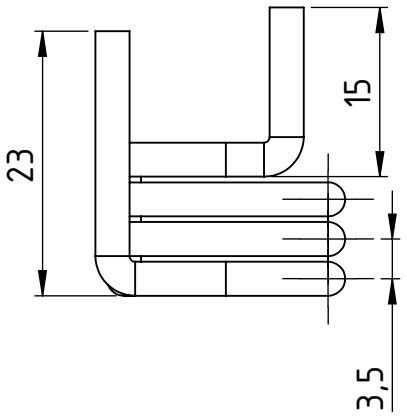
TITULO
Placa cilindro cabezal
Conjunto Soldadura

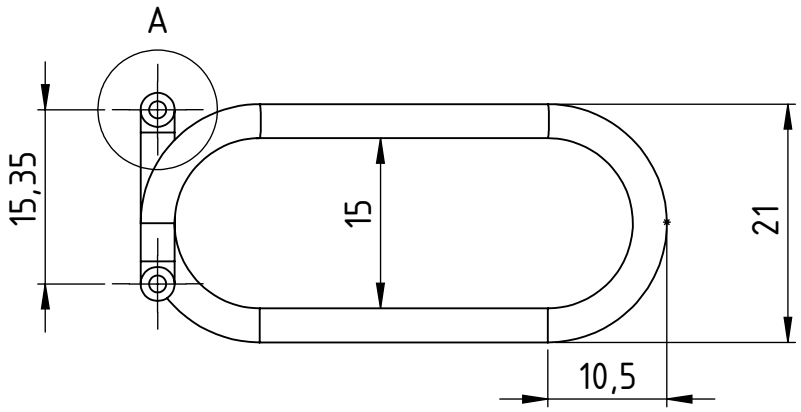
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

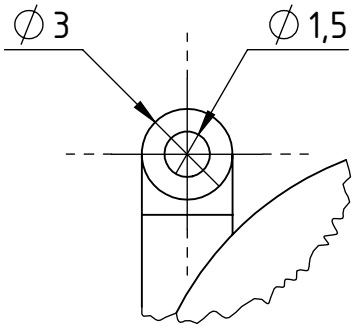
ESCALA GENERAL
2:3

ES1-3204









DETALLE A
ESCALA 4 : 1

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Caño de cobre Øext 3mm y Øint 1.5mm	Cobre	2	0.02 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

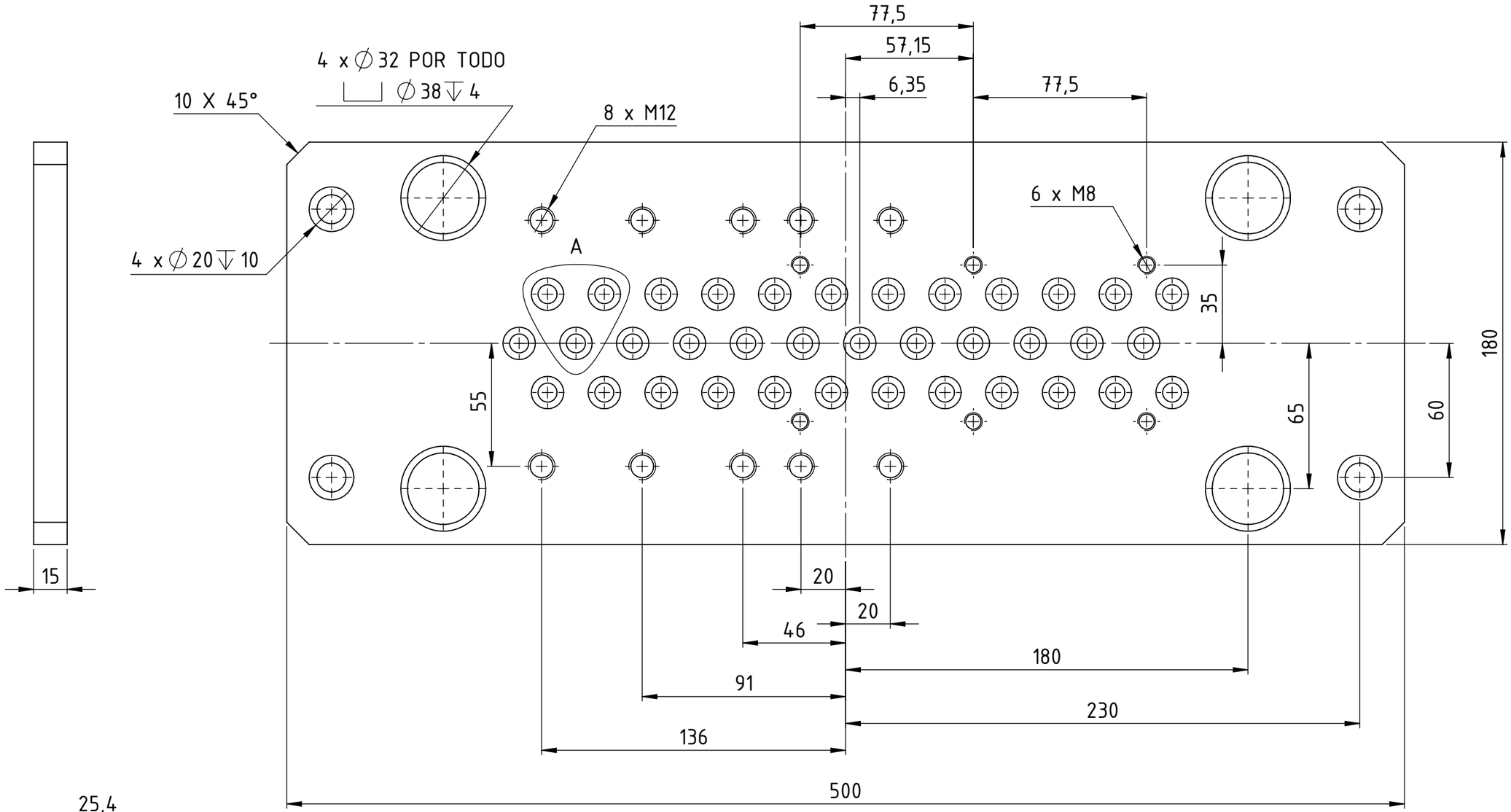
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

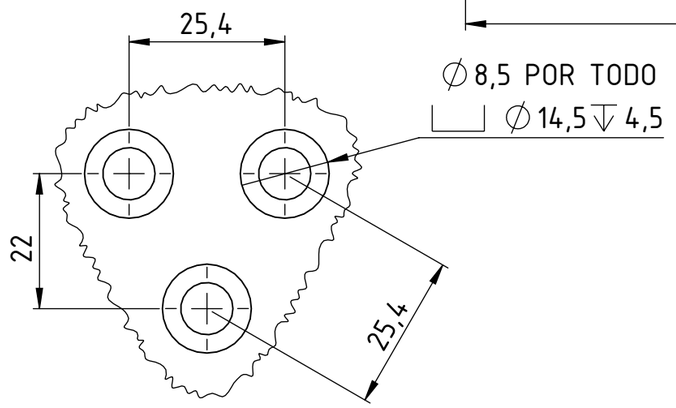
TITULO
Alambre inductor
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL
3:2

