

Grúa de rescate y operaciones de Bomberos

Tumini Bellico, Octavio

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

Grúa de rescate y operaciones de Bomberos

Tumini Bellico, Octavio

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

Ingeniero Mecánico

Directores:

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

2025

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis padres, que como ya saben, son los mejores que me podrían haber tocado. Gracias por su apoyo y todo su amor.

A mi hermano, por su presencia incondicional.

A Sol, por hacerme compañía en cada sesión de estudio.

A mi familia, por su cariño constante y siempre estar presentes.

A mis amigos, por la motivación y las risas.

A los docentes de la EIM, por su dedicación y por todos los conocimientos que me brindaron a lo largo de estos años.

Y a los Bomberos Voluntarios, por recibirme con tanta amabilidad y generosidad, gracias al gesto del Bombero Voluntario y gran amigo Blas.

A todos ustedes, gracias por tanto.

Resumen

En el presente proyecto se desarrolla el diseño de una grúa hidráulica articulada montada sobre una camioneta chasis-cabina, destinada a operaciones de rescate y combate de incendios en altura. Este surge de la ausencia de soluciones versátiles, compactas y económicas para cuerpos de bomberos. El objetivo principal es desarrollar un sistema multifunción con módulos intercambiables que permitan tanto el ascenso o descenso de personas (en camilla o canasta), como manipular un monitor de agua y operar una cámara termográfica desde posiciones elevadas. El diseño incluye un brazo articulado con una altura operativa total de 8 m, una capacidad de carga de 250 kg y rotación de 360°.

El sistema cuenta con un motor hidráulico y ocho cilindros hidráulicos en total: cuatro instalados en la grúa y cuatro en los estabilizadores, los cuales reciben presión desde una central hidráulica portátil montada en la camioneta. Se validaron los componentes mediante simulaciones y se dimensionó el circuito hidráulico considerando las pérdidas de carga. Además, se realizaron análisis de estabilidad en condiciones de máxima exigencia mecánica para asegurar el correcto comportamiento del sistema en operación.

El proyecto fue desarrollado en Rosario, Argentina, cumpliendo con la normativa vial local y las normas IRAM 3923-1 y 3927. Se concluye que la solución es técnicamente viable y que podría tener un alto impacto operativo en escenarios de emergencia en operaciones de los bomberos.

Palabras clave:
Grúa hidráulica, rescate en altura, extinción de incendios, brazo articulado, operaciones de bomberos.

Abstract

This project presents the design of an articulated hydraulic crane mounted on a chassis-cab pickup truck, intended for rescue and firefighting operations at height. The initiative arises from the lack of versatile, compact, and cost-effective solutions for fire departments. The main objective is to develop a multifunctional system with interchangeable modules that allow for the lifting or lowering of personnel (using a stretcher or basket), as well as operating a water monitor and a thermal imaging camera from elevated positions. The design features an articulated arm with a total operational height of 8 meters, a load capacity of 250 kg, and 360° rotation.

The system includes a hydraulic motor and eight hydraulic cylinders in total: four installed on the crane and four on the stabilizers. These components are powered by a portable hydraulic power unit mounted on the truck. All components were validated through simulations, and the hydraulic circuit was dimensioned considering pressure losses. Additionally, stability analyses were conducted under maximum mechanical stress conditions to ensure reliable operation.

The project was developed in Rosario, Argentina, in compliance with local road regulations and the IRAM 3923-1 and 3927 standards. It is concluded that the proposed solution is technically feasible and could have a significant operational impact in emergency response scenarios involving firefighting and rescue operations.

Keywords: Hydraulic crane, high-altitude rescue, firefighting, articulated arm, fire department operations.

Contenido

Agradecimientos....3
Resumen....4
Abstract....5
Contenido....6
Introducción....8
Capítulo 1: Grúa Articulada....11
1.1 - Alcance de la grúa....11
1.2 - Análisis de estabilidad....12
1.2.1 - Estabilidad Lateral....12
1.2.2 - Estabilidad longitudinal trasera....14
1.2.3 - Estabilidad longitudinal delantera....16
1.3 - Brazo Telescópico....17
1.4 - Módulo de giro....18
Capítulo 2: Circuito hidráulico....22
2.1 - Diagrama circuito hidráulico....22
2.2 - Cilindros hidráulicos....24
2.2.1 - Cilindro 1....24
2.2.2 - Cilindro 2....25
2.2.3 - Cilindro 3 y 4....27
2.2.4 - Cilindros en estabilizadores laterales y traseros....28
2.3 - Central hidráulica....28
2.4 - Válvula direccional....30
2.5 - Líneas hidráulica....31
2.6 - Aceite Hidráulico....32
2.7 - Válvula Antirretorno....32
2.8 - Manómetro....33
2.9 - Motor hidráulico....33
2.10 - Cilindro Hidráulicos....34
Capítulo 3: Resistencia estructural Grúa....36
3.1 - Verificación pasadores....36
3.2 - Mástil....38
3.3 - Brazo 1....40
3.4 - Brazo Telescópico....43
3.4.1 - Telescopico 1....43
3.4.2 - Telescópico sección 2 y 3....44
3.5 - Base - Análisis Lateral....46

3.6 - Base - Análisis Longitudinal Trasero..... 47
3.7 - Base - Análisis Longitudinal Delantero..... 49
Capítulo 4: Módulos.....50
4.1 - Colocación de módulos..... 50
4.2 - Módulo 1: Cabrestante..... 50
4.3 - Módulo 2: Canasta.....52
4.4 - Módulo 3: Monitor y Cámara termográfica..... 53
4.4.1 - Combate 500..... 54
4.4.2 - Autobomba.....55
4.4.3 - Monitor.....56
4.4.4 - Cámara Termográfica..... 58
Capítulo 5: Normas y Mantenimiento.....60
5.1 - Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449.....60
5.2 - IRAM 3923-1 e IRAM 3927.....60
5.3 - Mantenimiento..... 61
Conclusiones y recomendaciones.....63
Conclusiones..... 63
Recomendaciones..... 64
Bibliografía..... 65
Anexo A: Memoria de cálculo.....66
A.1 - Análisis de estabilidad.....66
A.2 - Esfuerzos en módulo de giro.....67
A.3 - Esfuerzo en cilindros.....68
A.4 - Central hidráulica y pérdida de carga.....71
Anexo B: Peso de componentes.....74
Anexo C: Planos..... 75

Introducción

Los bomberos se enfrentan a situaciones complejas durante sus operaciones, especialmente en tareas de rescate en altura y en el combate de incendios en lugares de difícil acceso. Para poder actuar con eficacia y seguridad, tanto para las víctimas como para el personal interviniente, es clave que cuenten con herramientas adecuadas para cada tarea.

Las maniobras de rescate en altura presentan un alto grado de complejidad, ya que requieren el uso de escaleras, sogas, nudos y sistemas de sujeción, lo que demanda una gran coordinación y un número considerable de rescatistas. Además, en ciertos casos, las víctimas deben ser evacuadas en posición horizontal debido a su estado clínico, lo que añade restricciones adicionales y aumenta la dificultad de la operación.

Por otro lado, el ataque a incendios en zonas elevadas o alejadas puede verse limitado por la capacidad del equipo disponible. Tanto las camionetas equipadas con el sistema Combate 500 (bomba, tanque de 500 litros y lanza manual), como las autobombas, enfrentan restricciones. Si bien estas últimas pueden brindar una mayor cantidad y caudal de agua que la Combate 500, no todas cuentan con escaleras incorporadas con manguera y monitor (lanza controlable a distancia con capacidad de direccionamiento) para lanzar agua desde altura, lo que reduce la efectividad del operativo en situaciones donde es fundamental llegar desde arriba. En esos casos, los bomberos deben recurrir a escaleras manuales, que pueden ser lentas de desplegar, inestables o directamente insuficientes para alcanzar la altura necesaria.

Para abordar estos problemas, se propone el desarrollo de un dispositivo adaptable a la caja de una camioneta. Este es una grúa hidráulica multifuncional, diseñada para mejorar la capacidad operativa de los cuerpos de bomberos en entornos urbanos. Esta solución busca ser práctica, compacta y adaptable, especialmente útil en escenarios donde no se dispone de un camión autobomba con escalera y monitor, o cuando estos tipos de vehículos no resultan accesibles o adecuados para la tarea.

La necesidad surge particularmente en el caso de los cuerpos de bomberos voluntarios, que carecen de autobombas equipadas con escalera y monitor. Además, deben actuar con frecuencia en barrios de bajos recursos, donde la infraestructura deficiente y la presencia de cables a baja altura imposibilitan el ingreso de vehículos de

gran porte. Una situación similar se presenta en conjuntos habitacionales como los FONAVI, cuyas calles internas no permiten el paso de una autobomba que ataque el fuego o realizar operaciones desde altura, pero sí el acceso de una camioneta equipada con esta grúa.
Los propósitos de la grúa son:

- **Rescate desde altura:**
  Facilitar la evacuación segura de personas, mediante una camilla, desde alturas de hasta 8 metros (aproximadamente un segundo piso).

- **Combate de incendios en altura:**
  Permitir el ataque al fuego con buena puntería mediante un monitor, conectado a una línea de agua proveniente de una Autobomba o del equipo Combate 500, aumentando así el alcance y la efectividad del operativo.

- **Movilidad y operación en zonas de difícil acceso:**
  Ofrecer una solución compacta y transportable para actuar en calles angostas, patios internos u otros entornos urbanos donde vehículos grandes con escaleras, como ciertas autobombas, no pueden acceder.

- **Ascenso y descenso de bomberos:**
  Elevar personal mediante una canasta para tareas de rescate, inspección o combate de incendios desde altura.

- **Optimización del combate mediante un cámara termográfica:**
  Incorporar una cámara termográfica en la punta de la grúa para localizar focos de incendio no visibles y orientar el chorro de agua con precisión.

Para poder lograr los propósitos anteriores, el sistema debe cumplir con los siguientes objetivos técnicos:

- La grúa debe alcanzar una altura mínima de 8 metros para permitir rescates desde un segundo piso.
- Tiene que soportar hasta 250 kg, equivalente a dos bomberos con su equipamiento.
- El peso total del sistema no debe superar los 1100 kg para que sea instalable sobre una camioneta chasis-cabina.
- Debe permitir la rotación completa de 360° sobre su eje sin mover el vehículo.
- El diseño del extremo del brazo debe permitir el acople de distintos módulos como canasta, camilla, lanza y cámara termográfica, de manera versátil.
- El sistema debe integrar una manguera y lanza sin afectar la movilidad ni seguridad del brazo articulado.
- Su diseño articulado debe facilitar el uso en zonas urbanas, permitiendo esquivar cables, ramas u otros obstáculos durante la operación.

Para asegurar que el diseño sea seguro y cumpla con las normativas correspondientes, se tuvieron en cuenta distintas normas y leyes. Por un lado, se aplicaron las normas **IRAM 3923-1** e **IRAM 3927**, que indican cómo deben diseñarse, probarse y mantenerse los equipos de izaje montados en vehículos, como esta grúa. También se consideró la **Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449**, que regula cómo deben ser los vehículos para poder circular legalmente por la vía pública.

Capítulo 1: Grúa Articulada

1.1 - Alcance de la grúa

El brazo de la grúa diseñada se compone de tres partes principales: el mástil, el brazo 1 y el brazo telescópico. En total, cuenta con ocho cilindro hidráulicos, cuatro de ellos en la estructura de la grúa y cuatro en los estabilizadores. El proceso de selección de cada uno de ellos se detalla en el Capítulo 4.

A su vez, cuenta con tres módulos intercambiables que se utilizarán según las necesidades específicas de cada operación.

El módulo 1 incorpora un cabrestante con gancho, para descender camillas o cargas.

El módulo 2 está equipado con una canasta, destinada al ascenso o descenso de bomberos.

El módulo 3 integra un monitor y una cámara termográfica, permitiendo realizar ataques al fuego desde altura con mayor precisión.

En la Imagen 1.1 se puede ver el modelo CAD de la grúa en el cual se indican sus principales componentes y los cilindros hidráulicos.

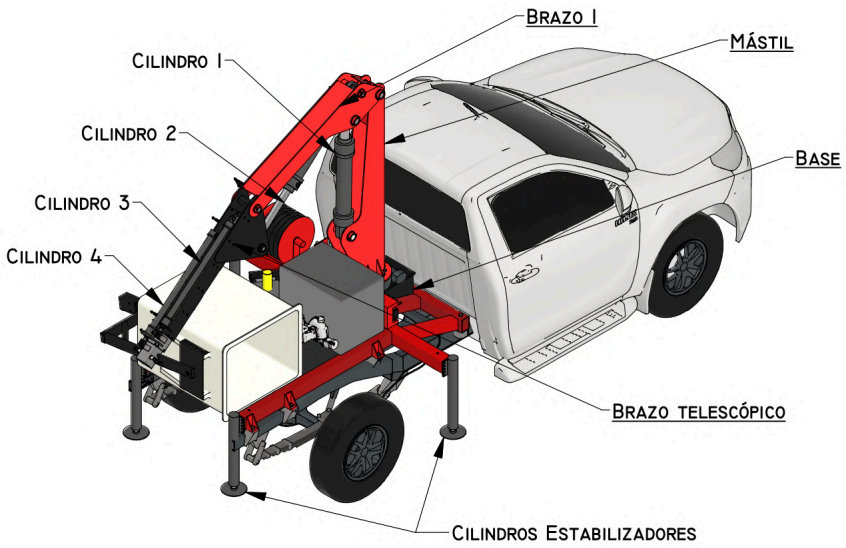


Imagen 1.1: Componentes principales y cilindros de la grúa

1.2 - Análisis de estabilidad

Para garantizar la estabilidad de la grúa en la condición de máxima solicitación, se realizó un estudio de estabilidad en tres direcciones: **lateral**, **longitudinal trasera y longitudinal delantera**.

1.2.1 - Estabilidad Lateral

A continuación, se presentan los diagramas que muestran las fuerzas y reacciones que actúan sobre la grúa en esta dirección. (Imagen 1.2)

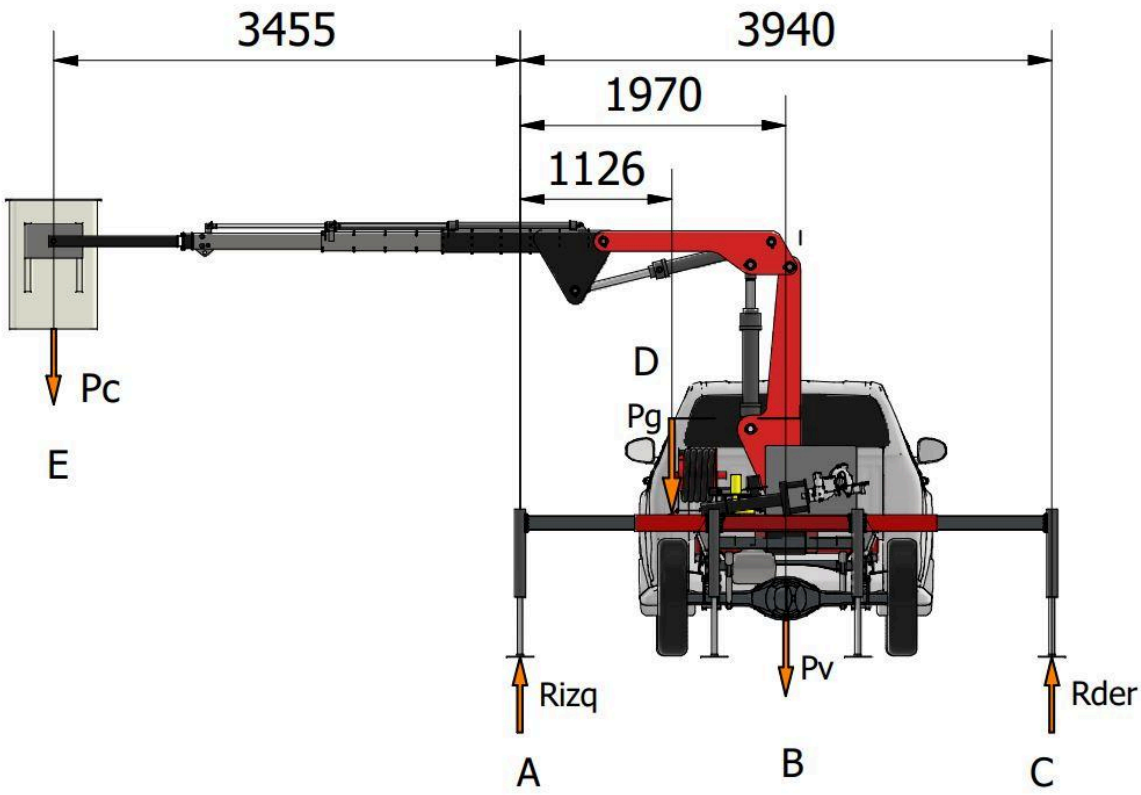


Imagen 1.2: Análisis de estabilidad lateral

Para asegurar la estabilidad lateral, se incorporaron brazos estabilizadores con cilindros hidráulicos en cada lado de la grúa. Estos cilindros levantarán la estructura, generando dos efectos:

1. Aumento del momento que es capaz de soportar, aumentando la estabilidad de la grúa ante fuerzas laterales.
2. Reducción de la carga sobre la camioneta, distribuyendo mejor el peso y no cargarlo todo al chasis de la camioneta.

A continuación se detallan las variables involucradas en este cálculo:

$R_{der} = \ Reacción\ en\ apoyo\ derecho$

$R_{izq} = \ Reacción\ en\ apoyo\ izquierdo$

$P_c = \ Peso\ de\ la\ carga$

$P_g = \ Peso\ de\ la\ grúa$

$P_v = \ Peso\ del\ vehículo$

Sumatoria de fuerzas en y:

$$\Sigma Fy = R_{der} + R_{izq} - P_v - P_g - P_c = 0$$

$$R_{izq} = P_v + P_g + P_c - R_{der}$$

Sumatoria de momentos en A:

$$\Sigma M_A = R_{der} * AC - P_g * AD + P_c * AE - P_v * AB = 0$$

$$R_{der} = \frac{P_g * AD - P_c * AE + P_v * AB}{AC} =$$

En la Tabla 1.1 se detallan las fuerzas y su distribución porcentualmente en los apoyos involucrados en la operación de la grúa. Se verifica que la grúa permanecerá estable y podrá resistir perturbaciones menores sin comprometer su estabilidad.

Reacción derecha - Rder	8913	[N]

Reacción izquierda - Rizq	20073	[N]
Porcentaje del peso en C	30,7%	
Porcentaje del peso en A	69,3%	

Tabla 1.1: Distribución de peso en apoyos

1.2.2 - Estabilidad longitudinal trasera

A continuación se puede ver el diagrama de esfuerzos involucrados en la estabilidad longitudinal trasera. (Imagen 1.3)

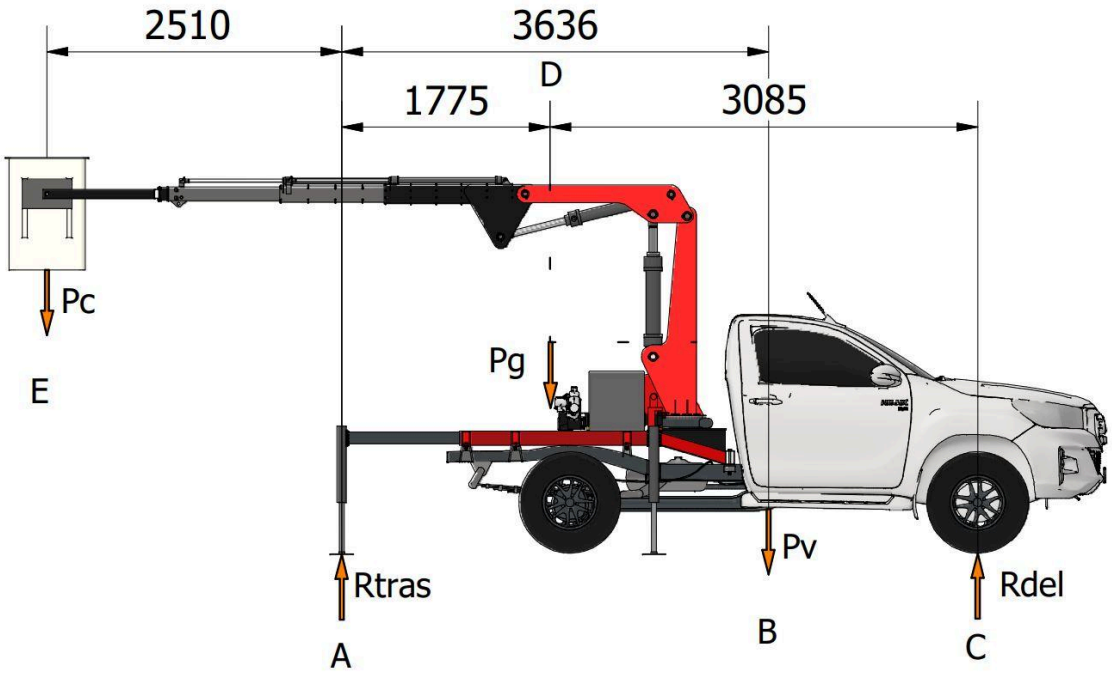


Imagen 1.3: Análisis de estabilidad longitudinal trasera

Las variables involucradas en este cálculo son las mismas que en el cálculo previo, con excepción de las reacciones que cambian de ubicación.

Sumatoria de fuerzas en y:

$$\Sigma Fy = R_{del} + R_{tras} - P_v - P_g - P_c = 0$$

$$R_{tras} = P_v + P_g + P_c - R_{del}$$

Sumatoria de momentos en A:

$$\Sigma M_A = R_{del} * AC - P_g * AD + P_c * AE - P_v * AB = 0$$

$$R_{del} = \frac{P_g * AD - P_c * AE + P_v * AB}{AC} =$$

Tanto para el análisis de estabilidad en la dirección longitudinal delantero como trasero, se siguió el mismo procedimiento. Además, se agregaron estabilizadores longitudinales que cumplen las mismas funciones que los laterales.

En la Tabla 1.3 se detallan las fuerzas y su distribución porcentualmente en los apoyos involucrados en la operación de la grúa. Se verifica que la grúa permanecerá estable y podrá resistir perturbaciones menores sin comprometer su estabilidad.

Reacción delantera - Rdel	14643	[N]
Reacción trasera - Rtras	14343	[N]
Porcentaje del peso en C	50,5%	
Porcentaje del peso en A	49,5%	

Tabla 1.3: Distribución de peso en apoyos

1.2.3 - Estabilidad longitudinal delantera

A continuación se puede ver el diagrama de esfuerzos involucrados en la estabilidad longitudinal delantera. (Imagen 1.4)

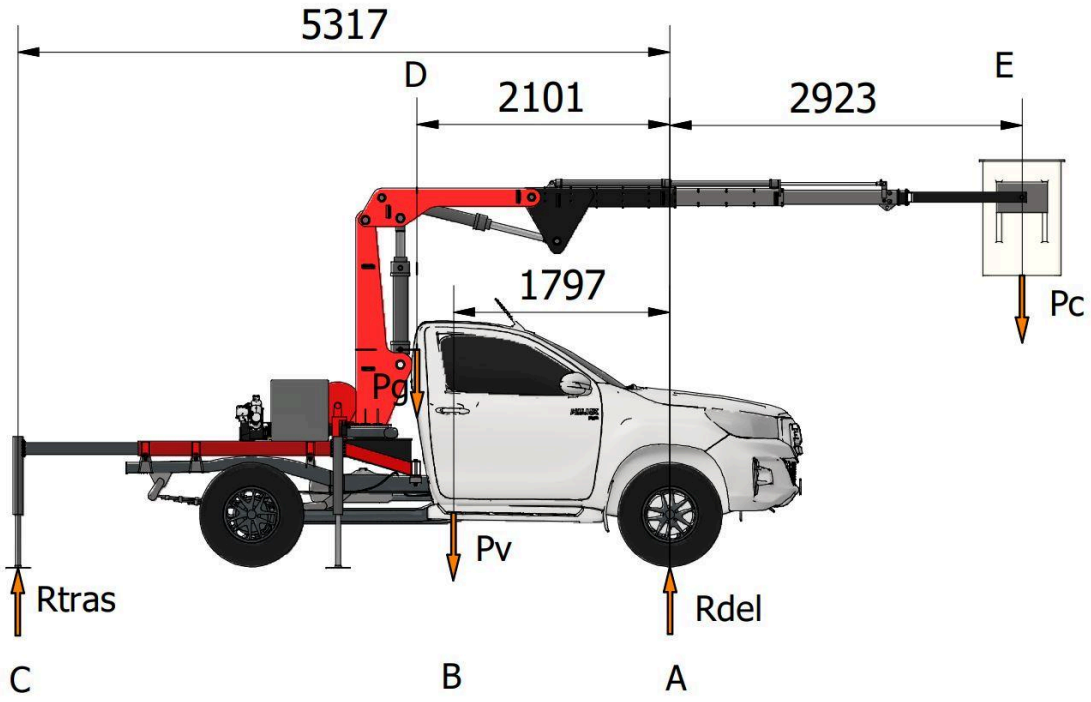


Imagen 1.4: Análisis de estabilidad longitudinal delantero

Las variables involucradas en este cálculo son las mismas que en el cálculo previo.

Sumatoria de fuerzas en y

$$\Sigma Fy = R_{del} + R_{tras} - P_v - P_g - P_c = 0$$

$$R_{del} = P_v + P_g + P_c - R_{tras}$$

Sumatoria de momentos en A:

$$\Sigma M_A = R_{tras} * AC - P_g * AD + P_c * AE - P_v * AB = 0$$

$$R_{tras} = \frac{P_g * AD - P_c * AE + P_v * AB}{AC} =$$

En la Tabla 1.4 se detallan las fuerzas y su distribución porcentualmente en los apoyos involucrados en la operación de la grúa. Se verifica que la grúa permanecerá estable y podrá resistir perturbaciones menores sin comprometer su estabilidad.

Reacción trasera - Rtras	8278	[N]
Reacción delantera - Rdel	20708	[N]
Porcentaje del peso en C	28,6%	
Porcentaje del peso en A	71,4%	

Tabla 1.4: Distribución de peso en apoyos

1.3 - Brazo Telescópico

La última sección de la grúa es de tiene un mecanismo telescópico y cuenta con dos extensiones, las cuales serán accionadas por cilindros hidráulicos. (Imagen 1.5)

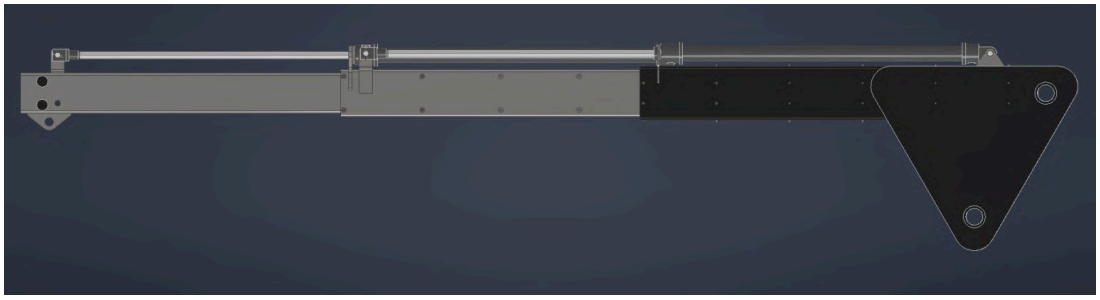


Imagen 1.5: Brazo telescópico extendido

Para garantizar el correcto funcionamiento del mecanismo y disminuir la fricción lo más posible, se utilizarán placas de plástico **DELRIN 500AF**. Este material posee un bajo coeficiente de fricción, lo que reduce la fuerza que deberán realizar los cilindros. Además, el 500AF posee una tasa de desgaste específica particularmente baja al rozar contra el metal, como sucede en este caso.

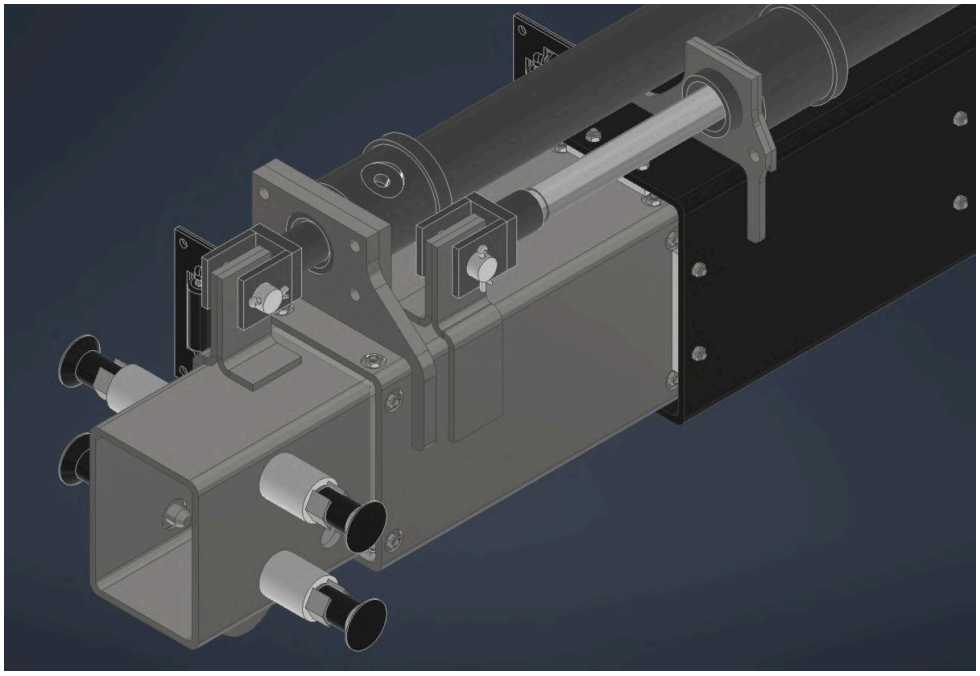


Imagen 1.6: Brazo telescópico retraído

Las placas serán fijadas con tornillos a lo largo de cada uno de los brazos, siempre asegurando que no haya ninguna interferencia con los tornillos y el otro brazo telescópico, como se muestra en la Imagen 1.6.

1.4 - Módulo de giro

Para realizar la rotación de la grúa, se utilizará un módulo de giro, compuesto por una corona y un tornillo sin fin. Se seleccionó un módulo de la marca TGB. La rotación se logra mediante un motor hidráulico conectado a uno de los extremos del tornillo, el cual transmitirá el movimiento al tornillo sin fin. En el siguiente capítulo se especificará el motor hidráulico seleccionado.

Para la elección del módulo, se consideraron los esfuerzos y momentos a los que estará sometida en las condiciones de operación más exigentes. En la Imagen 1.7 se presenta un diagrama que ilustra estas condiciones y las fuerzas que interactúan con el módulo de giro.

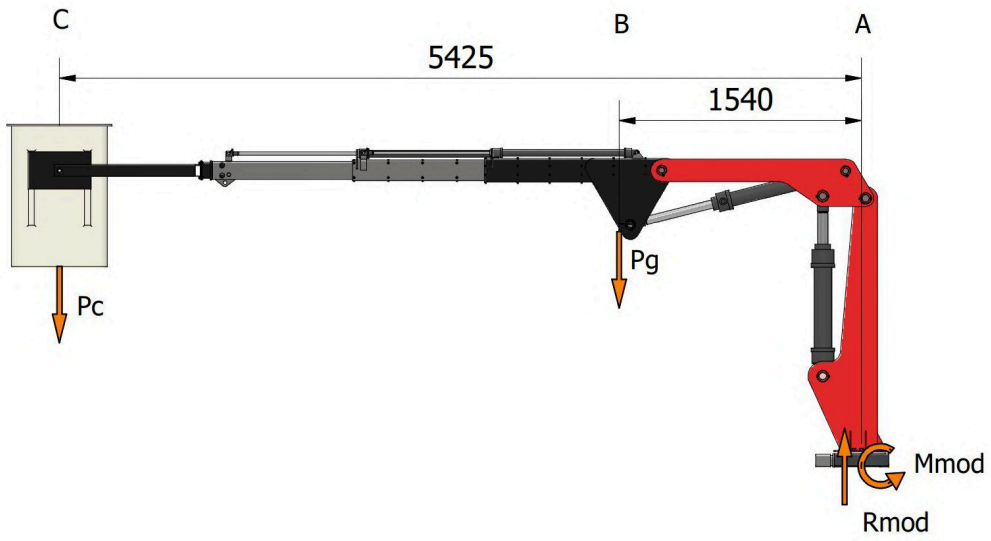


Imagen 1.7: Análisis de esfuerzo en módulo de giro

A continuación se describen los cálculos realizados para obtener dichos esfuerzos:

$P_c = \ Peso\ de\ la\ carga$

$P_g = \ Peso\ de\ la\ grúa$

$R_{axial} = \ Carga\ Axial\ Módulo\ de\ giro$

$M_{vuelco} = \ Momento\ de\ vuelco$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\Sigma Fy = R_{axial} - P_g - P_c = 0$$

$$R_{axial} = P_v + P_g + P_c$$

Sumatoria de momentos en A:

$$\Sigma M_B = M_{vuelco} - P_g * AD - P_c * AE = 0$$

$$M_{vuelco} = P_g * AD + P_c * AE$$

Una vez calculados los esfuerzos, se aplicó un factor de seguridad de 1,25, según lo recomendado por el fabricante para este tipo específico de uso del módulo.

En la siguiente tabla se detallan las características requeridas para el módulo de giro. (Tabla 1.5)

Carga axial Módulo de giro - Raxial	7,2	[kN]
Momento de vuelco - Mvuelco	20,53541	[kNm]
Coeficiente de seguridad fabricante	1,25	
Carga axial Módulo de giro - Raxial	8,94	[kN]
Momento de vuelco - Mvuelco	25,6692625	[kNm]

Tabla 1.5: Características mecánicas necesarias de módulo de giro

Luego se seleccionó el módulo BE341-Z1, el cual es capaz de soportar las cargas en la posición de mayor solicitación mecánica, incluso cumpliendo con el margen de seguridad sugerido por el fabricante para este tipo de aplicación.

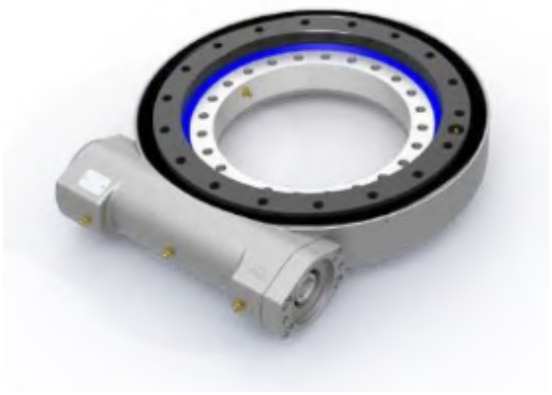


Imagen 1.8: Módulo de giro TGB BE341-Z1

En la Tabla 1.6 se detallan las características del módulo seleccionado. Se verifica que cumple con la recomendación del fabricante en cuanto al coeficiente de seguridad requerido para esta aplicación.

Características en Módulo de Giro TGB		
Modelo	BE314-Z1	
Relación de engranajes	61:1	
Eficiencia	40%	
Engranaje autoblocante	Sí	
Juego entre dientes	< 0,10	[º]
Máxima velocidad de rotación	1	[RPM]
Torque máximo	9.100	[Nm]
Torque nominal	4.480	[Nm]
Torque de retención	34.000	[Nm]
Momento de vuelco - Mmod	27,5	[kNm]
Carga radial estática	204	[kN]
Carga axial estática - Rmod	547	[kN]
Carga radial dinámica	132	[kN]
Carga axial dinámica	154	[kN]

Tabla 1.6: Características de módulo de giro TGB seleccionado

La instalación del módulo debe realizarse acorde a lo que indica su manual respetando el tamaño y calidad de los tornillos y siguiendo el patrón y torque de ajuste indicado.

Capítulo 2: Circuito hidráulico

La grúa contará con una central hidráulica portátil ubicada en su base, encargada de suministrar la potencia necesaria para los movimientos de rotación y despliegue de la grúa. Estos movimientos serán posibles gracias a un motor hidráulico conectado al módulo de giro y a ocho cilindros hidráulicos, cuatro instalados en la grúa y cuatro en los estabilizadores.

2.1 - Diagrama circuito hidráulico

En la Imagen 2.1 se presenta el diagrama del sistema hidráulico con cada uno de sus componentes (Tabla 2.1).

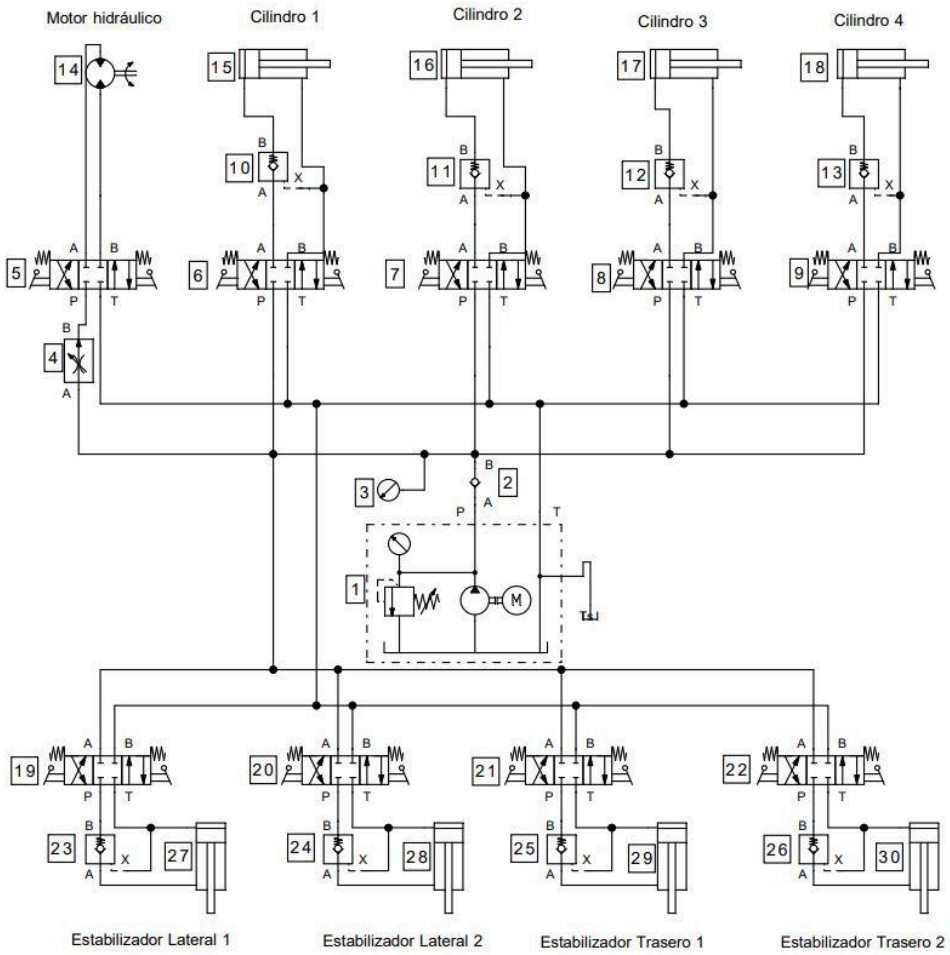


Imagen 2.1: Circuito hidráulico

Num	Componente
30	Cilindro diferencial doble efecto
29	Cilindro diferencial doble efecto
28	Cilindro diferencial doble efecto
27	Cilindro diferencial doble efecto
26	Válvula antirretorno pilotada
25	Válvula antirretorno pilotada
24	Válvula antirretorno pilotada
23	Válvula antirretorno pilotada
22	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
21	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
20	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
19	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
18	Cilindro diferencial doble efecto 4
17	Cilindro diferencial doble efecto 3
16	Cilindro diferencial doble efecto 2
15	Cilindro diferencial doble efecto 1
14	Motor hidráulico
13	Válvula antirretorno pilotada
12	Válvula antirretorno pilotada
11	Válvula antirretorno pilotada
10	Válvula antirretorno pilotada
9	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
8	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
7	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
6	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
5	Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes
4	Válvula reguladora de caudal
3	Manómetro
2	Válvula antirretorno
1	Central Hidráulica

Tabla 2.1: Lista de componentes hidráulicos

El proceso de selección de los componentes se realizó de manera iterativa, probando distintas marcas y modelos hasta encontrar la configuración que cumpla con todos los requisitos de la grúa.

2.2 - Cilindros hidráulicos

Se realizaron los cálculos de las fuerzas necesarias para operar cada cilindro en condiciones de máxima exigencia mecánica, considerando el peso máximo admisible de la grúa. A partir de estos valores, se determinó el diámetro mínimo requerido para cada cilindro, en función de la presión nominal del sistema (160 bar), la cual será abordada en las siguientes páginas.

2.2.1 - Cilindro 1

En la Imagen 2.2 se muestra el diagrama con las fuerzas a las que estará sometido el cilindro 1.

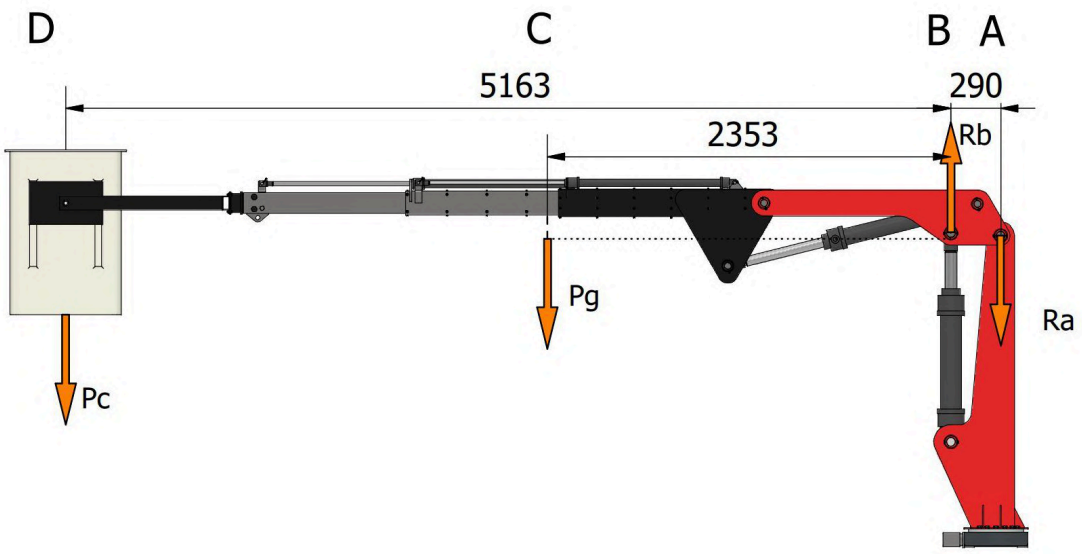


Imagen 2.2: Análisis de esfuerzos en cilindro 1

Variables empleadas en el cálculo:

$P_c = \ Peso\ de\ la\ carga$

$P_g = \ Peso\ de\ la\ grúa$

$R_A \ = \ Reacción\ en\ A$

$R_B \ = \ Reacción\ en\ B$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\Sigma Fy = R_B - R_A - P_g - P_c = 0$$

$$R_B = R_A + P_g + P_c$$

Las distancias pueden verse en la imagen a continuación:

$$\Sigma M_B = P_g * BC + P_c * BD - R_A * BA = 0$$

$$R_A = \frac{P_g * BC + P_c * BD}{AB}$$

$$R_B = Fuerza\ cilindro = 81,47\ kN$$

Con una presión nominal de 160 bar, el diámetro mínimo del cilindro deberá ser de **80mm.**

2.2.2 - Cilindro 2

En la Imagen 2.3 se muestra el diagrama con las fuerzas a las que estará sometido el cilindro 2.

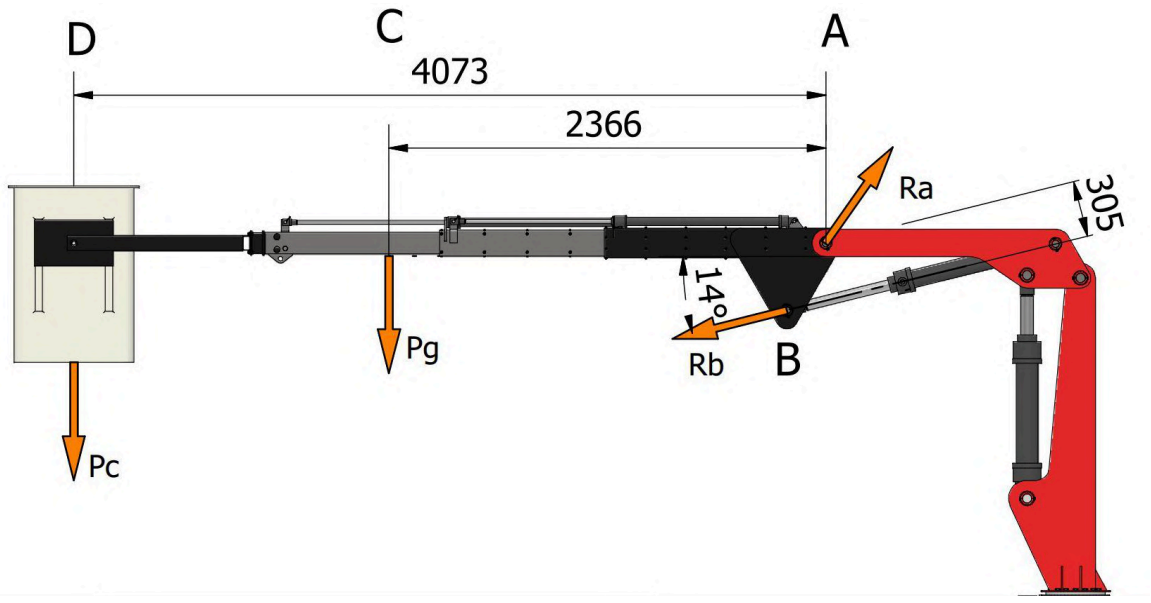


Imagen 2.3: Análisis de esfuerzos en cilindro 2

Aquí se pueden ver los cálculos realizados para determinar dichas fuerzas.

$P_c = \ Peso\ de\ la\ carga$

$P_g = \ Peso\ de\ la\ grúa$

$R_A \ = \ Reacción\ en\ A$

$R_B \ = \ Reacción\ en\ B$

$\overline{AR_B} = \ Distancia\ perpendicular\ desde\ R_B\ hasta\ A$

Sumatoria de momento en A:

$$\Sigma M_A \ = \ P_g * AC + P_c * AD + R_B * \overline{AR_B} = 0$$

$$R_B = \frac{P_g * AC + P_c * AD}{\overline{AR_B}} =$$

$$R_B \ = \ Fuerza\ cilindro \ = \ 48,7\ kN$$

Con una presión nominal de 160 bar, el diámetro mínimo del cilindro 2 deberá ser **62,3 mm.**

2.2.3 - Cilindro 3 y 4

En la Imagen 2.4 se muestra el diagrama con las fuerzas a las que estarán sometidos los cilindros 3 y 4.

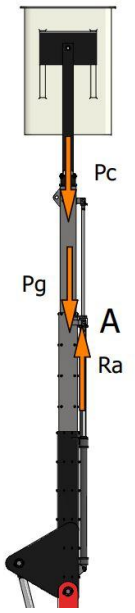


Imagen 2.4: Análisis de esfuerzos en cilindro 3 y 4

Aquí se pueden ver los cálculos realizados para determinar dichas fuerzas.

$P_c = \ Peso\ de\ la\ carga$

$P_g = \ Peso\ de\ la\ grúa$

$R_A \ = \ Reacción\ en\ A$

Sumatoria de fuerzas en y

$$\Sigma Fy = R_A - P_g - P_c = 0$$

$$R_A \ = \ P_g + P_c$$

$$R_A \ = \ Fuerzas\ cilindros \ = \ 4,2\ kN$$

Con una presión nominal de 160 bar, el diámetro mínimo de los cilindros 3 y 4 deberá ser de **18,9 mm**.