ES1-3401





DETALLE A
ESCALA 1 : 1

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Chapa espesor 5/8" 180mm x 500mm	SAE 1010	1	9.56 KG
POS	DENOMINACIÓN	MATERIAL	CANT.	PESO

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

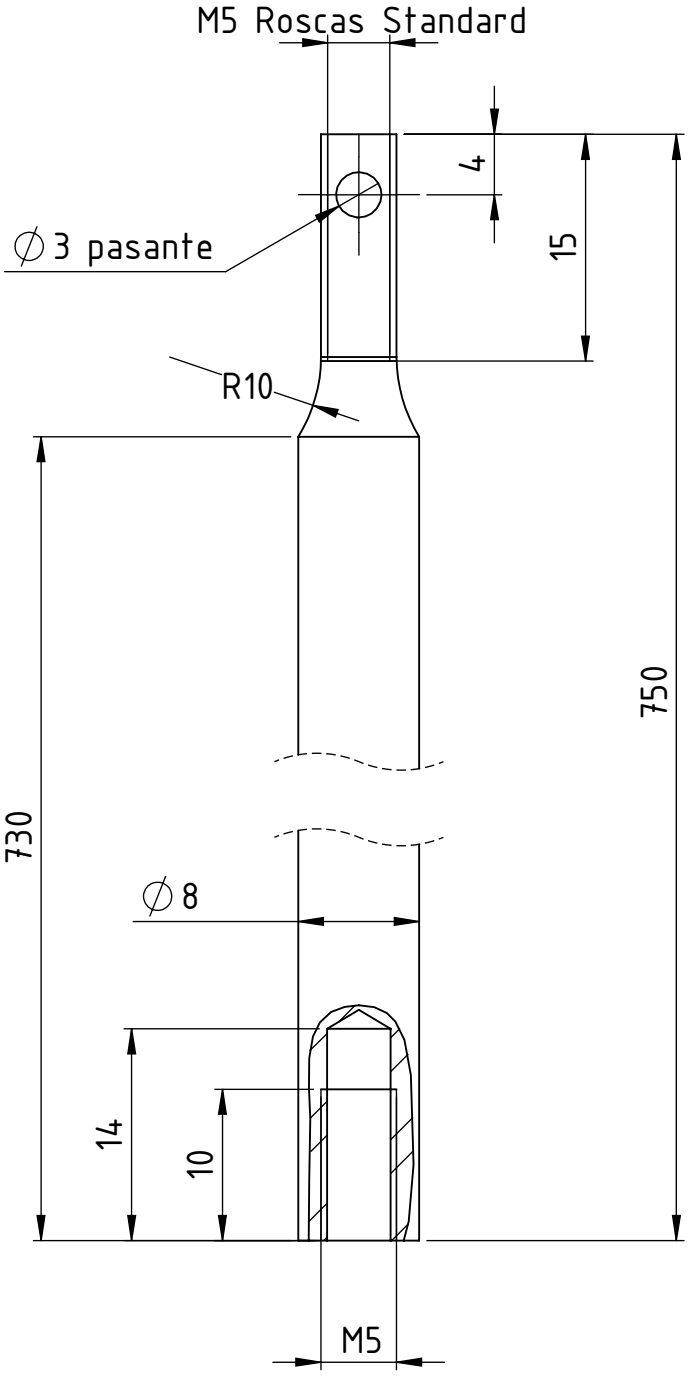
TITULO
Placa base
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
1:2

ES1-4101

N7



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Varilla trefilada Ø 8mm	SAE 1010	36	0.29 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

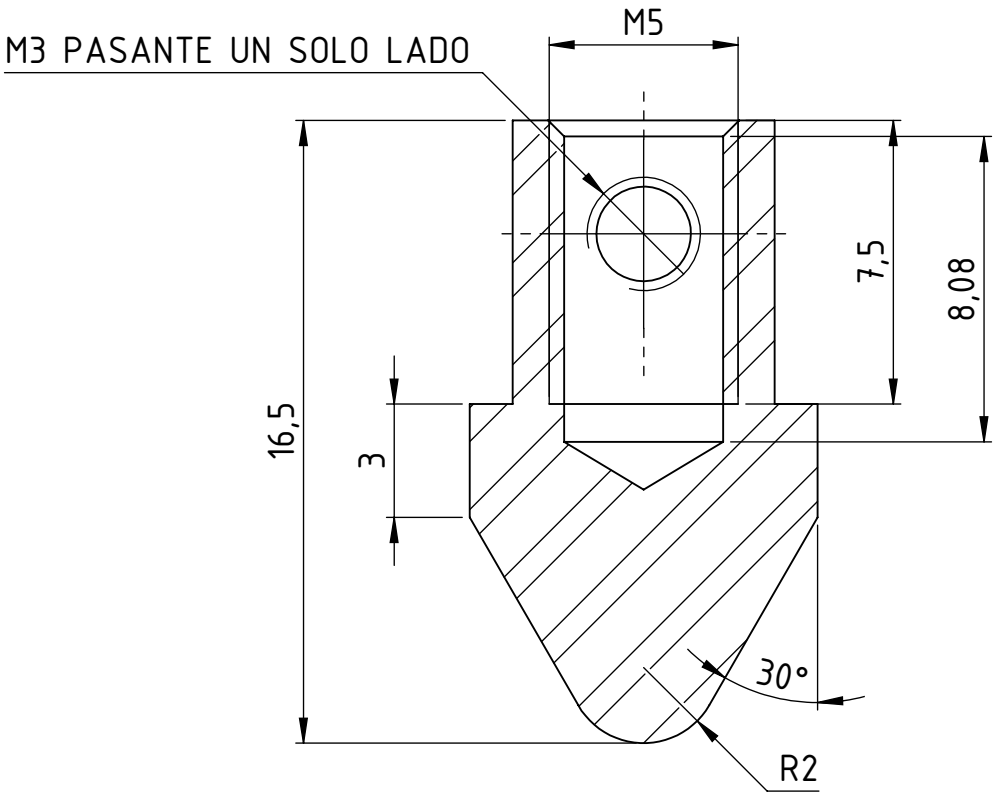
TITULO
Varilla 3-8
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

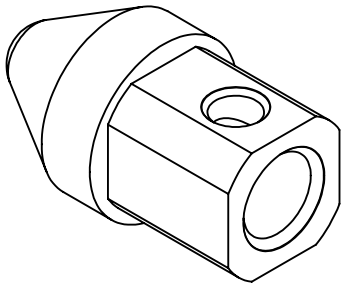
ESCALA GENERAL
2:1

ES1-4002

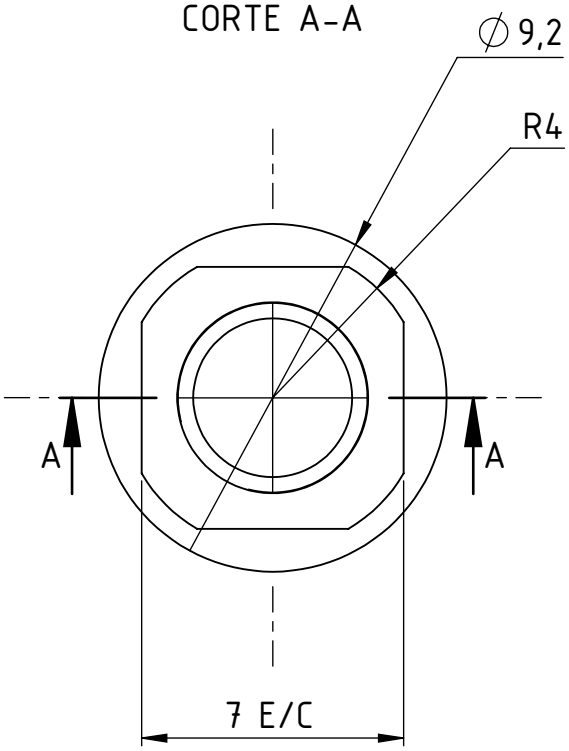
N8



CORTE A-A



VISTA ISOMETRICA
ESCALA 3 : 1



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Varilla Ø10mm	SAE 4140	36	0.00 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

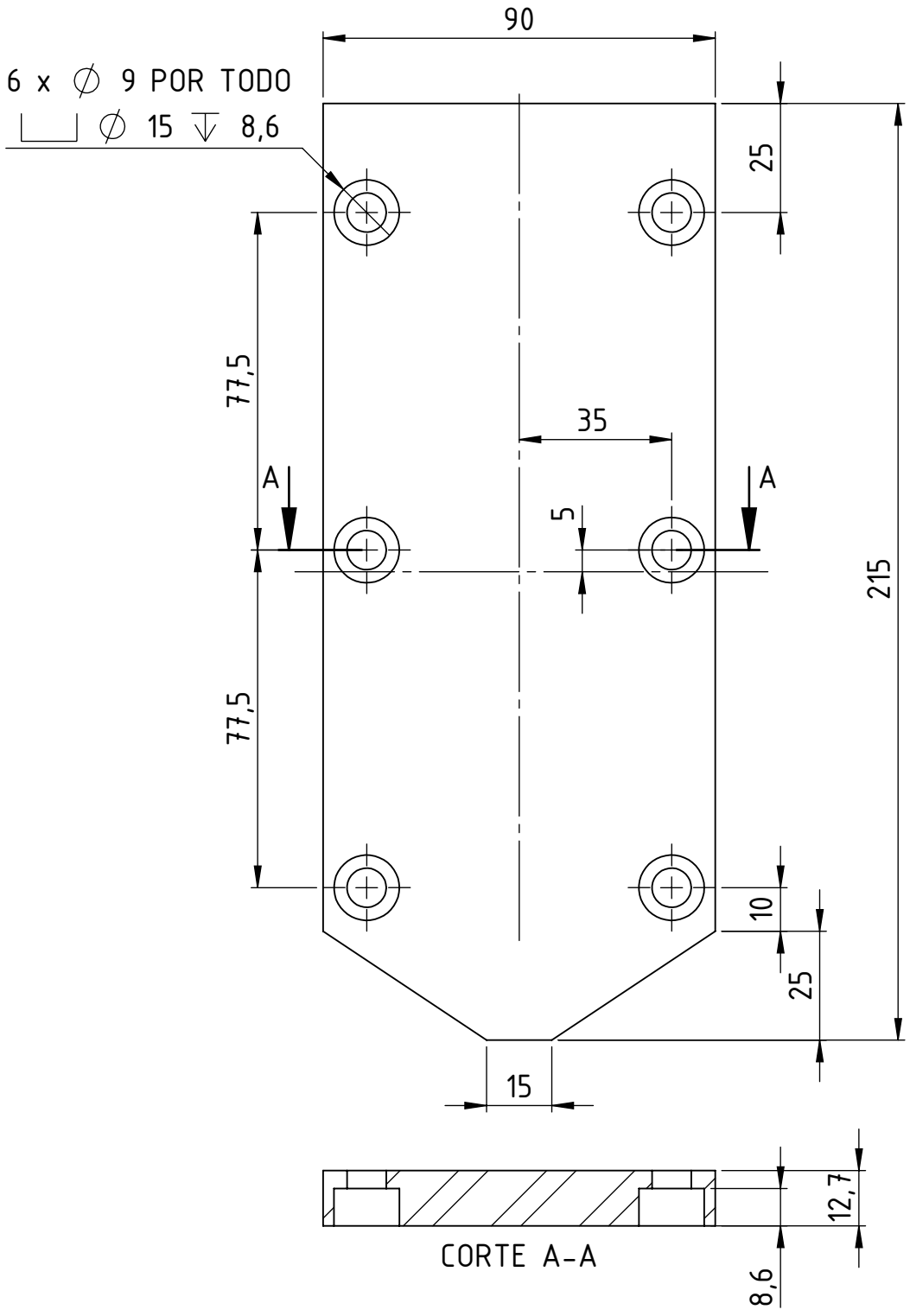
TITULO
Bala 3-8
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
5:1

ES1-4004

N8



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1/2" 215mm x 90mm	SAE 1010	1	1.76 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

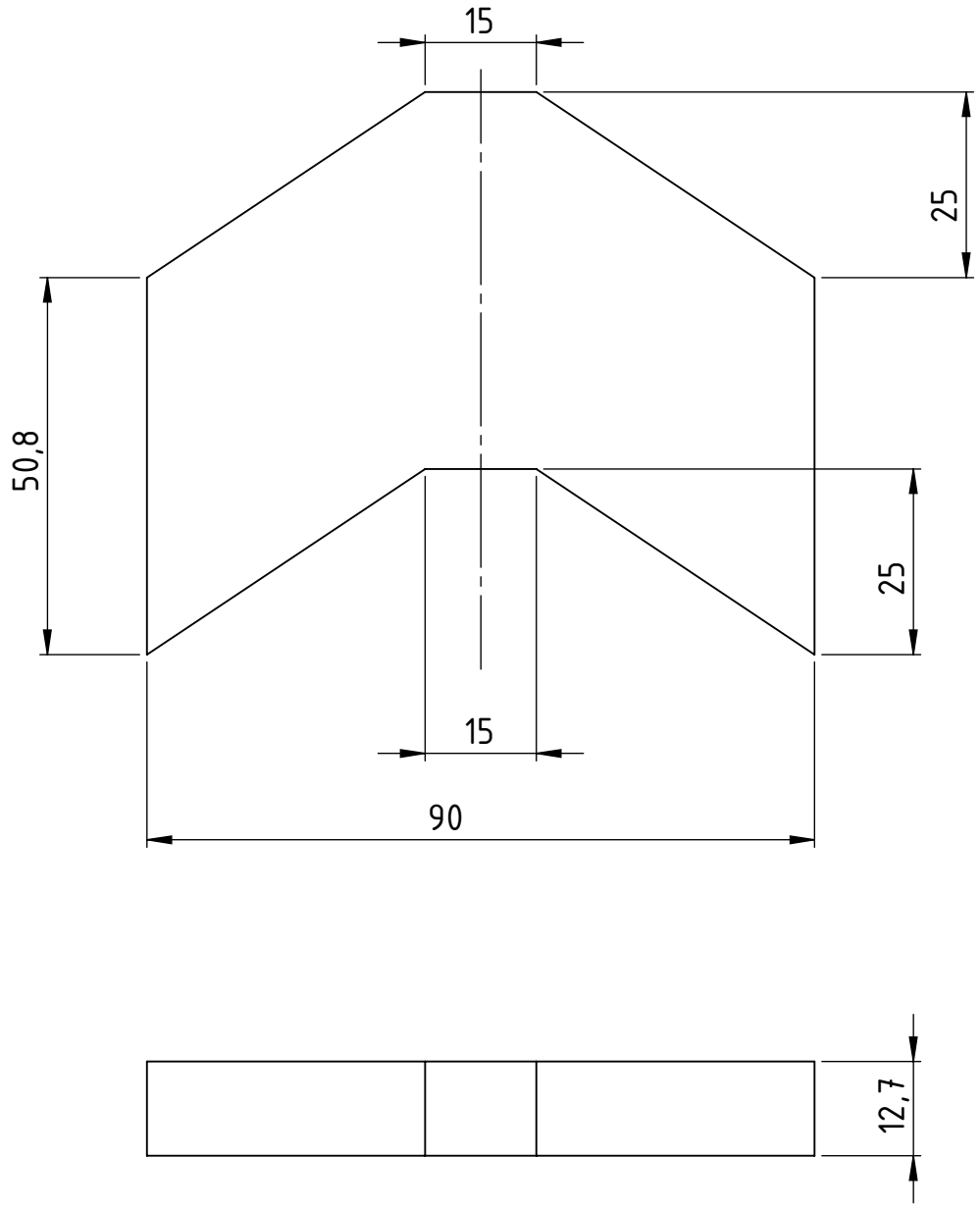
TITULO
Tapa principal
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
2:3