2.2.4 - Cilindros en estabilizadores laterales y traseros

Para determinar las fuerzas a las que serán sometidos los cilindros de los estabilizadores laterales se tomarán las reacciones calculadas en la verificación de estabilidad de la grúa en donde se analizó la condición de mayor exigencia mecánica

La reacción máxima ocurre en los estabilizadores laterales y tiene un valor de 20,8 kN. Si bien la reacción calculada en los estabilizadores traseros será soportada en conjunto por ambos cilindros traseros, y por lo tanto será menor, se decidió colocar cuatro cilindros del mismo diámetro.

Con una presión nominal de 160 bar, el diámetro mínimo de los cilindros 3 y 4 deberá ser de **40,6 mm**.

2.3 - Central hidráulica

Con base en estos valores, se seleccionaron cilindros hidráulicos capaces de soportar la carga calculada. Los cilindros elegidos operan con una presión nominal de 160 bares. Para aprovechar todo su potencial, se buscó una central hidráulica que alcance e incluso supere este valor, teniendo en cuenta las pérdidas de presión en los cilindros generadas por los distintos componentes del circuito.

Para calcular la presión máxima necesaria que debe entregar la central, se analizaron las pérdidas de presión en el cilindro 4, es decir, el más alejado y el que presenta mayores pérdidas. Se consideró la pérdida de carga por altura, la pérdida a lo largo de la manguera y la generada por la válvula direccional. Estas pérdidas sumaron 8 bares, predominando las pérdidas en la manguera y en la válvula.

Esto indica que la presión que debe generar la central para el circuito hidráulico es de 168 bares, permitiendo así aprovechar al máximo la capacidad de los cilindros.

Además, se tuvo en cuenta el caudal que debe suministrar la central hidráulica y la potencia requerida del motor para cumplir con estas necesidades. Para calcular el caudal necesario, se definió que el cilindro 1 debe realizar su recorrido completo en un tiempo de 7 segundos. Conociendo su volumen, se determinó el caudal requerido.

$$Q = \frac{V}{tiempo}$$

Como los demás cilindros son más pequeños, su velocidad de desplazamiento será mayor. En caso de que se desee reducirla, se podrá hacer mediante una válvula reguladora de caudal. Las características necesarias de la central hidráulica se muestran en la Tabla 2.2.

Central Hidráulica Requerida		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Diámetro Cilindro 1	100	[mm]
Área	0,00785	[m^2]
Desplazamiento	0,5	[mm]
Volumen	0,00393	[m^3]
Volumen	3,9	[litros]
Tiempo	7	[seg]
Caudal	33,7	[litros/min]
Potencia mínima del motor	9,0	[kW]
Potencia mínima del motor corregida	10,8	[kW]
Potencia mínima del motor corregida	14,4	[hp]

Tabla 2.2: Características necesarias de central hidráulica

Se seleccionó una central hidráulica de la marca Leiten, verificando que cumpliera con los requerimientos de potencia, caudal y presión necesarios. En la Tabla 2.3 se presentan las características principales de la central elegida.

Central Hidráulica Elegida			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Presión Hidráulica máxima	2850	[PSI]	
Presión Hidráulica máxima	196,5	[Bar]	
Caudal máximo	10,0	[Galones/min]	
Caudal	37,9	[litros/min]	
Potencia del motor	18	[HP]	
Cap. fluido hidráulico	20,8175	[lts]	
Peso	350	[lbs]	
Peso	158,7	[Kg]	
Largo	901,7	[mm]	
Alto	762	[mm]	
Ancho	596,9	[mm]	

Tabla 2.3: Características central hidráulica elegida

La central cuenta con una válvula limitadora de presión, la cual será ajustada para abrirse al alcanzar los 168 bares, por lo explicado anteriormente.

Luego, se seleccionaron los demás componentes del sistema hidráulico.

2.4 - Válvula direccional

Para el control de cada uno de los actuadores hidráulicos se empleará una válvula direccional de control manual de 4 vías y 3 posiciones con centro flotante centrada por resortes. (Tabla 2.4)

Válvula direccional 4 vías 3 posiciones centro cerrado accionamiento manual centrada por resortes			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Marca	PARKER		
Modelo	D1V-L-001CN		
Tipo	Válvula direccional con solenoide		
Presión máxima de trabajo	345	[Bar]	
Caudal máximo	83	[L/min]	
Pérdida de carga	2,5	[Bar]	

Tabla 2.4: Características válvula direccional

2.5 - Líneas hidráulica

Se eligió una línea hidráulica con doble malla de acero cuya presión de trabajo es 400 Bar, siendo esta mucho mayor a la utilizada en el circuito. Este sobredimensionamiento hará que sea más seguro su uso teniendo en cuenta el ambiente hostil en el que va a operar y todos los peligros que puede haber en una operación de los bomberos. (Tabla 2.5)

Líneas hidráulica			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Marca	DICA		
Modelo	SAE 100 R2		
Presión de trabajo	50 a 415	[Bar]	
Presión de rotura	1100	[mm]	
Radio de curvatura	89	[L/min]	
Diámetro interno Ø	1/2	pulg]	

Tabla 2.5: Características línea hidráulica

2.6 - Aceite Hidráulico

Se seleccionó el aceite hidráulico Shell Tellus S4 ME 46. (Tabla 2.6)

Aceite Hidráulico			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Marca	Shell		
Modelo	Tellus S4 ME 46		
Viscosidad	46	[cSt]	

Tabla 2.6: Características aceite hidráulico

2.7 - Válvula Antirretorno

Se seleccionó una válvula antirretorno pilotada marca Rexroth. (Tabla 2.7)

Válvula Antirretorno			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Marca	Bosch		
Modelo	SL6PB1-6X		
Montaje	En placa		
Presión máxima de trabajo	315	[Bar]	
Caudal máximo	60	[L/min]	
Pérdida de carga a 10 L/min	2	[Bar]	

Tabla 2.7: Características Válvula antirretorno

2.8 - Manómetro

Segundo manómetro, además del que tiene la central hidráulica, como lo indica la norma IRAM 3927. (Tabla 2.8)

Manómetro			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Marca	Rexroth - Bosch		
Modelo	ABZMM63-250BAR/PSI-R/V160G		
Rango	250	[Bar]	
Relleno	Glicerina	[L/min]	
Tamaño - Ø	63	[mm]	
Escala	Bar/Psi		

Tabla 2.8: Características manómetro

2.9 - Motor hidráulico

De acuerdo al módulo de giro seleccionado, la velocidad máxima que puede tener el motor hidráulico es de 61 rpm y el torque máximo es de 372,95 Nm. Se seleccionó un motor que cumpla con estas condiciones y pueda operar a una presión de 160 bar. (Tabla 2.9)

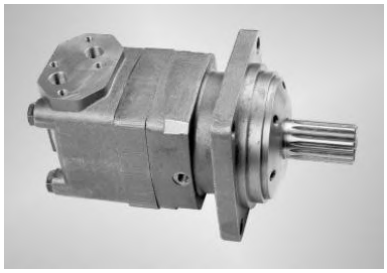
Motor hidráulico			
Variable	**Valor**	**Unidad**	**Imagen**
Velocidad máxima admitida	61	[RPM]	
Torque máximo admitido	372,95	[Nm]	
Modelo elegido	TGB BM4 160		
Tipo de motor	Orbital		
Presión de operación	160	[Bar]	
Caudal	10	[L/min]	
Cilindrada	158,8	[cm3/rev]	
Velocidad máxima	55	[RPM]	
Torque máximo	347	[Nm]	

Tabla 2.9: Características motor hidráulico

2.10 - Cilindro Hidráulicos

Se seleccionaron cilindros hidráulicos comerciales marca Bosch (Imagen 2.5). Los cilindros fueron enumerados con un orden ascendente comenzando por el lado más cercano a la base. Todos fueron sobredimensionados con un **factor superior a 1.5**, excepto el del brazo telescópico, que se dimensionó con un **factor 3**. Esto se debió a que, para alcanzar la carrera requerida, fue necesario usar un cilindro de mayor diámetro. La Tabla 2.10 muestra los diámetros seleccionados y su sobredimensionamiento respecto a su capacidad máxima de fuerza.

Ø mínimo - Cilindro 1	79,9	[mm]
Ø mínimo - Cilindro 2	62	[mm]
Ø mínimo - Cilindro 3 y 4	18,3	[mm]
Ø mínimo - Cilindros estabilizadores	40,6	[mm]
Ø seleccionado - Cilindro 1	100	[mm]
Ø seleccionado - Cilindro 2	80	[mm]
Ø seleccionado - Cilindro 3 y 4	32	[mm]
Ø seleccionado - Cilindros estabilizadores	50	[mm]
Sobredimensionamiento	57%	
Sobredimensionamiento	67%	
Sobredimensionamiento	205%	
Sobredimensionamiento	52%	

Tabla 2.10: Dimensionamiento de cilindros hidráulicos



Imagen 2.5: Cilindro Bosch Rexroth

A continuación se detallan las carreras, cantidades y códigos de todos los cilindros de la grúa. (Tabla 2.11)

Diámetro Ø [mm]	Ø seleccionado [mm]	Carrera [mm]	Cant.	Código
Estabilizadores	50	460	4	CDM1MP3/50/36/460A3X/B11LGUM
Cilindro 1	100	515	1	CDM1MP3/100/70/515A3X/B11LGUM
Cilindro 2	80	500	1	CDM1MP3/80/56/500A3X/B11LGUM
Cilindro 3 y 4	32	800	2	CDM1MP3/32/22/800A3X/B11LGUM

Tabla 2.11: Tamaño, cantidad y códigos de cilindros hidráulicos

En todos los cilindros se colocará la válvula antirretorno pilotada, montada sobre su placa en el propio cilindro, con el objetivo de asegurar que la grúa mantenga el cilindro extendido en caso de que se produzca una rotura o desconexión de una manguera, como lo indica la norma IRAM 3927.

Capítulo 3: Resistencia estructural Grúa

Para garantizar el correcto funcionamiento de la grúa, se realizaron una serie de análisis de resistencia estructural. Se verificó la resistencia de cada uno de los componentes principales por separado para evaluar su comportamiento bajo carga.

Las verificaciones realizadas incluyen los siguientes elementos:

- **Pasadores**
- **Mástil**
- **Brazo 1**
- **Brazo Telescópico**
- **Base**

Cada uno de estos análisis permitió comprobar que los materiales y dimensiones seleccionados cumplen con los requerimientos estructurales y garantizan la seguridad y estabilidad de la grúa en la condición de operación más exigente.

La grúa contará con perfiles estructurales rectangulares seleccionados del catálogo de **Tubos Argentinos.** La denominación de estos tubos es TE-36, de acuerdo con las normas IRAM-IAS U 500-42 e IRAM-IAS U 500-180, las cuales establecen las especificaciones de la chapa base. La designación TE-36 indica que el material cuenta con un límite de fluencia de 390 MPa.

Todas las simulaciones fueron realizadas en Inventor de Autodesk

3.1 - Verificación pasadores

Se realizó una simulación para evaluar el comportamiento mecánico del pasador correspondiente al cilindro hidráulico 1, considerando la situación de máxima solicitación.

La carga aplicada en el modelo corresponde a la fuerza máxima estimada en el análisis previo de dimensionamiento del cilindro hidráulico. Se determinaron dos zonas de apoyo en los extremos del pasador y una zona central donde es aplicada la fuerza, estas condiciones simulan la situación en la que se encuentra el componente. Estas se pueden ver en las Imágenes 3.1, 3.2 y 3.3:

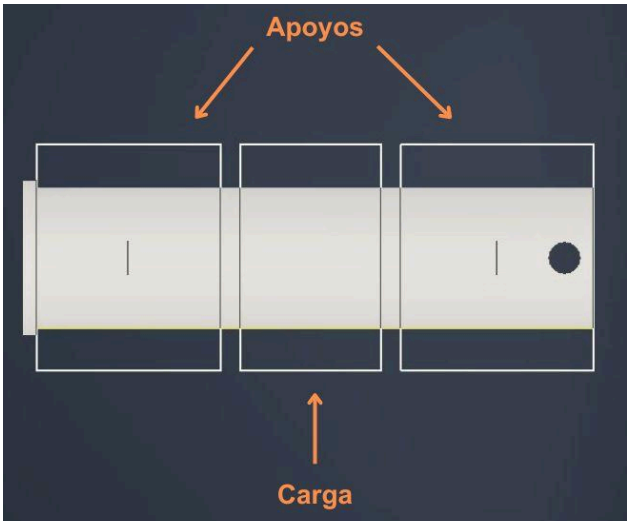


Imagen 3.1: Restricciones en pasador

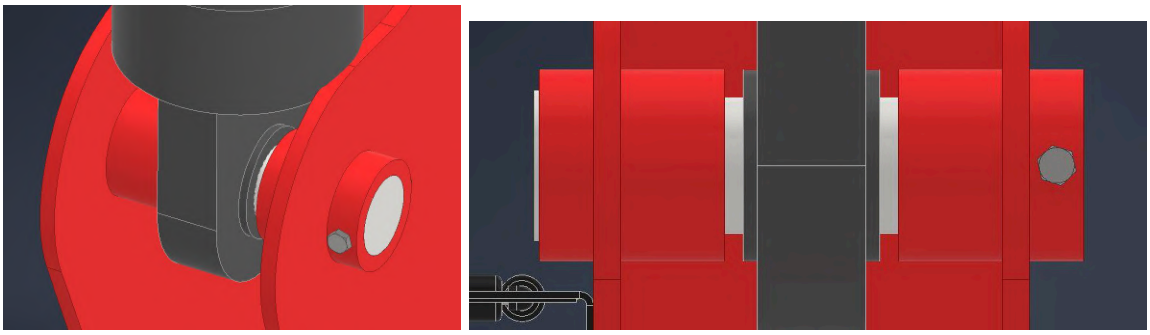


Imagen 3.2 y 3.3: Disposición de pasadores en grúa

El objetivo del análisis fue verificar que las tensiones generadas en el pasador se mantuvieran por debajo del límite elástico del material seleccionado, garantizando así un funcionamiento seguro bajo las condiciones más exigentes de carga.

El pasador tiene un diámetro de 50 mm, se propone que el material empleado sea acero SAE 4140, el cual posee un límite elástico de 650 N/mm2.

Efectivamente, luego de realizar la simulación, se confirmó que las tensiones no llegan a superar el límite elástico del material seleccionado. (Imagen 3.4)

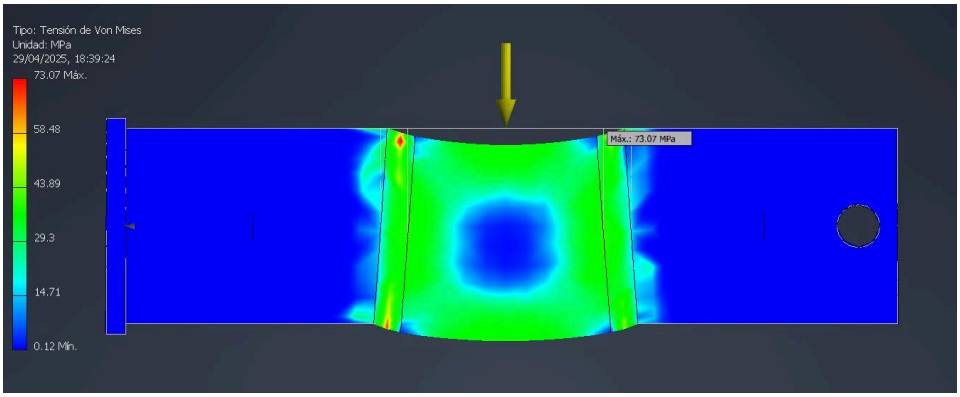


Imagen 3.4: Resultado de análisis de tensiones de pasadores

3.2 - Mástil

Para realizar el análisis de tensiones del mástil también se tomaron en cuenta las fuerzas calculadas en la sección correspondiente al cálculo de los cilindros hidráulicos. Esta condición representa el estado de mayor exigencia mecánica para la estructura.

En la simulación, se aplicaron restricciones de “pasador” en cada uno de los agujeros de tornillos de la base y una restricción “sin fricción” en la misma, evitando desplazamientos en dirección normal a su superficie. (Imagen 3.5 y 3.6)

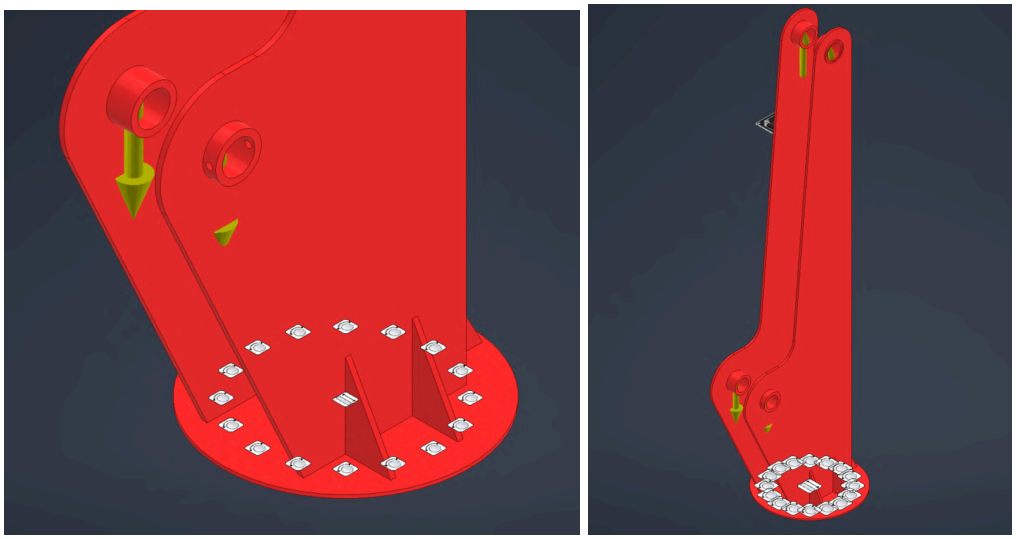


Imagen 3.5 y 3.6: Restricciones en Mástil

Las fuerzas se aplican solo en una sección del apoyo de los pasadores para representar de la forma más realista la fuerza a la que va a ser sometido. Estas divisiones se pueden ver en las Imágenes 3.7 y 3.8.

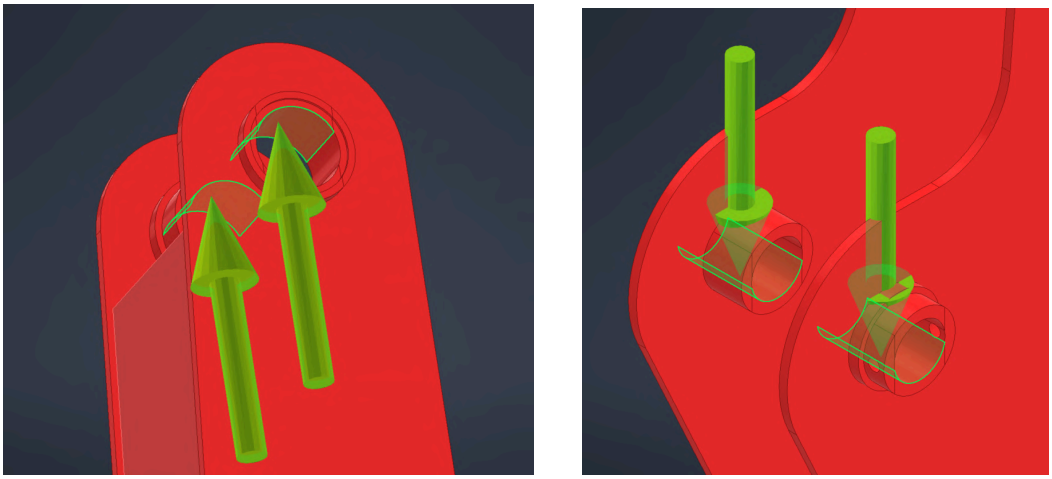


Imagen 3.7 y 3.8: Fuerzas en Mástil

Los resultados de dicha simulación se pueden observar en las imágenes 3.9, 3.10 y 3.11:

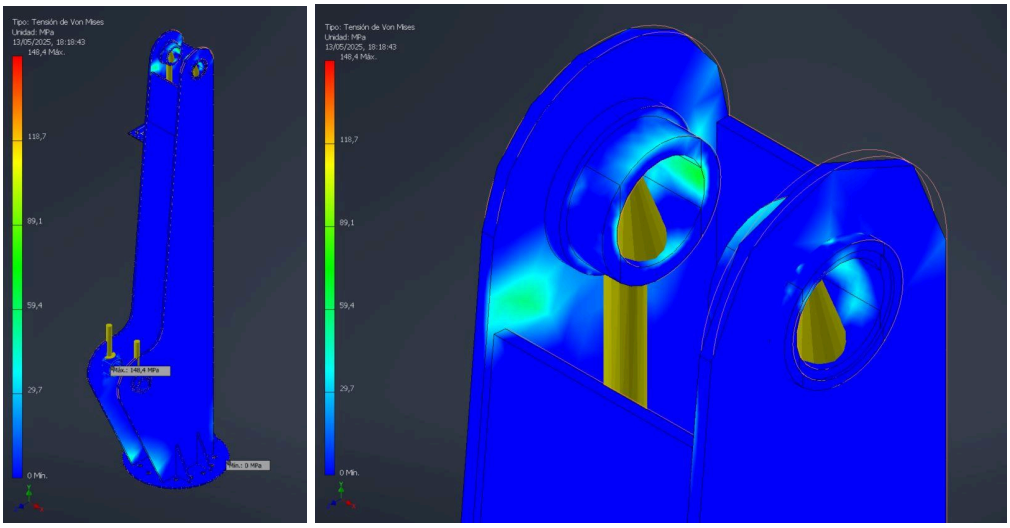


Imagen 3.9 y 3.10: Resultado de análisis de tensiones de Mástil

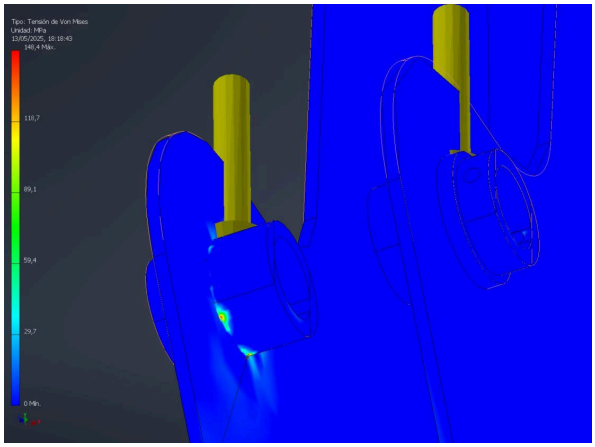


Imagen 3.11: Resultado de análisis de tensiones de Mástil

La chapa seleccionada es de acero SAE 1010 laminado en frío, con un límite elástico de 305 MPa. La máxima tensión se encuentra en las soldaduras de los soportes de los pasadores con la estructura del mástil. Considerando que la máxima tensión obtenida es de 148.4 MPa y solo está presente en un sección muy pequeña de esta unión mencionada anteriormente, se puede concluir que la estructura es capaz de soportar las cargas a las que se la somete.

La pieza está operando con un coeficiente de seguridad como mínimo de 2 ya que las demás zonas presentan tensiones considerablemente menores, asegurando que esta pieza no fallará en condiciones normales de operación.

3.3 - Brazo 1

Para realizar el análisis de tensiones del Brazo 1, se siguió el mismo procedimiento empleado en la sección anterior para el mástil, utilizando las fuerzas calculadas en la etapa de dimensionamiento de los cilindros hidráulicos. (Imágenes 3.12 y 3.13).

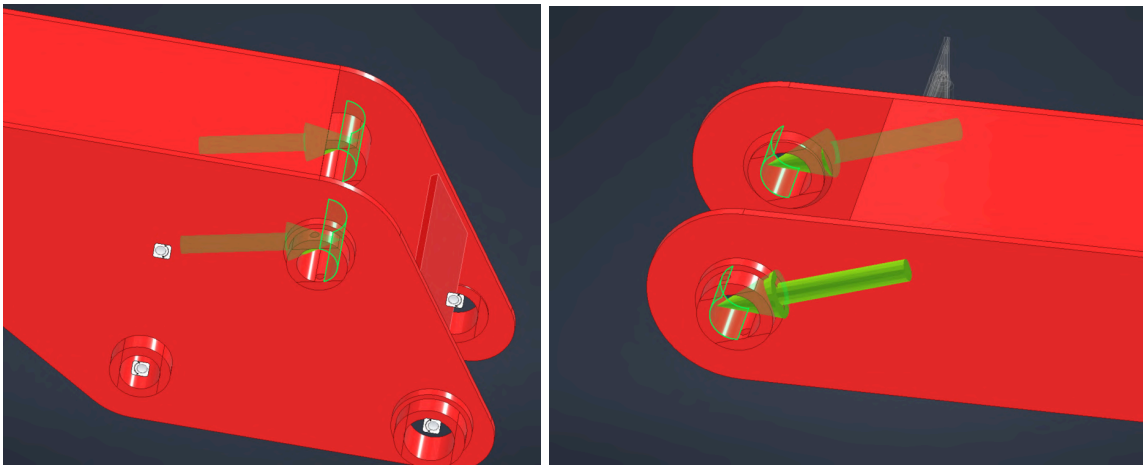


Imagen 3.12 y 3.13: Fuerzas en Brazo 1

En la simulación, se aplicaron restricciones de pasador en los soportes de pasadores que vinculan este brazo con el mástil. Al igual que en el caso anterior se dividieron todos los apoyos en secciones para representar de la forma más realista la ubicación de las fuerzas y reacciones. Estos se pueden ver en las Imágenes 3.14 y 3.15.

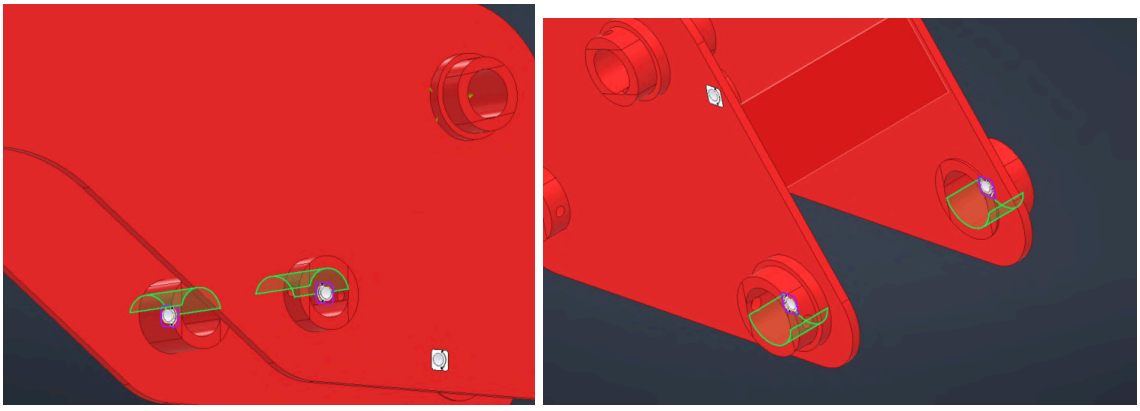


Imagen 3.14 y 3.15: Restricciones en Brazo 1

Los resultados de dicha simulación se pueden observar en la Imagen 3.16.

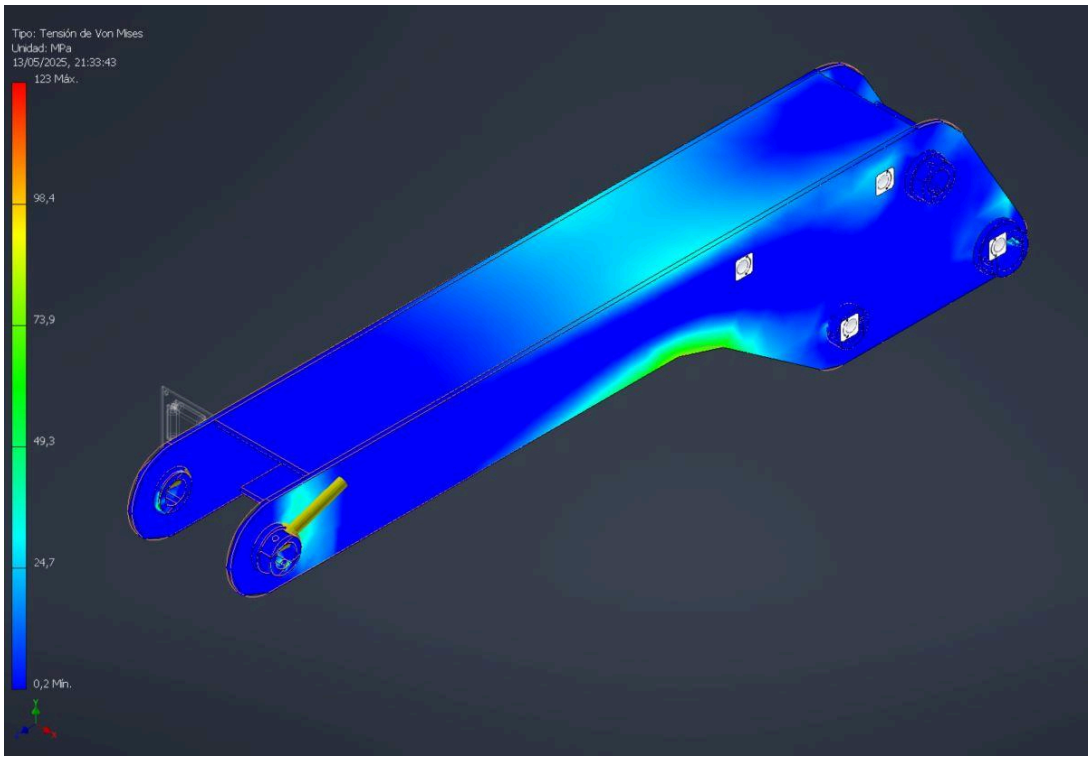


Imagen 3.16: Resultado de análisis de tensiones de Brazo 1

Al igual que para el mástil, el acero seleccionado para su construcción es el SAE 1010 laminado en frío, con un límite elástico de 305 MPa. La máxima tensión obtenida en el Brazo 1 fue de 123 MPa, lo cual indica que la estructura es capaz de soportar las cargas previstas en las condiciones más exigentes. Esto implica un coeficiente de seguridad cercano a 2.5.

Cabe aclarar que las zonas donde se da esta tensión son zonas puntuales muy chicas, cercanas a las uniones entre los soportes de los pasadores y la estructura, donde hay esquinas pronunciadas que no estarán una vez que se realice la soldadura correspondiente. Por lo tanto, cabe la posibilidad de que se trate de un error numérico por dichas geometrías y sus contactos. Las demás zonas del brazo presentan tensiones mucho menores.

3.4 - Brazo Telescópico

Para verificar la resistencia mecánica del brazo telescópico se realizó una simulación por cada una de sus secciones.

3.4.1 - Telescopico 1

En la simulación, se aplicaron restricciones de pasador en los soportes de pasadores que vinculan el brazo telescópico con el Brazo 1. Al igual que en las simulaciones anteriores se dividieron todos los apoyos en secciones para representar de la forma más realista la ubicación de las fuerzas y reacciones. Estos se pueden ver en las Imágenes 3.17 y 3.18.

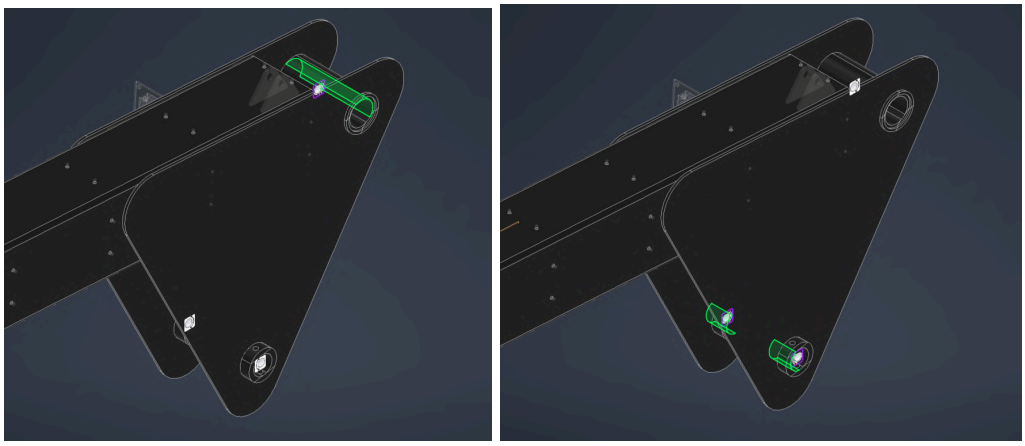


Imagen 3.17 y 3.18: Restricciones en Brazo telescópico

Para representar los esfuerzos reales que soportará el brazo cuando el brazo esté completamente extendido, se agregó al modelo un perfil adicional que simula las siguientes partes del brazo telescópico. Este perfil representa el Módulo 2 (el más pesado) con máxima carga considerando que el brazo está completamente extendido.

Para determinar correctamente la carga, se calculó la ubicación del centro de masa del conjunto (los dos brazos restantes, el módulo 2 y la máxima carga: 250 kg). En ese punto se aplicó una fuerza equivalente a este peso total. El perfil añadido se diseñó con la longitud exacta para representar la carga a la distancia calculada.

Los resultados de la simulación se pueden observar en las Imágenes 3.19 y 3.20:

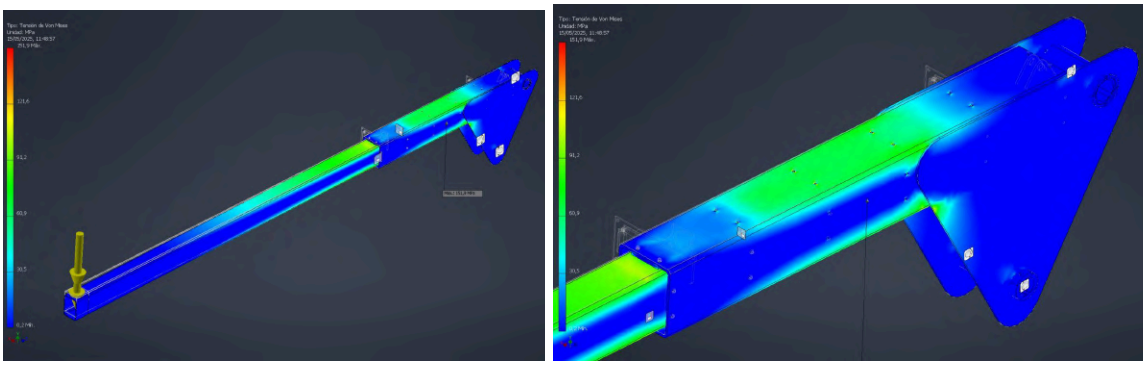


Imagen 3.19 y 3.20: Resultado de análisis de tensiones en Brazo telescópico sección 1

La máxima tensión (151 MPa) se localiza sólo en uno de los agujeros para los tornillos de las placas delrin del perfil principal, siendo posible que se deba a un error por la geometría con un ángulo pronunciado de la esquina del perfil. En el resto de la estructura, la tensión no supera los 100 MPa, lo cual indica que el brazo tiene un coeficiente de seguridad de 3 en la condición de máxima exigencia mecánica.

3.4.2 - Telescópico sección 2 y 3

Para la simulación de las secciones dos y tres del brazo telescópico se siguió el mismo procedimiento que en el análisis anterior. Se añadieron perfiles adicionales de manera provisoria para representar las restricciones y los esfuerzos que los demás módulos del brazo le imponen. Estos perfiles se colocaron antes y después de cada una de las secciones analizadas para replicar las condiciones reales de trabajo.

En las imágenes a continuación se pueden observar estos perfiles adicionales junto a su fuerza y las tensiones en cada uno de los brazos analizados. (Imágenes 3.21, 3.22, 3.23 y 3.24)

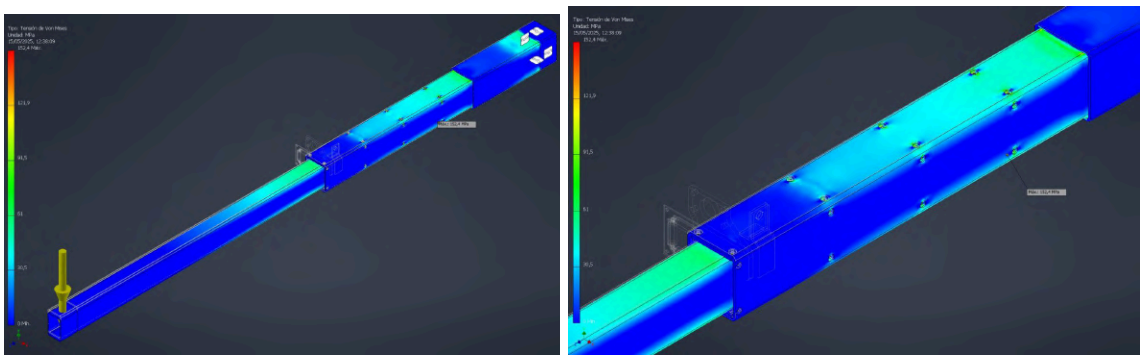


Imagen 3.21 y 3.22: Resultado de análisis de tensiones en Brazo telescópico sección 2

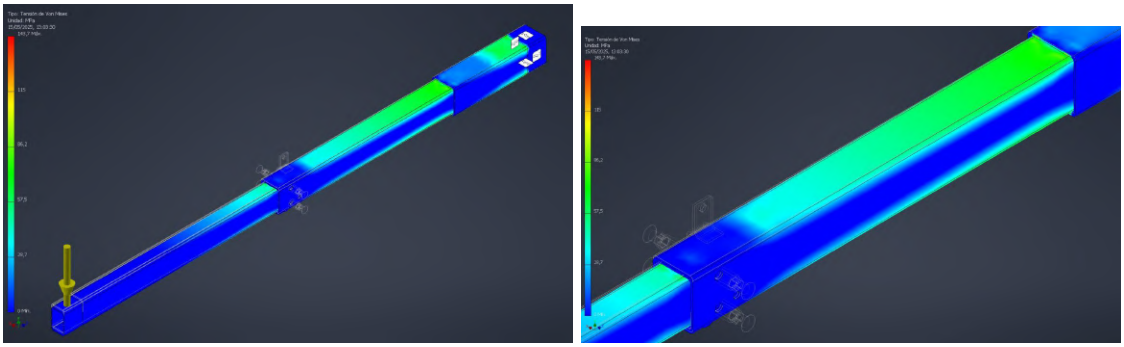


Imagen 3.23 y 3.24: Resultado de análisis de tensiones en Brazo telescópico sección 3

Luego de realizar ambas simulaciones, se verificó que las tensiones en los perfiles no superan los 150 MPa. Estas tensiones se concentran en los bordes con ángulos pronunciados, lo cual podría estar relacionado con efectos numéricos generados por la geometría en esos puntos específicos. Sin embargo, en las zonas críticas y más exigidas, las tensiones no sobrepasan los 100 MPa, lo cual proporciona un buen margen de seguridad para su funcionamiento.

3.5 - Base - Análisis Lateral

Para el análisis estático lateral se colocaron restricciones fijas en los soportes de los cilindros para simular la fijación efectiva que se lograría con ellos. Para representar los esfuerzos a los que estará sometida la base, se aplicó un momento distribuido en la sección donde se apoya el módulo de giro. Además, se consideró una fuerza normal sobre esa misma cara para simular el peso de la grúa. Estos valores se tomaron del cálculo del dimensionamiento del módulo de giro. Los esfuerzos y las restricciones se pueden observar en la Imagen 3.25 a continuación.

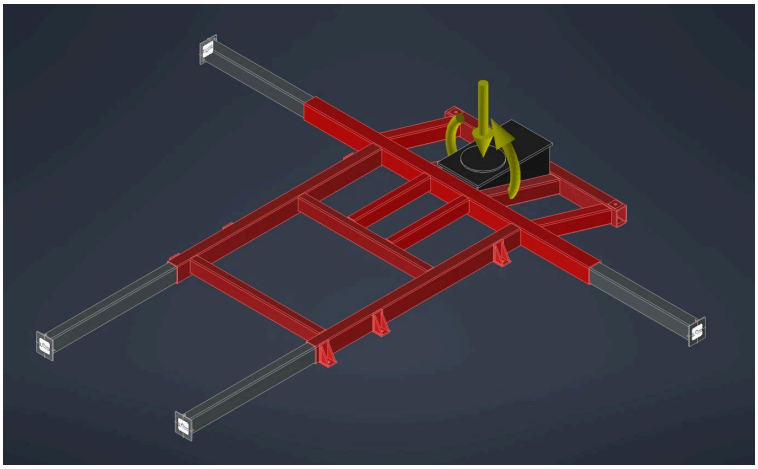


Imagen 3.25: Restricciones y esfuerzos en Base

Luego se realizó la simulación (Imagen 3.26):

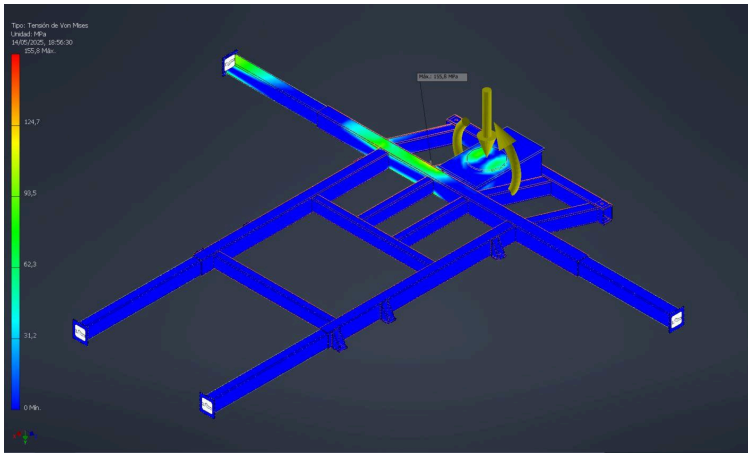


Imagen 3.26: Resultado de análisis de tensiones en Base

La máxima tensión obtenida en la base fue de 158.4 MPa, lo cual indica que la estructura es capaz de soportar las cargas previstas en las condiciones más exigentes.

Por último, se analizaron los desplazamientos de la base. El mayor desplazamiento se observó en uno de los extremos del perfil más cercano a la cabina del vehículo. Sin embargo, en esta simulación no se tuvo en cuenta la vinculación con el chasis del vehículo, lo cual, en un escenario real, podría reducir el desplazamiento en ese punto. (Imagen 3.27)

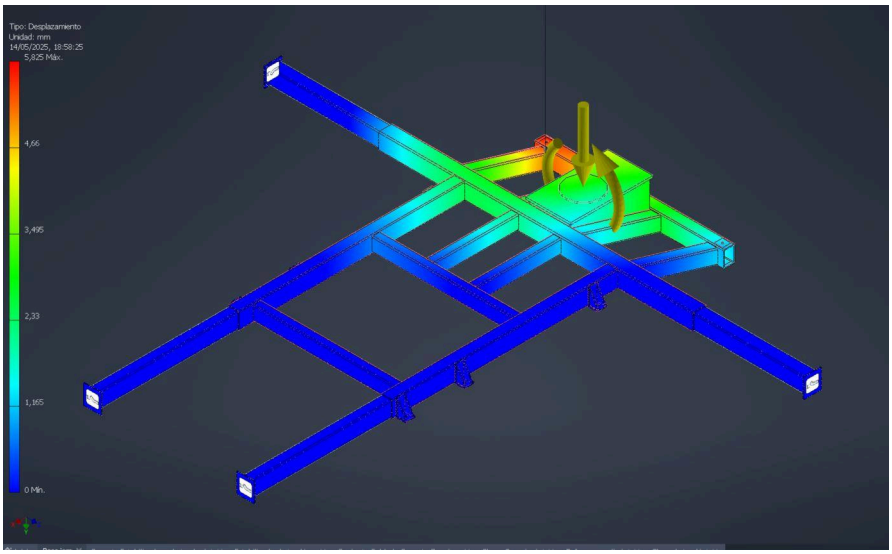


Imagen 3.27: Resultado de análisis de desplazamientos en Base

3.6 - Base - Análisis Longitudinal Trasero

Se utilizaron las mismas restricciones fijas en los soportes de los cilindros que en la simulación anterior. Además, se aplicó el mismo momento distribuido en la sección donde se apoya el módulo de giro, pero orientado perpendicularmente en comparación con la simulación previa. La fuerza normal sobre esa cara tampoco se modificó.

En esta simulación, se consideró el peso del vehículo únicamente en el perfil de la base más cercano a la cabina del conductor. Esto se realizó de esta manera porque, en un análisis previo sin esta fuerza, al observar los resultados de deformación, se notó un desplazamiento aproximado de 8 mm hacia arriba en dicho perfil. En condiciones reales, este desplazamiento sería impedido por el peso del vehículo, ya que estaría

vinculado mediante tornillos. Se colocó deliberadamente un cuarto del peso del vehículo en estas secciones.