ES1-4005

N6



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1/2" 76mm x 90mm	SAE 1010	2	0.46 KG

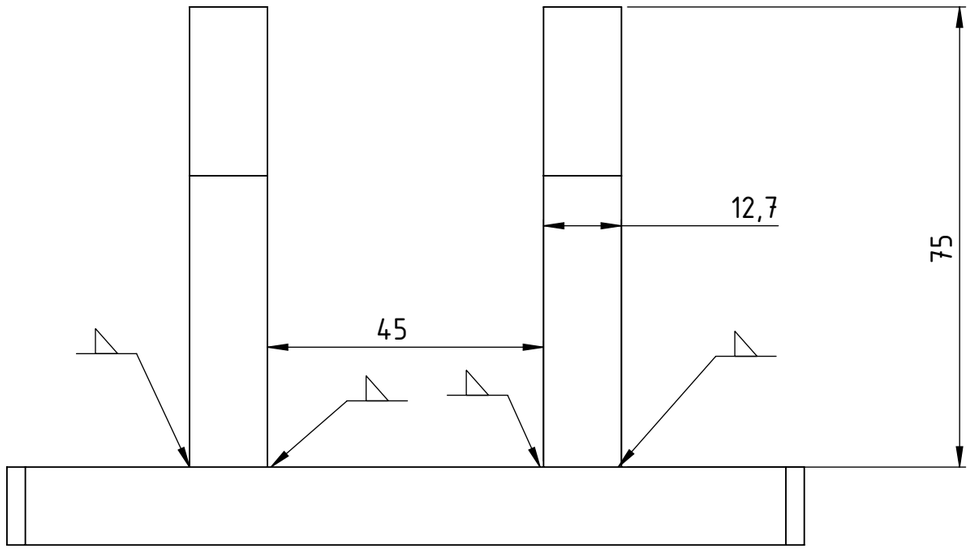
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

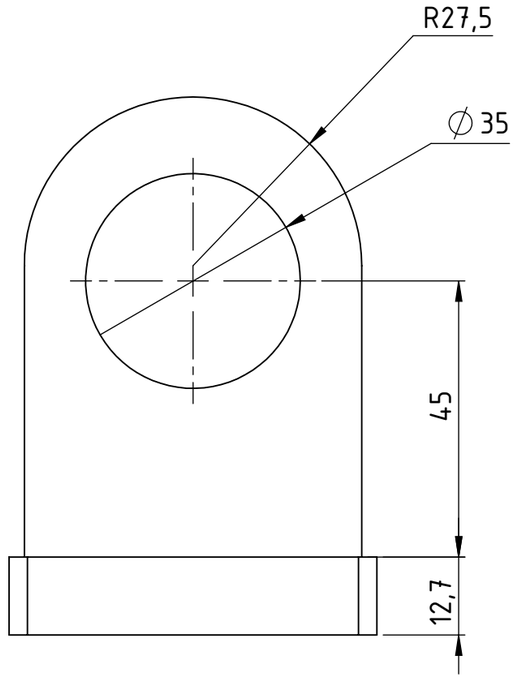
TITULO
Tapa auxiliar
Conjunto Expandido

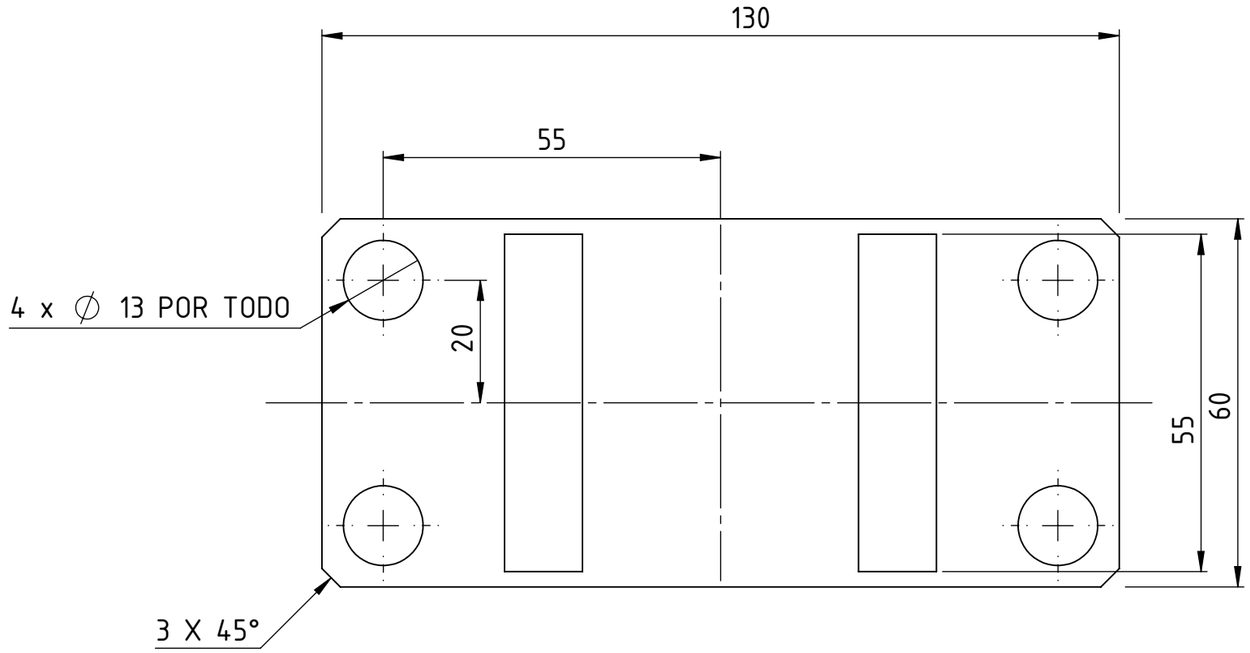
	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-4006







MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

N° DE ELEMENTO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	MATERIAL
2	2	OREJA	SAE 1010
1	1	PLACA BASE	SAE 1010

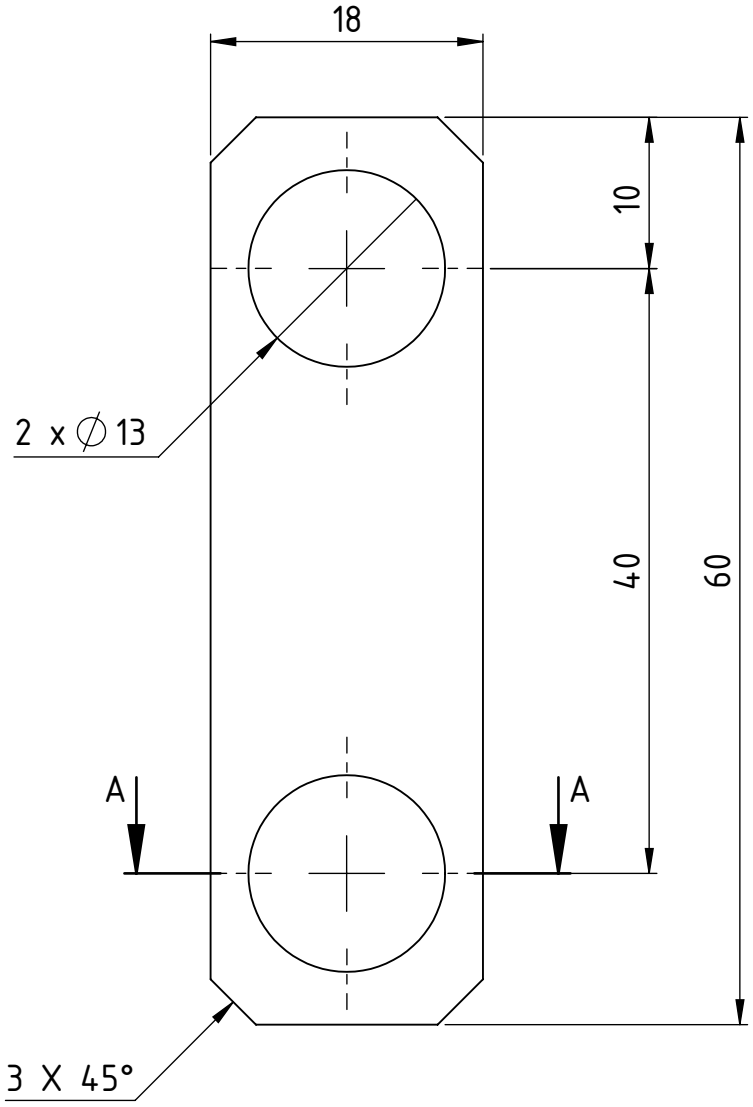
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

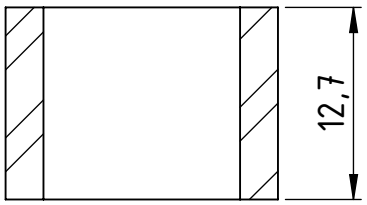
TITULO
Placa cilindro expandido
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
1:1

ES1-4007





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1/2" 18mm x 60mm	SAE 1010	2	0.08 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO: Suplemento acople Conjunto Expandido

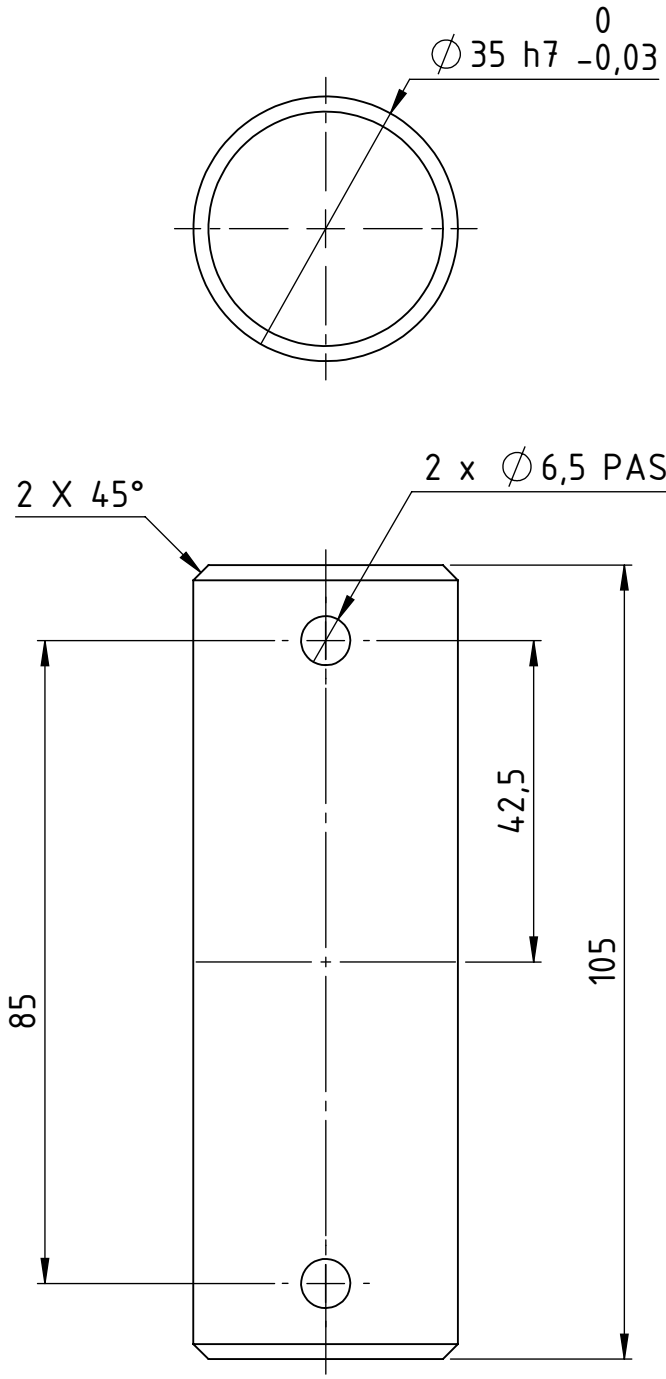
	NOMBRE	LEGAJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1

DIBUJO: Lucas Z.
FECHA 27/4/2026

ESCALA GENERAL 2:1

ES1-4008

N8



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Redondo laminado Ø38mm	SAE 1045	1	0.77 KG