Los esfuerzos, restricciones y resultados de esta simulación, se pueden observar en la imagen a continuación. (Imagen 3.28)

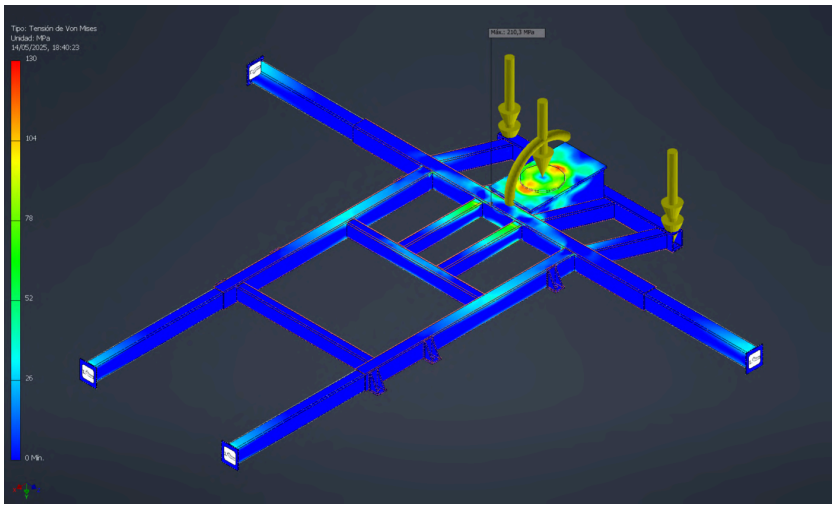


Imagen 3.28: Resultado de análisis de tensiones en Base

La máxima tensión obtenida en la base fue de 210.3 MPa, lo cual indica que la estructura es capaz de soportar las cargas previstas en las condiciones más exigentes. La máxima deformación de la estructura se localiza en la parte media de la grúa. (Imagen 3.29)

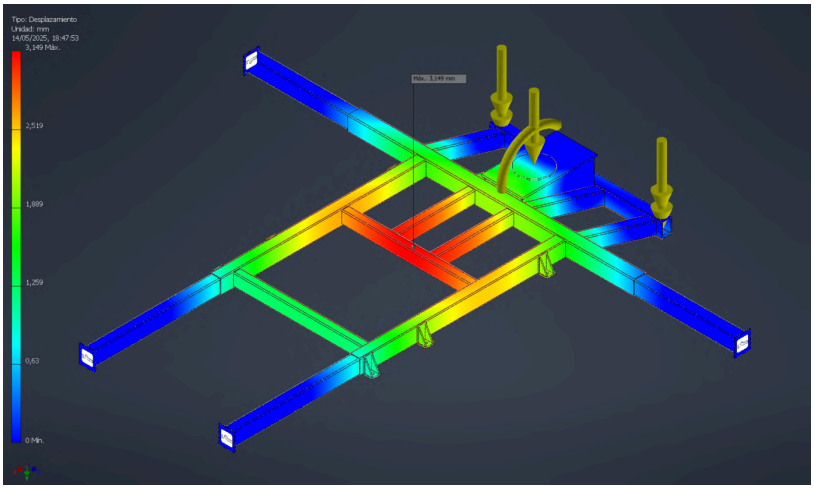


Imagen 3.29: Deformación Análisis Longitudinal Trasero de base

3.7 - Base - Análisis Longitudinal Delantero

Se utilizaron las mismas restricciones fijas en los soportes de los cilindros que en las simulaciones anteriores. Además, se aplicó el mismo momento distribuido en la sección donde se apoya el módulo de giro, pero con módulo opuesto en comparación con la simulación previa. La fuerza normal sobre esa cara no se modificó. Las restricciones y resultados de la simulación se pueden ver a continuación. (Imagen 3.30)

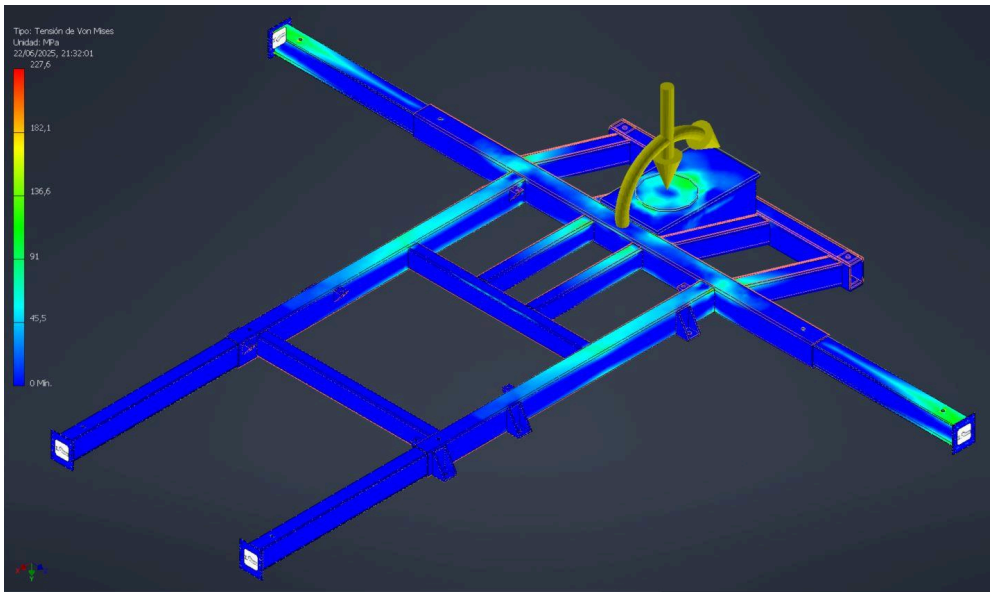


Imagen 3.30: Resultado de análisis de tensiones en Base

La máxima tensión obtenida en la base fue de 227,6 MPa, lo cual indica que la estructura es capaz de soportar las cargas previstas en las condiciones más exigentes.

Capítulo 4: Módulos

La grúa contará con tres módulos intercambiables, los cuales se utilizarán según las necesidades de cada operación.

4.1 - Colocación de módulos

El cambio de los módulos deberá poder realizarse fácilmente ya que cabe la posibilidad de que se deban utilizar más de uno en una misma operación. Se optó por elegir un sistema de pernos de bloqueo de acero de la marca Norelem con un diámetro de 12mm cada uno. Para su desbloqueo se debe realizar una fuerza de aproximadamente 39 N (según hoja de datos), lo que impedirá que se destrabe por vibraciones o movimientos de la grúa. (Imagen 4.1 y 4.2)



Imagen 4.1: Perno de bloqueo Norelem

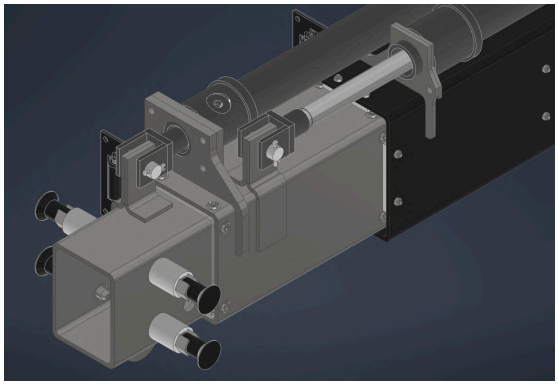


Imagen 4.2: Pernos en brazo telescópico

Cada perno puede ser bloqueado en la posición retraída. Para el cambio de módulo, se deberán retraer los cuatro pernos para permitir la colocación del nuevo módulo.

4.2 - Módulo 1: Cabrestante

El módulo 1 está diseñado para el izaje de personas en situaciones de rescate, utilizando un malacate montado en el extremo del brazo telescópico. La carga máxima admisible para este sistema es de 250 kg, considerando el peso combinado de la camilla, la víctima y cualquier equipo extra.

Se seleccionó el malacate DH500A de Malacate Pacific Hoists. Este tiene una capacidad de izaje de 500 kg y un cable de acero de 12 metros de largo. (Imagen 4.3)



Imagen 4.3: Malacate Pacific Hoists DH500A

Como lo indica la norma IRAM 3927, no debe fijarse el gancho del malacate directamente a la estructura de la camilla o al objeto a izar, siempre se deben emplear eslingas específicas de dicho objeto. Esto evita concentraciones de carga puntuales que podrían causar accidentes imprevistos.

Para mejorar la estabilidad durante el ascenso y descenso, se recomienda el uso de cuerda de guía aseguradas desde el suelo, que permitan controlar y minimizar movimientos pendulares o rotaciones indeseadas.

Como medida adicional de seguridad, se indica que durante cualquier izaje de personas debe instalarse una segunda soga auxiliar anclada a la oreja ubicada en el extremo del último tramo del brazo telescópico. Esto funciona como medida de seguridad en caso de una eventual falla del malacate.

En la imagen a continuación se puede ver el módulo 3 con el malacate seleccionado.

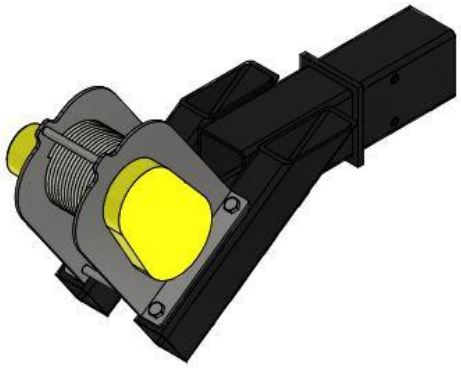


Imagen 4.4: Módulo 1

Si bien el módulo fue pensado principalmente para el izaje de personas en camilla, también puede utilizarse para elevar otros elementos, tales como herramientas pesadas, equipos de ventilación, extintores, equipos de respiración autónoma, etc.

4.3 - Módulo 2: Canasta

Canasta para ascenso o descenso de bomberos, con capacidad para dos personas y hasta 115 kg adicionales de herramientas, teniendo en cuenta todo el equipo que utilizan los bomberos en las operaciones, como matafuegos, equipos de respiración autónoma, herramientas de entrada forzada, entre otras.



Imagen 4.5: Cesta doble CYTECMA

La canasta seleccionada cuenta con un sistema estabilizador que le permite mantener la posición adecuada durante los movimientos de la grúa. Tiene una capacidad de carga máxima de 275 kg y un peso de 95 kg

Cabe destacar que toda persona que utilice la canasta deberá cumplir con las normativas IRAM correspondientes sobre uso de elementos de protección personal, sujeción con arnés y demás procedimientos correspondientes.

4.4 - Módulo 3: Monitor y Cámara termográfica

Este módulo se utilizará para localizar las fuentes de las llamas y permitir su ataque simultáneo mediante un monitor. Este dispositivo permite dirigir el chorro de agua hacia donde el bombero lo considere necesario. De esta manera, se podrá atacar incendios desde altura, facilitando su extinción. (Imagen 4.6)

Es importante destacar que, al utilizar este sistema, no será necesario arriesgar la vida de los bomberos, ya que la operación del monitor se realizará de manera remota, manteniendo a los bomberos fuera del peligro inmediato.

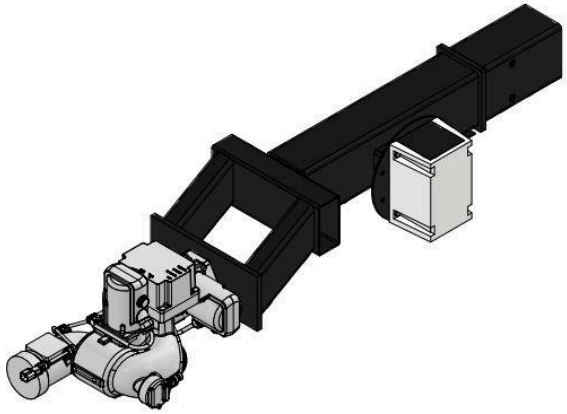


Imagen 4.6: Módulo 3

Cada una de las partes de la grúa contará con una guía para la **línea**, término utilizado por los bomberos para referirse a la manguera. Esta línea de 1,5” estará enrollada en un carrete al lado de la entrada de agua y cuando se quiera utilizar se deberá pasar la línea por las guías antes de extender la grúa. (Imagen 4.7)

La grúa contará con un colector con dos entradas de aguas para cada una de las opciones de abastecimiento con la que cuentan los bomberos (Imagen 4.8). Cada una tendrá una válvula antirretorno para impedir que el agua escape por la entrada que no está en uso. Se seleccionó una válvula de la marca Inteva. Esta genera una pérdida de carga de 1 Bar, la cual será tenida en cuenta a la hora de calcular la presión en el monitor. (Imagen 4.9)

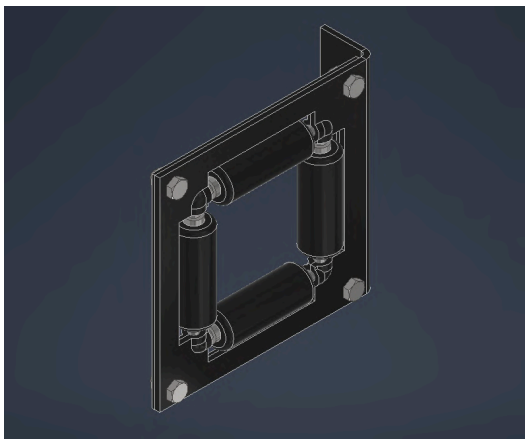


Imagen 4.7: Guía Manguera

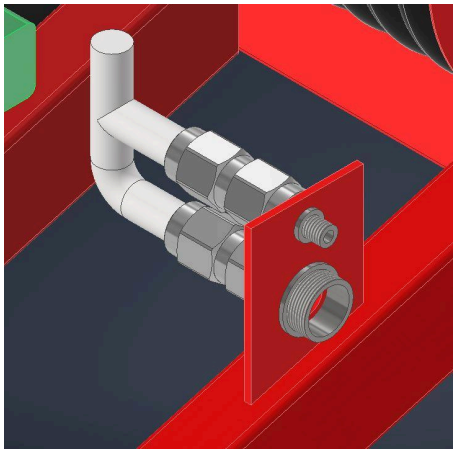


Imagen 4.8: Colector de agua

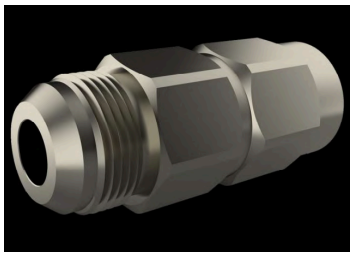


Imagen 4.9: Válvula antirretorno

Entrada 1: rosca NPT Ø ½” - Conexión a combate 500

Entrada 2: rosca NPT 2 ½” - Conexión a autobomba.

4.4.1 - Combate 500

La camioneta equipada con la **Combate 500** (Imagen 4.10) cuenta con un tanque de 500 litros de agua, una bomba de 53 L/min a 40 Bar, accionada por motor naftero con encendido eléctrico, un carrete enrollador con 50 mt. de manguera de alta presión y una lanza para aplicación de agua o agua + agente espumante.



Imagen 4.10: Combate 500

Si se quiere utilizar este equipo para abastecer el monitor se deberá quitar la lanza, la cual tiene una rosca de conexión rápida, y conectar el final de la línea a la entrada correspondiente de la grúa

4.4.2 - Autobomba

Por otro lado, los bomberos voluntarios también cuentan con una autobomba **MAN-14.264.** Esta tiene equipado un tanque de 1700 litros y una bomba capaz de brindar un caudal de 1600 lpm a 10 Bar. (Imagen 4.11)



Imagen 4.11: Autobomba Bomberos Voluntarios Rosario

La autobomba cuenta con una manguera de Ø 2.5 in. En el caso de querer abastecer el monitor con este equipo, se deberá conectar la línea en la entrada correspondiente de la grúa

4.4.3 - Monitor

El monitor elegido es el modelo **Sidewinder EXM2 7100X2**, junto con la boquilla de accionamiento eléctrico de caudal variable modelo **6000-200E**. Esta combinación de elementos es capaz de funcionar con un rango de caudales entre 55 y 800 L/min gracias al control electrónico de la boquilla. El monitor soporta un presión de hasta 42 bar, de todas maneras, la presión máxima de funcionamiento de la boquilla es de 7 Bar. Esta boquilla permite entregar un chorro más preciso de acuerdo al caudal de agua que se necesite, además de permitir varias modalidades de chorro. (Imagen 4.12)

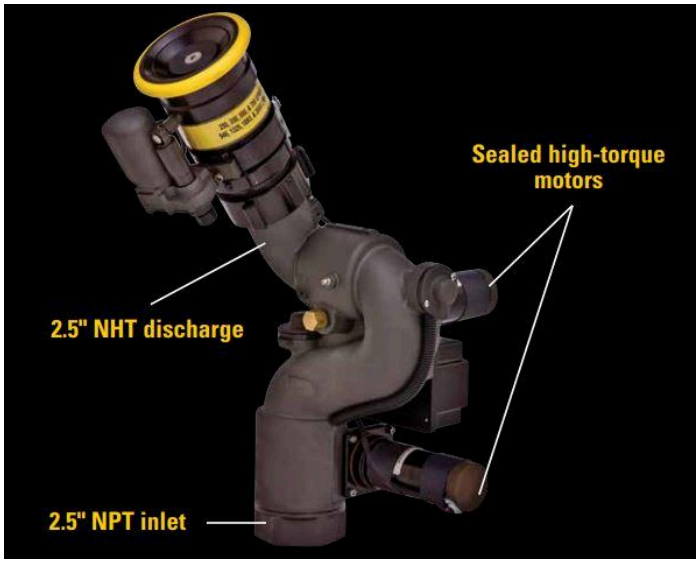


Imagen 4.12: Monitor Sidewinder EXM2 7100X2

Como se puede ver en la imagen previa, el monitor cuenta con una entrada roscada de 2,5” NPT y cuenta con motores de alto torque.

Una vez seleccionado el monitor, se calcularon las pérdidas de presión que se producen al conectarlo a cada uno de los equipos de abastecimiento de agua de los bomberos. Conociendo las características de las bombas y mangueras de dichos equipos, así como el recorrido que debe realizar el agua en la grúa (válvula, manguera,

altura), se estimó la presión que se logra obtener en la entrada del monitor. Estos cálculos se pueden ver en las siguientes páginas.

Pérdida de carga por altura:

$\delta_{H_2O} = 1000 \frac{kg}{m^3}$

$H = Altura\ de\ grúa = 8\ m$

$$\Delta P_{altura} = H * g * \delta_{H_2O}$$

Pérdida de carga por manguera:

Área de la manguera de Ø ½"

$$A = \pi * (\frac{D}{2})^2 = 8\ m^2$$

$A = Área\ de\ la\ sección\ transversal$

$D = Diámetro\ interno$

Velocidad del fluido:

$$v = \frac{Q}{A}$$

$v = velocidad\ del\ agua$

$Q = Caudal\ volumétrico$

Cálculo del número de Reynolds:

$$Re = \frac{v * D}{\nu}$$

$Re = Numero\ de\ Reynolds$

$\nu = Viscosidad\ cinemática\ del\ agua$

Como el valor del número de Reynolds para la manguera de la grúa da un valor cercano a los 445.000, superando ampliamente los 4000, se considera que el flujo es turbulento. Con esta información, se consultó una tabla para tubos lisos del libro *Mecánica de Fluidos* de White [1], donde se indican los valores correspondientes según el número de Reynolds.

Para calcular la pérdida de presión se utiliza la fórmula de Darcy-Weisbach para la caída de presión en una tubería.

$$\Delta P_{manguera} = f * \frac{L}{D} * \frac{\rho * v^2}{2}$$

$$\Delta P_{total} = \Delta P_{manguera\ autobomba} + \Delta P_{manguera\ grúa} + \Delta P_{altura} + \Delta P_{antirretorno}$$

Para verificar la presión que le llega al monitor se realizó un estudio de las pérdida de presión en el circuito de agua. A continuación, en la Tabla 4.1, se resume los cálculos realizados para cada uno de los casos:

Cálculo de presión en monitor		
Presión de combate 500	40	[Bar]
Presión de Autobomba	10	[Bar]
Presión máxima monitor	7	[Bar]
Q caudal máximo manguera	800	[l/min]
ΔP a máx q por Válvula antirretorno	1	[Bar]
Pérdida de carga por altura	0,69	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Combate 500	18,55	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Grúa	2,8048	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Grúa	1,54	[Bar]
Presión en monitor Combate 500	**18,22**	[Bar]
Presión en monitor Autobomba	**3,97**	[Bar]

Tabla 4.1: Presión de agua en monitor

La presión en el monitor en caso de utilizar el combate 500 supera ampliamente los 7 Bar. Se deberá regular la presión del equipo para garantizar que la presión en el monitor no supere los 7 bar. Esto se podría lograr bajando la presión de la bomba a 28 bar.

4.4.4 - Cámara Termográfica

El módulo 3 también incorpora una cámara termográfica. Se seleccionó el modelo KF6 de la marca FLIR. Este modelo fue específicamente diseñado para este tipo de aplicaciones y condiciones operativas y cuenta con protección IP67.(Imagen 4.13)



Imagen 4.13: Cámara termográfica FLIR KF6

La cámara posee un ángulo de visión de 69° x 56°, resolución de 640 × 480 píxeles y es capaz de detectar focos de calor, víctimas o zonas críticas incluso a través de humo denso o en total oscuridad. Esto se puede ver en tiempo real a través de su display remoto.

Para aprovechar al máximo la altura alcanzada por la grúa, se optó por montar la cámara en orientación vertical, rotando su eje 90°. De esta forma, el campo de visión de 69° queda alineado con el plano vertical.

La cámara se instala sobre un soporte ajustable con múltiples posiciones angulares, que permite modificar por medio de la ubicación de los tornillos su inclinación según las condiciones de uso. Este sistema, ofrece posiciones prefijadas (-30°, 0°, 30° respecto al módulo 3), permitiendo la adaptación del ángulo de visión a distintas alturas de operación o escenarios de operación.

Capítulo 5: Normas y Mantenimiento

Para el diseño de la grúa se tuvieron en cuenta las normativas **IRAM 3927** (Grúas hidráulicas de pluma articulada sobre vehículo), **IRAM 3923-1** (Inspección, métodos de ensayo y mantenimiento de grúas móviles) y la **Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449**. Estas disposiciones establecen tanto los requisitos técnicos mínimos que debe cumplir la estructura y los componentes de la grúa, como las condiciones legales para su circulación y operación segura.

A continuación, se detallan algunas indicaciones indispensables establecidas por dichas normativas, las cuales deben ser estrictamente cumplidas por los operarios y personal de mantenimiento para garantizar un uso correcto y seguro.

5.1 - Ley Nacional de Tránsito N.º 24.449

El diseño de la grúa contempla las disposiciones de la Ley Nacional de Tránsito 24.449, incluyendo los límites dimensionales establecidos en sus artículos 52 y 53, los requisitos de seguridad tales como iluminación reglamentaria, frenos, señalización reflectiva, balizas portátiles y extintor, y la habilitación técnica correspondiente. Esta ley también indica que el uso de la grúa queda restringido a condiciones operativas específicas, exclusivamente con el vehículo detenido, estabilizado y señalizado.

5.2 - IRAM 3923-1 e IRAM 3927

Requisitos operacionales:

- No debe superarse el peso indicado en el diagrama de carga bajo ninguna condición operativa normal.
- No deben izarse personas ni cargas sobre personas.
- No debe moverse el vehículo con carga en el gancho.
- El izaje debe hacerse con la carga sujeta por eslingas u otros dispositivos, nunca con el cable enrollado directamente sobre la carga.
- Debe evitarse balanceo, aceleraciones o detenciones bruscas.
- Siempre se debe mantener el vehículo nivelado, bloqueado, preferentemente con cuñas, y estabilizadores extendidos durante la operación.

- Prohibido operar cerca de líneas eléctricas si no se cumplen estrictas medidas de seguridad (distancias mínimas según tabla 1 de la norma).
- La pluma debe ir totalmente retraída durante el traslado.
- El operador debe estar capacitado según IRAM 3920.

Las normas recomiendan que, previo a la puesta en servicio de la grúa, se realicen una serie de verificaciones y ensayos que garanticen su funcionamiento seguro.

- **Ensayo operativo**: verificación completa de todos los movimientos y sistemas del equipo bajo una carga del 110% de la máxima admisible.
- **Ensayo de estabilidad**: comprobación de que la grúa permanece estable en su configuración más desfavorable, también con una carga del 110%.
- **Inspección inicial**: revisión integral del sistema realizada por personal calificado antes de su puesta en servicio.

5.3 - Mantenimiento

En esta sección se detallan las tareas de mantenimiento para la grúa, considerando tanto las recomendaciones de los fabricantes de los componentes comerciales, como las indicadas por las normas tratadas anteriormente y los requerimientos del equipo. Junto a la tarea se añade su descripción y el plazo en el que debe ser realizada. (Tabla 5.1)

Plan de Mantenimiento		
Tarea	**Descripción**	**Plazo**
Inspección Visual General	Revisar fisuras, desgaste, corrosión en mástil, brazo y soportes. Inspeccionar mangueras y conexiones.	Antes y después de cada operación
Verificación del Nivel y aspecto de Aceite Hidráulico	Verificar que el nivel de aceite de la central hidráulica sea superior al mínimo y que el color y la consistencia sean normales	Antes de cada operación
Verificación de componentes hidráulicos eléctricos y de vehículo	Cilindros, conexiones, mangueras, ganchos, cables, frenos, neumáticos	2 semanas
Inspección de pernos de bloqueo	Inspección y lubricación de los pernos de bloqueo, verificando su funcionamiento y que no presenten roturas ni deformaciones.	2 semanas
Inspección de cabestrante	Verificar el funcionamiento del cabrestante y que el cable esté en condiciones óptimas, de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 3927	50 horas de operación o 3 meses
Lubricación de Articulaciones y Pasadores	Aplicar grasa en puntos de fricción y pasadores.	100 horas de operación o 3 meses
Engrase del tornillo sin fin - Módulo de giro	Inyectar grasa en el tornillo sin fin a través de sus engrasadores mientras se hace girar el módulo .	100 horas de operación o 3 meses
Engrase rodamientos cónicos - Módulo de giro	Inyectar aproximadamente 10 cc de grasa en cada rodamiento cónico	400 horas o 12 meses
Verificación y reapriete de tornillos	Reajustar todos los pernos del módulo al valor especificado en el manual	A las 100 horas iniciales, luego cada 3 meses
Inspección de Placas de Delrin	Medir desgaste, controlar deformación y fisuras en las placas de deslizamiento.	50 horas o 2 meses
Prueba de Líquidos Penetrantes/Ultrasonido - Según IRAM 3927	Inspeccionar uniones soldadas, zonas de máxima carga y pasadores para detectar fisuras.	12 meses
Cambio de Aceite de la Central Hidráulica	Drenar, reemplazar filtro y rellenar con aceite hidráulico. Limpiar el depósito antes de rellenar.	300 horas o 12 meses
Prueba de Carga	Realizar un test al 110% de su capacidad para verificar el estado estructural y su estabilidad.	12 meses

Tabla 5.1: Plan de mantenimiento

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El desarrollo del presente proyecto permitió cumplir satisfactoriamente los objetivos técnicos propuestos. Se diseñó una grúa hidráulica articulada y modular, montada sobre una camioneta chasis-cabina, capaz de facilitar operaciones de rescate y combate de incendios en altura. La estructura principal, compuesta por un mástil, un brazo articulado y un brazo telescópico, alcanza una altura operativa de 8 metros con una capacidad de carga de 250 kg, permitiendo el izaje de personas en canasta o camilla, así como la operación remota de un monitor de agua y una cámara termográfica.

Mediante simulaciones estructurales se validó la resistencia mecánica de sus componentes, incluyendo los pasadores, el mástil, brazo 1, el brazo telescópico y la base, bajo condiciones de carga estática máxima. Se incorporó un módulo de giro con tornillo sin fin autoblocante, que asegura rotación continua de 360°. La selección de componentes y cilindros hidráulicos fue realizada considerando presiones reales de trabajo, pérdidas de carga y coeficientes de seguridad adecuados, con sobredimensionamientos superiores a 1.5 en todos los cilindros.

El diseño se basó en los apoyos estructurales disponibles en una Toyota Hilux. En caso de utilizar otro vehículo, será necesario modificar la ubicación de los apoyos para adaptarlos a la geometría específica de cada chasis.

La grúa fue diseñada respetando los requisitos establecidos por las normas IRAM 3923-1 y 3927.

Desde el punto de vista académico, llevar a cabo este proyecto demandó integrar múltiples disciplinas de la ingeniería mecánica estudiadas a lo largo de la carrera. Si bien este tipo de desarrollos puede abordarse con mayor profundidad técnica y experimental en el futuro, los conocimientos adquiridos en la Escuela de Ingeniería Mecánica de Rosario fueron suficientes y apropiados para alcanzar un resultado completo.

En conclusión, la propuesta es técnicamente factible y eficiente y representa una solución innovadora, adaptable y práctica para operaciones de emergencia.

Recomendaciones

Contar con la ayuda y opinión de un bombero, así como la visita a un cuartel para observar el equipamiento real, resultó fundamental para comprender las verdaderas necesidades operativas del sistema y ajustar el diseño a condiciones de uso concretas.

Por otro lado, desde el punto de vista organizativo y metodológico, se identificaron varios aspectos que vale la pena aplicar en trabajos similares. En primer lugar, organizar un cronograma desde el inicio y dividir el trabajo en etapas claras permite distribuir mejor el tiempo disponible y avanzar de forma progresiva y ordenada con cada parte del proyecto, algo que no logré implementar del todo al principio.

También fue clave definir desde al comienzo los límites y alcances del proyecto, estableciendo qué partes se diseñarán en detalle y cuáles no, para optimizar los esfuerzos y concentrarse en lo que realmente importa.

Finalmente, definir los componentes comerciales en etapas tempranas es importante para tomar decisiones de diseño más acertadas. Consultar catálogos desde el inicio permite trabajar con dimensiones y parámetros concretos, lo que ayuda a evitar rediseños posteriores. En mi caso, no lo implementé desde el comienzo y eso me llevó a tener que modificar ciertos aspectos del diseño ya avanzado el proyecto.

Bibliografía

[1] WHITE, Frank M. *Mecánica de fluidos*. 5ª edición. México: McGraw-Hill, 2003. p 354.

[2] CENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. *Mecánica de fluidos: fundamentos y aplicaciones*. 2ª edición. México, 2008.

[3] INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM). *Norma IRAM 3923-1: Seguridad en equipos de izaje - Grúas hidráulicas de pluma articulada montadas sobre vehículos o en superficie - Características constructivas, operación, inspecciones, ensayos y mantenimiento.* Buenos Aires: IRAM, 2015.

[4] INSTITUTO ARGENTINO DE NORMALIZACIÓN Y CERTIFICACIÓN (IRAM). *Norma IRAM 3927: Equipos hidráulicos - Requisitos de seguridad y ensayo*. Buenos Aires: IRAM, 2014.

[5] ARGENTINA. *Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial Nº 24.449*. Buenos Aires: Boletín Oficial de la República Argentina, 1995.

[6] IFSTA (International Fire Service Training Association). *Essentials of Fire Fighting and Fire Department Operations*. 6th edition. 2013

[8] FEDERACIÓN DE ASOCIACIONES DE BOMBEROS VOLUNTARIOS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. *Manual de Ingreso a Bomberos Voluntarios*. 4ª edición. Buenos Aires, 2013.

Anexo A: Memoria de cálculo

A.1 - Análisis de estabilidad

Análisis Estático Lateral		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Masa vehículo - Pv	1655	[Kg]
Masa de la grúa - Pg	1050	[Kg]
Masa de la carga - Pc	250	[Kg]
Peso vehículo - Pv	16236	[N]
Peso de la grúa - Pg	10301	[N]
Peso de la carga - Pc	2450	[N]
Peso total	28986	[N]
AB	1970	[mm]
AC	3940	[mm]
AD	1126	[mm]
AE	3455	[mm]
Reacción derecha - Rder	8913	[N]
Reacción izquierda - Rizq	20073	[N]
Porcentaje del peso en C	30,7%	
Porcentaje del peso en A	69,3%	

Tabla A.1.1

Análisis Estático Trasero		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Masa vehículo - Pv	1655	[Kg]
Masa de la grúa - Pg	1050	[Kg]
Masa de la carga - Pc	250	[Kg]
Peso vehículo - Pv	16236	[N]
Peso de la grúa - Pg	10301	[N]
Peso de la carga - Pc	2450	[N]
Peso total	28986	[N]
AB	3636	[mm]
AC	4860	[mm]
AD	1775	[mm]
AE	2510	[mm]
Reacción delantera - Rdel	14643	[N]
Reacción trasera - Rtras	14343	[N]
Porcentaje del peso en C	50,5%	
Porcentaje del peso en A	49,5%	

Tabla A.1.2

Análisis Estático Delantero		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Masa vehículo - Pv	1655	[Kg]
Masa de la grúa - Pg	1050	[Kg]
Masa de la carga - Pc	250	[Kg]
Peso vehículo - Pv	16236	[N]
Peso de la grúa - Pg	10301	[N]
Peso de la carga - Pc	2450	[N]
Peso total	28986	[N]
AB	1797	[mm]
AC	5317	[mm]
AD	2136	[mm]
AE	2923	[mm]
Reacción trasera - Rtras	8278	[N]
Reacción delantera - Rdel	20708	[N]
Porcentaje del peso en C	28,6%	
Porcentaje del peso en A	71,4%	

Tabla A.1.3

A.2 - Esfuerzos en módulo de giro

Momento en Módulo de Giro		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Masa de la grúa	480	[Kg]
Masa de la carga	250	[Kg]
Peso de la grúa - Pg	4704	[N]
Peso de la carga - Pg	2450	[N]
Peso total	7154	[Kg]
AD	1540	[mm]
AE	5425	[mm]
Carga axial Módulo de giro - Raxial	7,2	[kN]
Momento de vuelco - Mvuelco	20,53541	[kNm]
Coeficiente de seguridad fabricante	1,25	
Carga axial Módulo de giro - Raxial	8,94	[kN]

Tabla A.2.1

A.3 - Esfuerzo en cilindros

Cilindro 1		
Masa de grúa	400	[Kg]
Masa de carga	250	[Kg]
Peso de grúa	3920	[N]
Peso de carga	2450	[N]
Peso Total	6,37	[kN]
BA	290	[mm]
BC	2242	[mm]
BD	5163	[mm]
Reacción en A **- Ra**	73,9	[kN]
Reacción en B **- Rb**	80,3	[kN]
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Área cilindro	0,00502	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo	**79,9**	**[mm]**
Coeficiente de seguridad	1,5	
Reacción corregida	120,4	[kN]
Área cilindro corregida	0,00753	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo corregido	**97,9**	**[mm]**

Tabla A.3.1

Cilindro 2		
Masa de grúa	200	[Kg]
Masa de carga	250	[Kg]
Peso de grúa	1960	[N]
Peso de carga	2450	[N]
Peso Total	4410	[N]
AB	303	[mm]
AC	2366	[mm]
AD	4073	[mm]
θ - Rb	14	[º]
θ - Rb	0,244	[rad]
Reacción en B **- RB**	48,2	[kN]
Reacción en B en x **- RBx**	46,8	[kN]
Reacción en B en y **- RBy**	11,7	[kN]
Reacción en A en x **- RAx**	46,8	[kN]
Reacción en A en y **- RAy**	16,1	[kN]
θ - Rb	0,331	[rad]
θ - Rb	19,0	[º]
Reacción en A **- RA**	49,5	[kN]
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Área cilindro	0,003015	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo	**62,0**	**[mm]**
Coeficiente de seguridad	1,5	
Reacción corregida	72,4	[kN]
Área cilindro corregida	0,004522	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo corregido	**75,9**	**[mm]**

Tabla A.3.2

Cilindro 3 y 4		
Masa de grúa	180	[Kg]
Masa de carga	250	[Kg]
Peso de grúa	1764	[N]
Peso de carga	2450	[N]
Peso Total	4214	[N]
Fuerza que debe hacer el cilindro	4,2	[KN]
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Área cilindro mínima	0,00026	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo	**18,3**	**[mm]**
Coeficiente de seguridad	1,5	
Reacción corregida	6,3	[kN]
Área cilindro mínima corregida	0,00040	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo corregido	**22,4**	**[mm]**

Tabla A.3.3

Cilindro estabilizador lateral		
Reacción en máxima solicitación	20,73	[KN]
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Área cilindro mínima	0,00130	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo	**40,6**	**[mm]**
Coeficiente de seguridad	1,5	
Reacción corregida	31,1	[kN]
Área cilindro mínima corregida	0,00194	[m^2]
Diámetro cilindro mínimo corregido	**49,7**	**[mm]**

Tabla A.3.4

A.4 - Central hidráulica y pérdida de carga

Pérdida de carga en Cilindro 4		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Pérdida de carga por altura		
Elevación máxima a Cilindro 4	6	[m]
Densidad del aceite hidráulico	879	[kg/m^3]
Pérdida de carga	51685	[Pa]
Pérdida de carga	0,0517	[MPa]
Pérdida de carga	0,517	[Bar]
Pérdida de carga por manguera		
Largo de manguera hasta Cilindro 4	6	[m]
Diámetro elegido Ø	0,5	[pulg]
Diámetro elegido Ø	12,7	[mm]
Área manguera	0,00013	[m^2]
Caudal	0,00056	[m^3/seg]
Velocidad en manguera	4,4	[m/s]
Viscosidad cinemática	98	[mm^2/seg]
Re	573,91	
f	0,112	
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	454123	[Pa]
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	4,54	[Bar]
Pérdida de carga por válvula		
A caudal nominal	3	[Bar]
TOTAL		
Pérdida de carga total	**8**	[Bar]
Presión en cilindro 4	**160**	[Bar]

Tabla A.4.1

Central Hidráulica Requerida		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Presión Hidráulica	160	[Bar]
Presión Hidráulica	16000	[kPa]
Diámetro Cilindro 1	100	[mm]
Área	0,00785	[m^2]
Desplazamiento	0,5	[mm]
Volumen	0,003927	[m^3]
Volumen	3,9	[litros]
Tiempo	7	[seg]
Caudal	33,7	[litros/min]
Potencia mínima del motor	9,0	[kW]
Potencia mínima del motor corregida	10,8	[kW]
Potencia mínima del motor corregida	14,4	[hp]

Tabla A.4.2

A.5 - Pérdidas de carga en monitor

Variable	Valor	Unidad
Presión de combate 500	40	[Bar]
Presión de Autobomba	10	[Bar]
Presión máxima monitor	7	[Bar]
ΔP a máx q por Válvula antirretorno	1	[Bar]
Q caudal máximo monitor	800	[l/min]
Pérdida de carga por altura		
g	9,81	[m/s^2]
Altura	7	[m]
Densidad del agua	1000	[kg/m^3]
Pérdida de carga	68670	[Pa]
Pérdida de carga	0,07	[MPa]
Pérdida de carga	0,69	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Combate 500		
Largo de manguera no colapsable	50	[m]
Diámetro Ø	0,5	[pulg]
Diámetro Ø	12,7	[mm]
Área manguera	0,00013	[m^2]
Caudal	0,00092	[m^3/seg]
Velocidad en manguera	7,2	[m/s]
Viscosidad cinemática	1	[mm^2/seg]
Re	91900,49	
f	0,018	
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	1855398	[Pa]
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	18,55	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Autobomba		
Largo de manguera colapsable	50	[m]
Diámetro Ø	2,0	[pulg]
Diámetro Ø	50,8	[mm]
Área manguera	0,00203	[m^2]
Caudal	0,01333	[m^3/seg]
Velocidad en manguera	6,6	[m/s]
Viscosidad cinemática	1	[mm^2/seg]
Re	334183,61	
f	0,0132	
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	280482	[Pa]
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	2,8	[Bar]
Pérdida de carga por manguera de Grúa		
Largo de manguera no colapsable	7	[m]
Diámetro elegido Ø	1,5	[pulg]
Diámetro elegido Ø	38,1	[mm]
Área manguera	0,00114	[m^2]
Caudal	0,01333	[m^3/seg]
Velocidad en manguera	11,7	[m/s]
Viscosidad cinemática	1	[mm^2/seg]
Re	445578,14	
f	0,0122	
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	153788	[Pa]
Pérdida de presión Darcy-Weisbach	1,5379	[Bar]
Pérdida de finales en monitor		
Presión en monitor Combate 500	**18,22**	[Bar]
Presión en monitor Autobomba	**3,97**	[Bar]

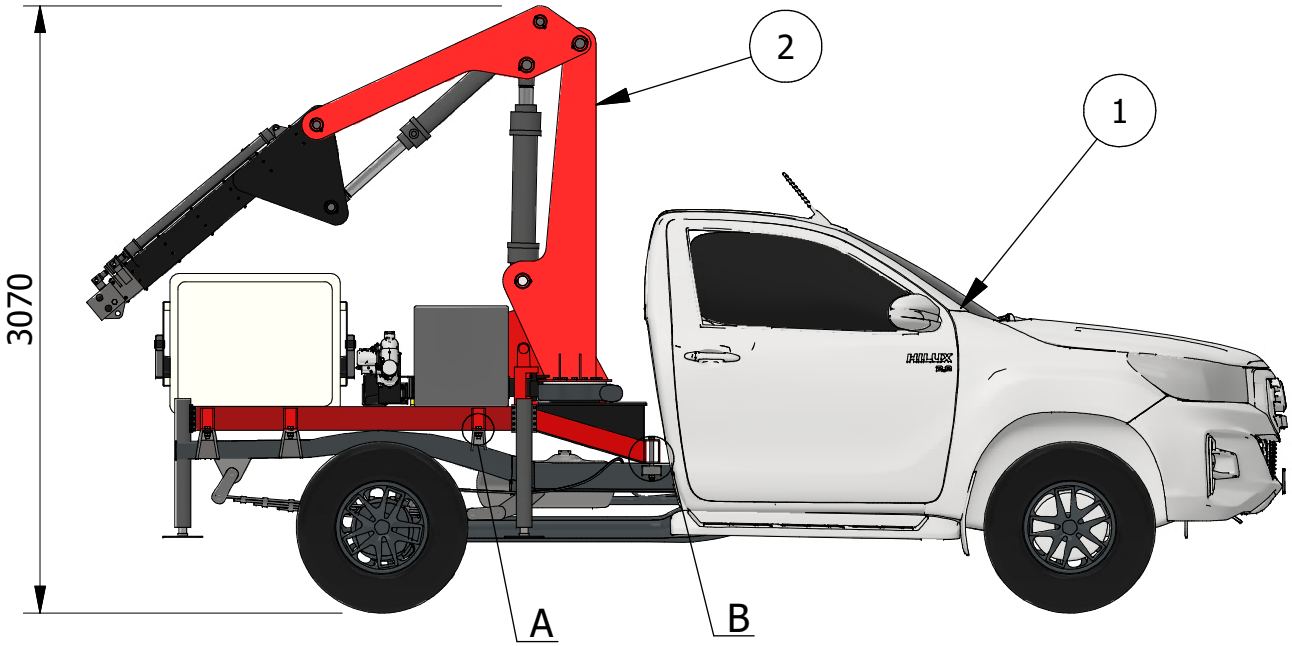
Anexo B: Peso de componentes

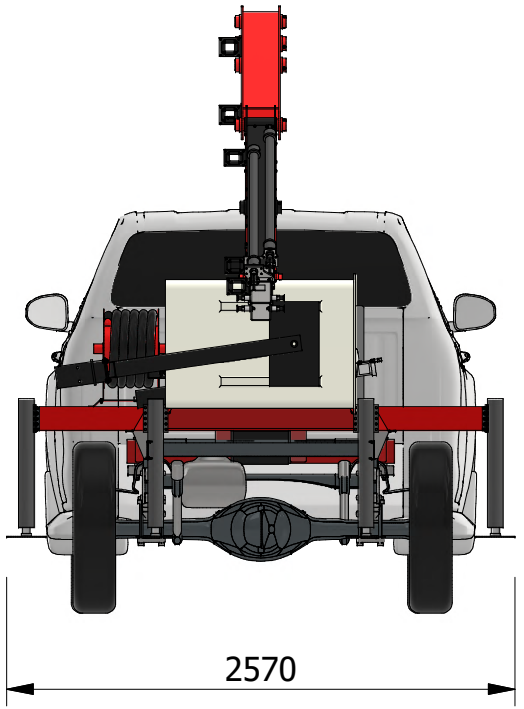
En la siguiente tabla se detallan los pesos de cada uno de los componentes de la grúa y se verifica que el total (1052 kg) no supera la carga máxima admisible por la camioneta (1220 kg), dejando un margen de 168 kg para el conductor y cualquier equipo adicional que se desee transportar.