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

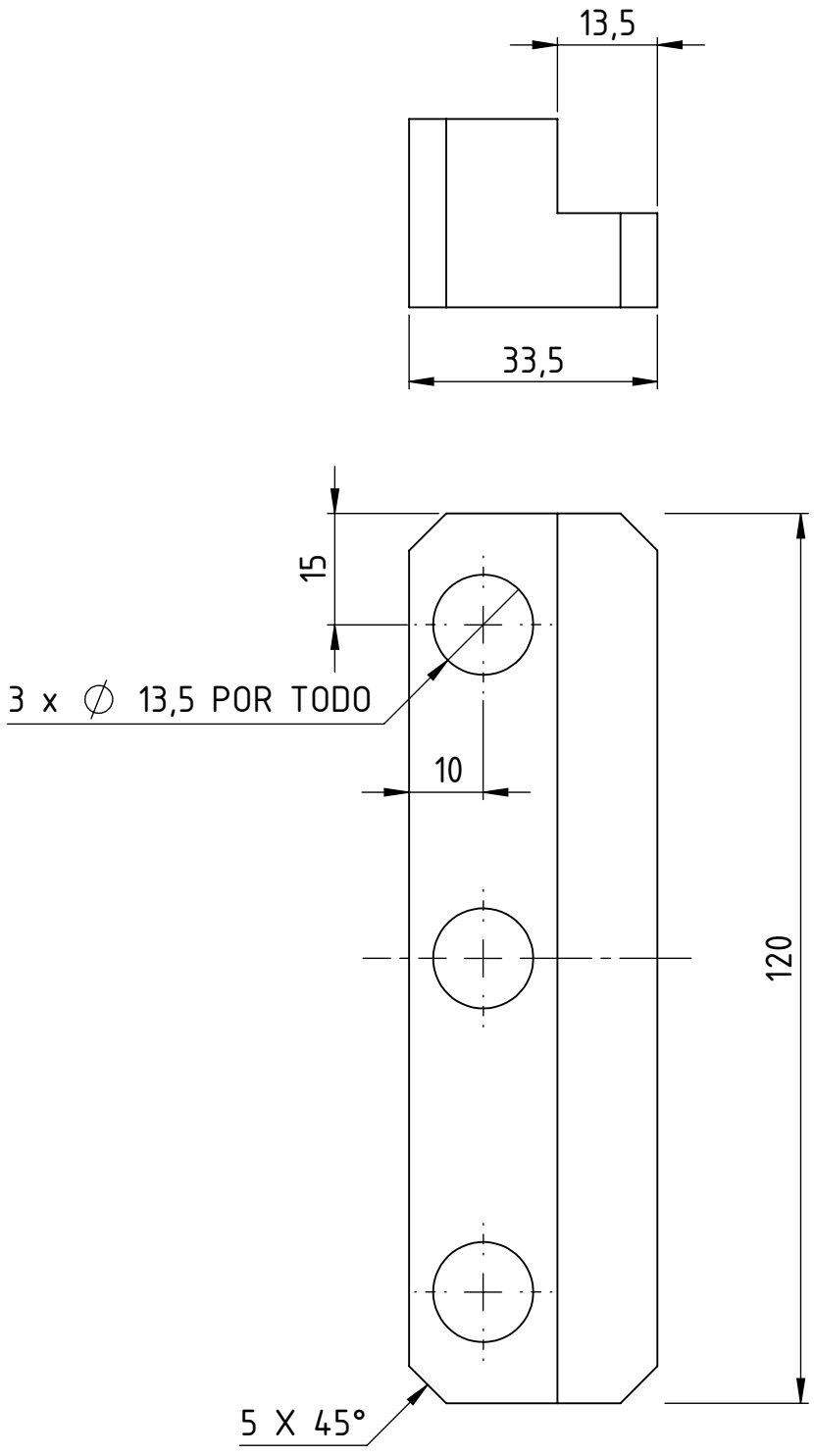
TITULO: Perno cilindro
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-4009

N6



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO
1	Chapa espesor 1" 120mm x 35mm	SAE 1010	2	0.55 KG

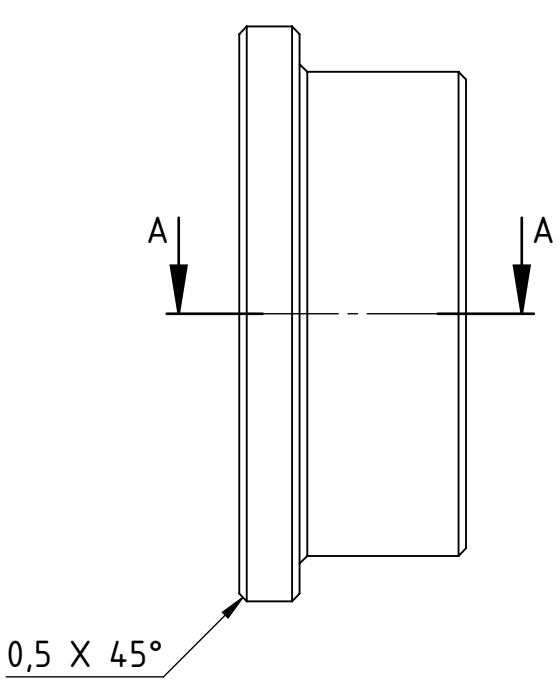
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

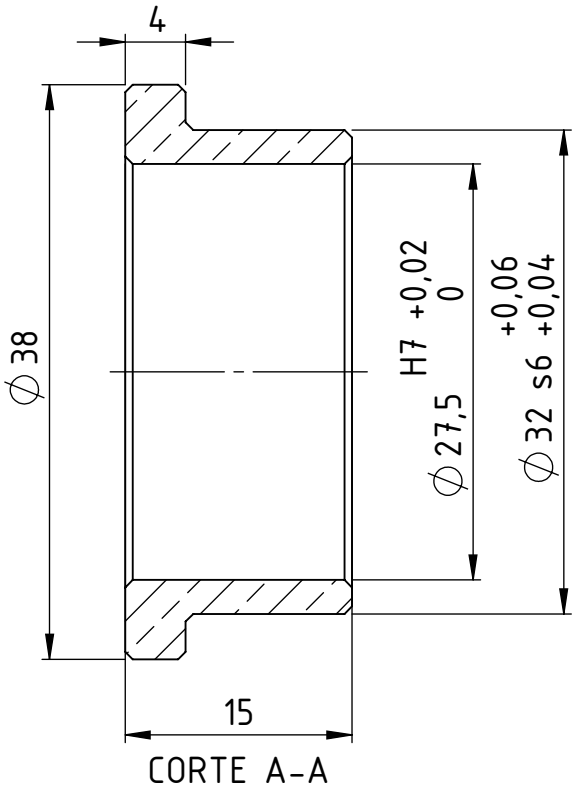
TITULO: Placa guía auxiliar
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL 1:1

ES1-4010





CORTE A-A

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Redondo Bronce Ø38mm	Bronce SAE 660	4	0.04 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

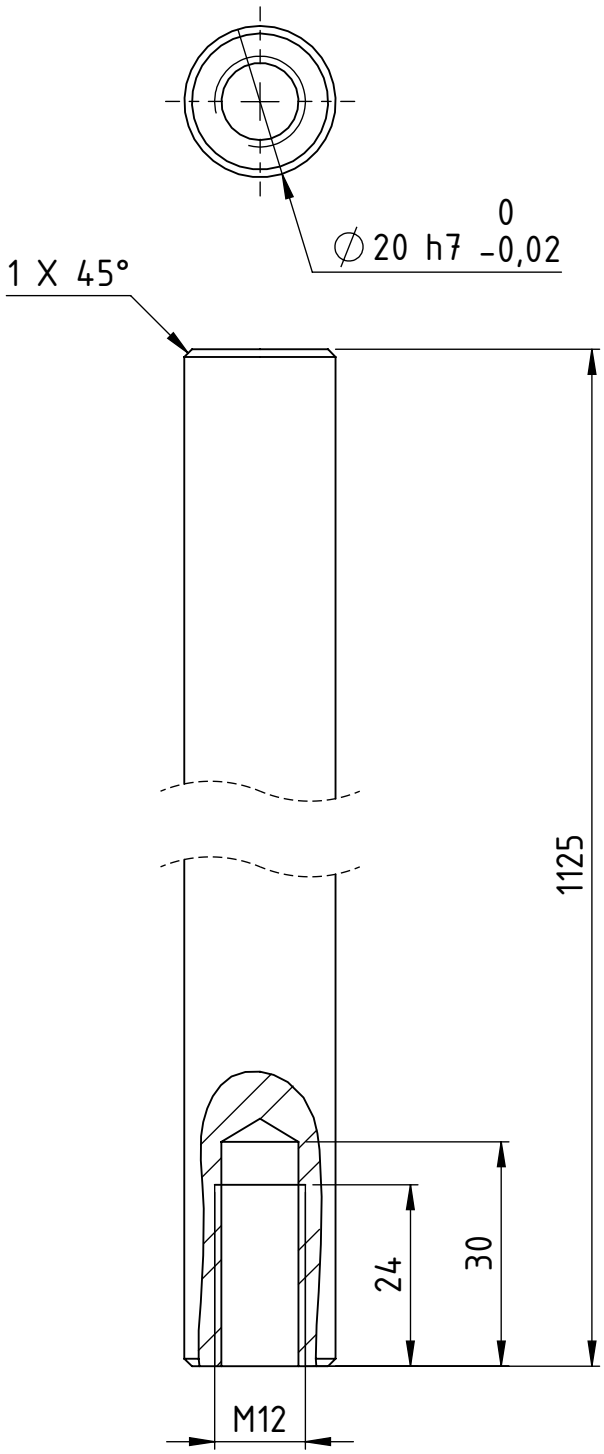
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Buje resalte placa guía
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

ESCALA GENERAL
2:1

ES1-4011



MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Varilla laminada Ø20mm	SAE 1010	4	2.76 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

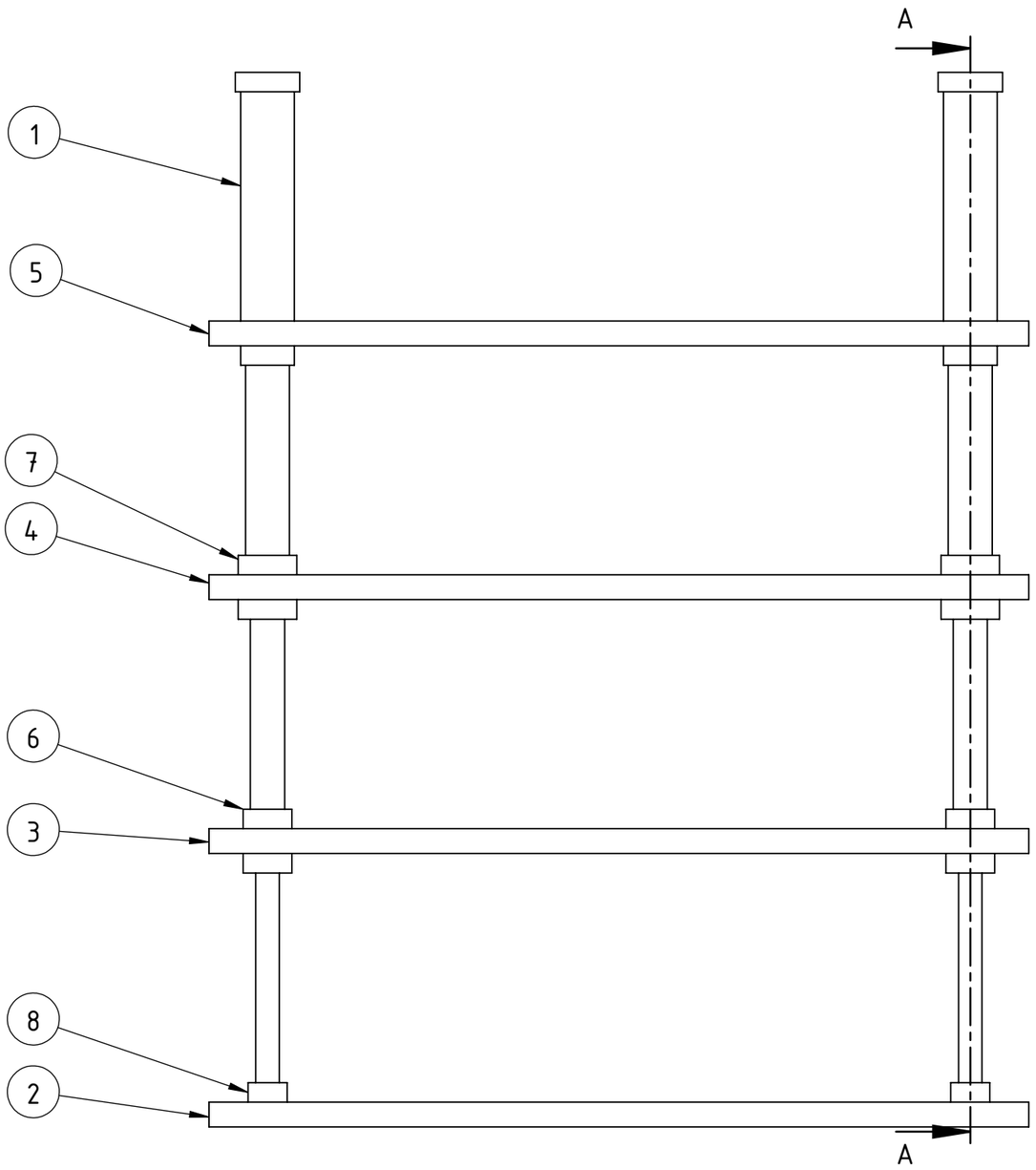
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

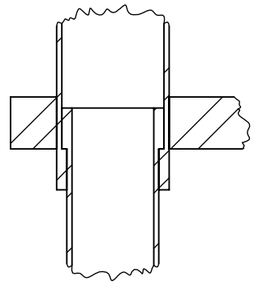
TITULO
Guía expandido
Conjunto Expandido