Peso		
Variable	**Valor**	**Unidad**
Peso Base	236	Kg
Peso Mástil	81	Kg
Peso Brazo 1	52	Kg
Peso Telescópico	91	Kg
Peso Cilindros	201	Kg
Peso Pasadores	18,5	Kg
Peso módulo 1 - Cabestrante	37	Kg
Peso módulo 2 - Canasta	95	Kg
Peso módulo 3 - Monitor	20	Kg
Peso Módulo de giro	42	Kg
Central hidraulica	138	Kg
Circuito Hidráulico	40	Kg
Total Peso	**1052**	**Kg**
Capacidad de carga	**1220**	**Kg**
Peso restante	**168**	**Kg**

Tabla B.1

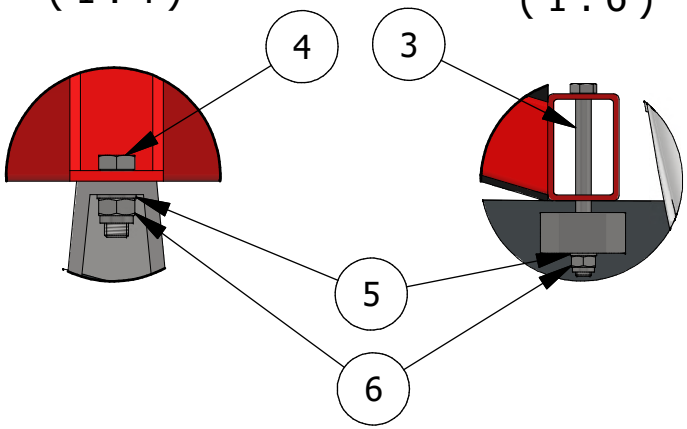
Anexo C: Planos



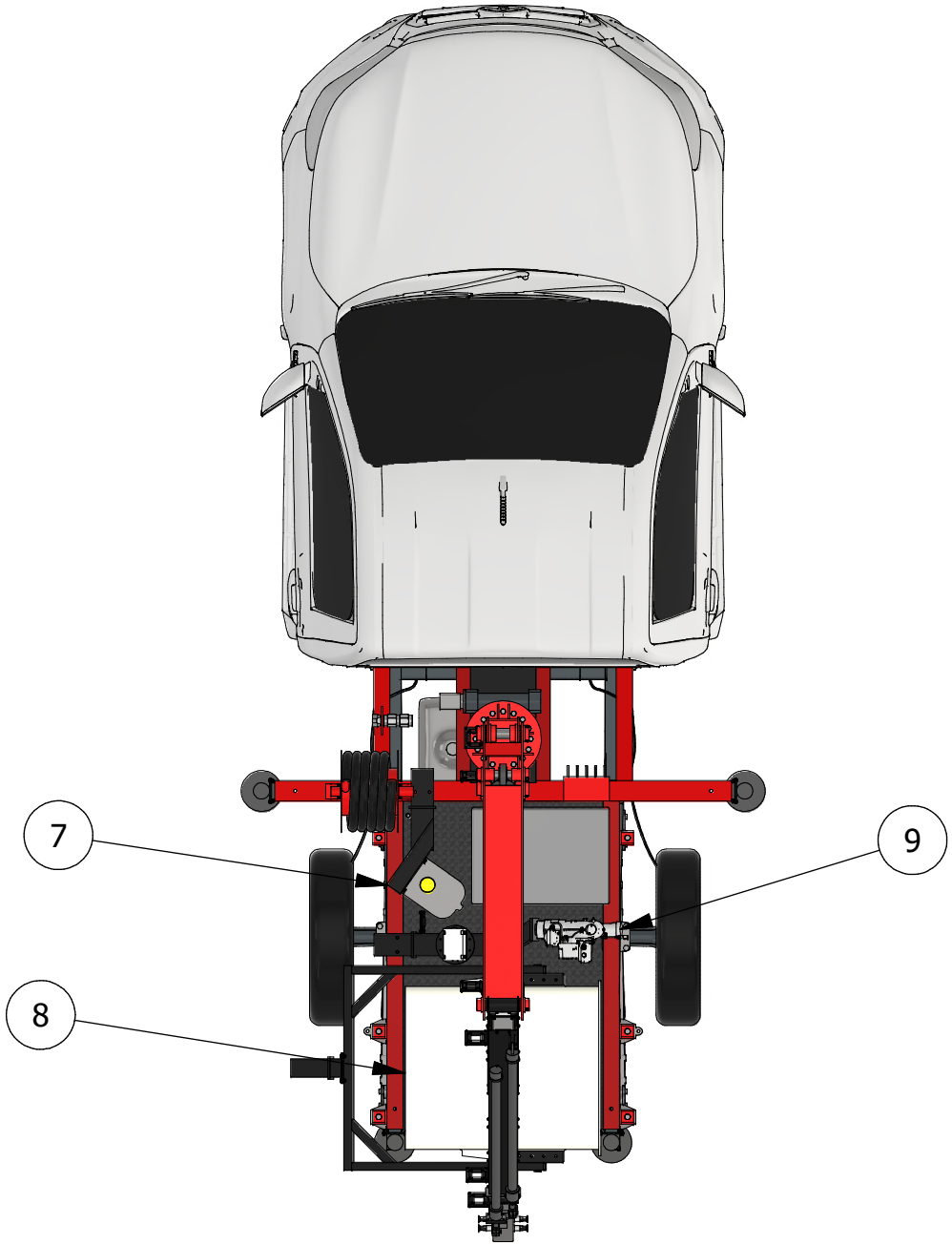


CORTE A
(1 : 4)

CORTE B
(1 : 6)

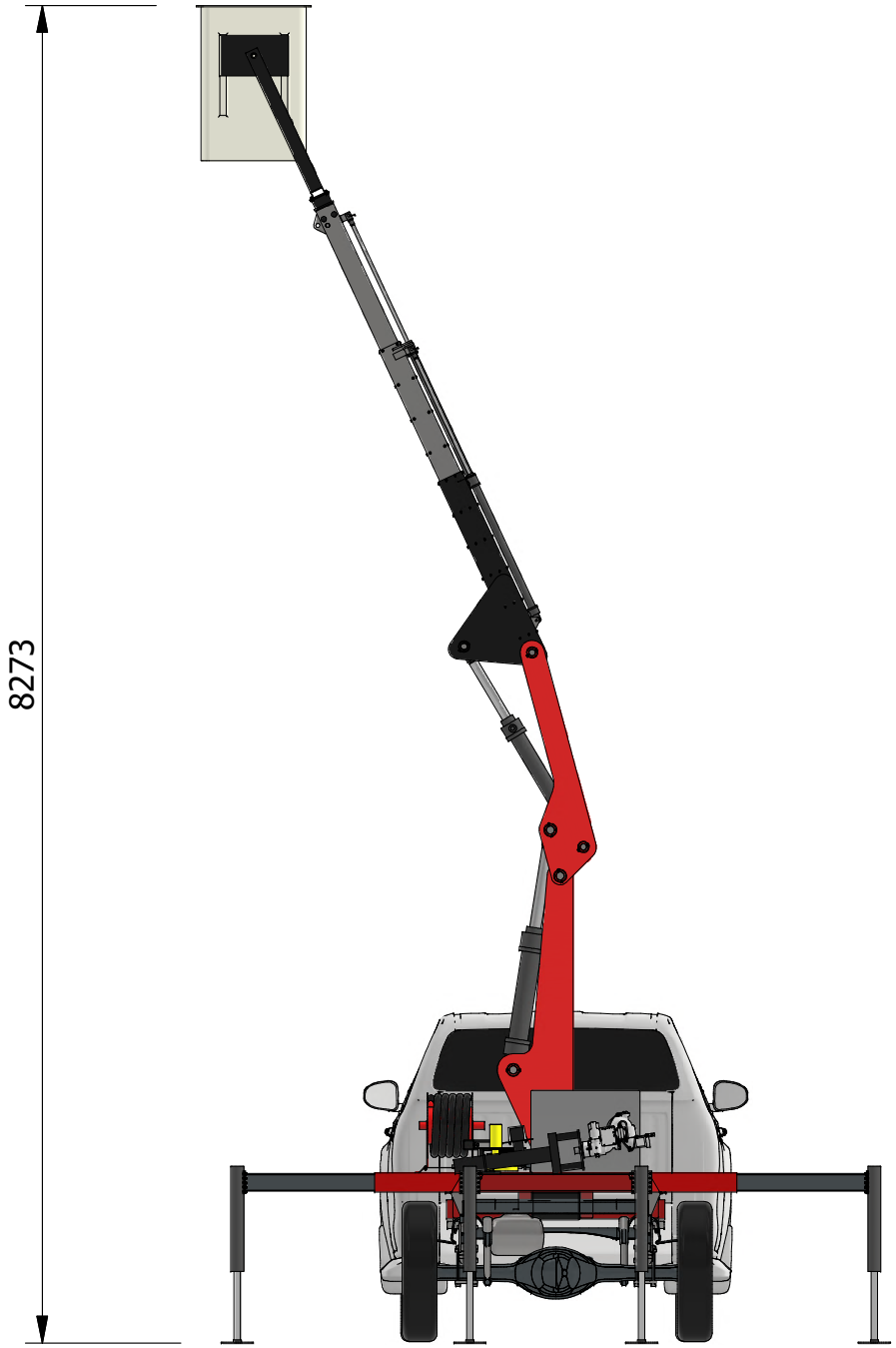


Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Grúa de Operaciones	
	Escala 1:27	Hoja 1 / 2

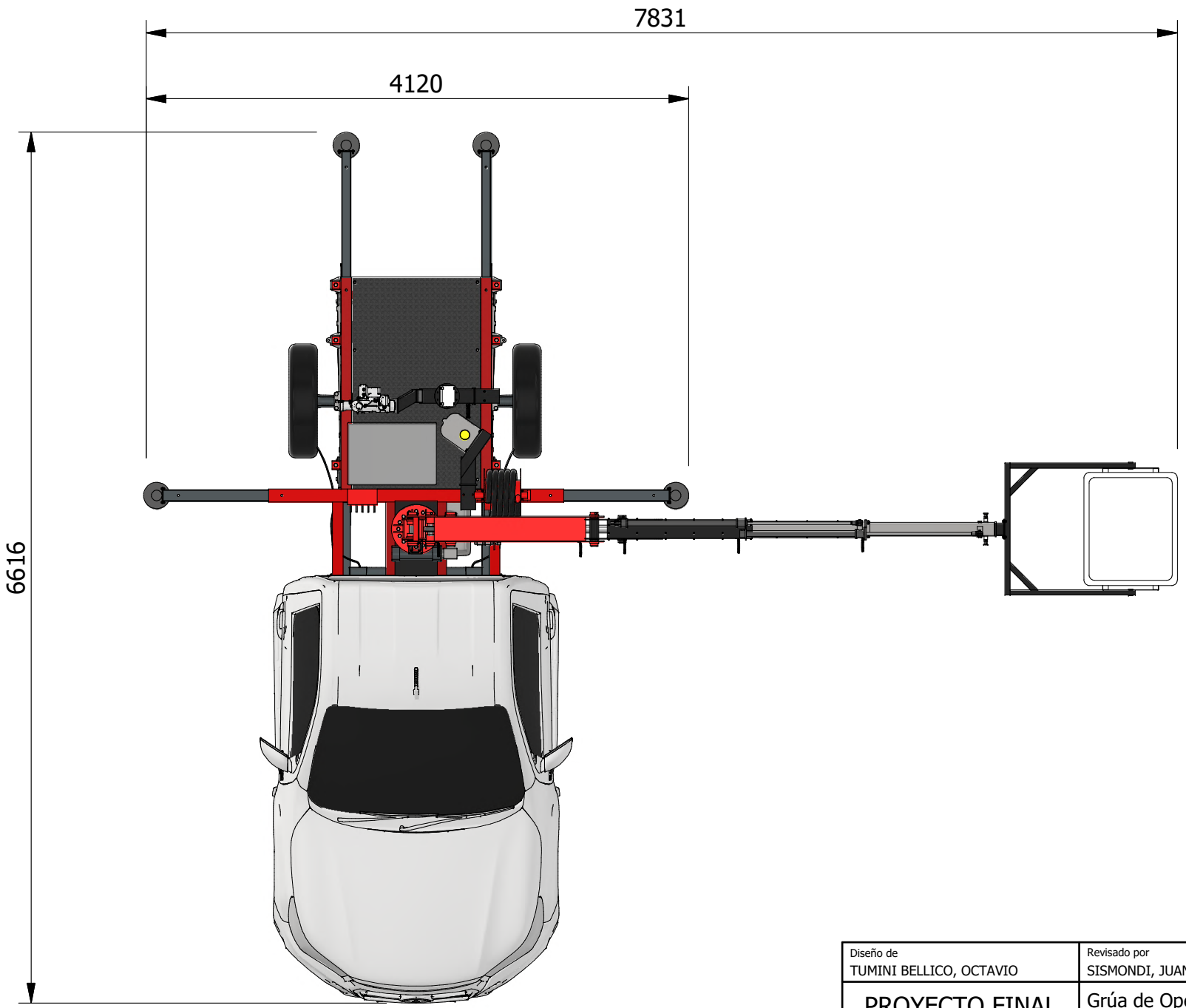


POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBS.
1	Toyota Hilux	1	
2	Grúa	1	
3	Perno cabeza hex - M18 x 200	2	
4	Perno cabeza hex - M18 x 45	6	
5	Arandela Grower - A18	8	
6	Tuerca hexagonal - M18	8	
7	Modulo 1	1	
8	Modulo 2	1	
9	Modulo 3	1	

Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Grúa de Operaciones	
	Escala: 1:27	Hoja: 2 / 2



Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Grúa de Operaciones - Estensión Vertical	
	Escala 1:33	Hoja 1 / 1

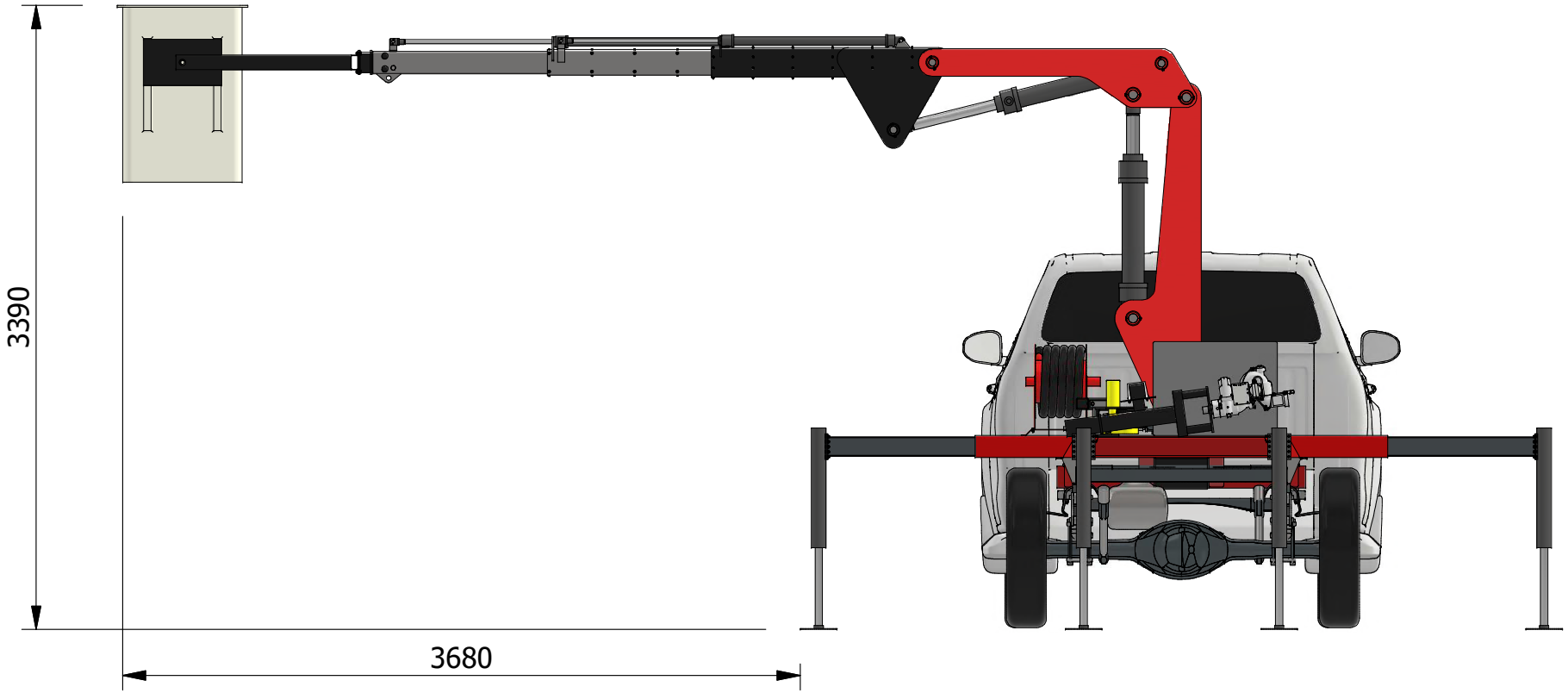


Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

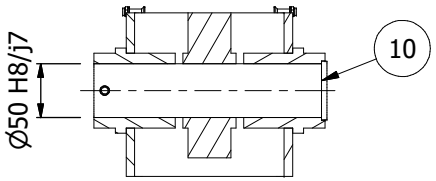
Grúa de Operaciones - Estensión Lateral

Escala 1:30 | Hoja 1 / 2

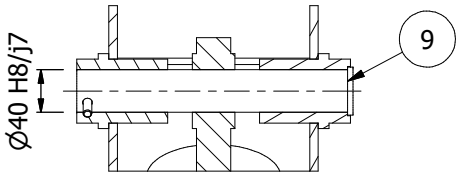


Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Grúa de Operaciones - Estensión Lateral	
	Escala 1:30	Hoja 2 / 2

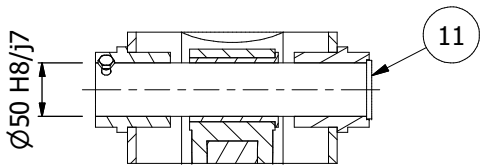
CORTE A-A
(1 : 5)



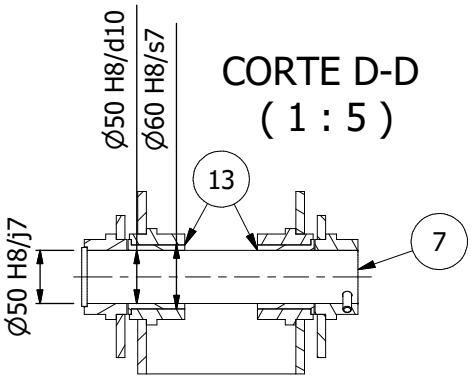
CORTE B-B
(1 : 5)



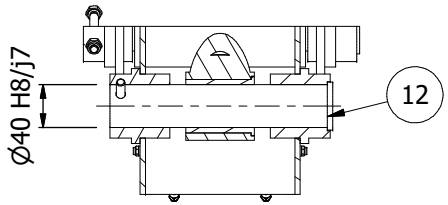
CORTE C-C
(1 : 5)



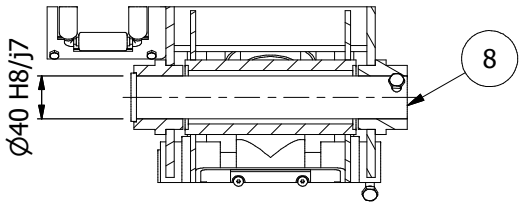
CORTE D-D
(1 : 5)

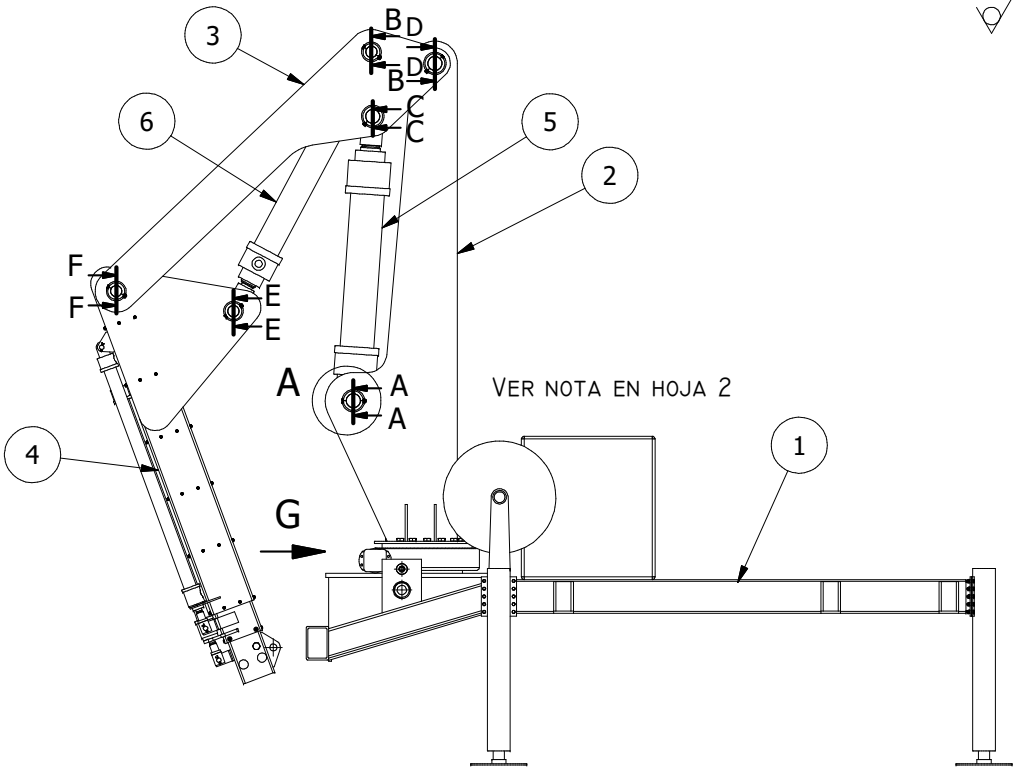


CORTE E-E
(1 : 5)

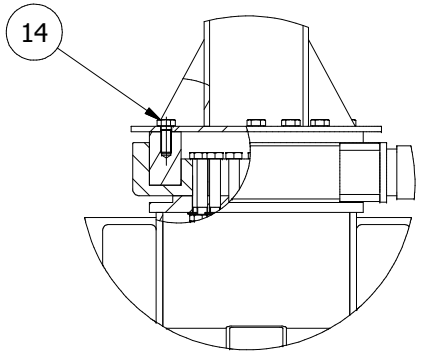


CORTE F-F
(1 : 5)

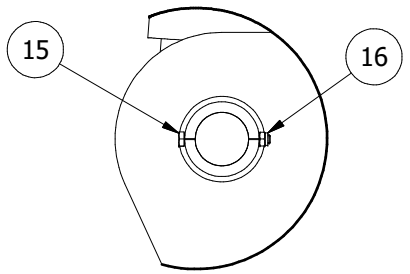




VISTA DESDE G
(1 : 8)



DETALLE A
(1 : 5)



Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Grúa - Ensamblaje	
	Escala 1:19	Hoja 1 / 2

NOTA 1: LA GRÚA DEBE MONTARSE EN FORMA SECUENCIAL SOBRE LA BASE. EN PRIMER LUGAR, SE INSTALA EL MÁSTIL PRINCIPAL, SEGUIDO DEL PRIMER CILINDRO HIDRÁULICO Y EL BRAZO 1. A CONTINUACIÓN, SE MONTA EL SEGUNDO CILINDRO Y EL BRAZO TELESCÓPICO.

NOTA 2: COLOCAR LA CENTRAL HIDRÁULICA SOBRE LA BASE ESTRUCTURAL UNA VEZ COMPLETADO EL MONTAJE DE LA GRÚA. PARA POSICIONAR LA GRÚA EN LA CONFIGURACIÓN DE TRANSPORTE Y PERMITIR SU POSTERIOR FIJACIÓN AL CHASIS DEL VEHÍCULO, ES NECESARIO CONECTAR COMPLETAMENTE EL CIRCUITO HIDRÁULICO Y ENCENDER LA CENTRAL. UNA VEZ REALIZADO ESTO, ACCIONAR LOS CILINDROS HIDRÁULICOS COLOCANDO LA GRÚA EN LA POSICIÓN ADECUADA PARA EL ACOPLAMIENTO AL VEHÍCULO.

POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Conjunto Base	1	
2	Mastil	1	
3	Brazo 1	1	
4	Brazo Telescópico	1	
5	Cilindro Hidráulico 1 - Ø100	1	
6	Cilindro Hidráulico 2 - Ø80	1	
7	Pasador Ø40 - 1	1	
8	Pasador Ø40 - 2	1	
9	Pasador Ø40 - 3	1	
10	Pasador Ø50 - 1	1	
11	Pasador Ø50 - 2	1	
12	Pasador Ø50 - 3	1	
13	Buje pasador 2 - Mastil	2	
14	Tornillo cabeza hex - M16 x 40	16	
15	Tornillo cabeza hex - M8 x 80	6	
16	Tuerca Autofrenante hex - M8	6	

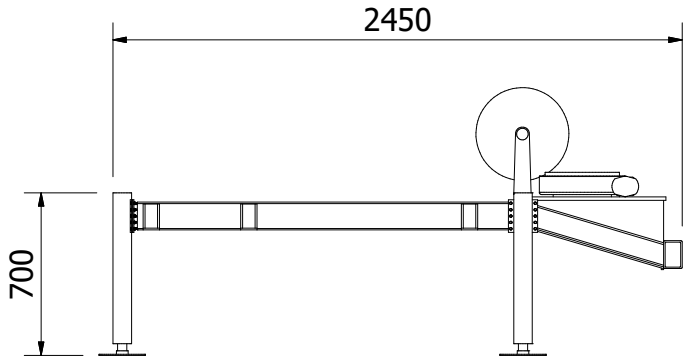
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

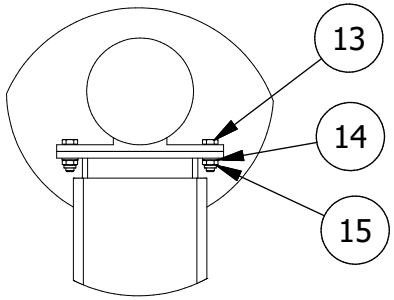
Grúa - Ensamblaje

Escala 1:19

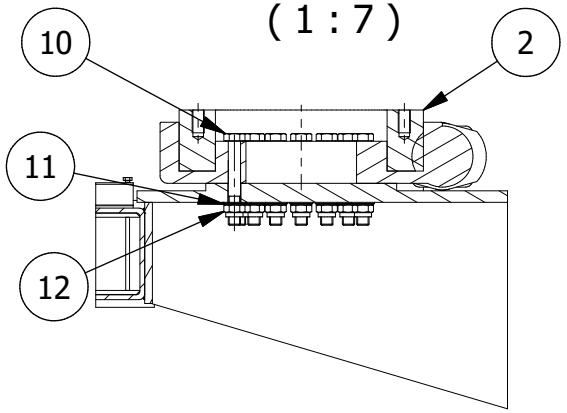
Hoja 2 / 2

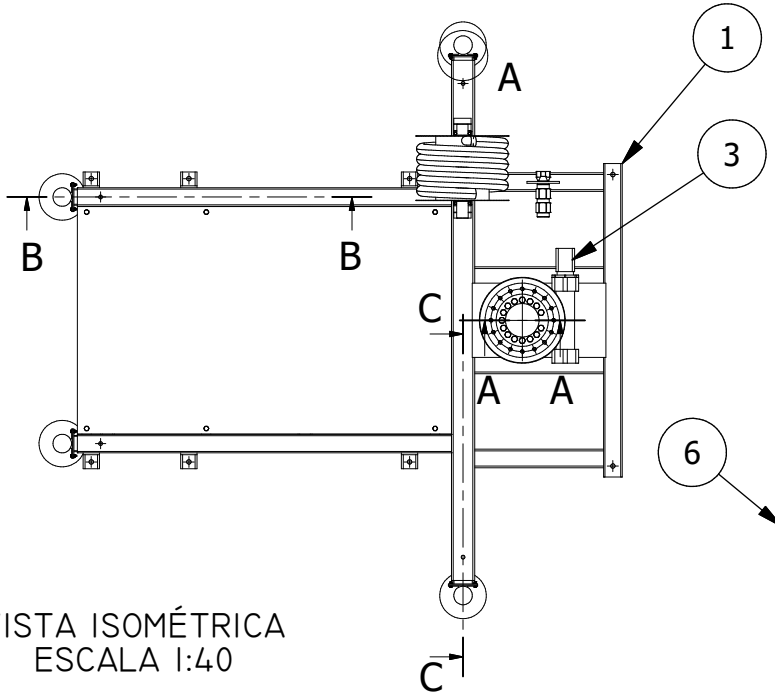


DETALLE A
(1 : 4)

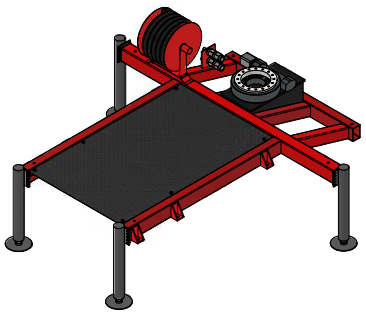


CORTE A-A
(1 : 7)

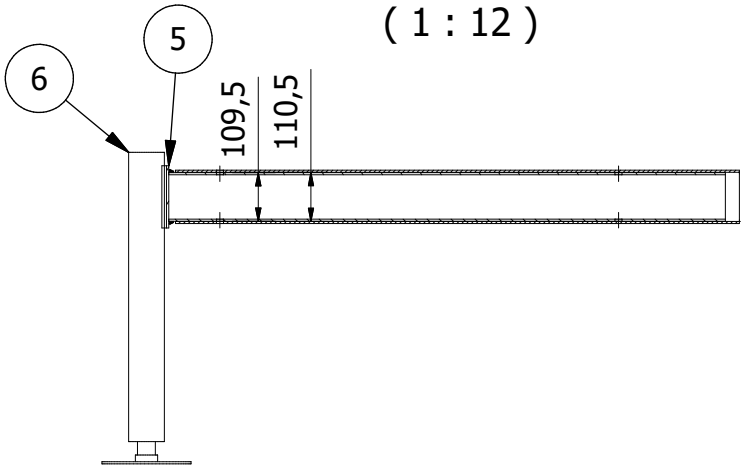




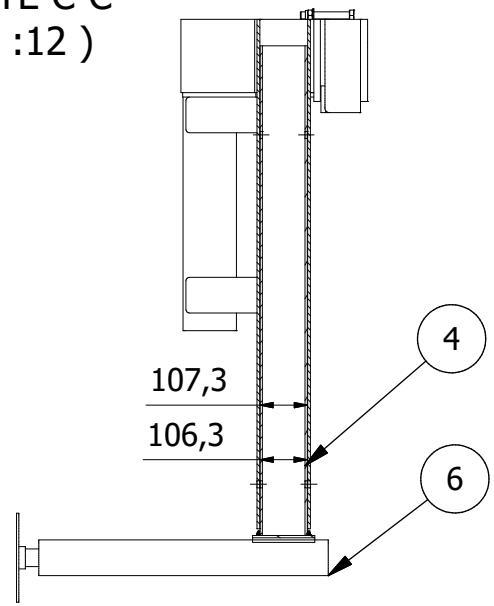
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:40



CORTE B-B
(1 : 12)

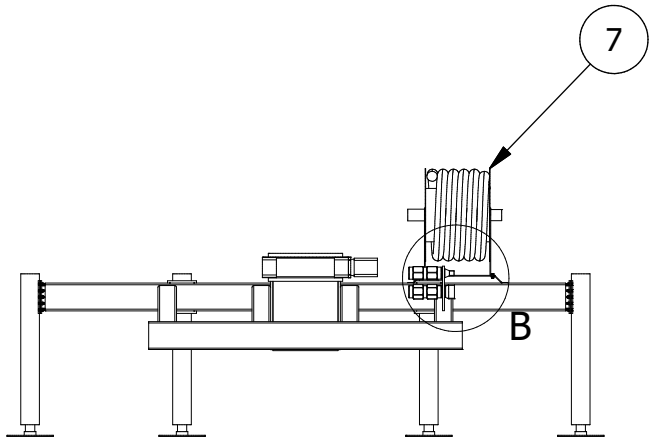


CORTE C-C
(1 :12)

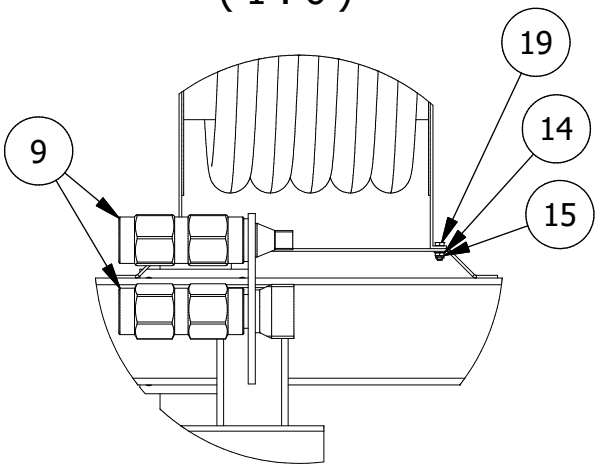


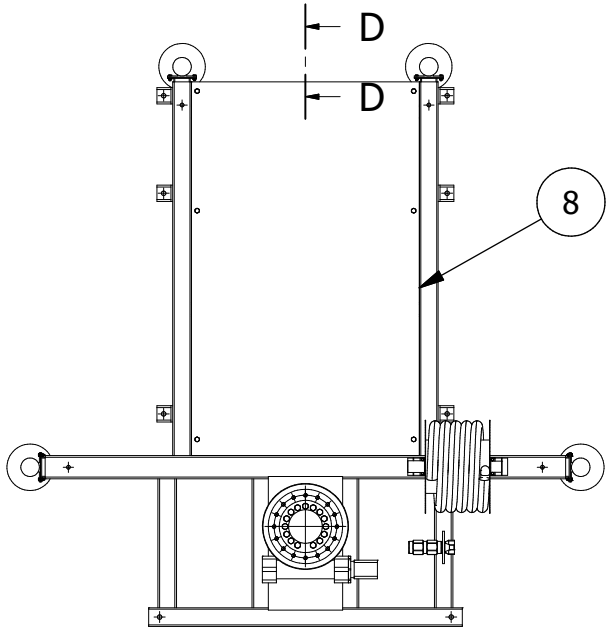
VER NOTA EN HOJA 2

Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Base - Plano de conjunto	
	Escala 1:23	Hoja 1 / 2

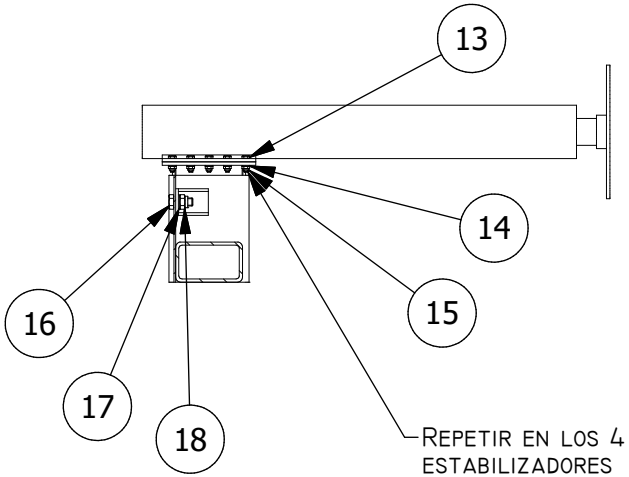


DETALLE B
(1 : 6)





CORTE D-D
(1 : 8)



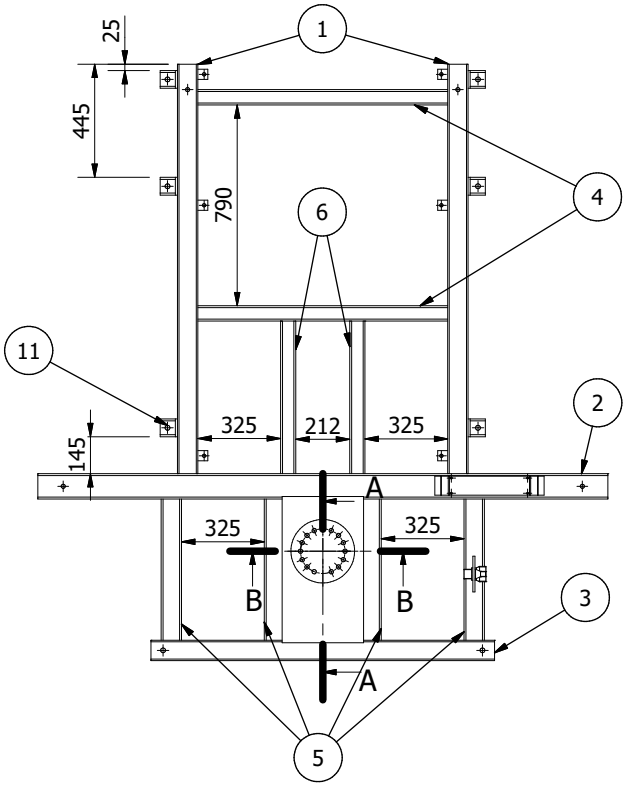
REPETIR EN LOS 4 ESTABILIZADORES

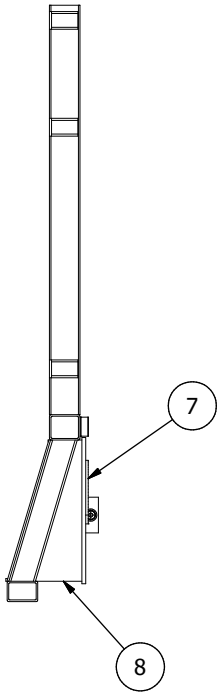
NOTA: VERIFICAR CORRECTO FUNCIONAMIENTO DEL MODULO DE GIRO SIN CARGA COMO INDICA SU MANUAL

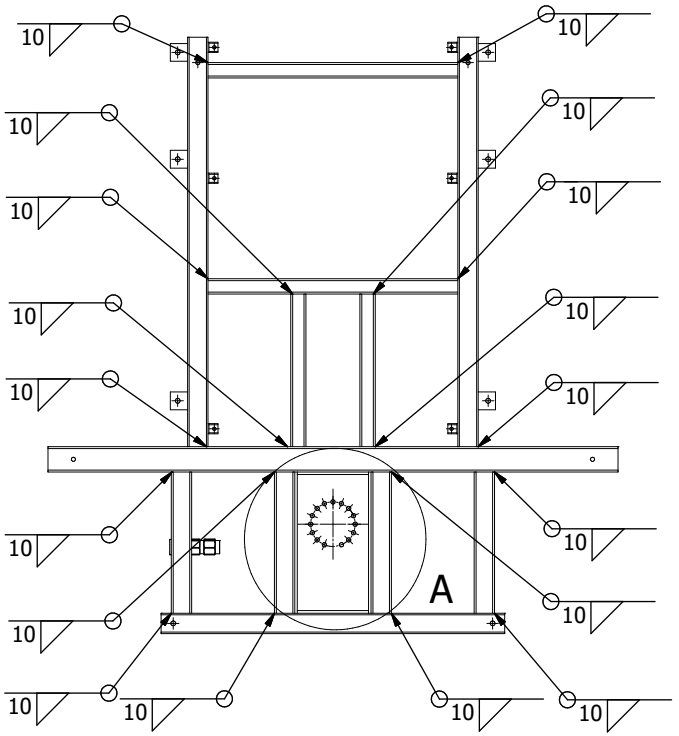
POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBS.
1	Base - Conjunto Soldado	1	
2	Modulo de Rotación	1	
3	Motor hidráulico	1	
4	Estabilizador Lateral	2	
5	Estabilizador Trasero	2	
6	Cilindro hidráulico estabilizador - Ø50	4	
7	Carrete FirehoseDirect 1 1/2"	1	
8	Chapa piso	1	
9	Válvula antirretorno monitor	2	
10	Perno cabeza hex. - M16 x 110	15	
11	Arandela plana - M16	15	
12	Tuerca Autofrenante - M16	15	
13	Perno cabeza hex. - M6 x 20	40	
14	Arandela Grower - A6	44	
15	Tuerca hexagonal - M6	44	
16	Perno Cabeza Hex - M12 x 28	6	
17	Arandela Grower - A12	6	
18	Tuerca hex. autofrenante - M12	6	
19	Perno cabeza hex. - M6 x 16	4	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

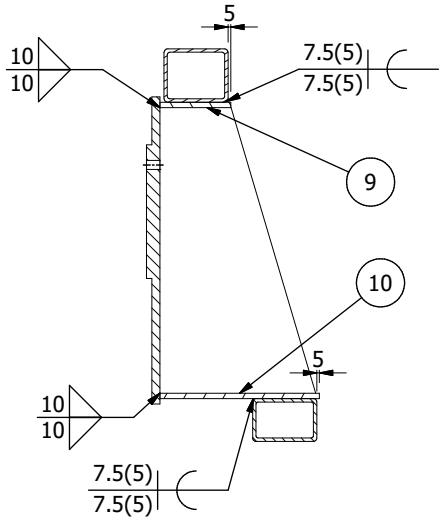
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Base - Plano de conjunto	Escala 1:23	Hoja 2 / 2



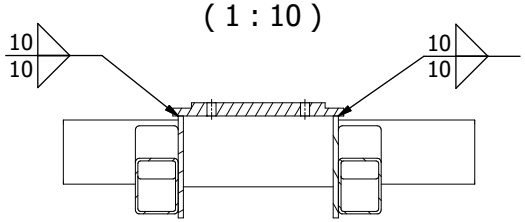




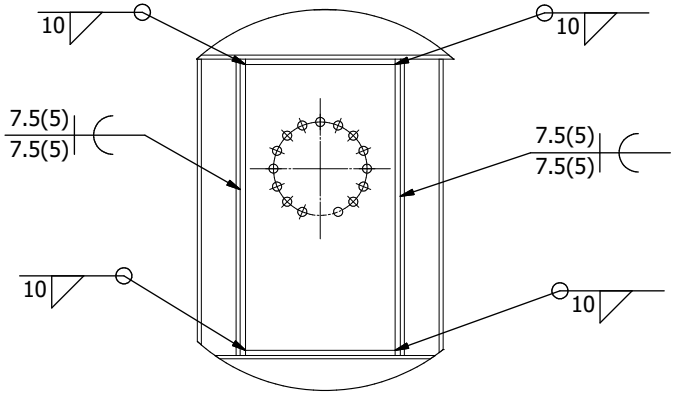
CORTE A-A
(1 : 10)



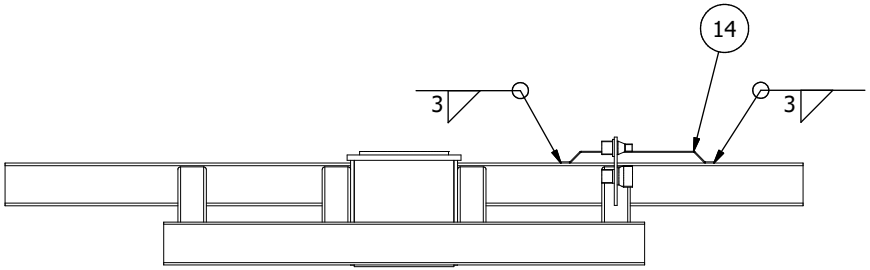
CORTE B-B
(1 : 10)

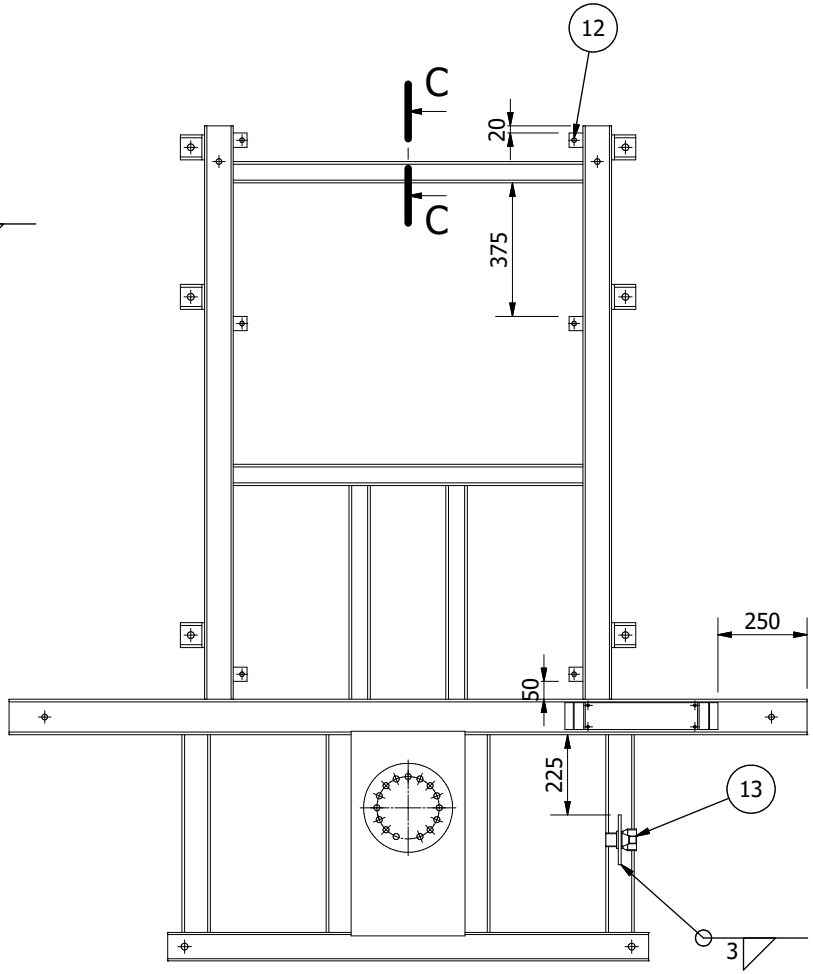


DETALLE A
(1 : 10)

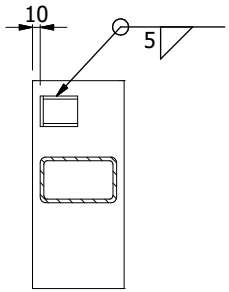


Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto Soldado Base	
	Escala 1:21	Hoja 1 / 2

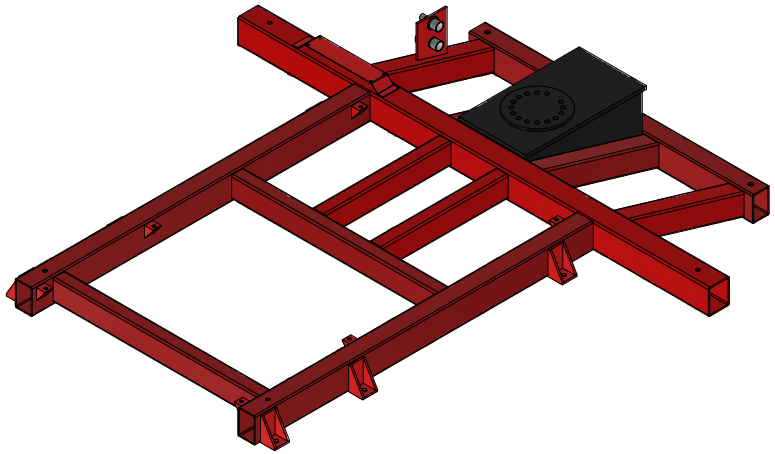




CORTE C-C
(1 : 7)



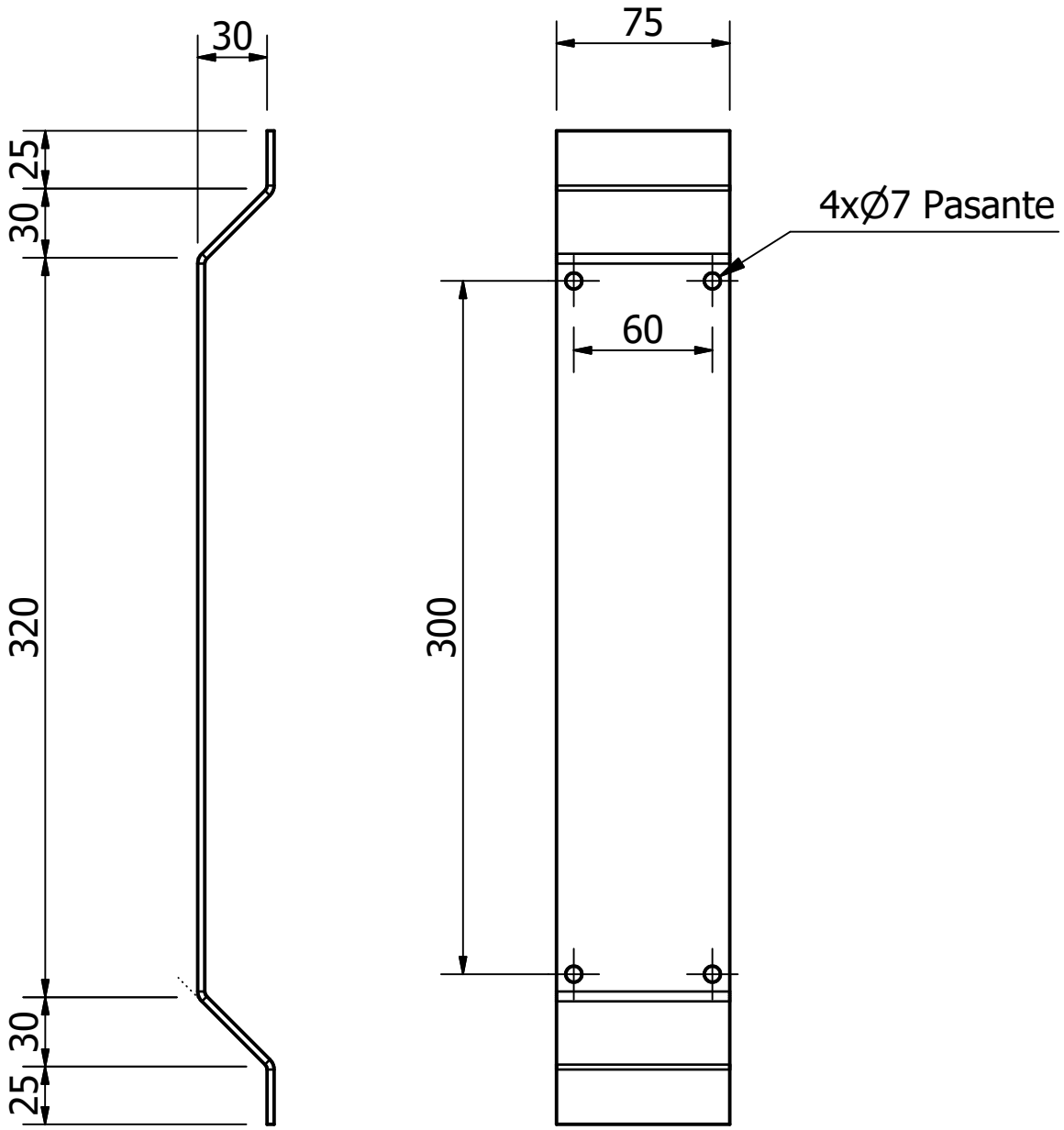
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:18



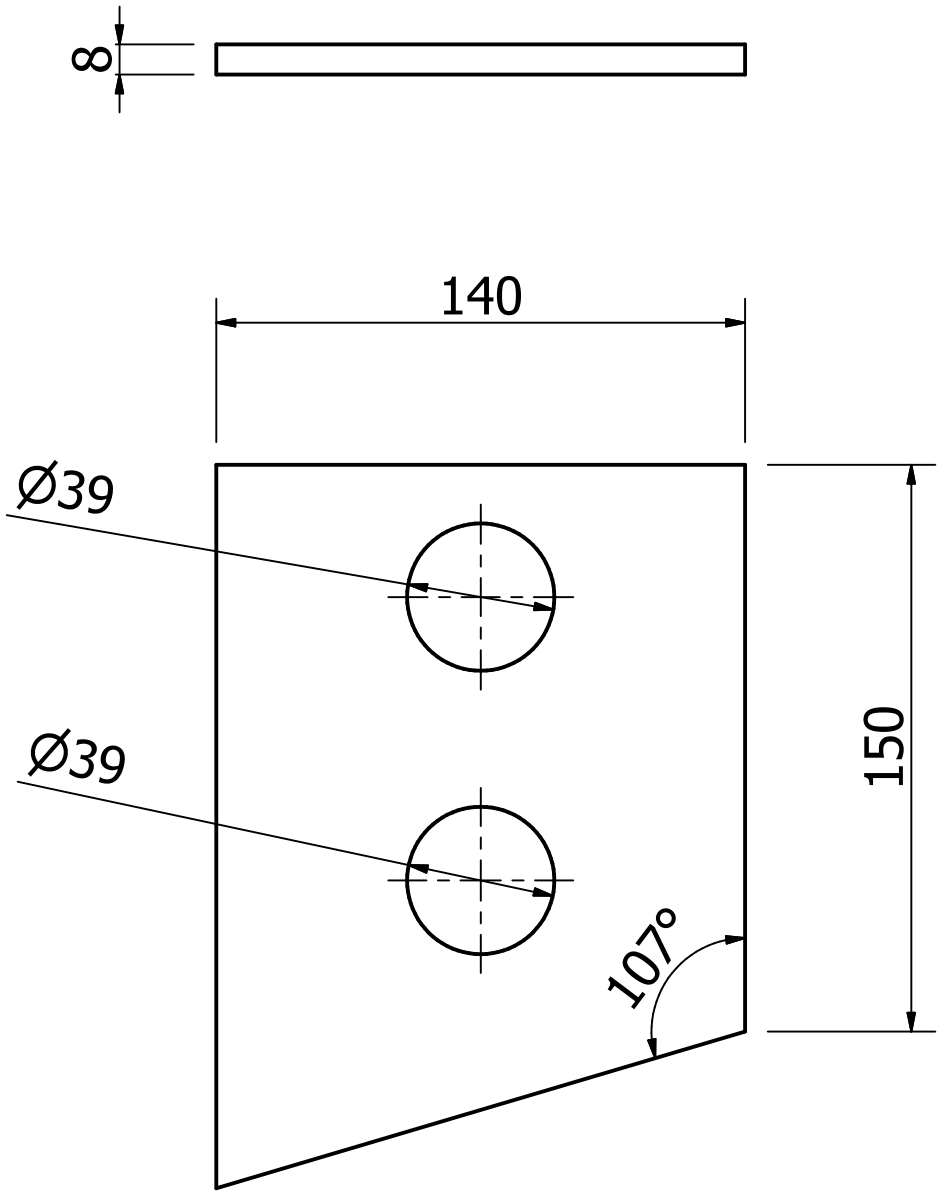
POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Perfil Longitudinal	2	120 x 80 x 4,35 - 1610
2	Perfil Transversal Medio	1	120 x 100 x 6,35 - 2240
3	Perfil Transversal Delantero	1	100 x 80 x 6,35 - 1350
4	Perfil Transversal Trasero	1	100 x 60 x 4,75 - 982
5	Perfil Oblicuo	4	100 x 80 x 4,75 - 630
6	Perfil Refuerzo Medio	2	100 x 60 x 4,75 - 600
7	Chapa Superior	1	
8	Chapa Lateral	2	
9	Chapa Delantera	1	
10	Chapa Trasera	1	
11	Sujeción a vehículo	6	
12	Sujeción piso	6	
13	Ensamblaje Colector Agua	1	
14	Chapa plegada carrete	1	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto Soldado Base	Escala 1:21	Hoja 2 / 2



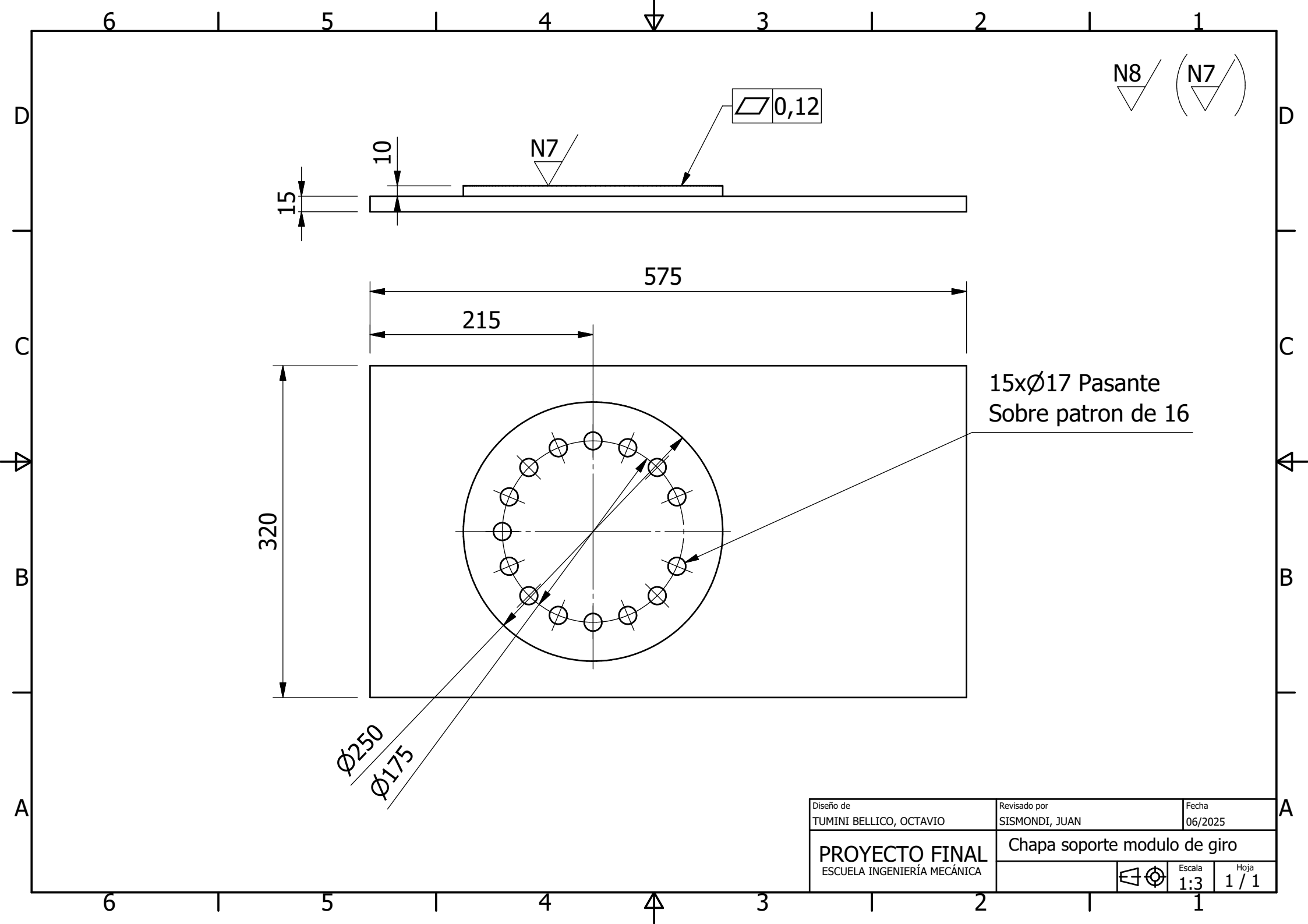
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa plegada carrete	
	Escala 1:3	Hoja 1 / 1



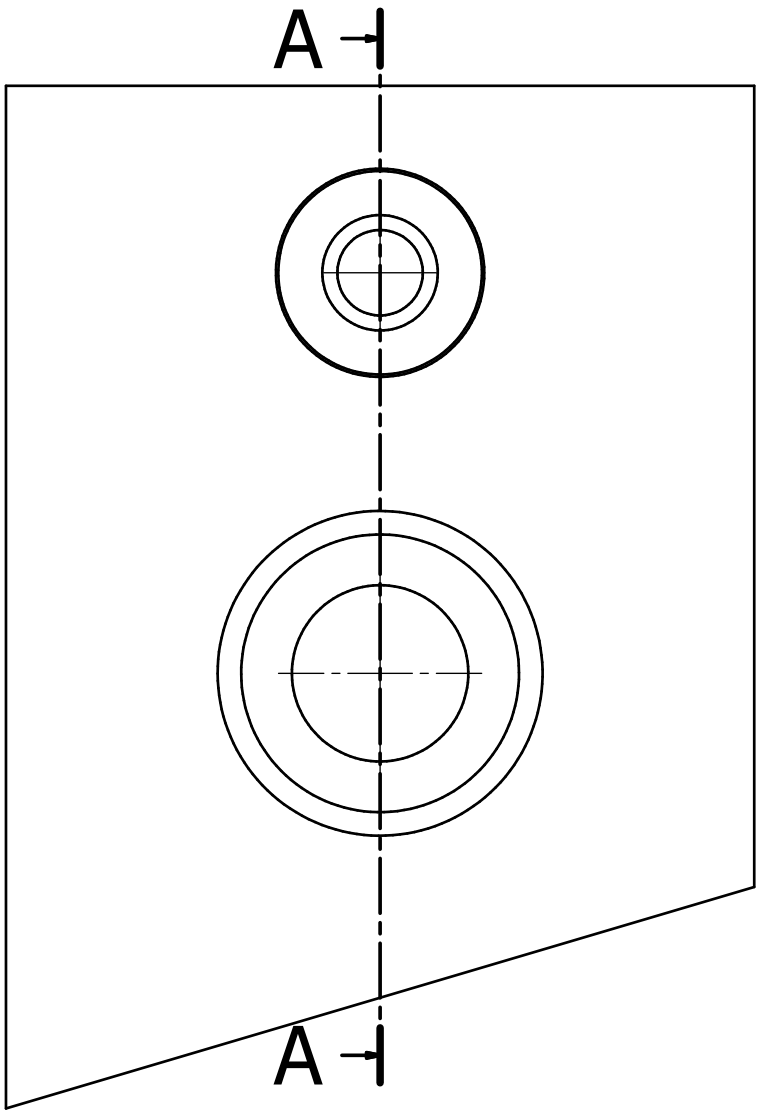
CHAPA SAE 1010
LAMINADA EN FRIO

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

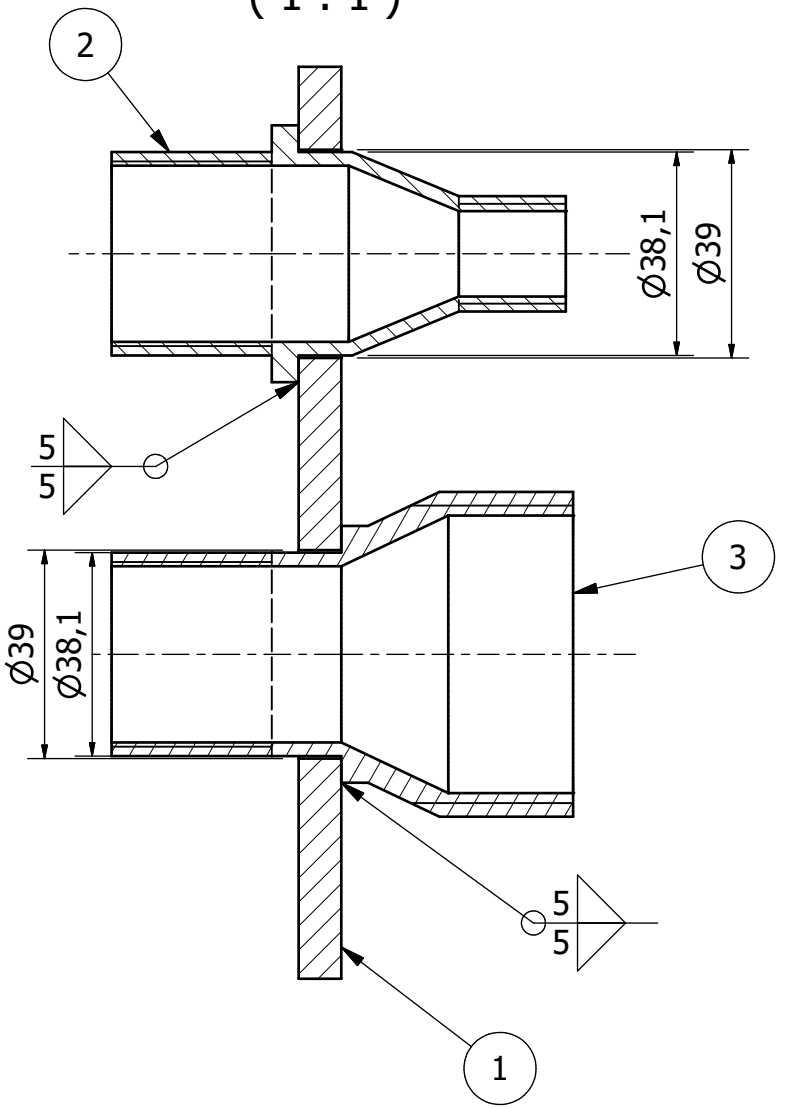
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa soporte monitor	Escala 1:2	Hoja 1 / 1



Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa soporte modulo de giro	
	Escala 1:3	Hoja 1 / 1



CORTE A-A
(1 : 1)



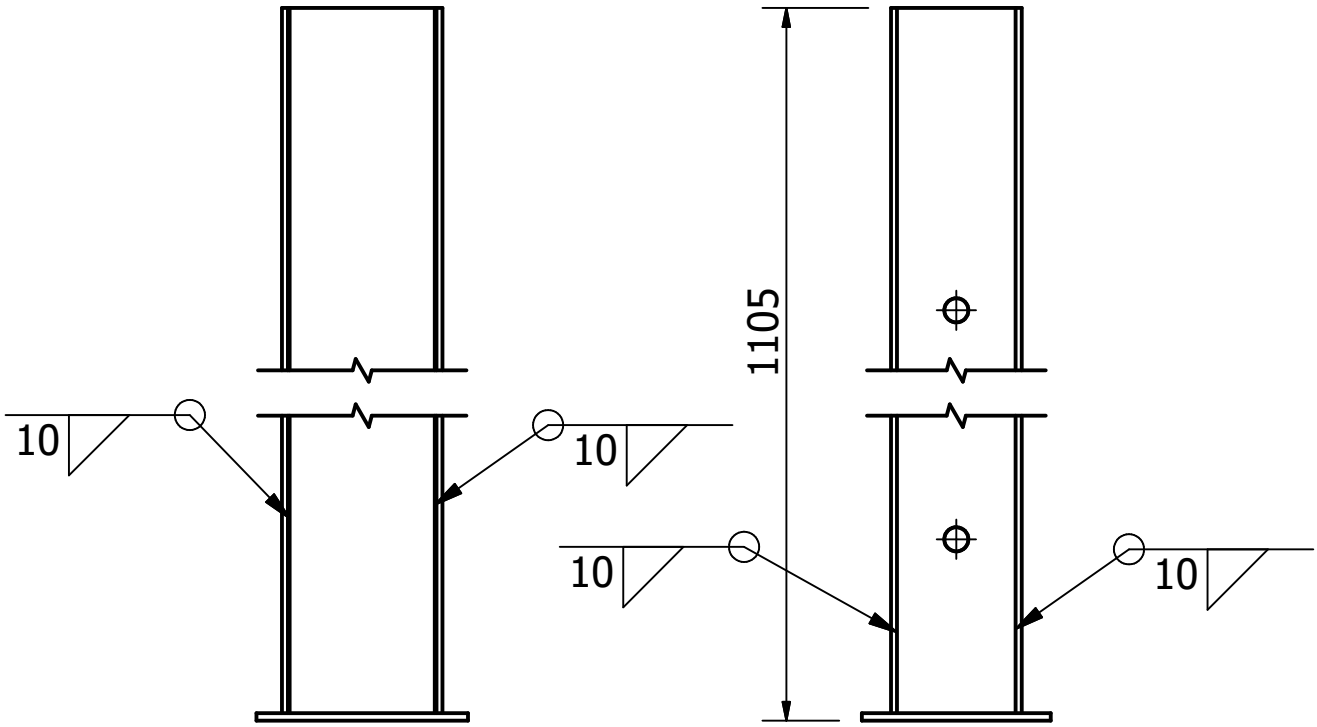
POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Chapa soporte	1	
2	Rosca 1 - 0,5 in - 1,5 in	1	
3	Rosca 2 - 2,5 in - 1,5 in	1	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

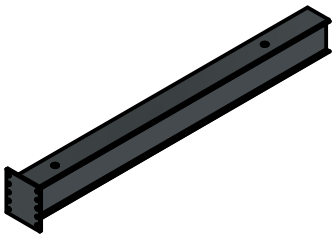
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

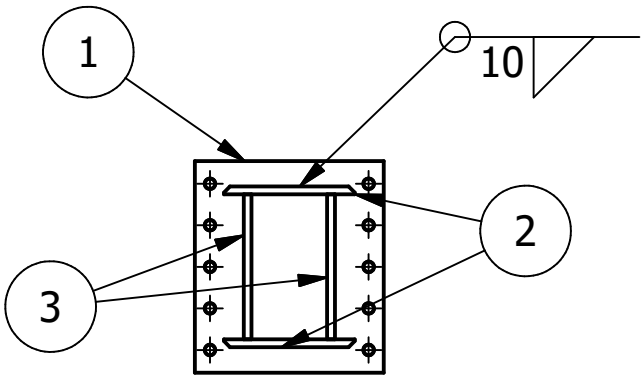
Conjunto soldado soporte monitor

Escala 1:1 | Hoja 1 / 1



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA (1:20)



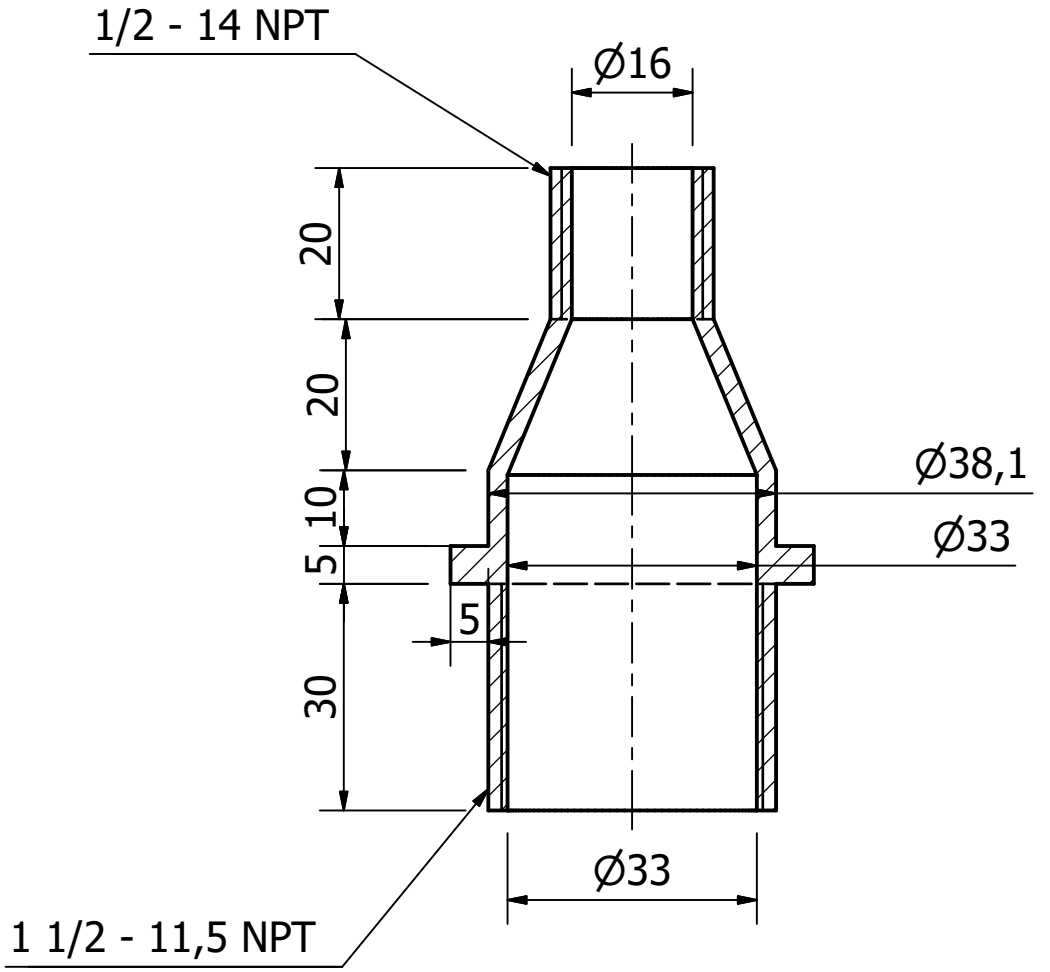


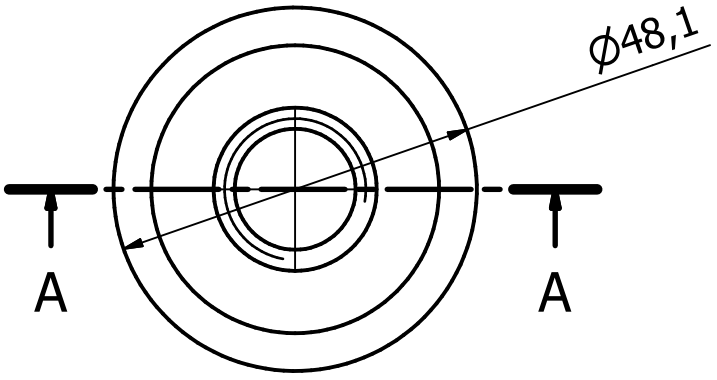
POS.	DENOMINACION	CANTIDAD	OBSERVACIONES
1	Soporte Cilindro	1	
2	Chapa Horizontal	2	
3	Chapa Vertical	2	

Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 05/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto soldado - Estabilizador lateral	
	Escala 1:5	Hoja 1 / 1

N8

CORTE A-A
(1 : 1)



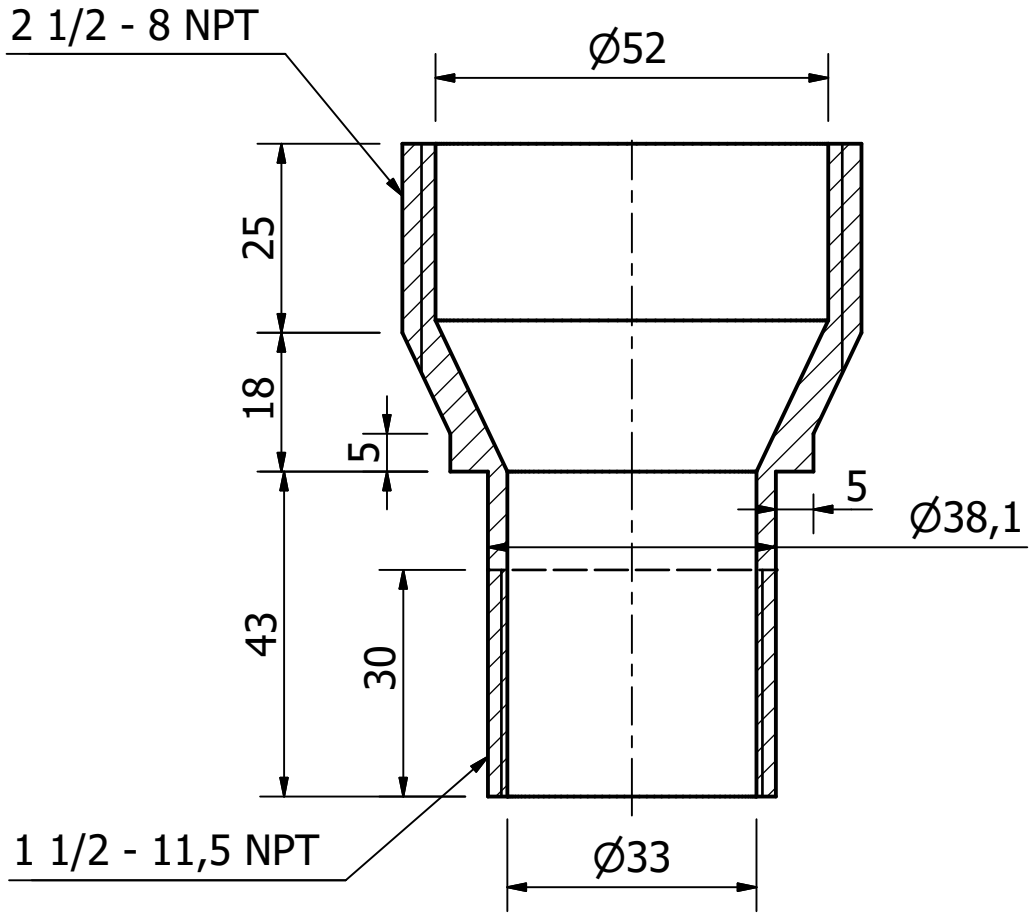


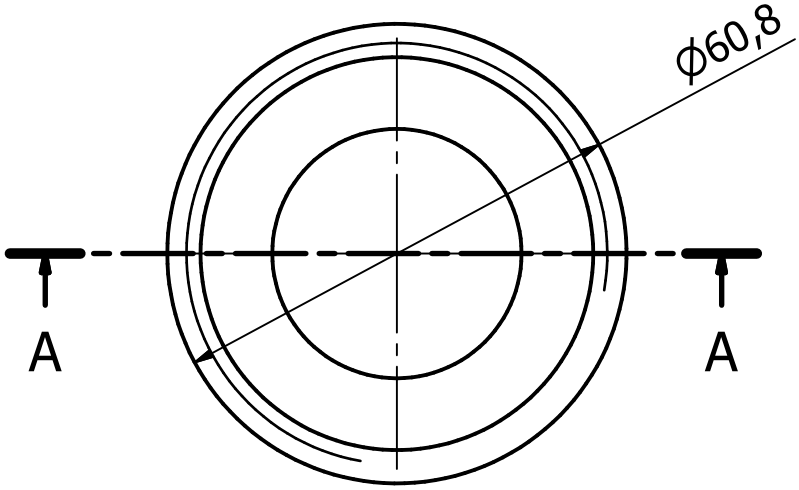
ACERO AISI 304

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Rosca 1 - 0,5 in - 1,5 in	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1

N8

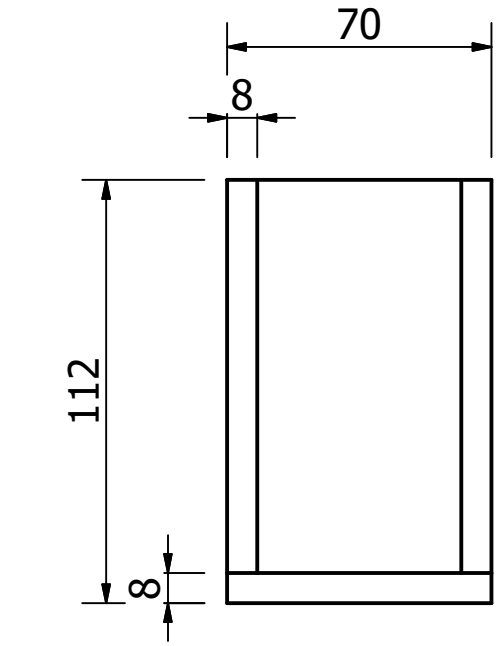
CORTE A-A
(1 : 1)

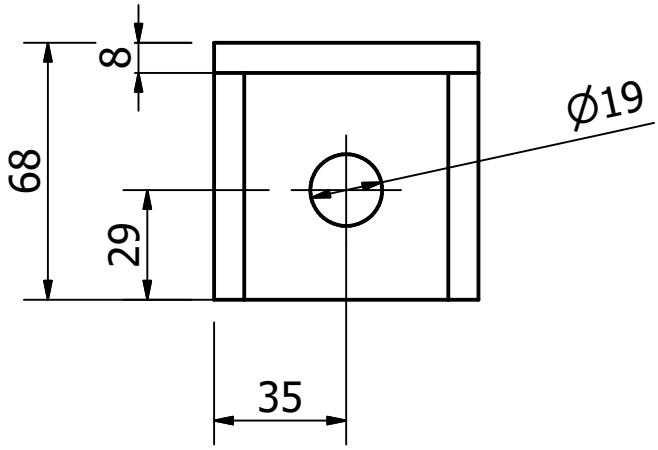




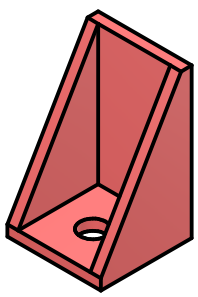
ACERO AISI 304

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Rosca 2 - 2,5 in - 1,5 in	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1





VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:4

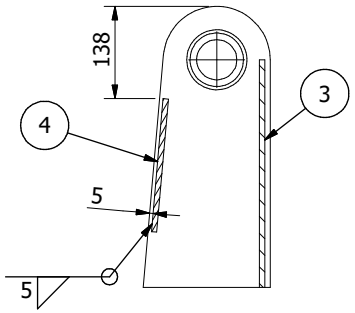


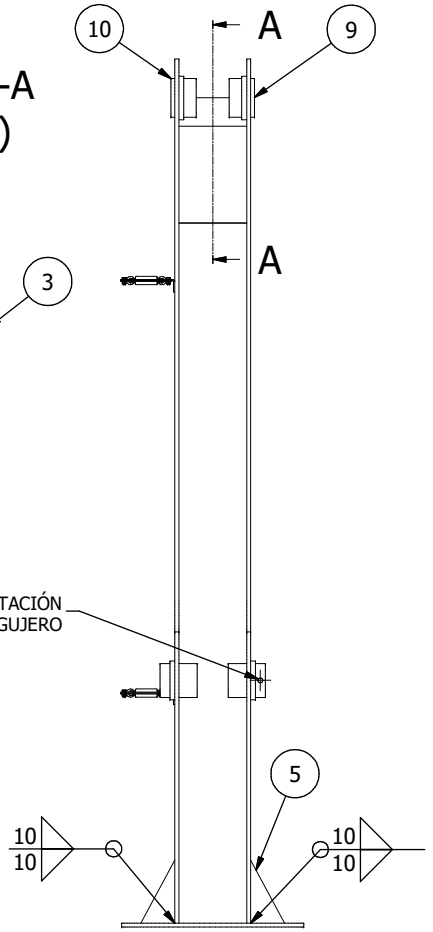
SAE 120

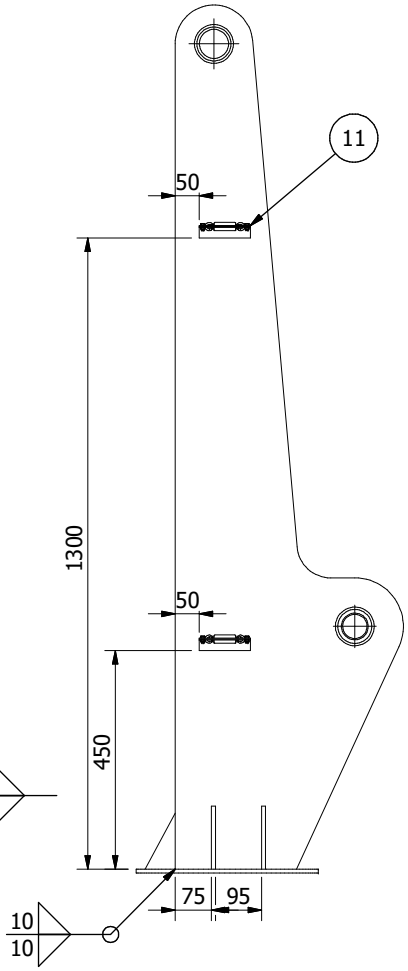
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Sujeción a vehículo		
		Escala 1:3	Hoja 1 / 1

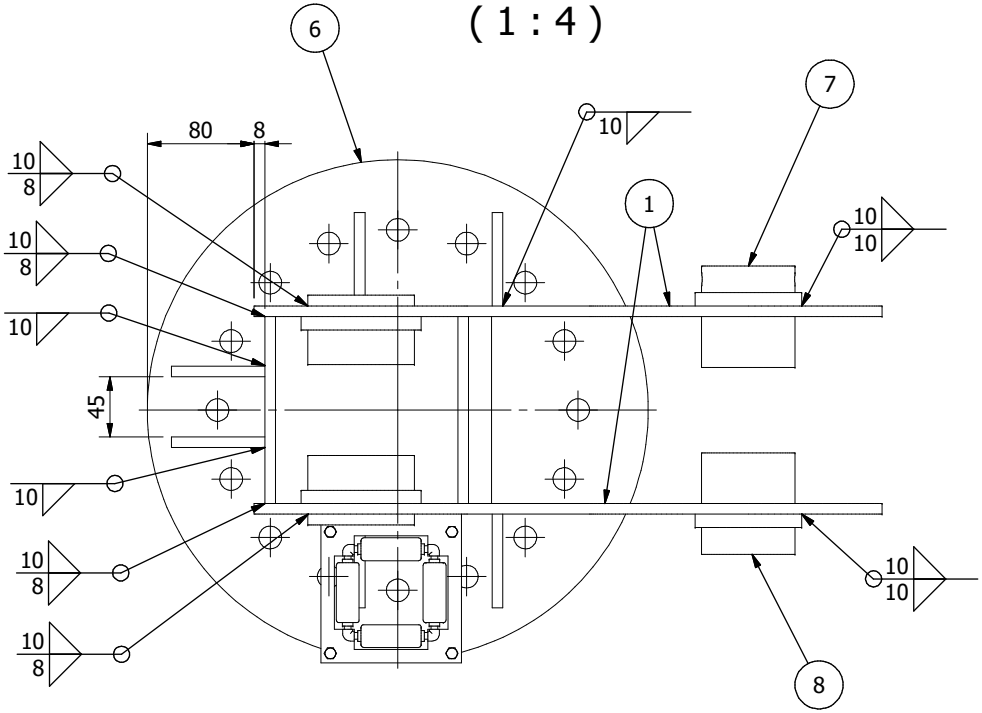
CORTE A-A
(1 : 8)

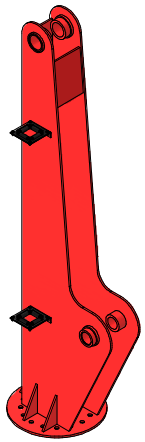




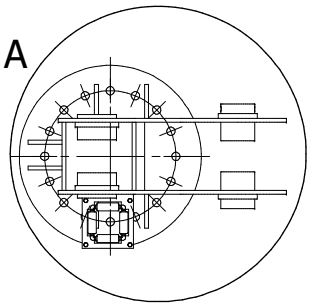


DETALLE A
(1 : 4)





VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:20



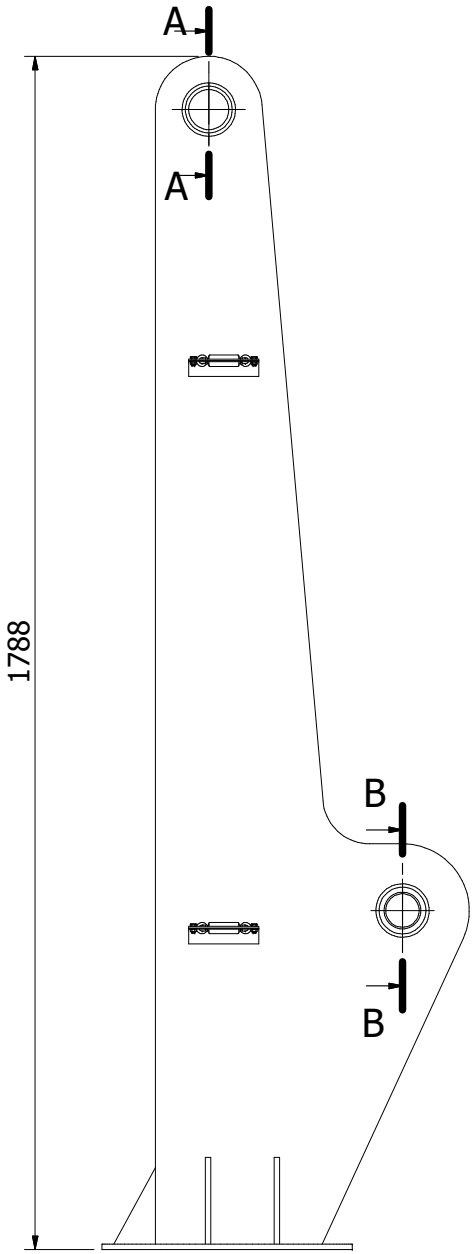
POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Chapa Lateral	2	
3	Chapa Trasera	1	
4	Chapa Delantera	1	
5	Nervio	6	
6	Base Circular	1	
7	Porta Eje Derecho 1	1	
8	Porta Eje Izquierdo 1	1	
9	Porta Eje Derecho 2	1	
10	Porta Eje Izquierdo 2	1	
11	Guía	2	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

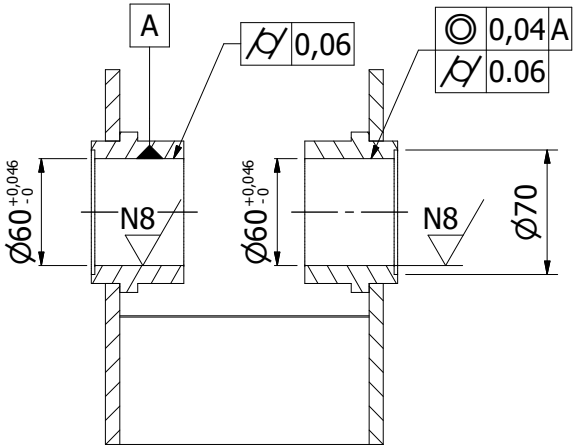
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

Mastil - Conjunto Soldado

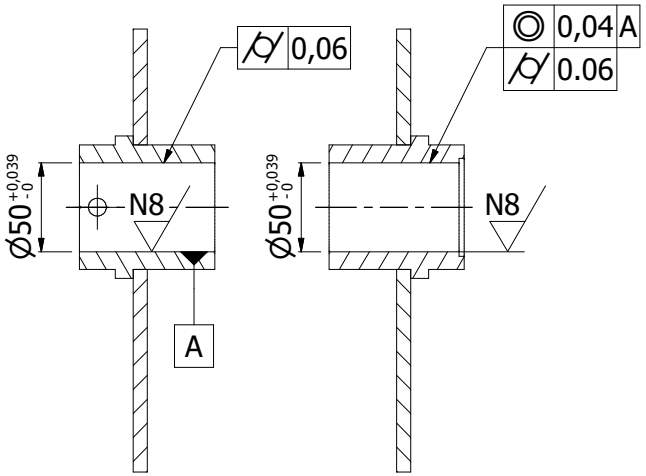
Escala	Hoja
1:11	1 / 1



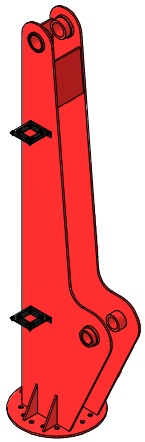
CORTE A-A
(1 : 3)



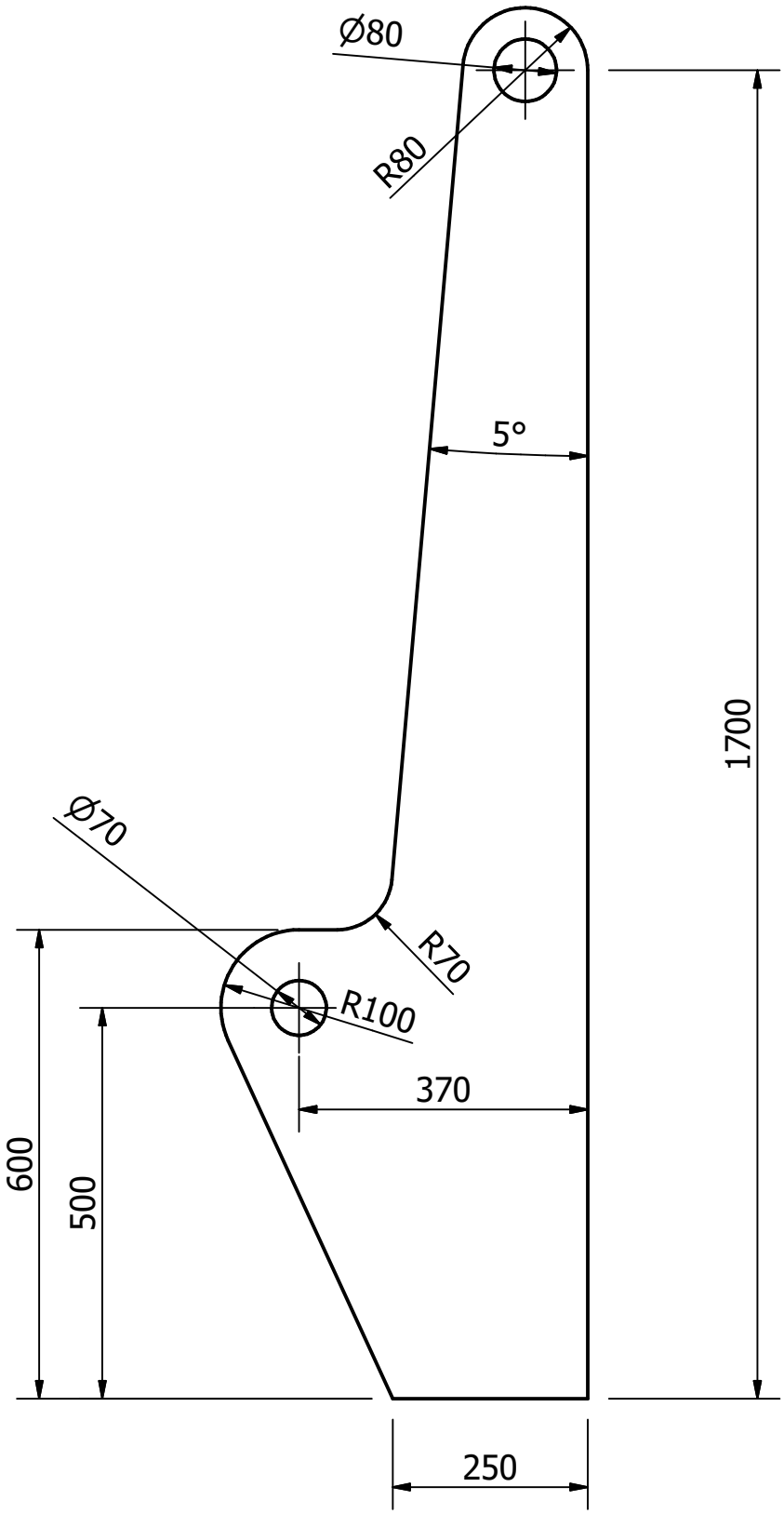
CORTE B-B
(1 : 3)



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:20

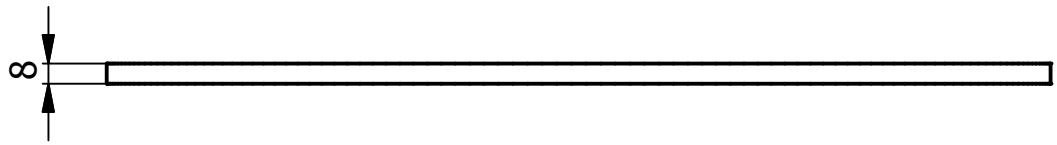


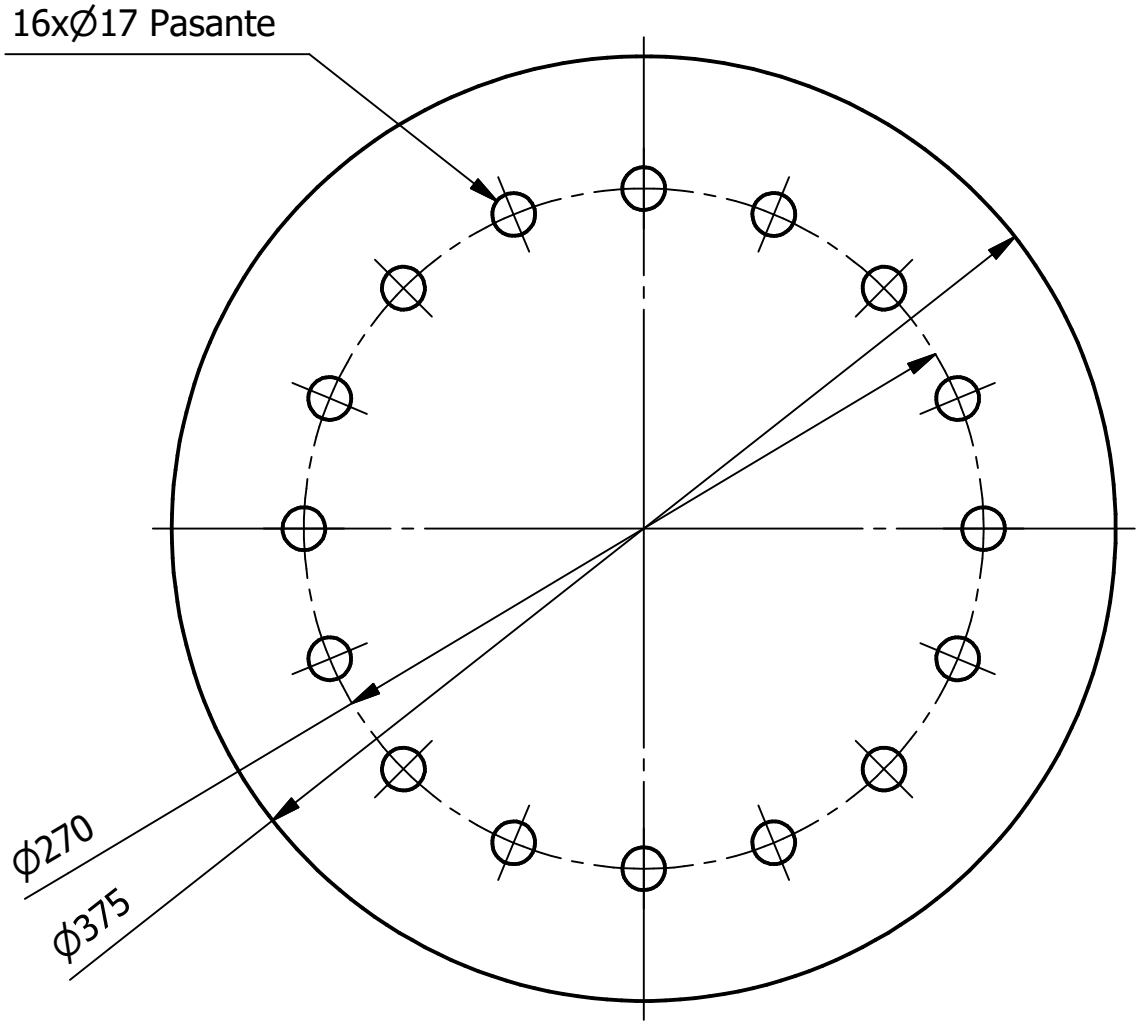
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Mastil - Plano Definición	
	Escala 1:8	Hoja 1 / 1



CHAPA SAE 1010 LAMINADA EN FRÍO

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa Lateral - Mastil	
	Escala 1:9	Hoja 1 / 1

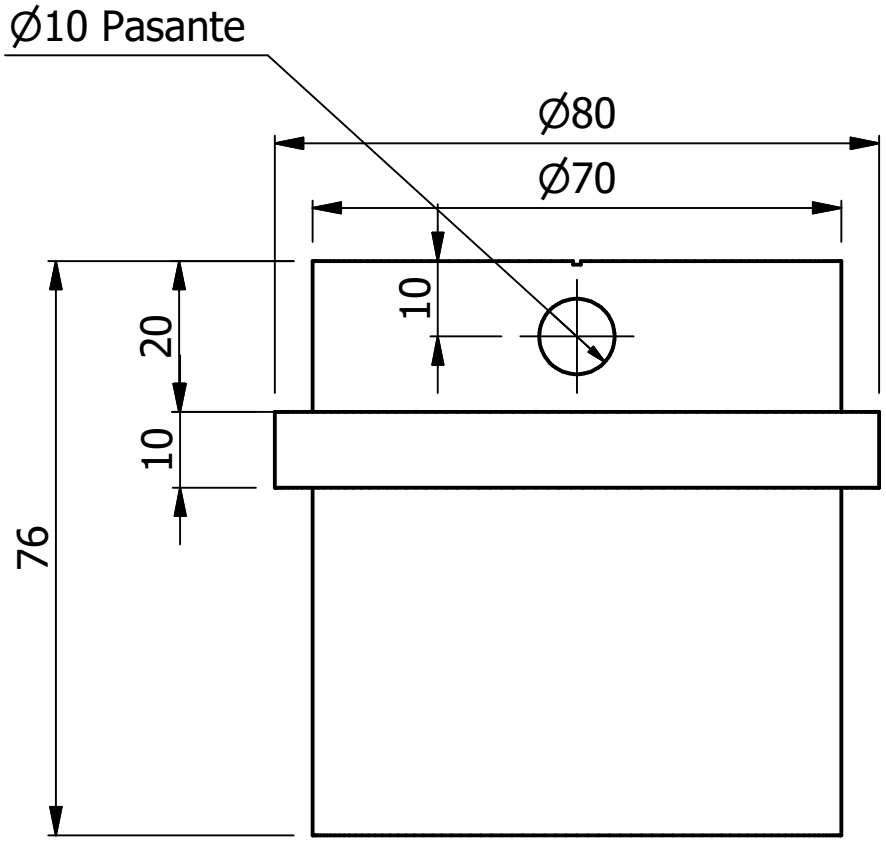


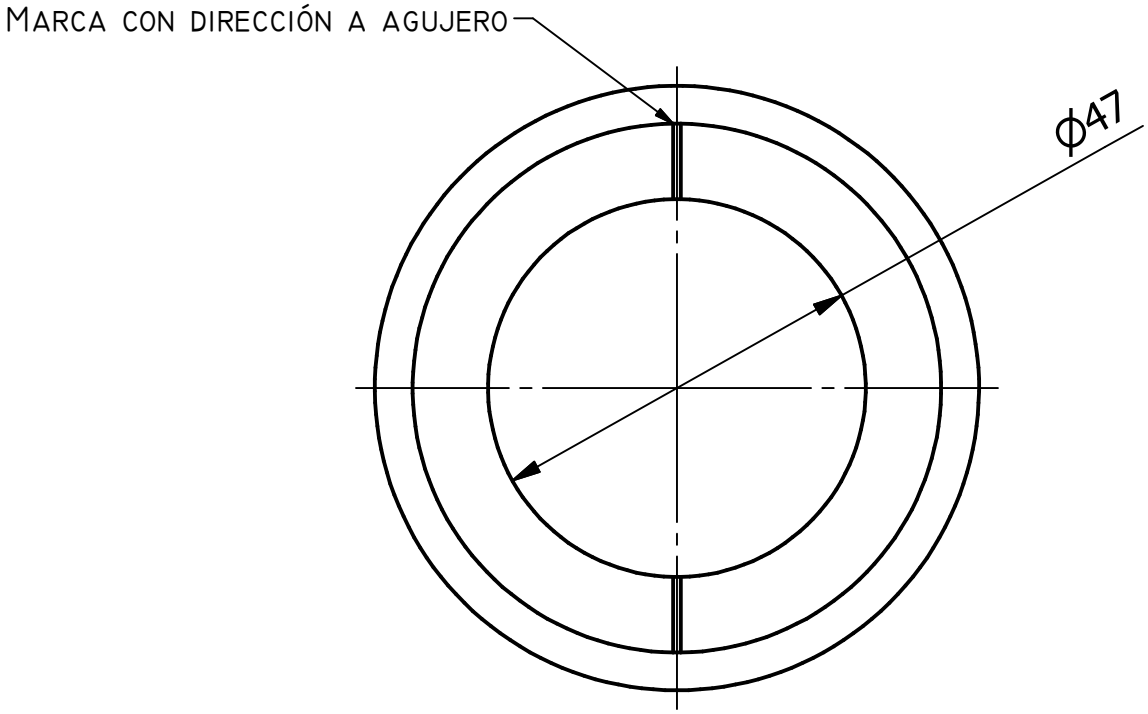


CHAPA SAE 1010 LAMINADA EN FRÍO

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Base circular	
		Escala 1:3 / Hoja 1 / 1