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 26/4/2026

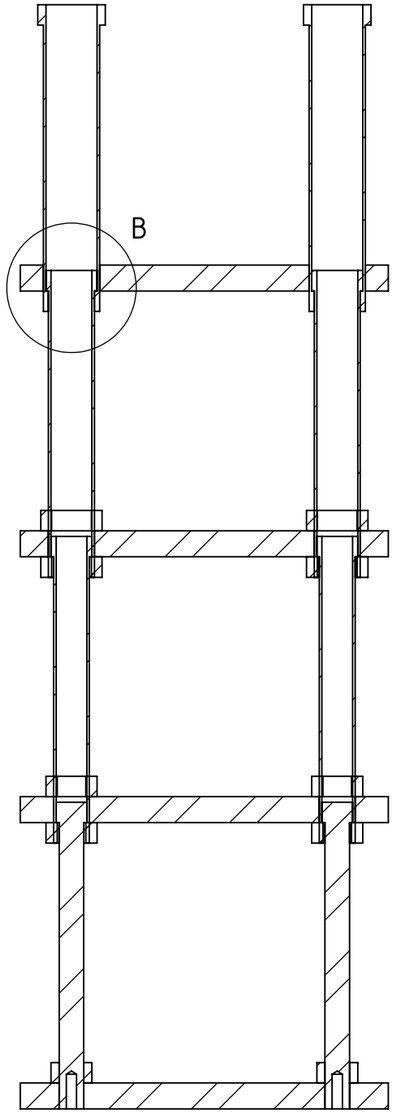
ESCALA GENERAL
1:1

ES1-4012





DETALLE B
ESCALA 2 : 3



CORTE A-A

POS	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT.	Código
8	Buje 12x20x10	SAE 1010	4	ES1-4104
7	Buje 22x30x10	SAE 1010	8	ES1-4103
6	Buje 16x25x10	SAE 1010	8	ES1-4102
5	Placa anti-pandeo Ø27.5	SAE 1010	1	ES1-4101
4	Placa anti-pandeo Ø22.5	SAE 1010	1	ES1-4101
3	Placa anti-pandeo Ø17.5	SAE 1010	1	ES1-4101
2	Placa anti-pandeo Ø12	SAE 1010	1	ES1-4101
1	Caño telescopico	-	4	ES1-4110

PESO 31.27 KG
MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

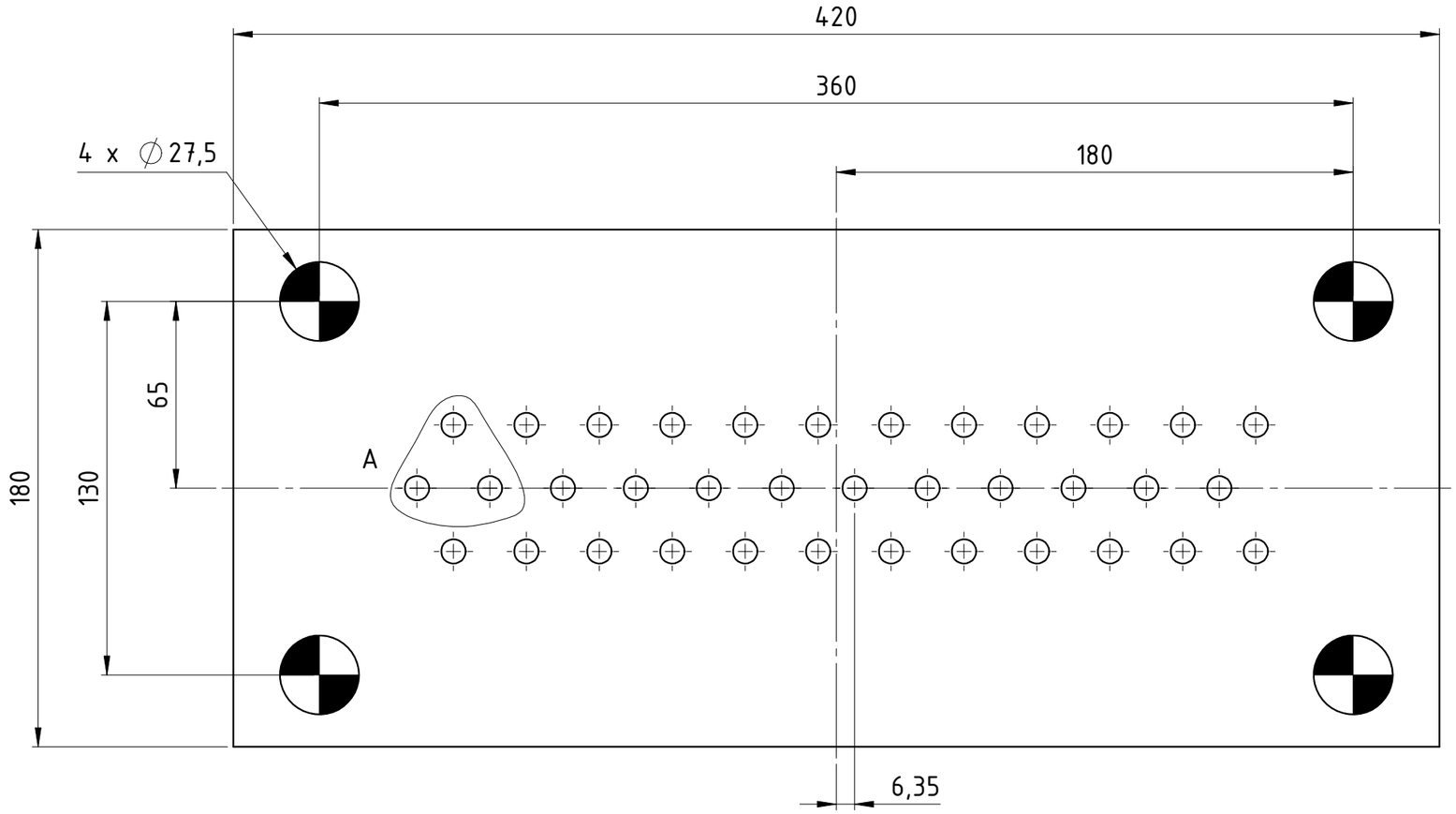
TITULO
Conjunto placa telescopica
Conjunto Expandido

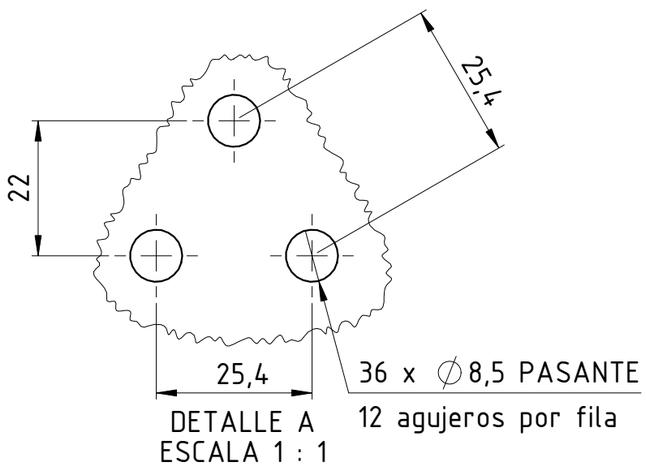
INTEGRANTES	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:3

ES1-4100

N8





DETALLE A
ESCALA 1 : 1

MEDIDAS EN mm
TOLERANCIAS GENERALES SEGÚN DIN 2768-M

1	Chapa espesor 1/2" 180mm x 420mm	SAE 1010	4	7.11 KG
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	CANT.	PESO

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERIA MECANICA
ROSARIO

TITULO
Placa anti-pandeo
Conjunto Placa telescópica

	NOMBRE	LEGAJO	DIBUJO
INTEGRANTES	POLLINA, Maximiliano	P-4692/2	Lucas Z.
	ZEHNDER, Lucas	Z-1177/1	FECHA 28/4/2026

ESCALA GENERAL
1:2

ES1-4101