N9



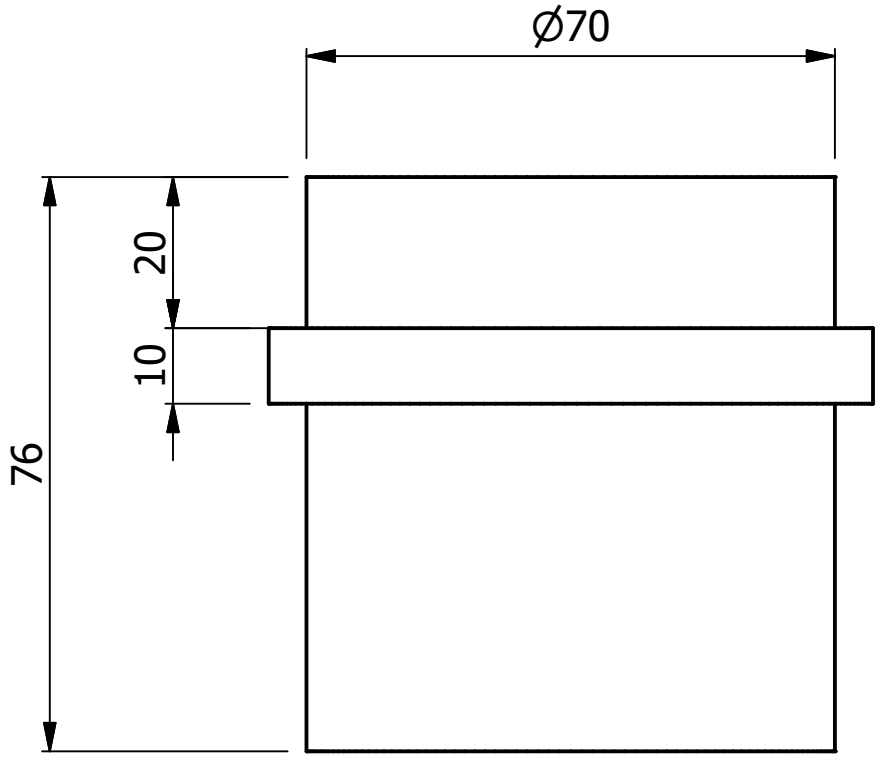


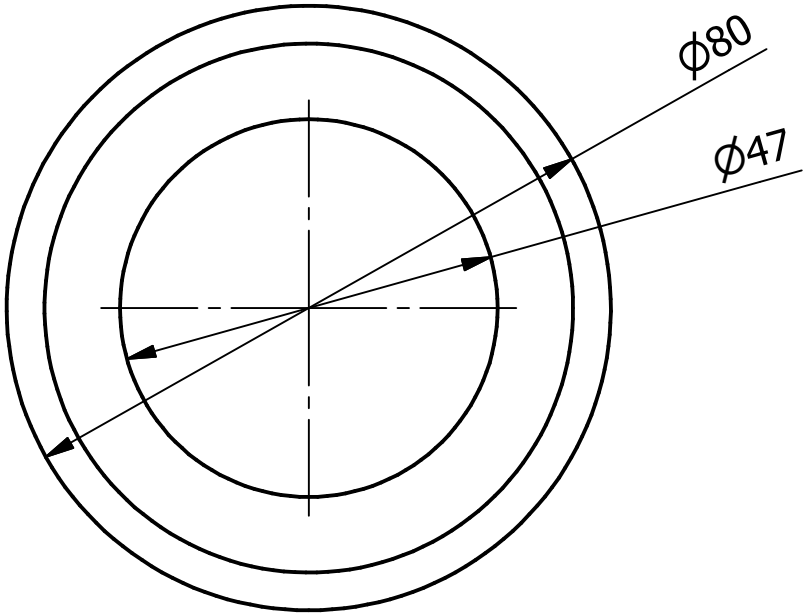
ACERO SAE 4140

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Porta eje Derecho 1 - Mastil	Escala 1:1	Hoja 1 / 1

N9

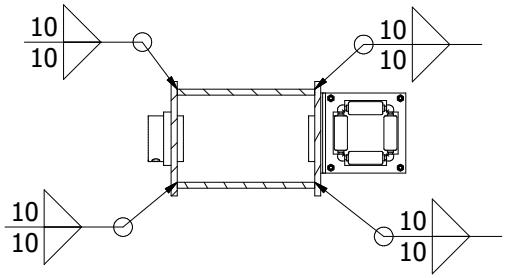




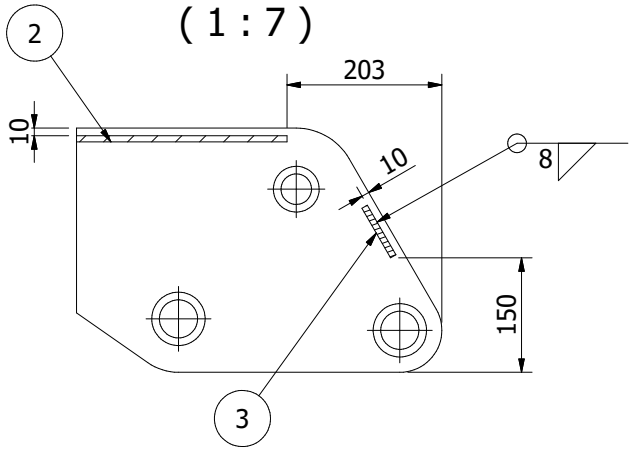
ACERO SAE 4140

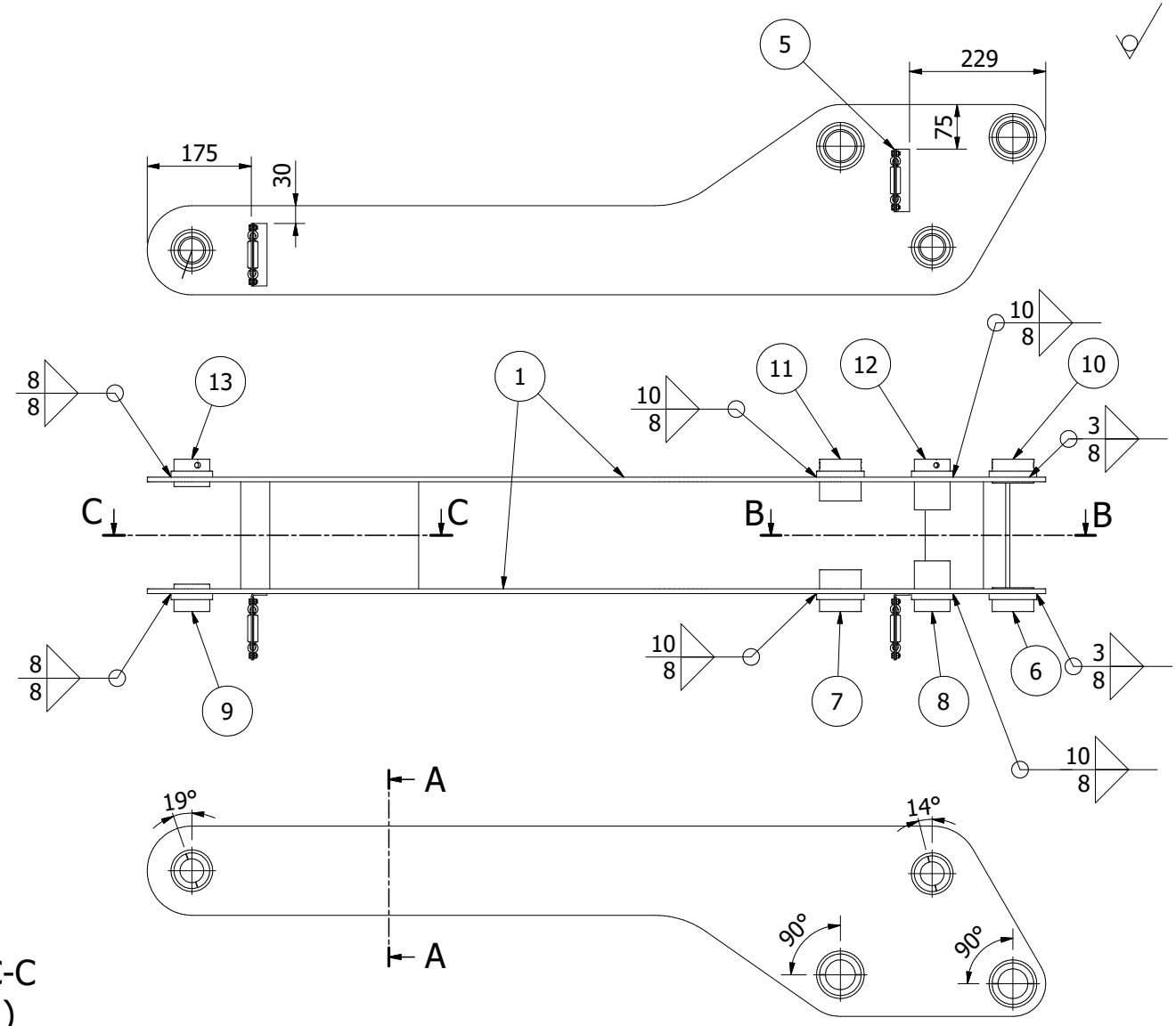
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Porta eje Izquierdo 1 - Mastil	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1

CORTE A-A
(1 : 7)

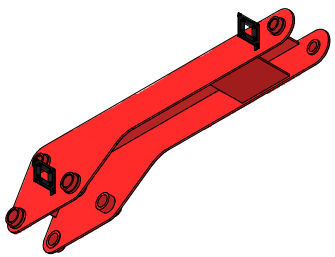


CORTE B-B
(1 : 7)

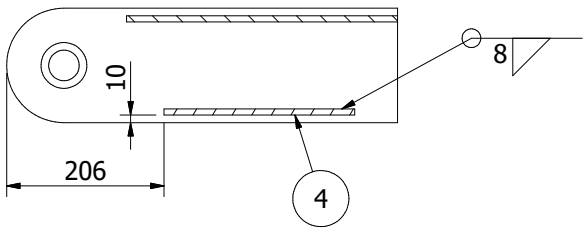




VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:20



CORTE C-C
(1 : 7)



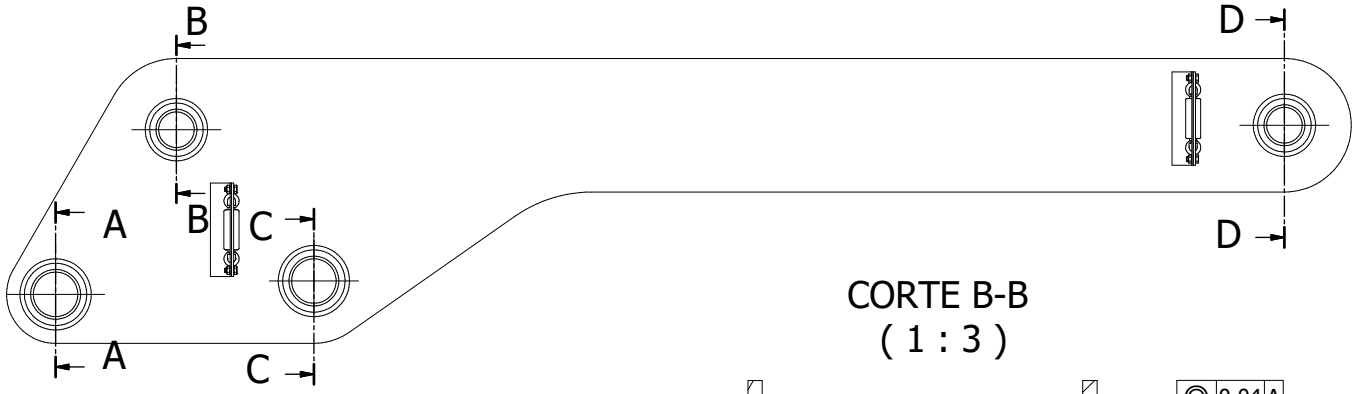
NOTA: RESPETAR ORIENTACIÓN DE APOYOS DE PASADORES

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Brazo 1 - Conjunto Soldado	
	Escala 1:8	Hoja 1 / 2

POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBS.
1	Chapa Lateral	2	
2	Chapa Superior	1	
3	Chapa Refuerzo 1	1	
4	Chapa Refuerzo 2	1	
5	Guía	2	
6	Porta eje Izquierdo 1	1	
7	Porta eje Izquierdo 2	1	
8	Porta eje Izquierdo 3	1	
9	Porta eje Izquierdo 4	1	
10	Porta eje Derecho 1	1	
11	Porta eje Derecho 2	1	
12	Porta eje Derecho 3	1	
13	Porta eje Derecho 4	1	

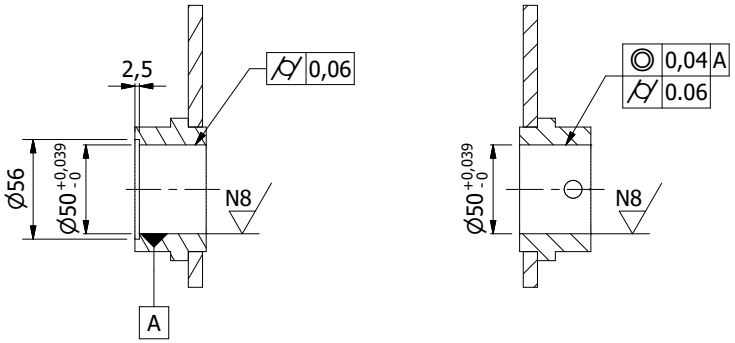
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Brazo 1 - Conjunto Soldado	Escala 1:8	Hoja 2 / 2

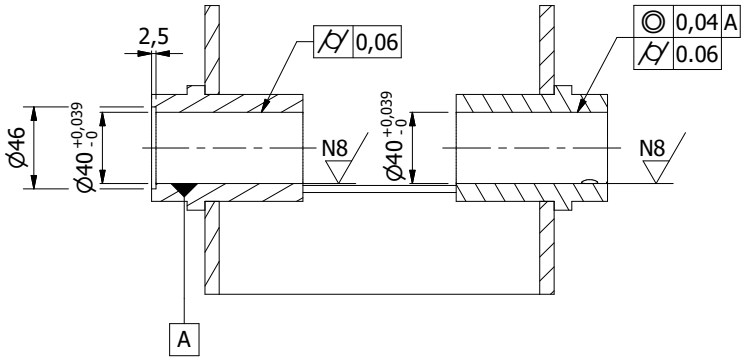


N8

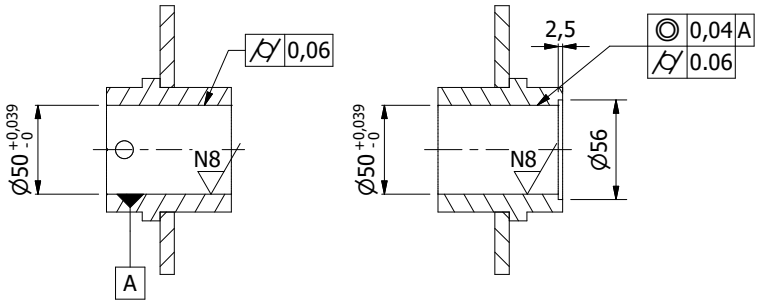
CORTE A-A
(1 : 3)



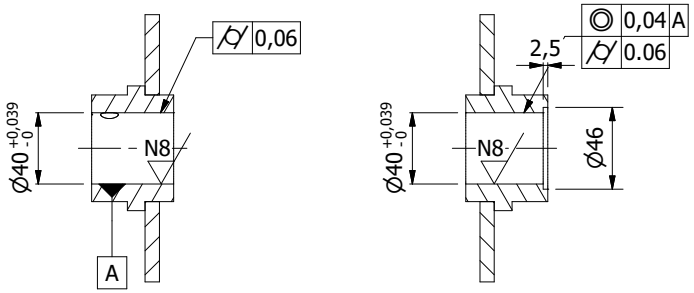
CORTE B-B
(1 : 3)



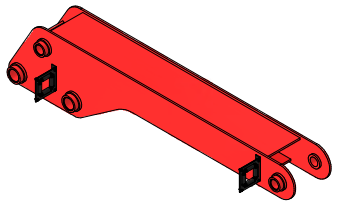
CORTE C-C
(1 : 3)



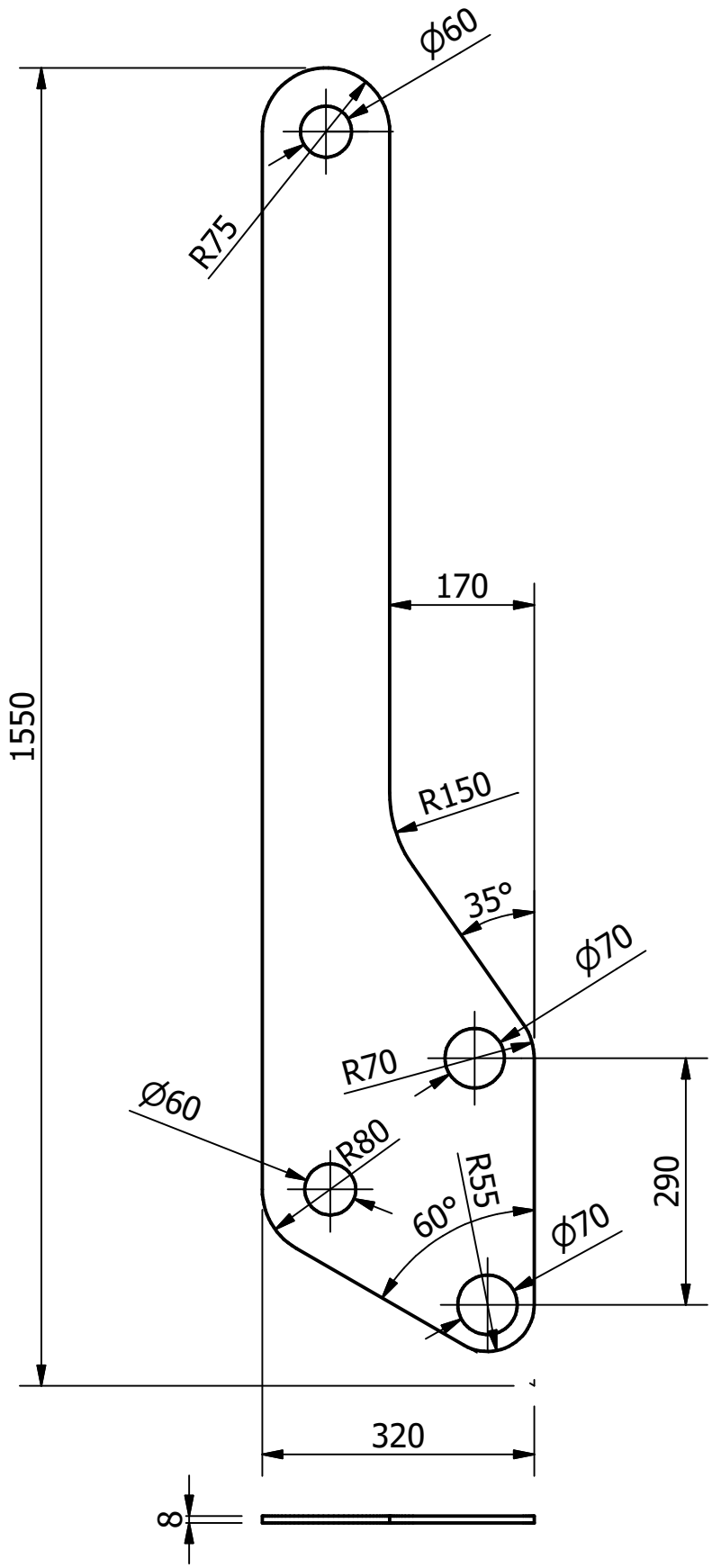
CORTE D-D
(1 : 3)



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:20

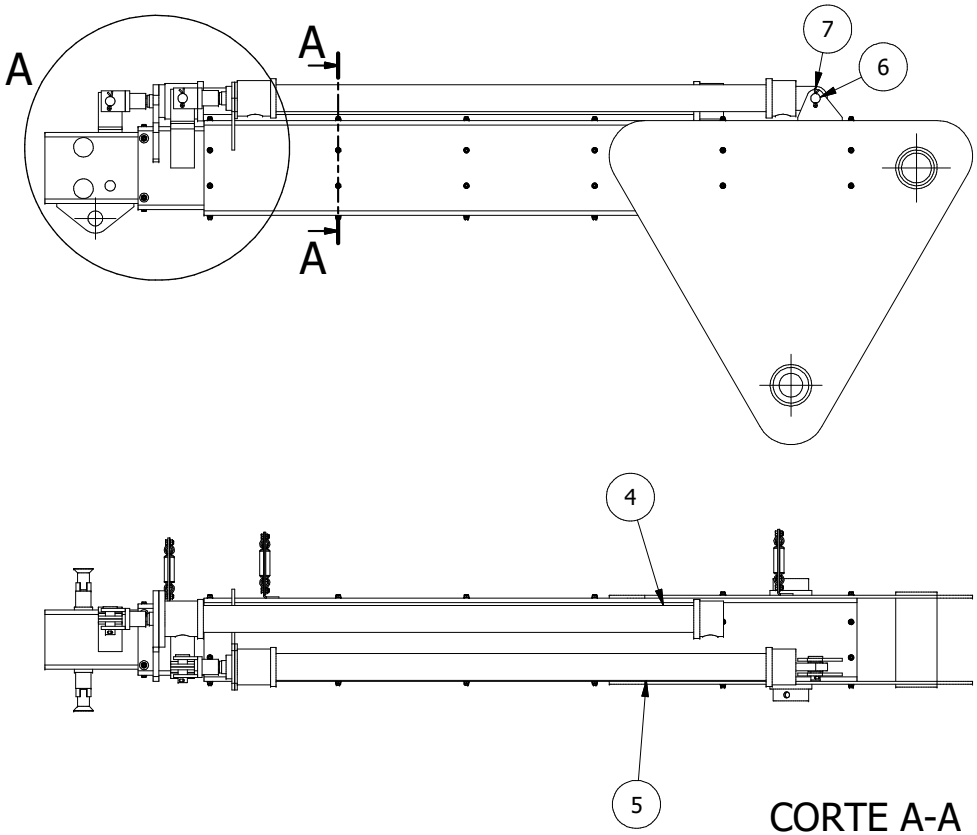


Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Brazo 1 - Plano Definición	
	Escala 1:6	Hoja 1 / 1

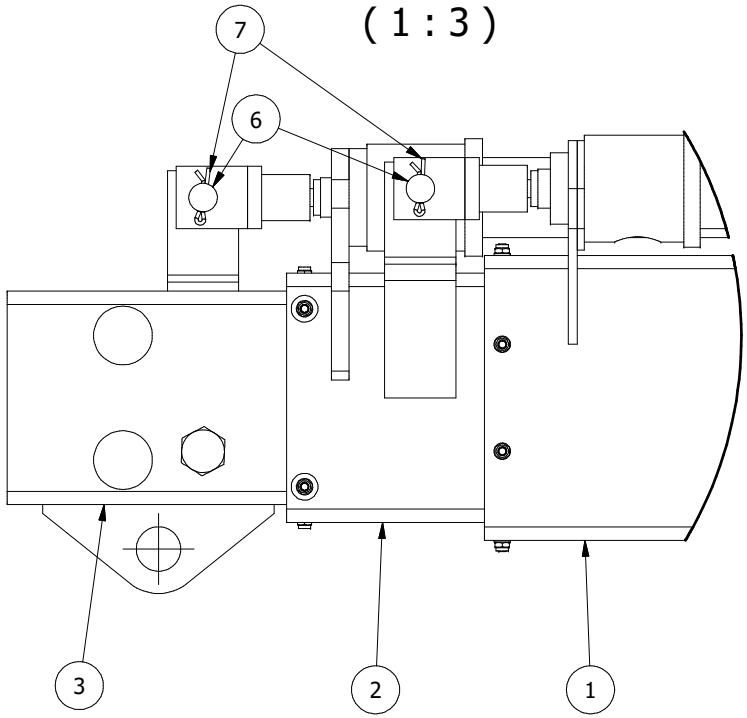


CHAPA SAE 1010 LAMINADA EN FRÍO

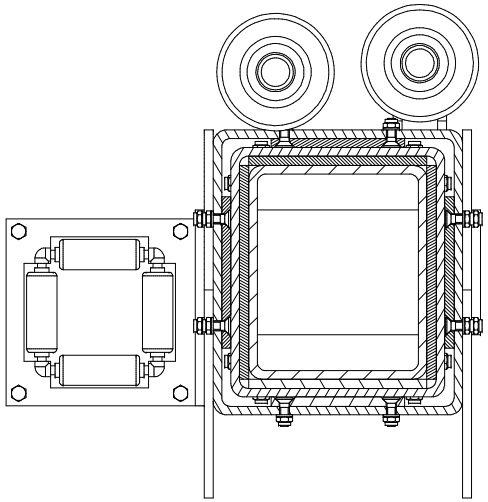
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa Lateral - Brazo 1	
	Escala 1:8	Hoja 1 / 1



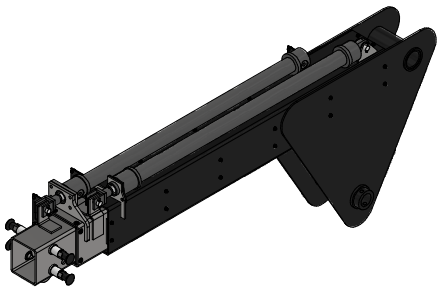
DETALLE A
(1 : 3)



CORTE A-A
(1 : 3)



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:15

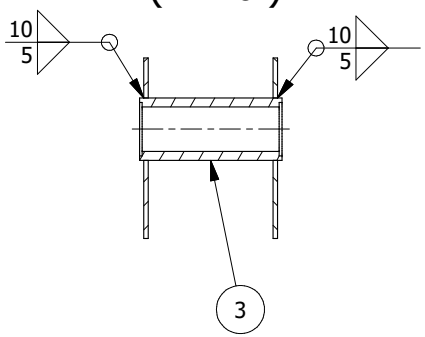


POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Conjunto Telescópico 1	1	
2	Conjunto Telescópico 2	1	
3	Conjunto Telescópico 3	1	
4	Cilindro Hidráulico 3 - Ø32	1	
5	Cilindro Hidráulico 4 - Ø32	1	
6	Perno Ø16	3	
7	Pasador de aleta	3	

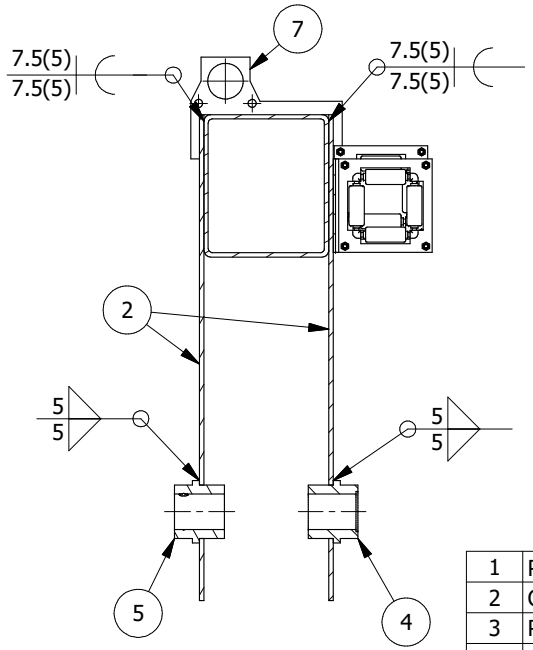
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

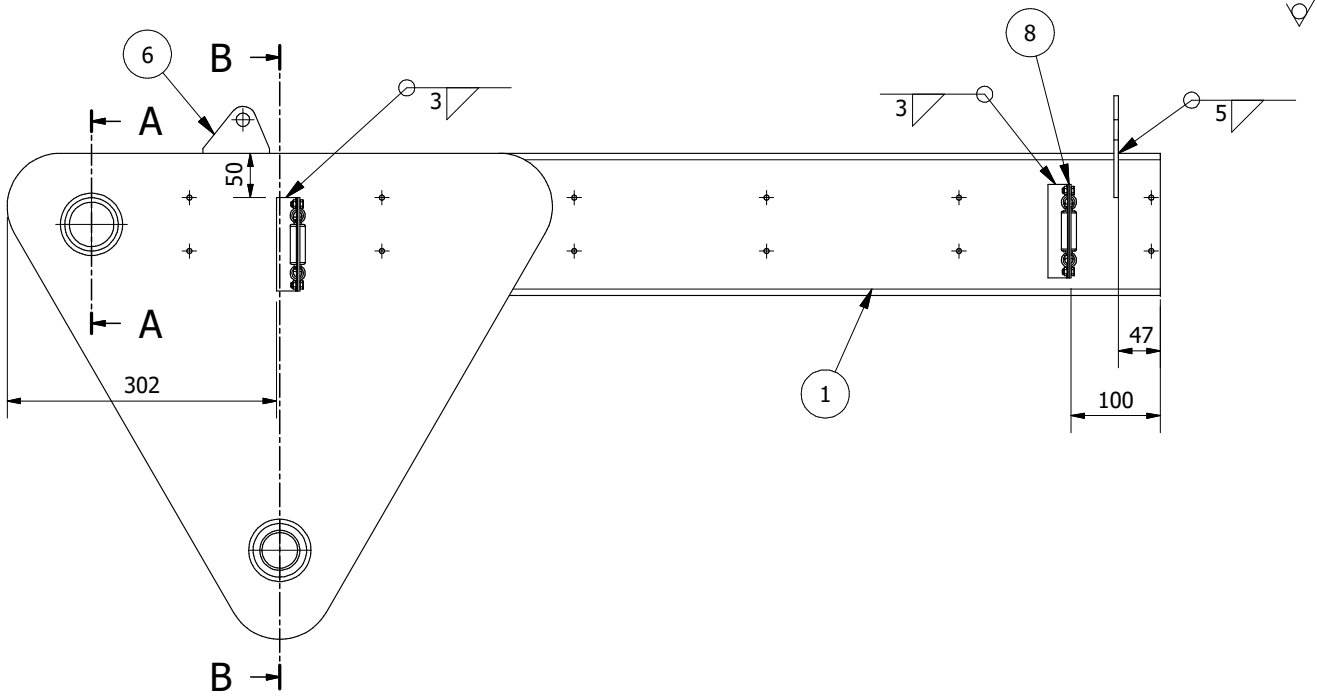
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Brazo Telescópico	Escala 1:9	Hoja 1 / 1

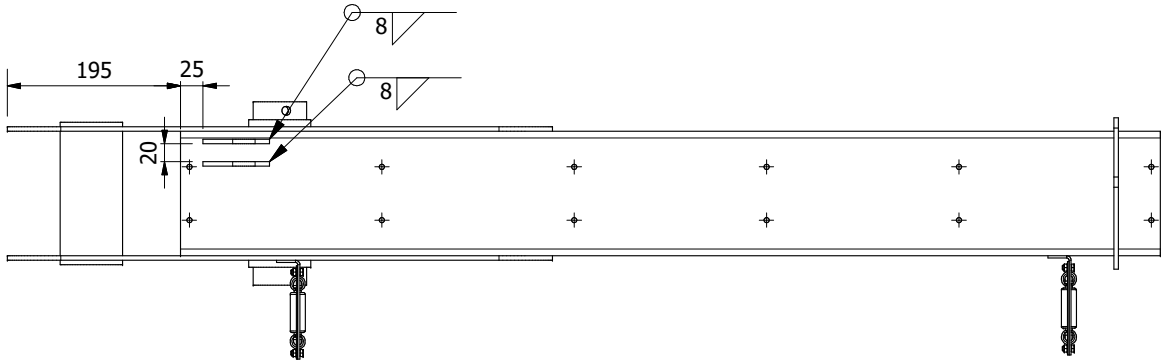
CORTE A-A
(1 : 6)



CORTE B-B
(1 : 6)



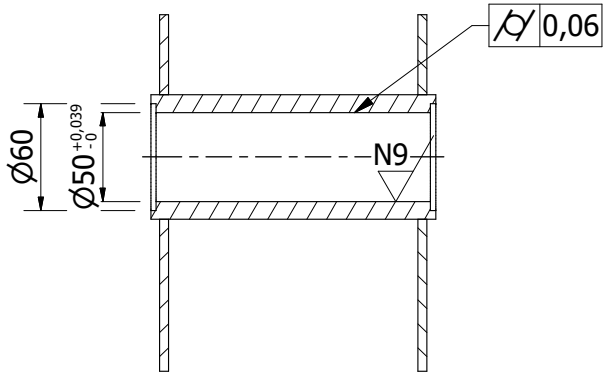


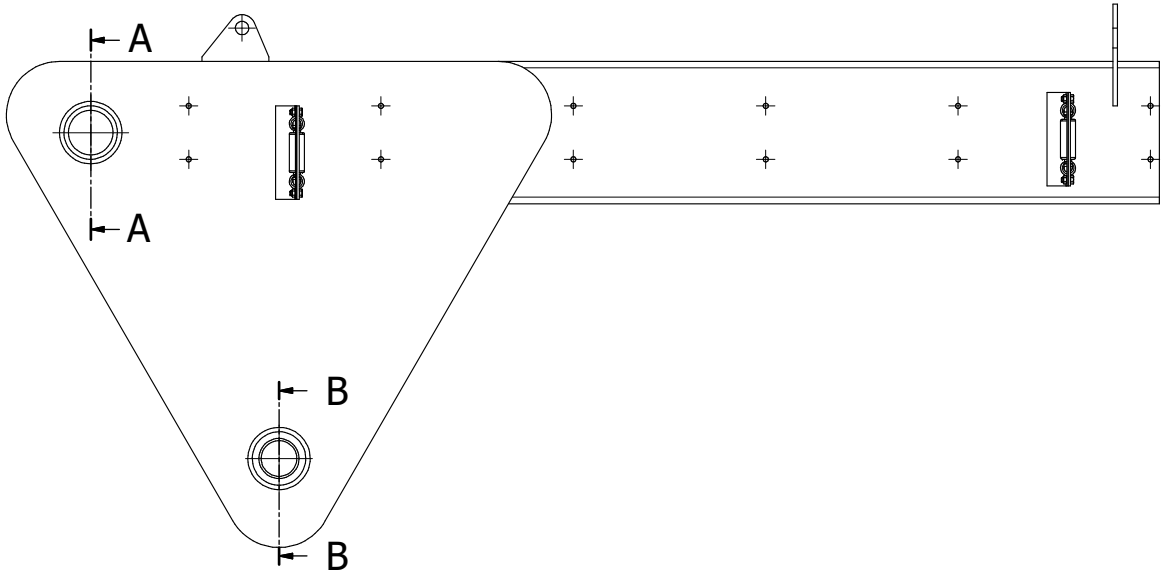


POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Perfil - Telescópico 1	1	160 x 140 x 4,75 - 1100
2	Chapa lateral - Brazo telescopico	2	
3	Porta Eje 1	1	
4	Porta eje 2 derecho	1	
5	Porta eje 2 - izquierdo	1	
6	Oreja	2	
7	Soporte Cilindro 1	1	
8	Guía	2	

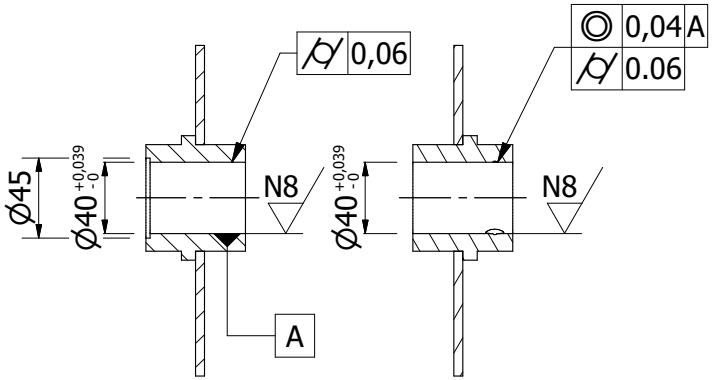
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 1 - Conjunto Soldado	
	Escala 1:6	Hoja 1 / 1

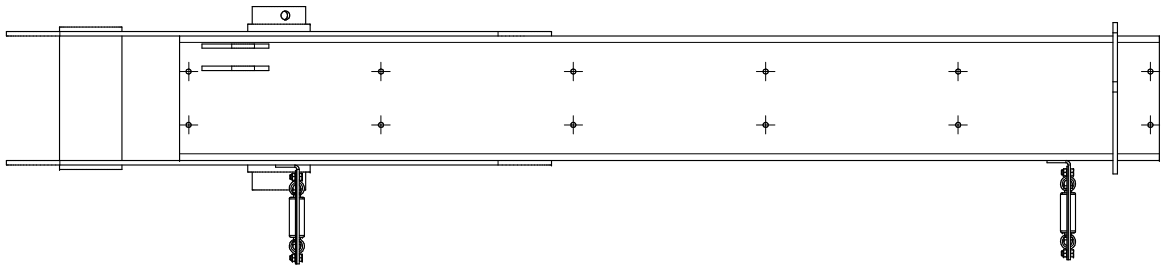
CORTE A-A
(1 : 3)





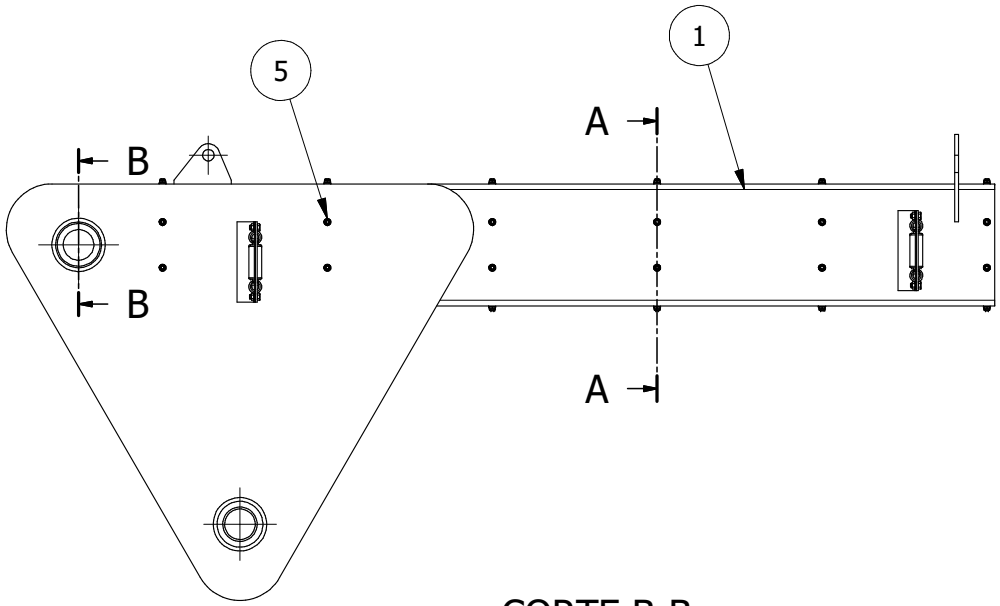
CORTE B-B
(1 : 3)



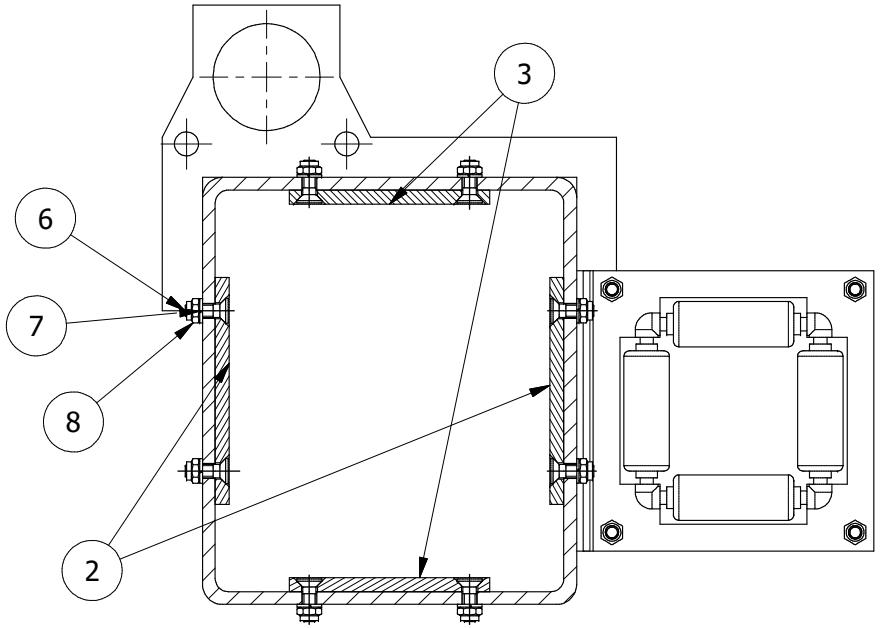


N9 N8

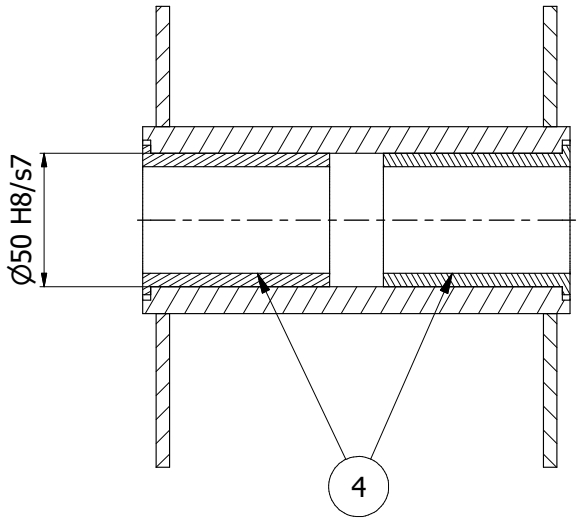
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 1 - Plano Definición	
	Escala 1:6	Hoja 1 / 1



CORTE A-A
(1 : 2)



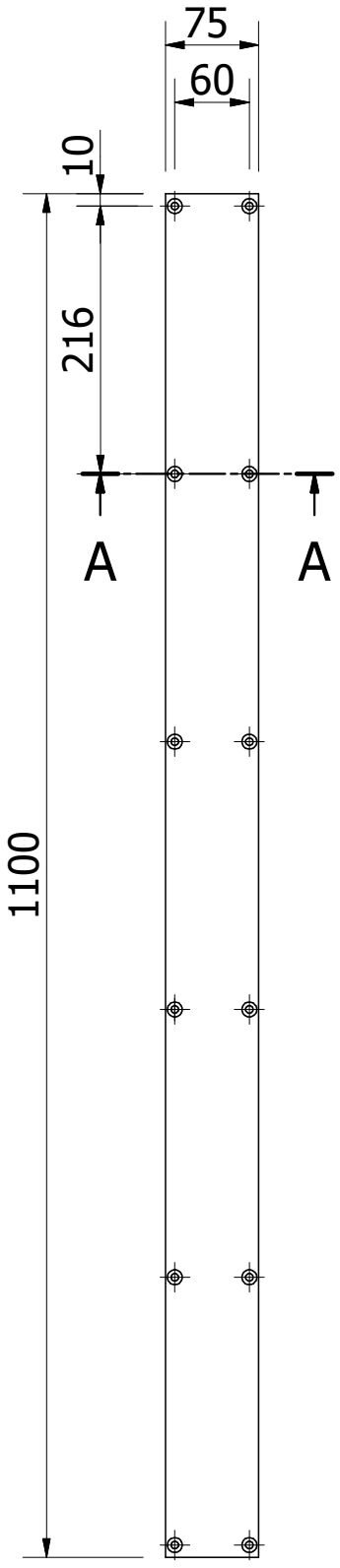
CORTE B-B
(1 : 2)



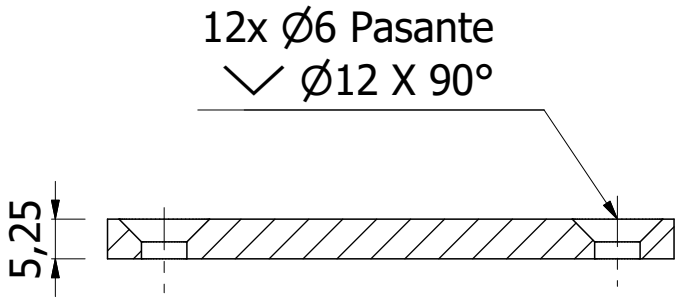
POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Telescópico 1 - Conjunto Soldado	1	
2	Placa Vertical	2	
3	Placa Horizontal	2	
4	Buje	2	
5	Tornillo Avellanado - M5 x 20	8	
6	Tornillo Avellanado - M5 x 16	40	
7	Arandela grower - A5	48	
8	Tuerca autofrenante hex - M5	48	

Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 1 - Plano de Conjunto	
	Escala: 1:7	Hoja: 1 / 1

N7

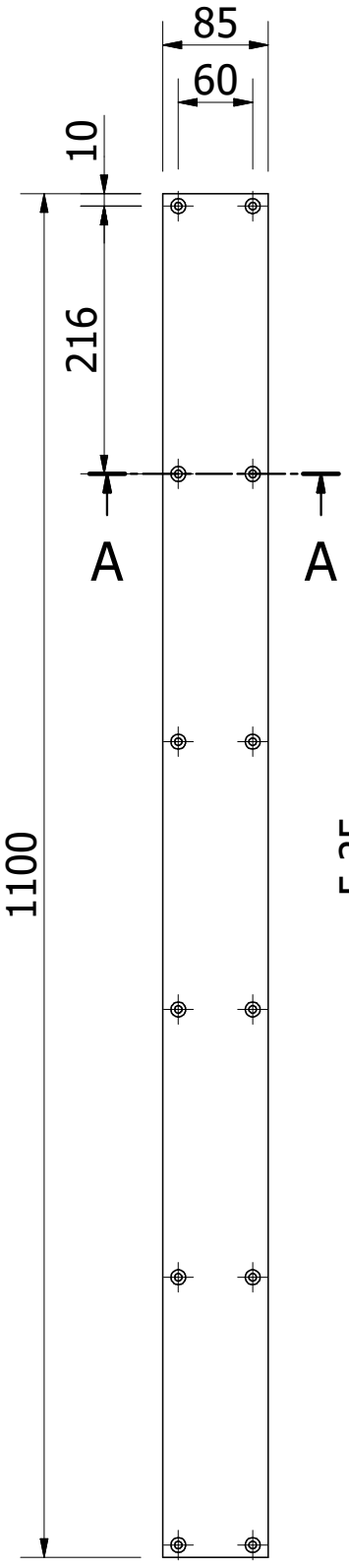


CORTE A-A
(1 : 1)



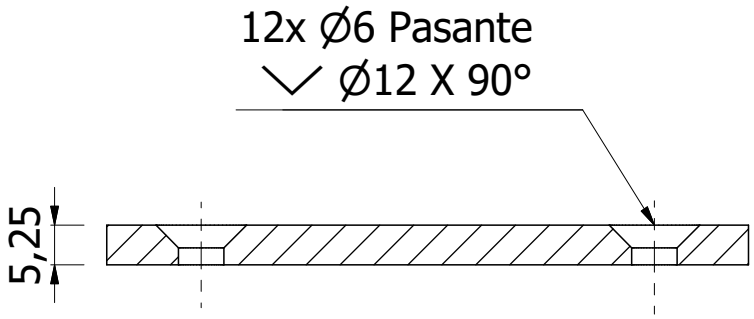
MATERIAL: DELRIN 500AF

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	05/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Placa Delrin Horizontal	
	Escala 1:6	Hoja 1 / 1



N7

CORTE A-A
(1 : 1)

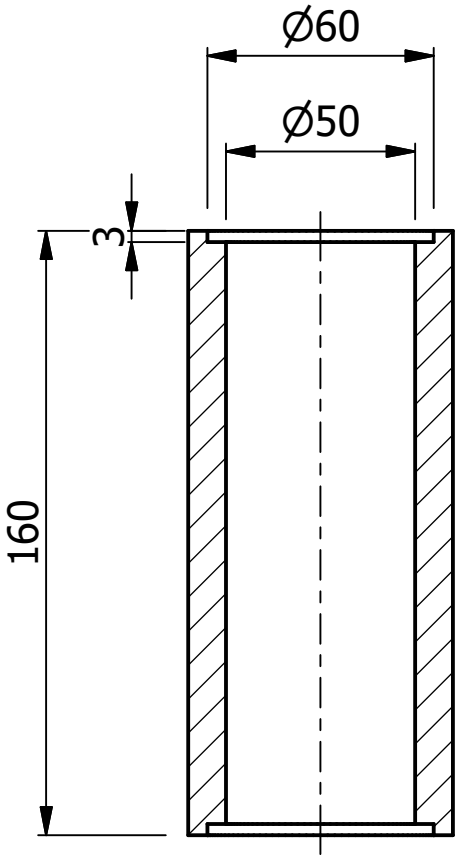


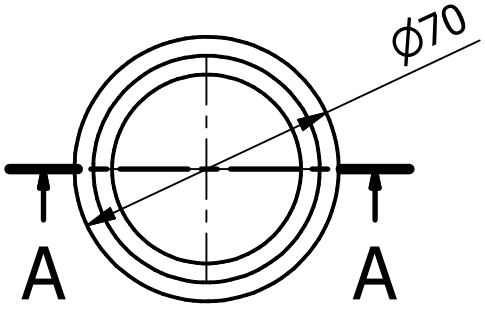
MATERIAL: DELRIN 500AF

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Placa Delrin Vertical	
	Escala 1:6	Hoja 1 / 1

N8

CORTE A-A
(1 : 2)



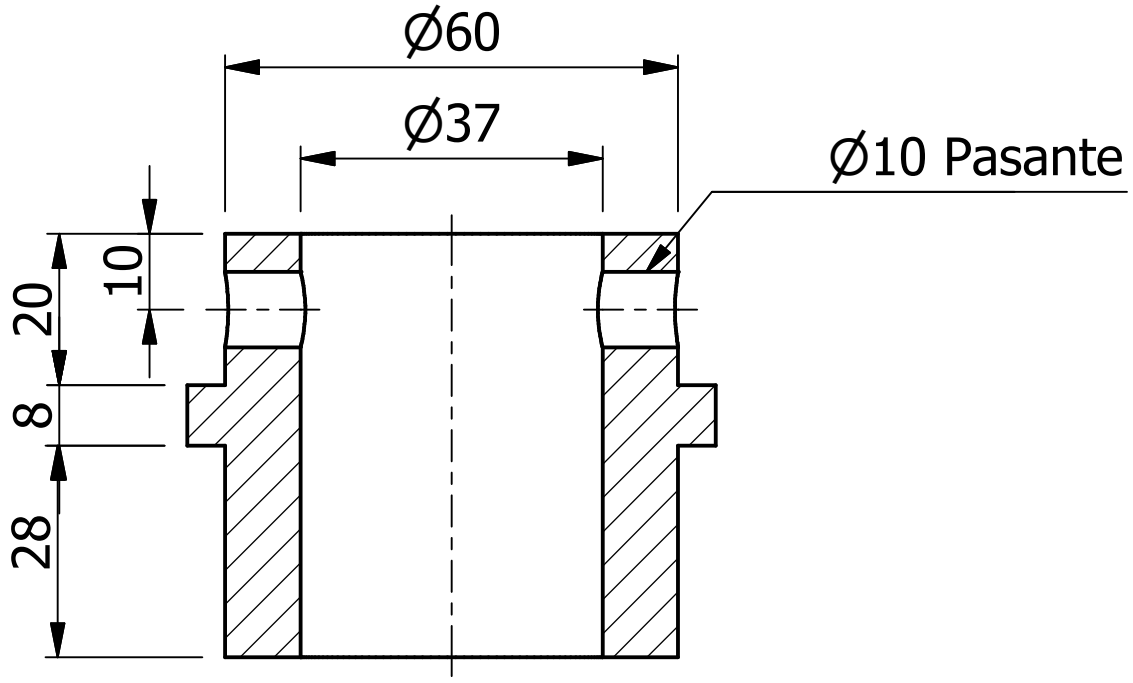


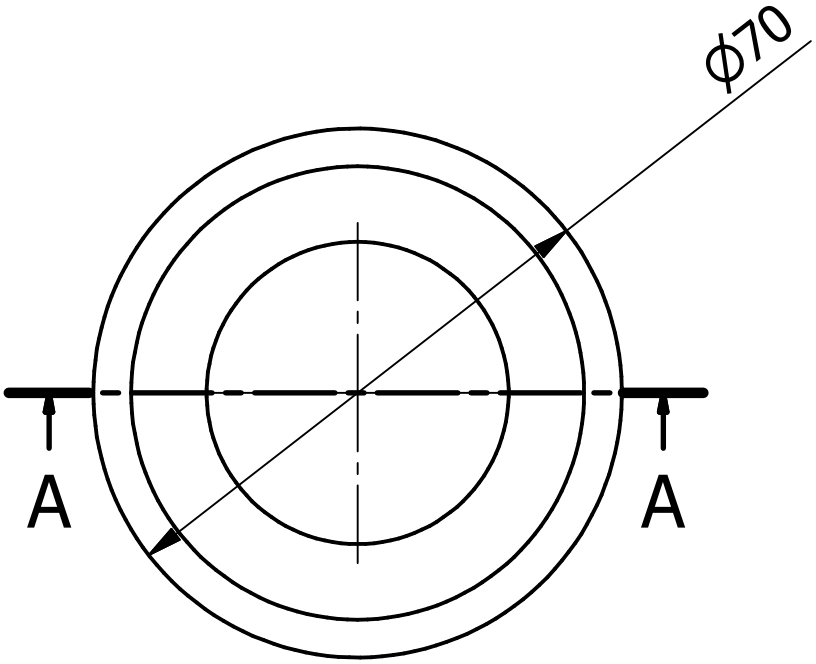
ACERO SAE 4140

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Porta eje 2	
	Escala 1:2	Hoja 1 / 1

N8

CORTE A-A
(1 : 1)



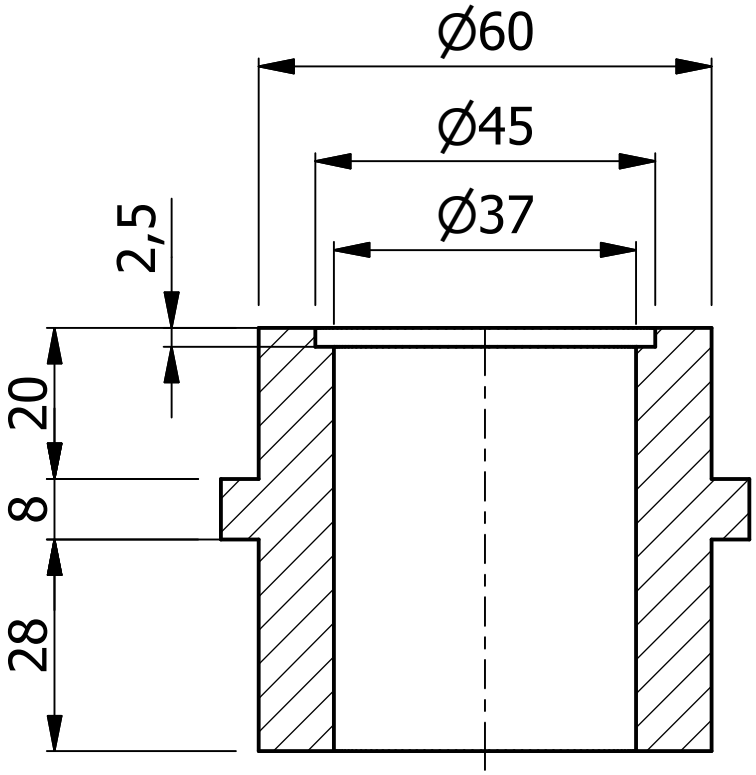


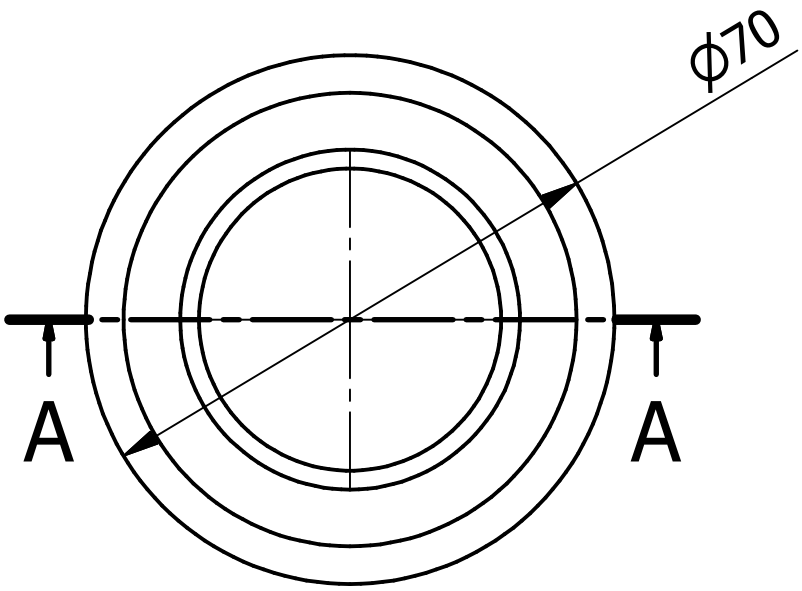
SAE 4140

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Porta eje Derecho 1	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1

N8

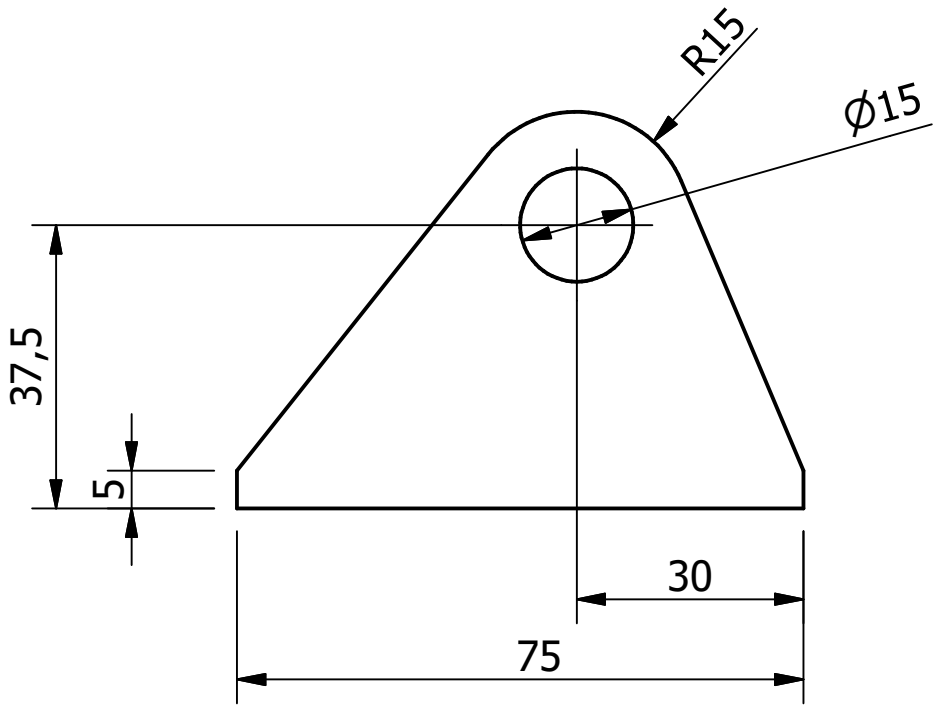
CORTE A-A
(1 : 1)

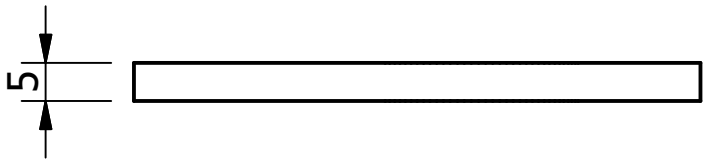




SAE 4140

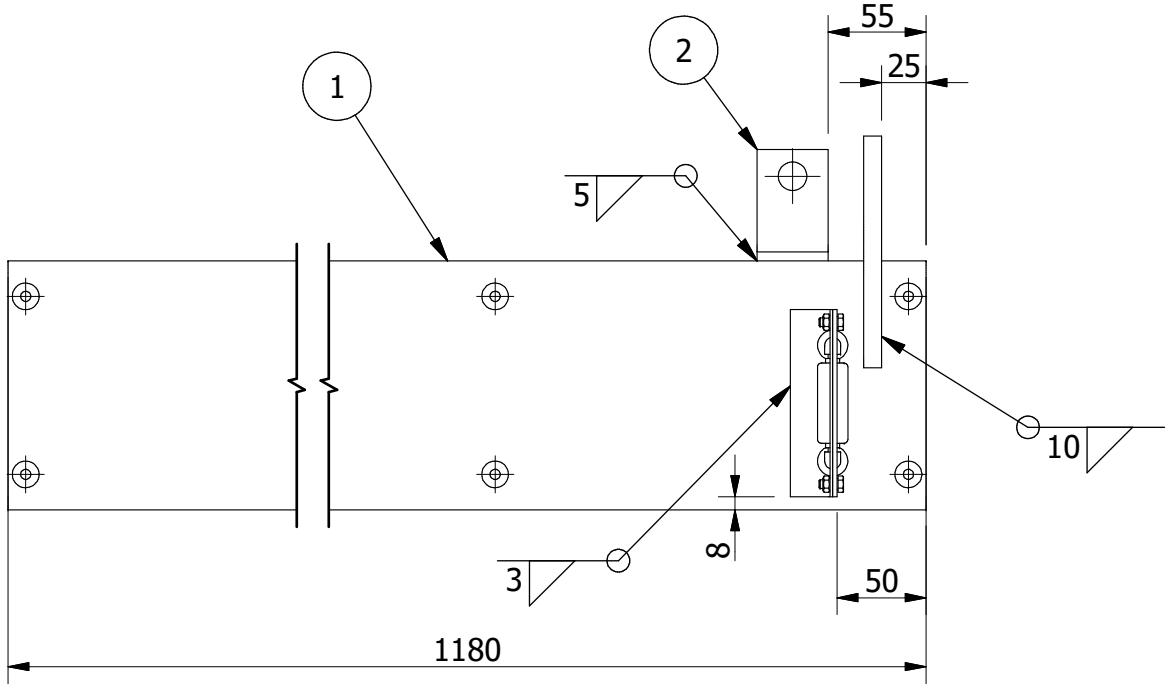
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Porta eje Izquierdo 1	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1

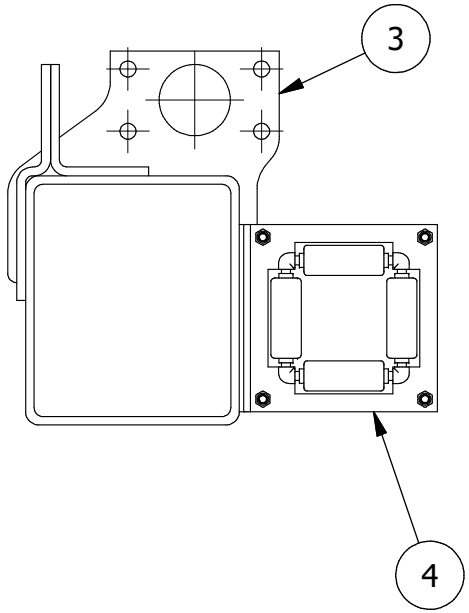


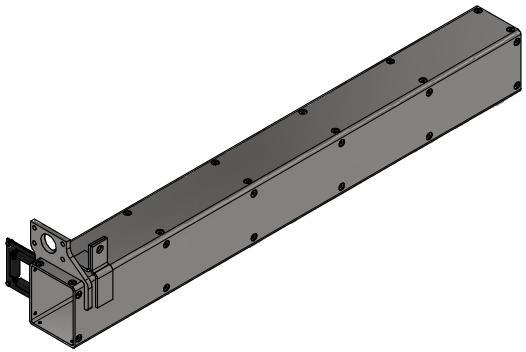


CHAPA SAE 1010 LAMINADO EN FRÍO

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Oreja - Apoyo cilindro 1	
		Escala 1:1 / Hoja 1 / 1





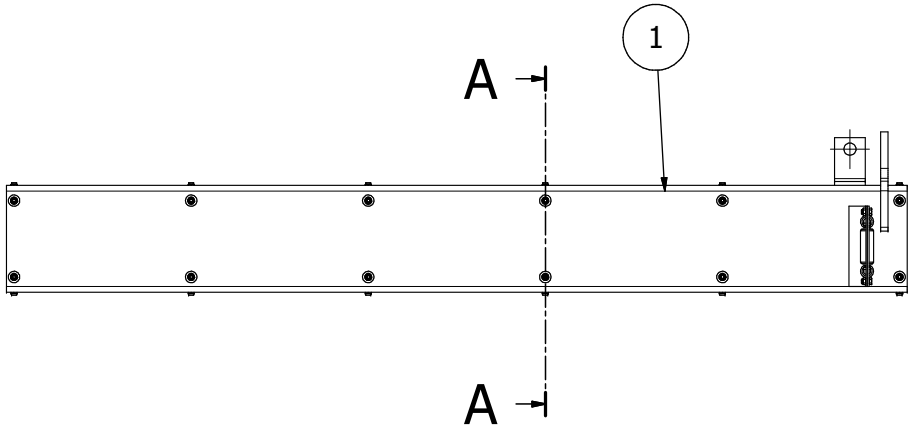


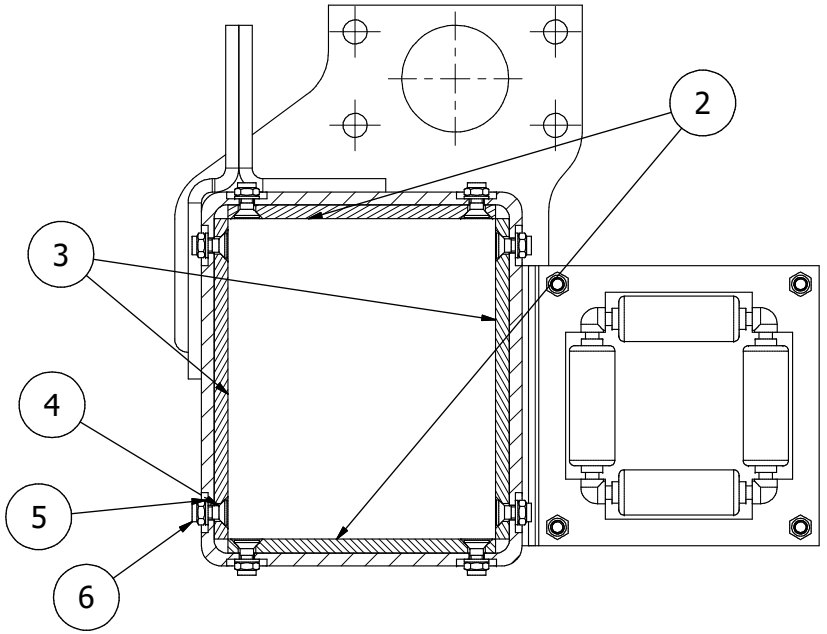
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:10

POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Perfil - Telescópico 2	1	140x120x4,75 - 1180
2	Conjunto soldado Chapa Plegada	1	
3	Chapa Soporte Cilindro 4	1	
4	Guía	1	

Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 2 - Conjunto Soldado	
	Escala: 1:3	Hoja: 1 / 1

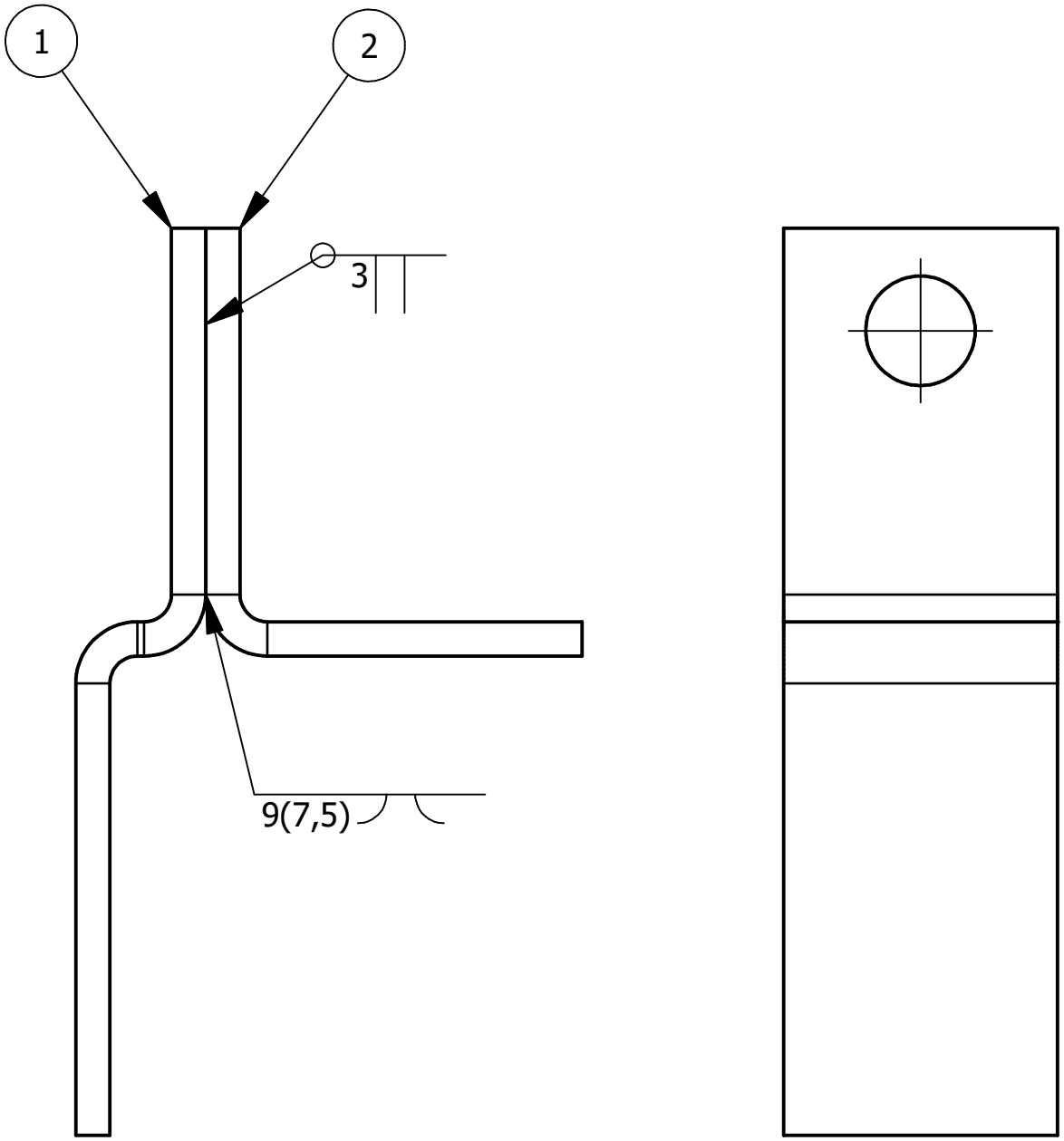
CORTE A-A
(1 : 2)





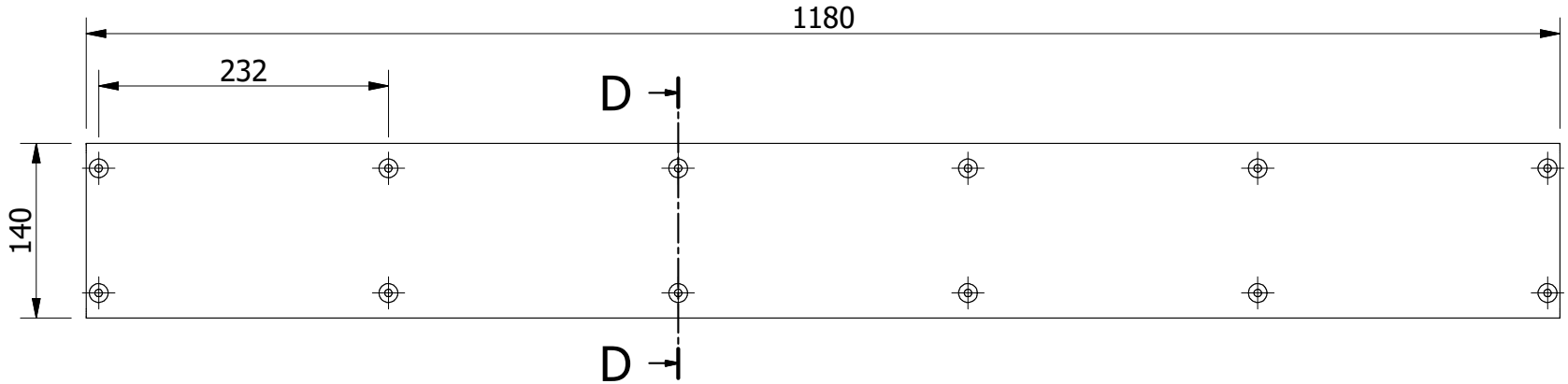
POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Conjunto Soldado	1	
2	Placa horizontal - Delrin	2	
3	Placa Vertical - Delrin	2	
4	Tornillo Avellanado - M5 x 12	48	
5	Arandela grower - A5	48	
6	Tuerca autofrenante hex. - M5	48	

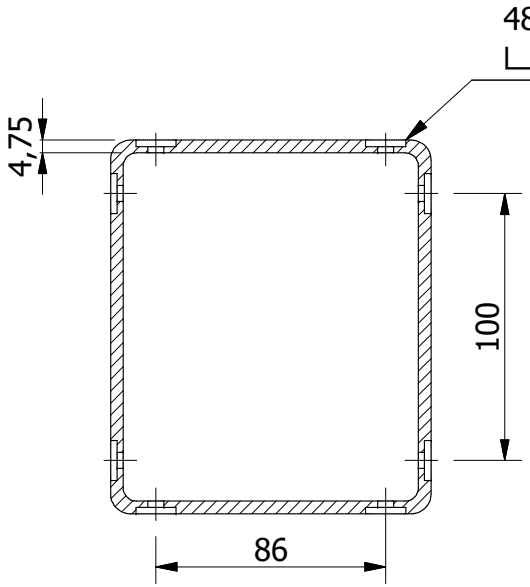
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 2 - Plano de Conjunto	
	Escala 1:7	Hoja 1 / 1



POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Chapa plegada 1	1	
2	Chapa plegada 2	1	

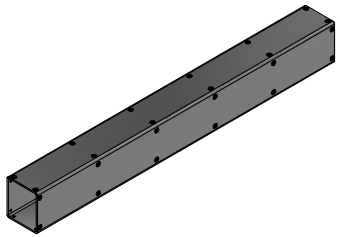
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto soldado Soporte Cilindro	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1





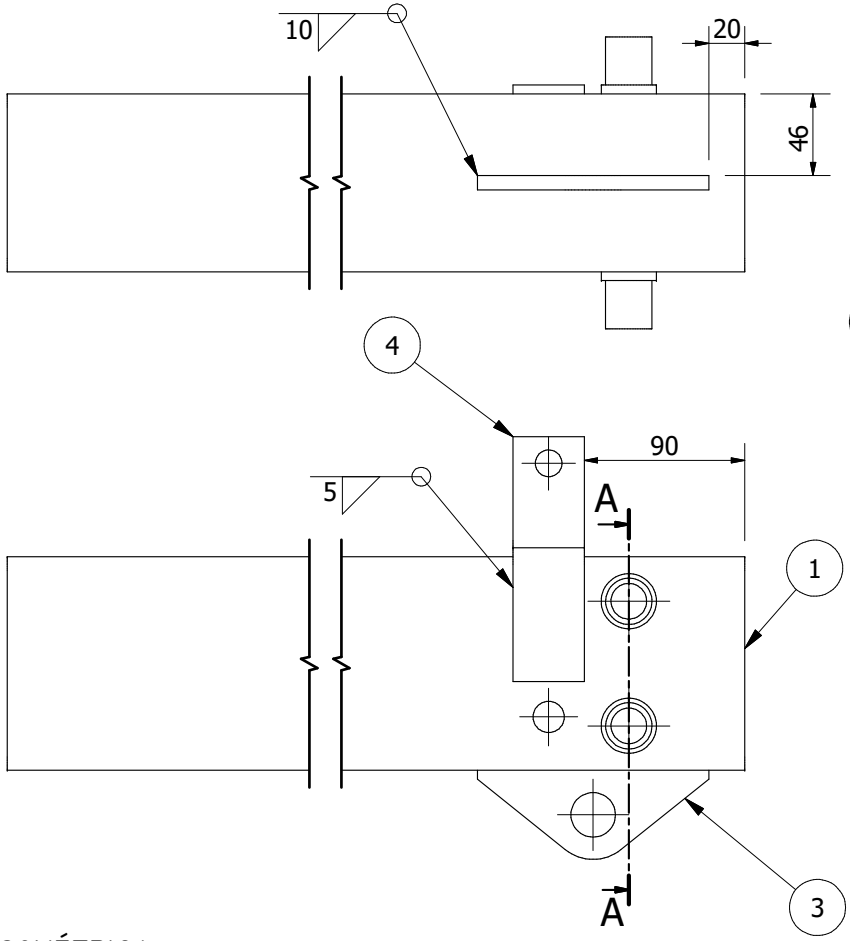
CORTE D-D
(1 : 2)

VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:15

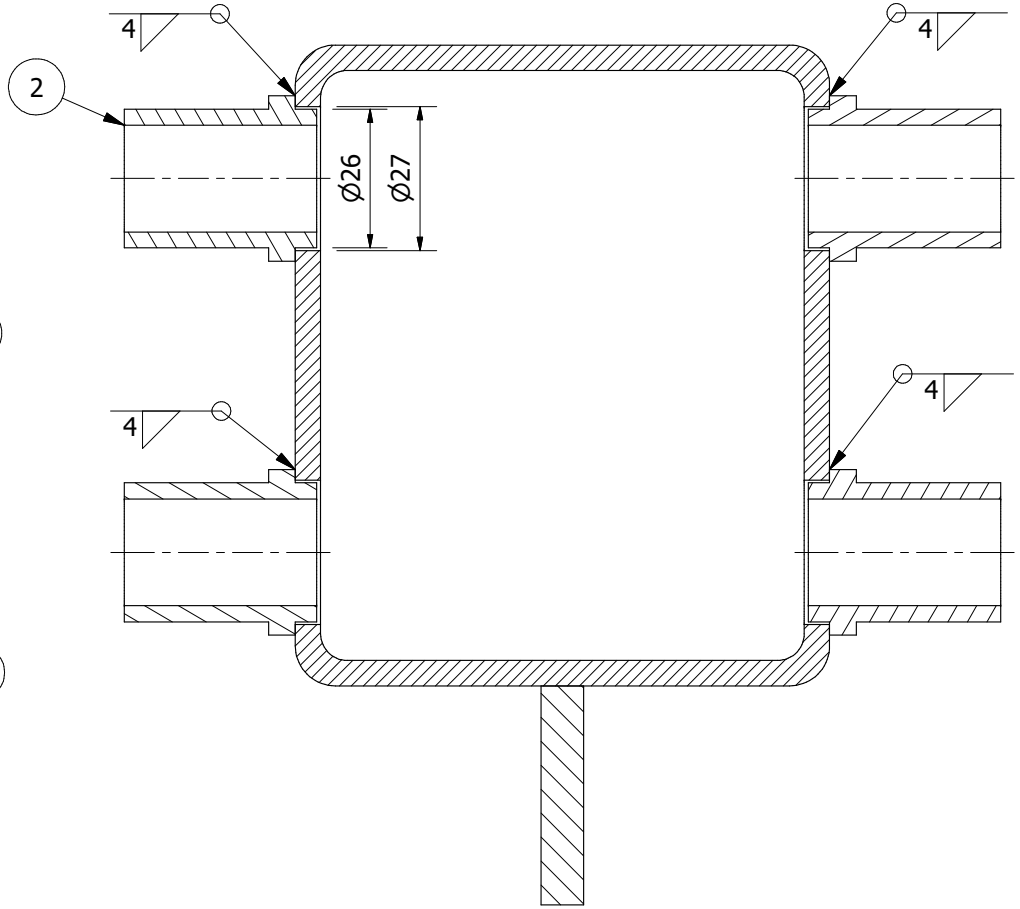


PERFIL TE-36

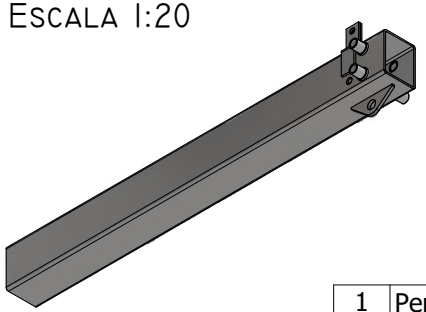
Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Perfil - Telescópico 2	
	Escala 1:4	Hoja 1 / 1



CORTE A-A
(1 : 1)



VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:20



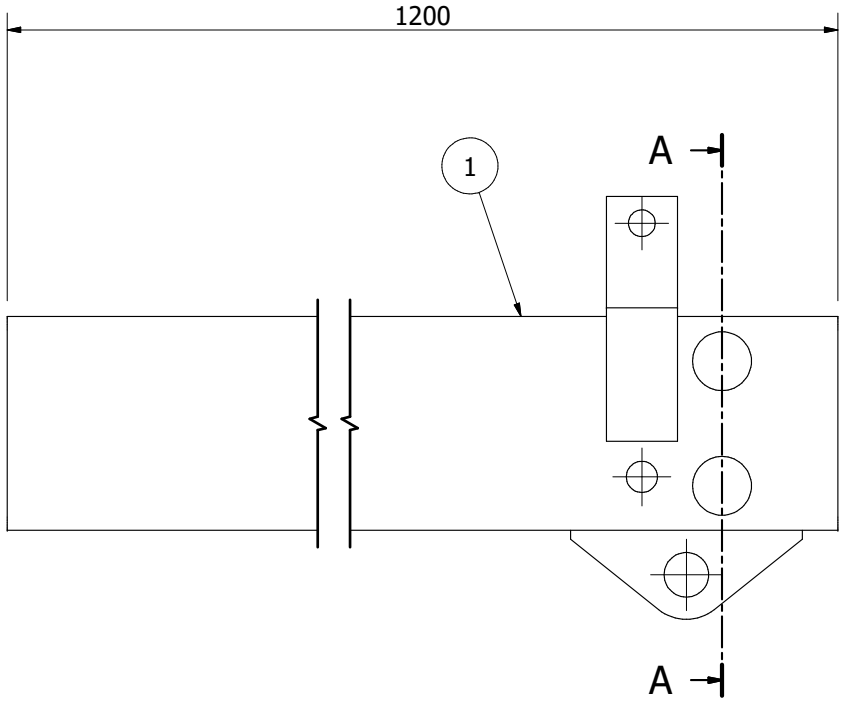
POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Perfil - Telescópico 3	1	120 x 100 x 4,75 - 1200
2	Rosca	4	
3	Oreja	1	
4	Conjunto Soldado Chapa Plegada	1	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

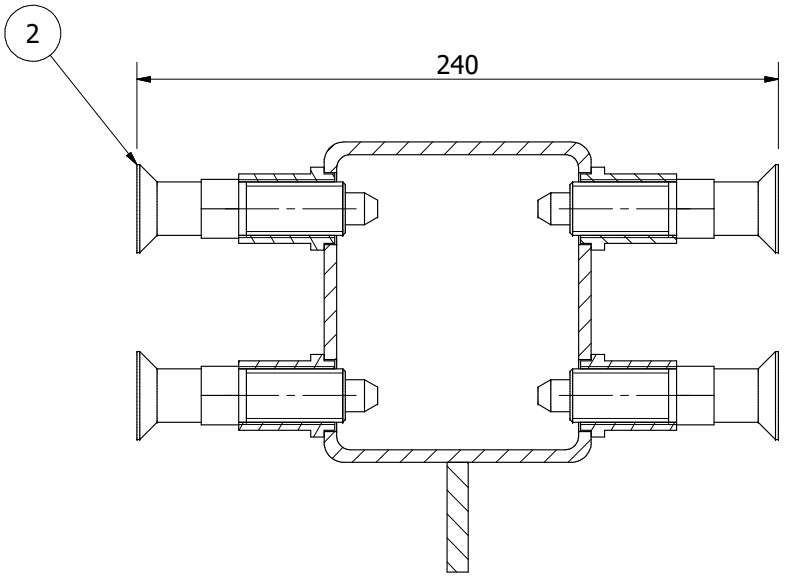
PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

Telescópico 3 - Conjunto Soldado

Escala	Hoja
1:3	1 / 1



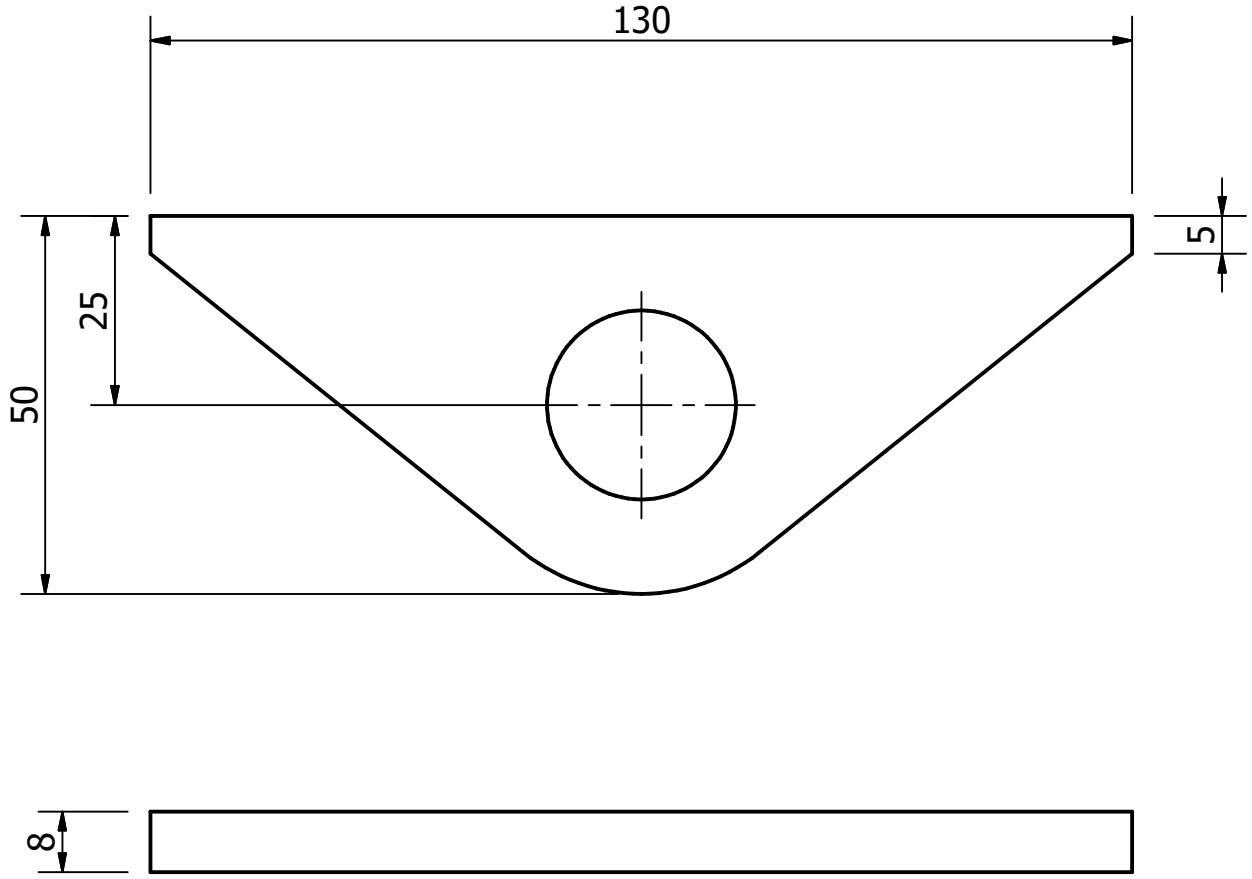
CORTE A-A
(1 : 2)



POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Telescópico 3 - Conjunto soldado	1	
2	Perno de bloqueo	4	

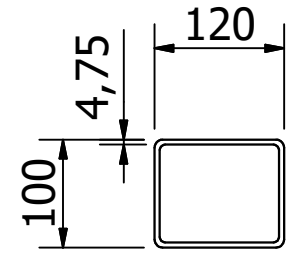
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

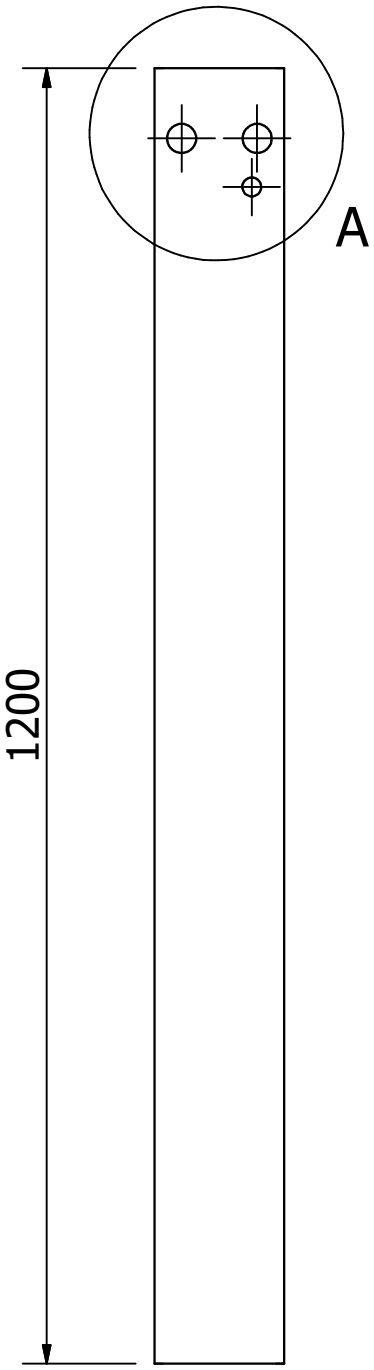
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Telescópico 3 - Plano de Conjunto	Escala 1:3	Hoja 1 / 1



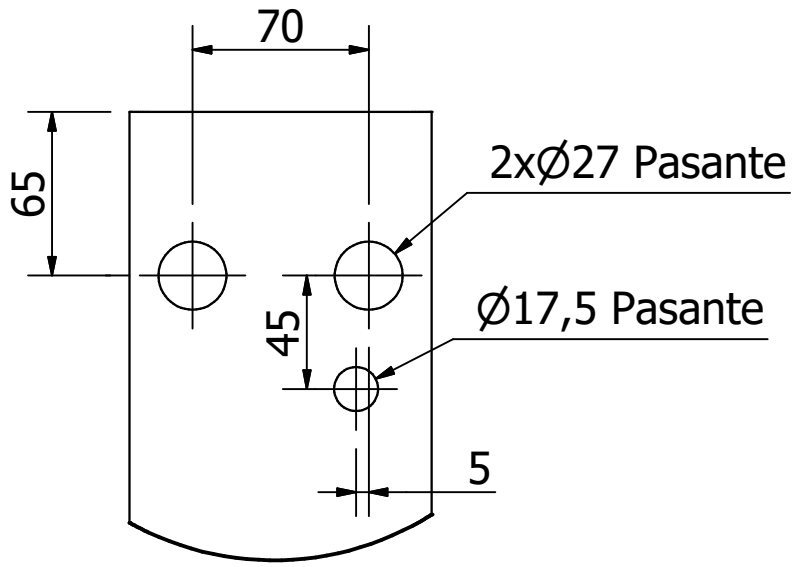
CHAPA SAE 1010 LAMINADO EN FRÍO

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Oreja - Telescópico 3	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1





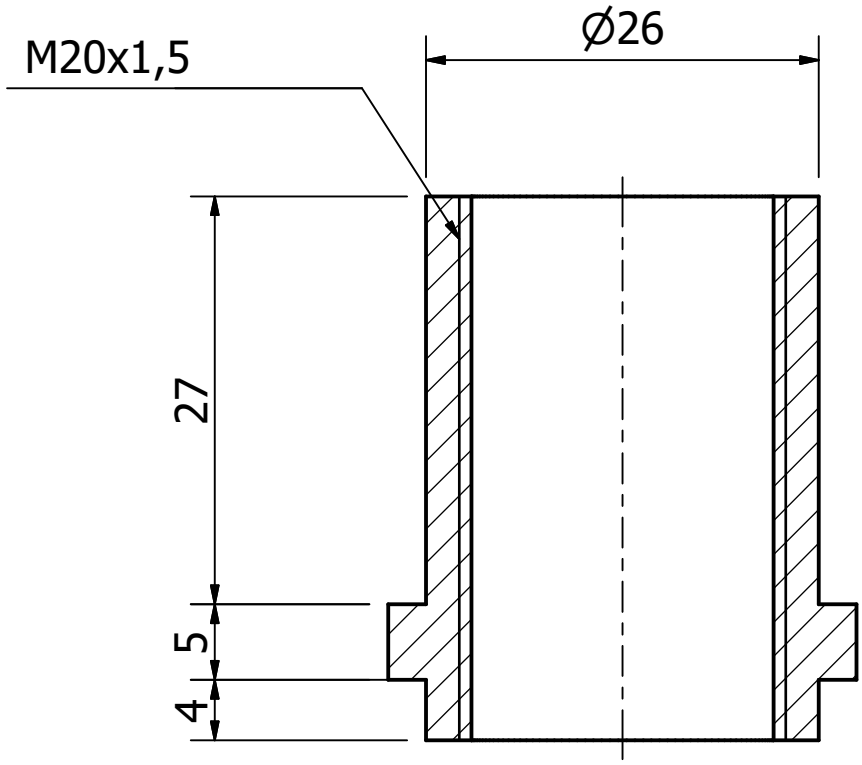
DETALLE A
(1 : 3)

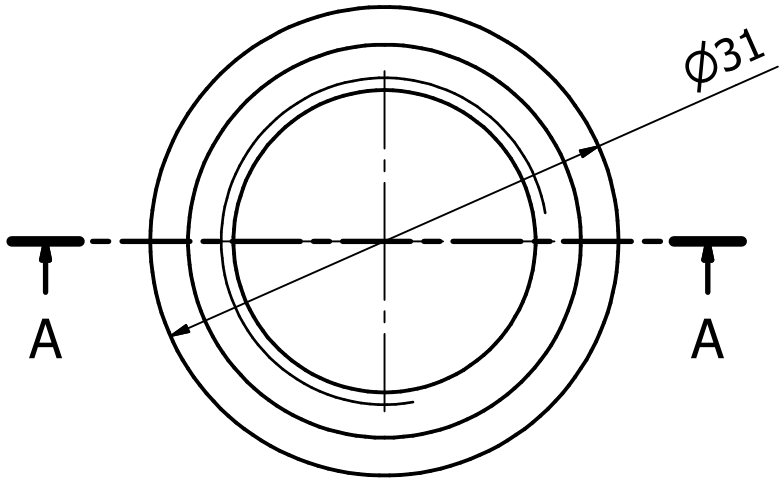


PERFIL TE-36

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Perfil - Telescópico 3	
	Escala 1:7	Hoja 1 / 1

N9



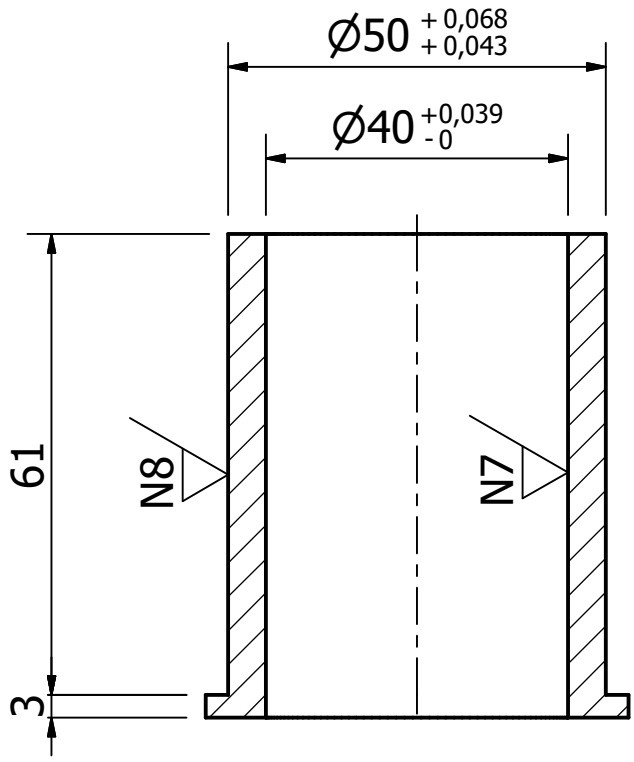


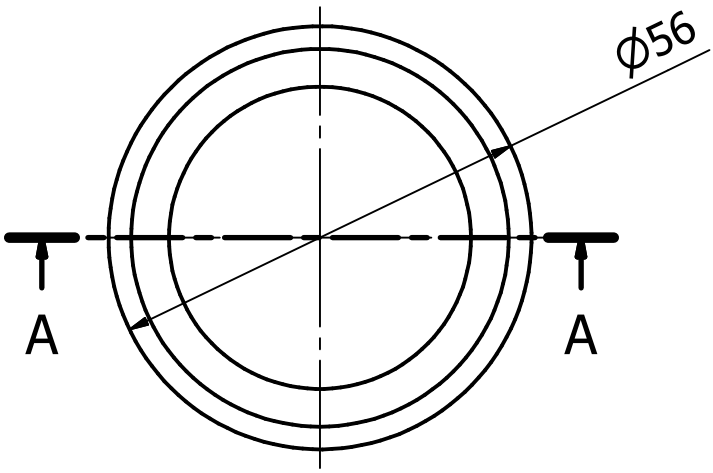
ACERO SAE 1010

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Rosca perno de bloqueo	
	Escala 2:1	Hoja 1 / 1

N9 (N8 N7)

CORTE A-A
(1 : 1)

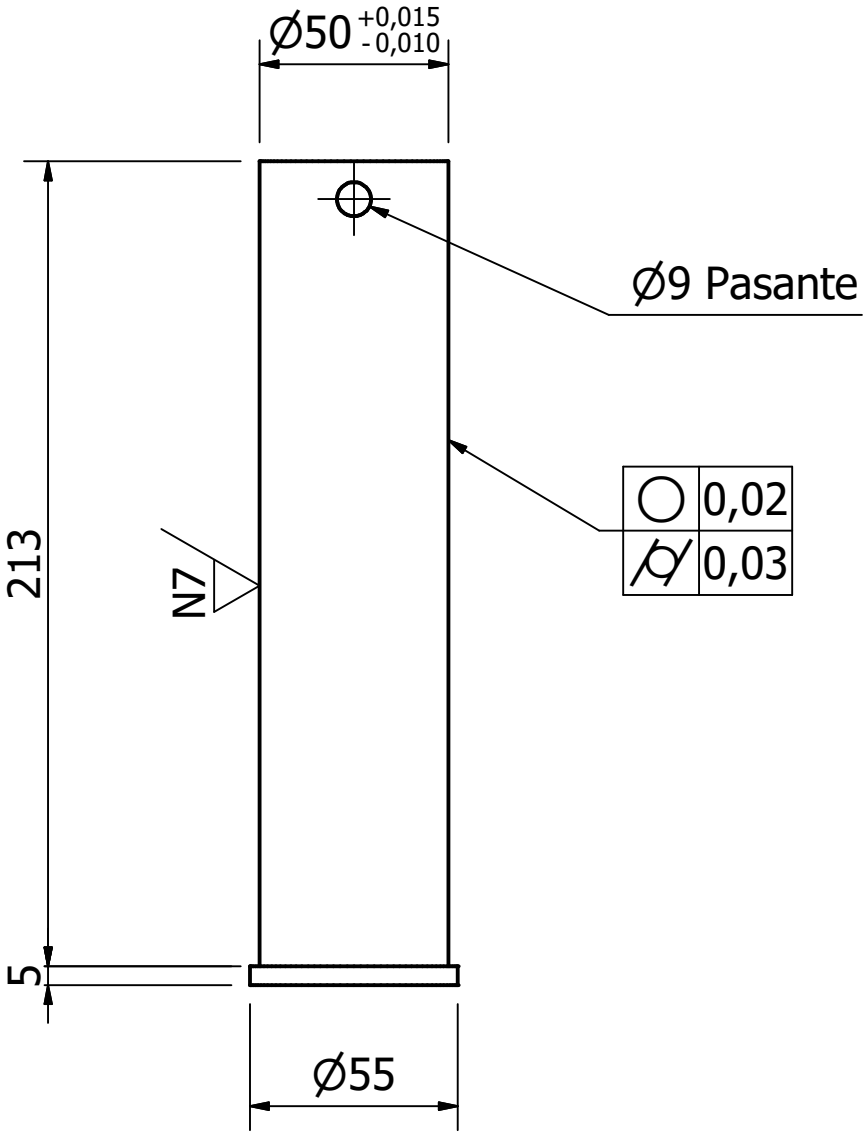




BUJE DE BRONCE

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Buje - Telescópico - Cilindro 2	
		Escala 1:1 / Hoja 1 / 1

N9 (N7)



SAE 4140
TEMPLADO Y REVENIDO

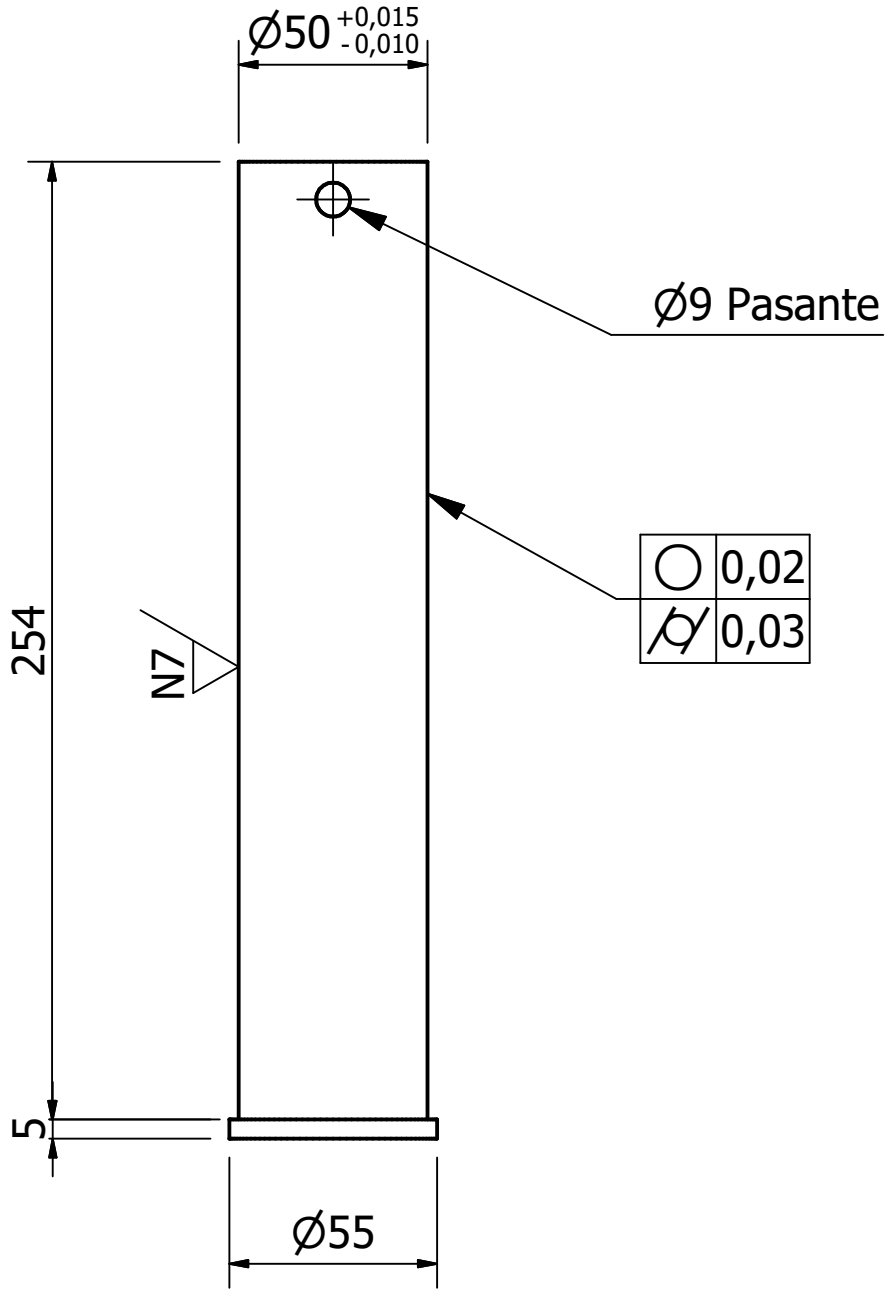
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA

Perno Ø50 - 1

Escala	Hoja
1:2	1 / 1

N9 (N7)



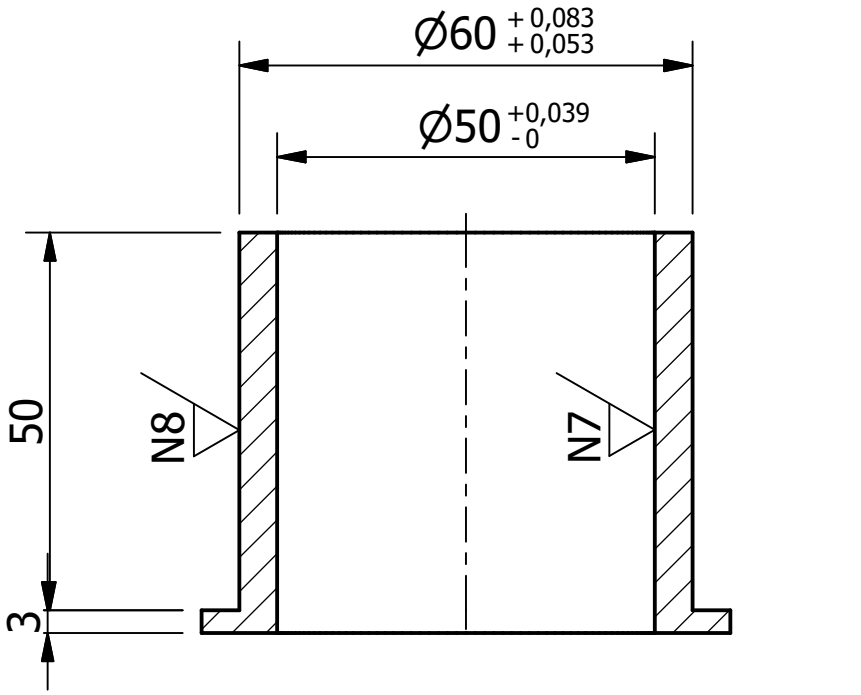
SAE 4140
TEMPLADO Y REVENIDO

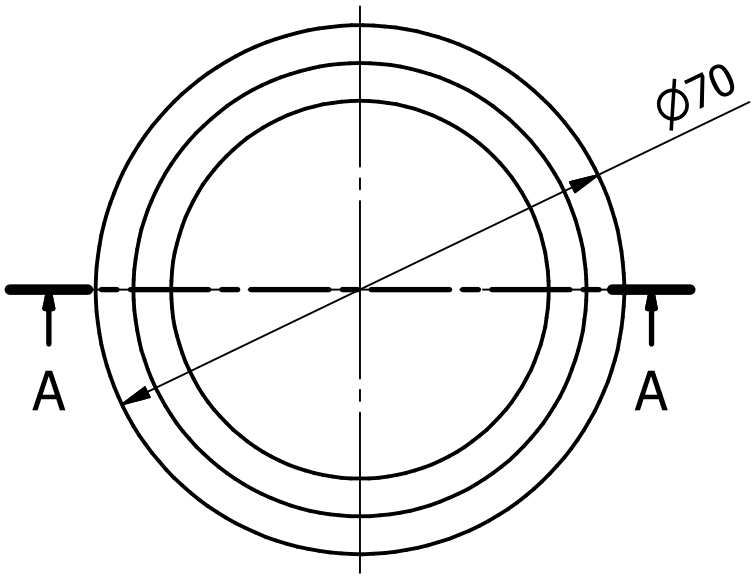
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Perno Ø50 - 2	Escala 1:2	Hoja 1 / 1

N9 (N8 N7)

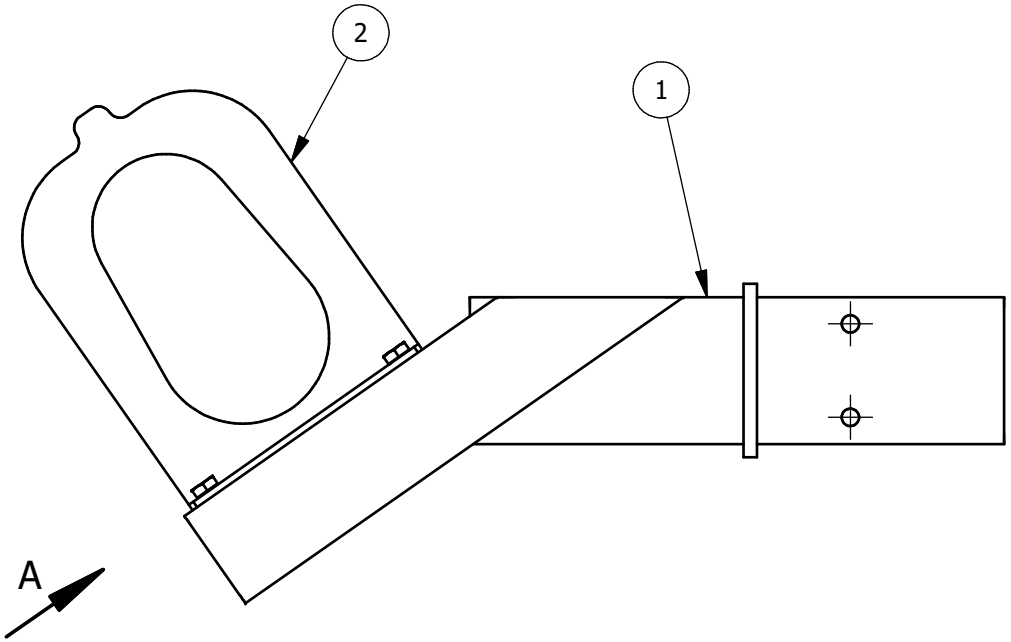
CORTE A-A
(1 : 1)



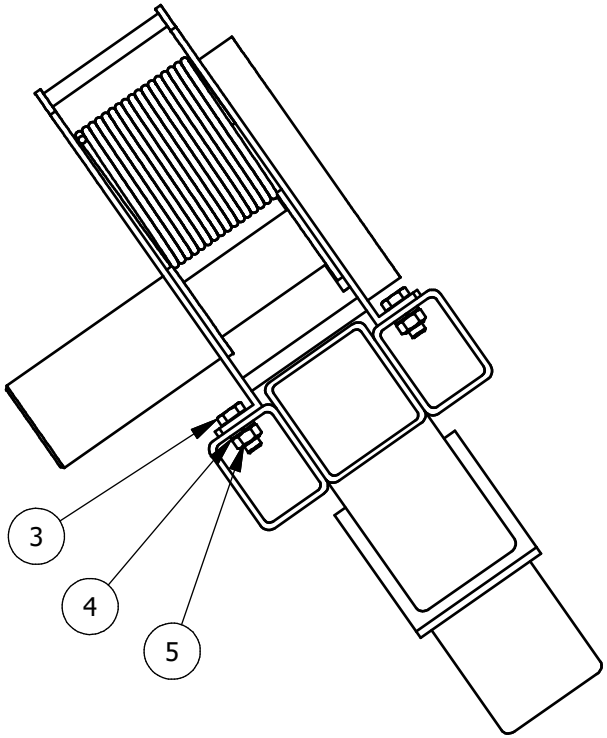


BUJE DE BRONCE

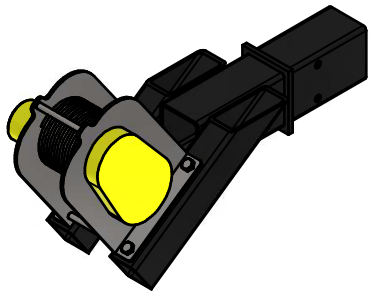
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Buje - Mastil - Brazo 1	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1



VISTA DESDE A
(1 : 4)



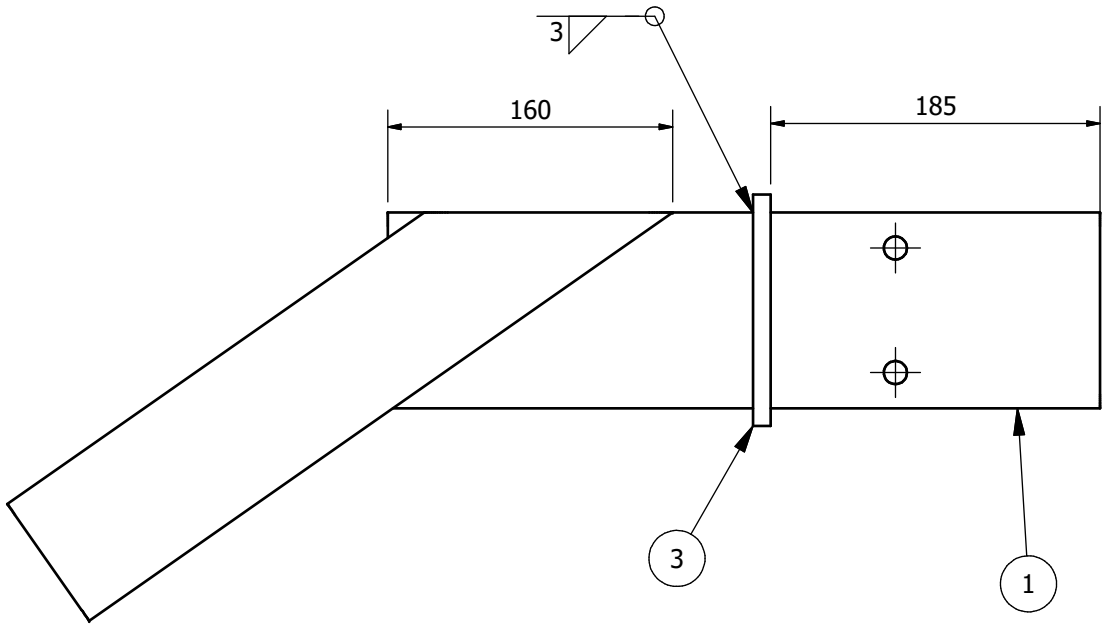
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:9

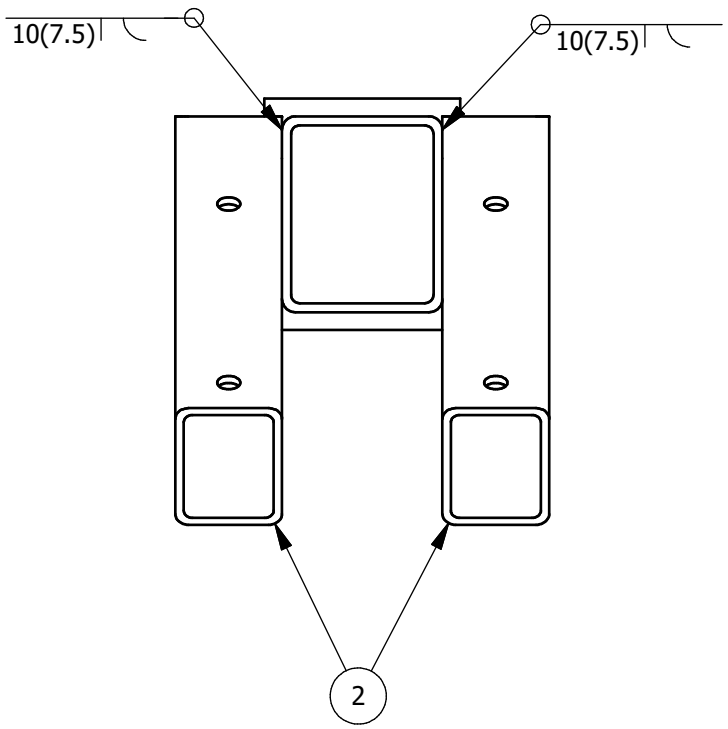


POS.	DENOMINACIÓN	CANT	OBSERVACIÓN
1	Conjunto soldado - Modulo 1	1	
2	Cabestrante Pacific Hoists DH300A	1	
3	Perno cabeza hex - M12 x 28	4	
4	Arandela - A12	4	
5	Tuerca hexagonal - M12	4	

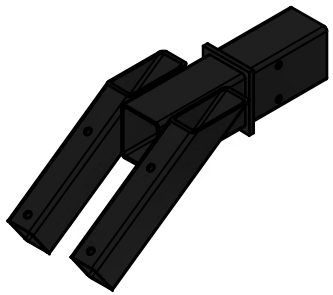
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Modulo 1	Escala 1:4	Hoja 1 / 1



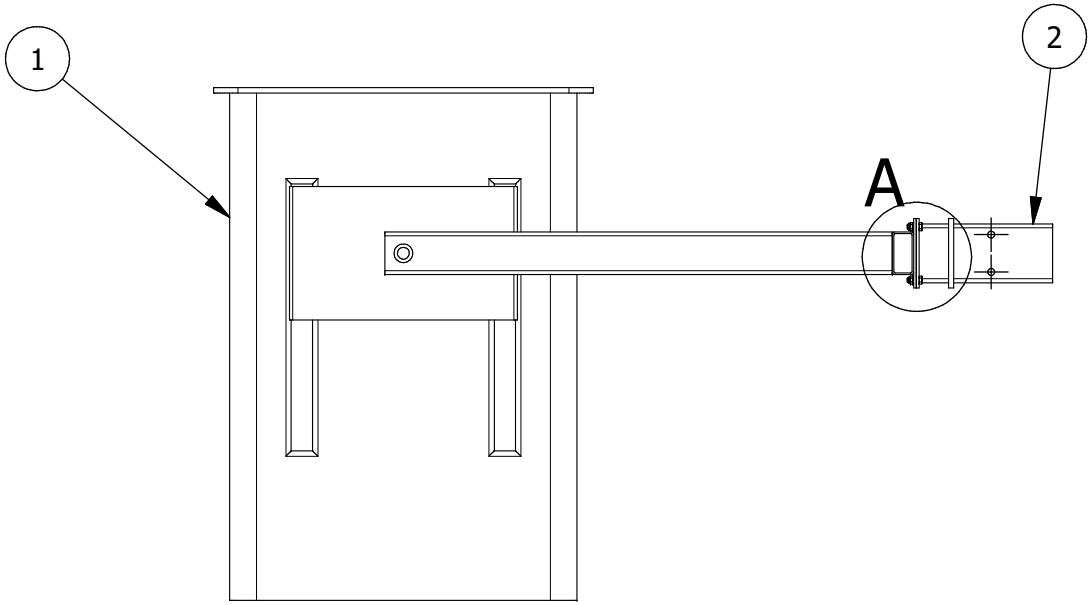


VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:9

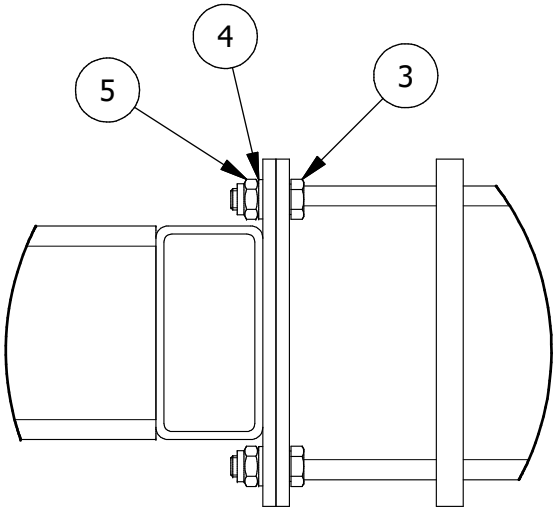


POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Perfil Transversal	1	110 x 90 x 4,75 - 400
2	Perfil Oblicuo	2	80 x 60 x 4,75 - 400
3	Tope	1	

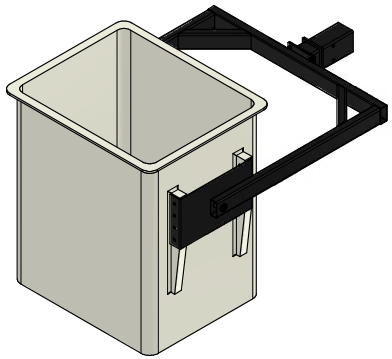
Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto Soldado - Modulo 1	
	Escala: 1:3	Hoja: 1 / 1



DETALLE A
(1 : 2)

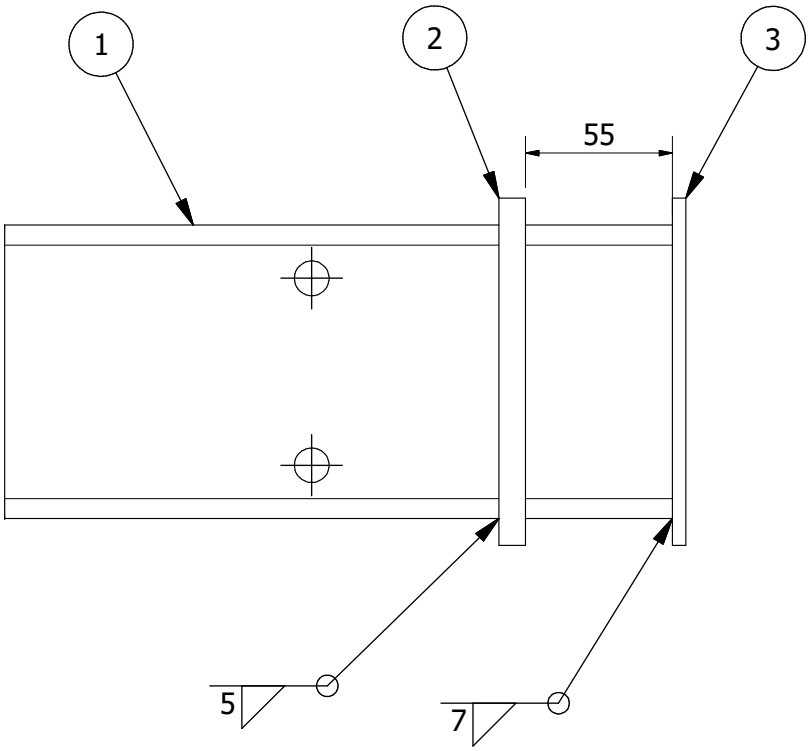


VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:22

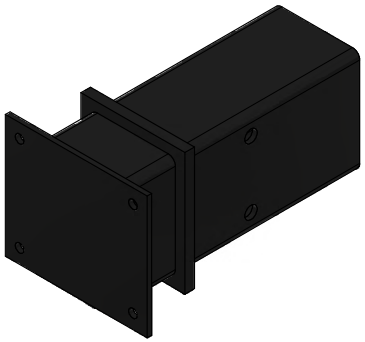


POS.	DENOMINACIÓN	CANT.	OBS.
1	Canasta - Soltec Biplaza	1	
2	Conjunto Soldado - Soporte Modulo 3	1	
3	Tornillo Cabeza Hex - M8 x 22	4	
4	Arandela Grower - A8	4	
5	Tuerca Autofrenante - M8	4	

Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Modulo 2	
	Escala: 1:10	Hoja: 1 / 1



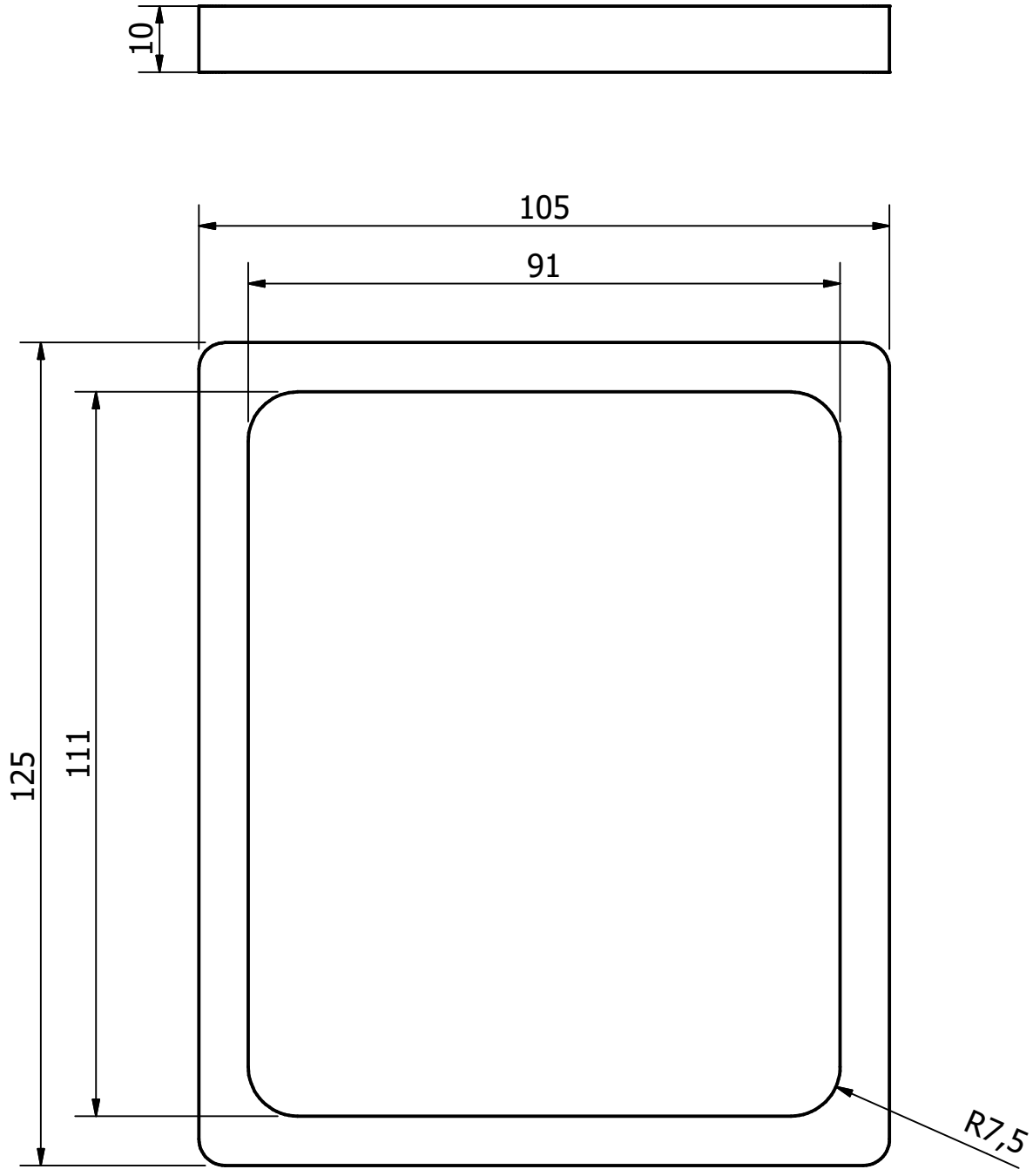
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:4



POS.	DENOMINACIÓN	CANT.	OBSERVACIÓN
1	Perfil Transversal	1	100 x 50 x 4,75 - 250
2	Tope	1	
3	Chapa Frontal	1	

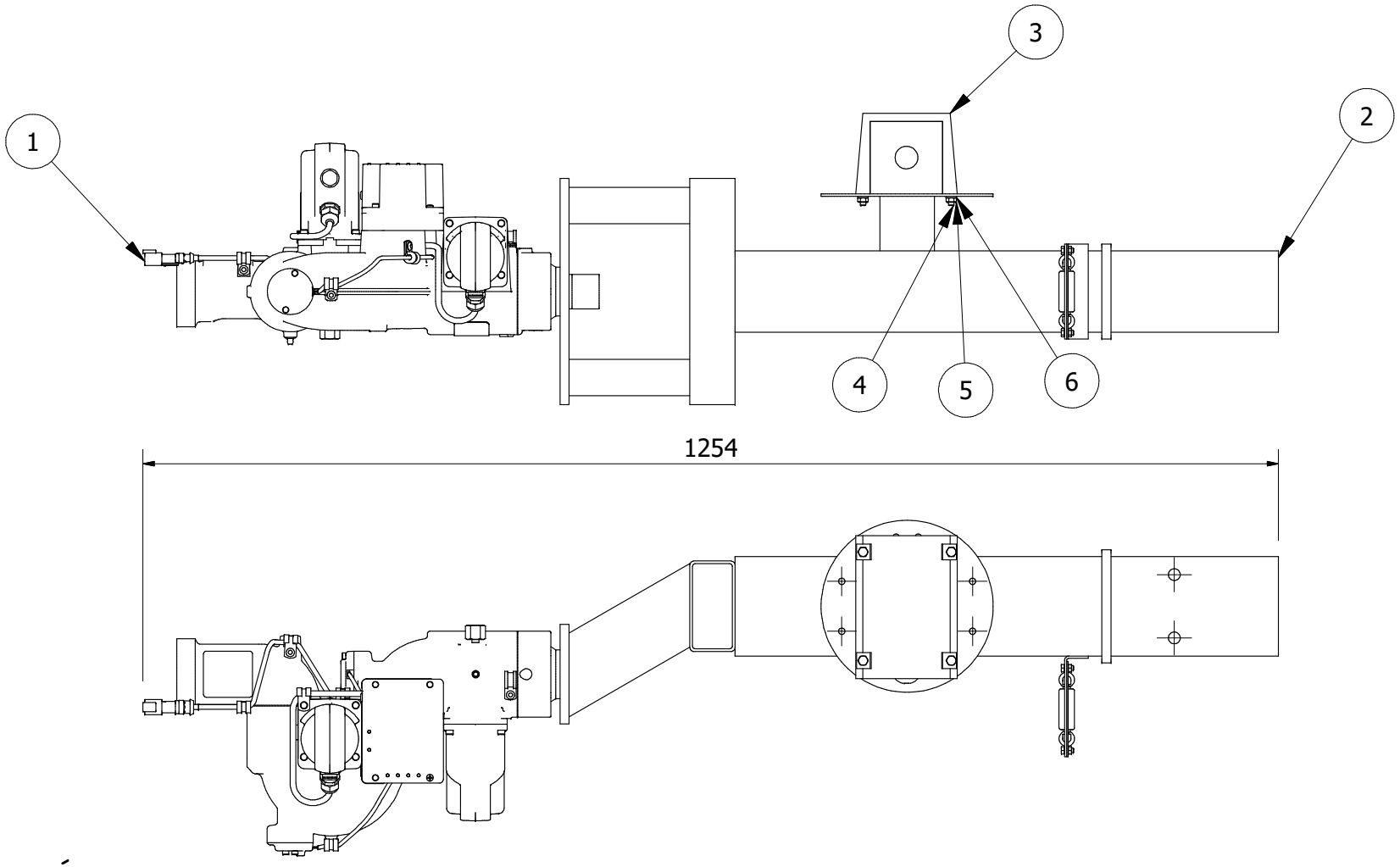
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Modulo 2 - Conjunto Soldado	Escala 1:2	Hoja 1 / 1

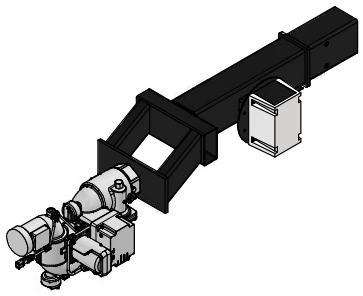


CHAPA SAE 1010

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Tope	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1



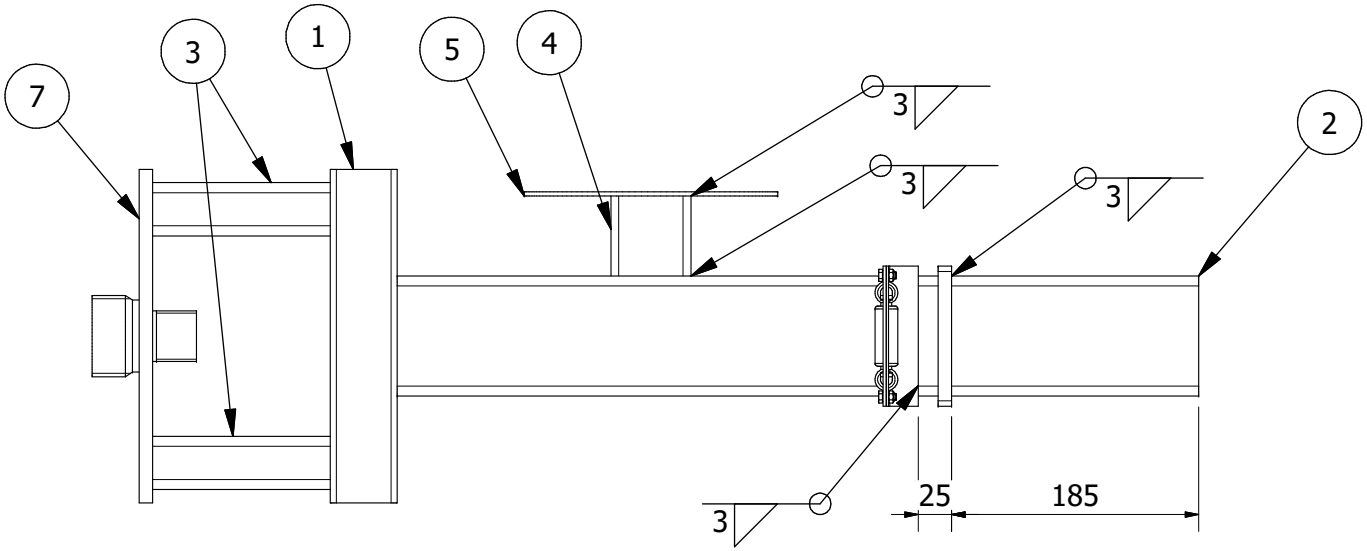
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:9

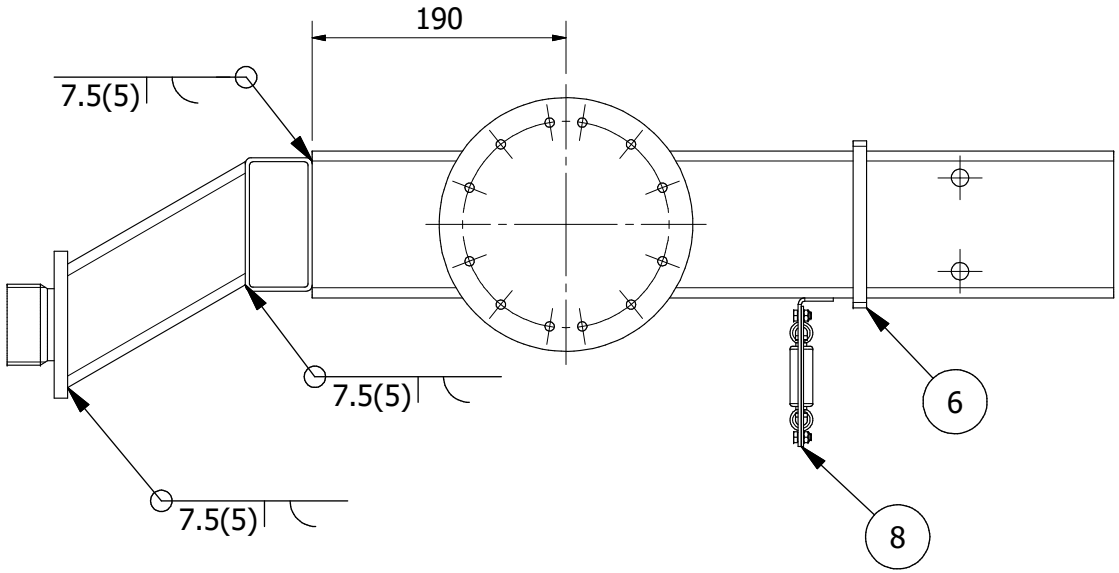


POS.	DENOMINACIÓN	CANT.	OBS.
1	Monnitor Sidewinder EXM2 7100X2	1	Ver manual
2	Conjunto Soldado - Modulo 3	1	
3	Cámara termográfica - FLIR KF6	1	
4	Perno cabeza hex - M6 x 22	4	
5	Tuerca hexagonal - M6	4	
6	Arandela - A6	4	

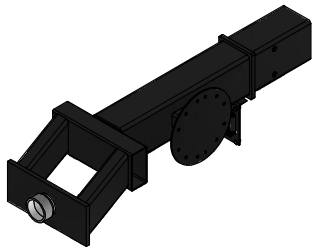
Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL	Modulo 3		
ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA		Escala 1:5	Hoja 1 / 1





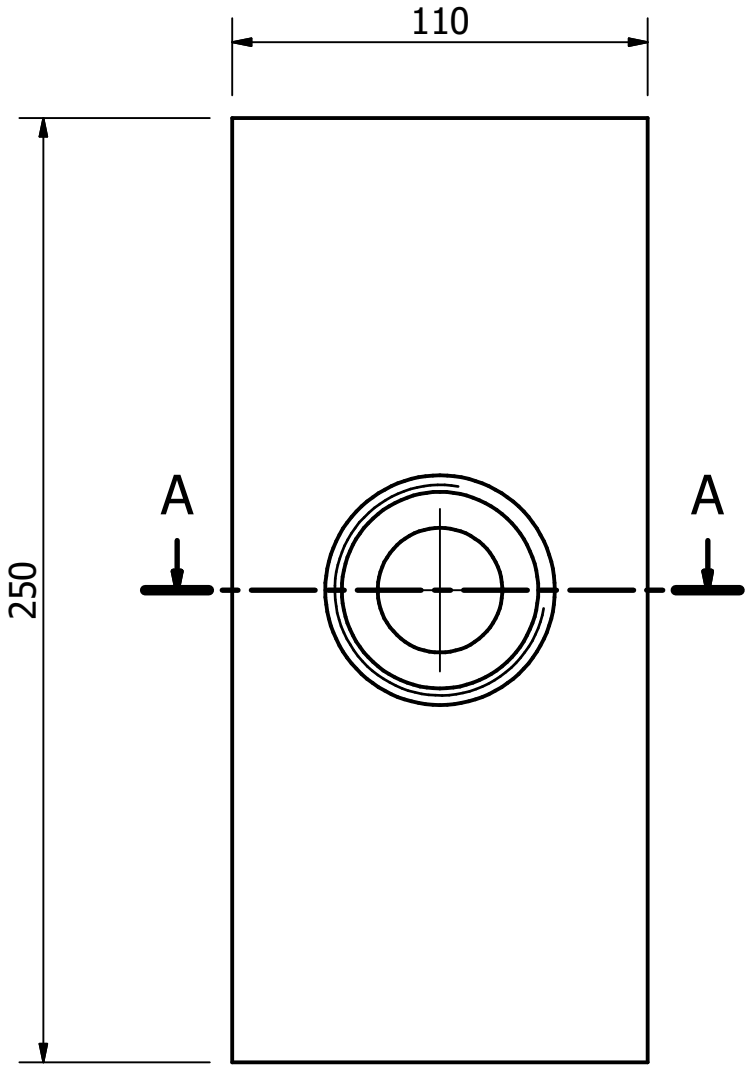
VISTA ISOMÉTRICA
ESCALA 1:9

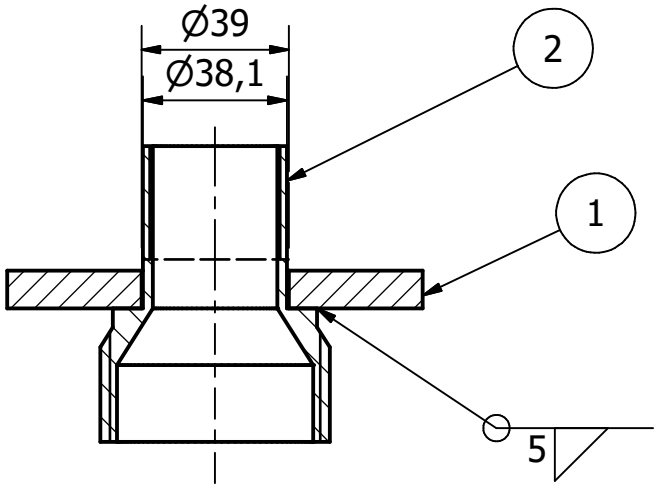


POS.	DENOMINACIÓN	CANT.	OBSERVACIÓN
1	Perfil Longitudinal	1	110 x 90 x 4,75 - 600
2	Perfil Transversal	1	100 x 50 x 4,75 - 250
3	Perfil Oblicuo	2	80 x 40 x 4,75 - 200
4	Perfil Soporte Cámara	1	60 x 40 x 2,5 - 60
5	Soporte Cámara	1	
6	Tope	1	
7	Conexión Monitor	1	
8	Guía	1	

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025

PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto Soldado - Modulo 3	Escala 1:4	Hoja 1 / 1

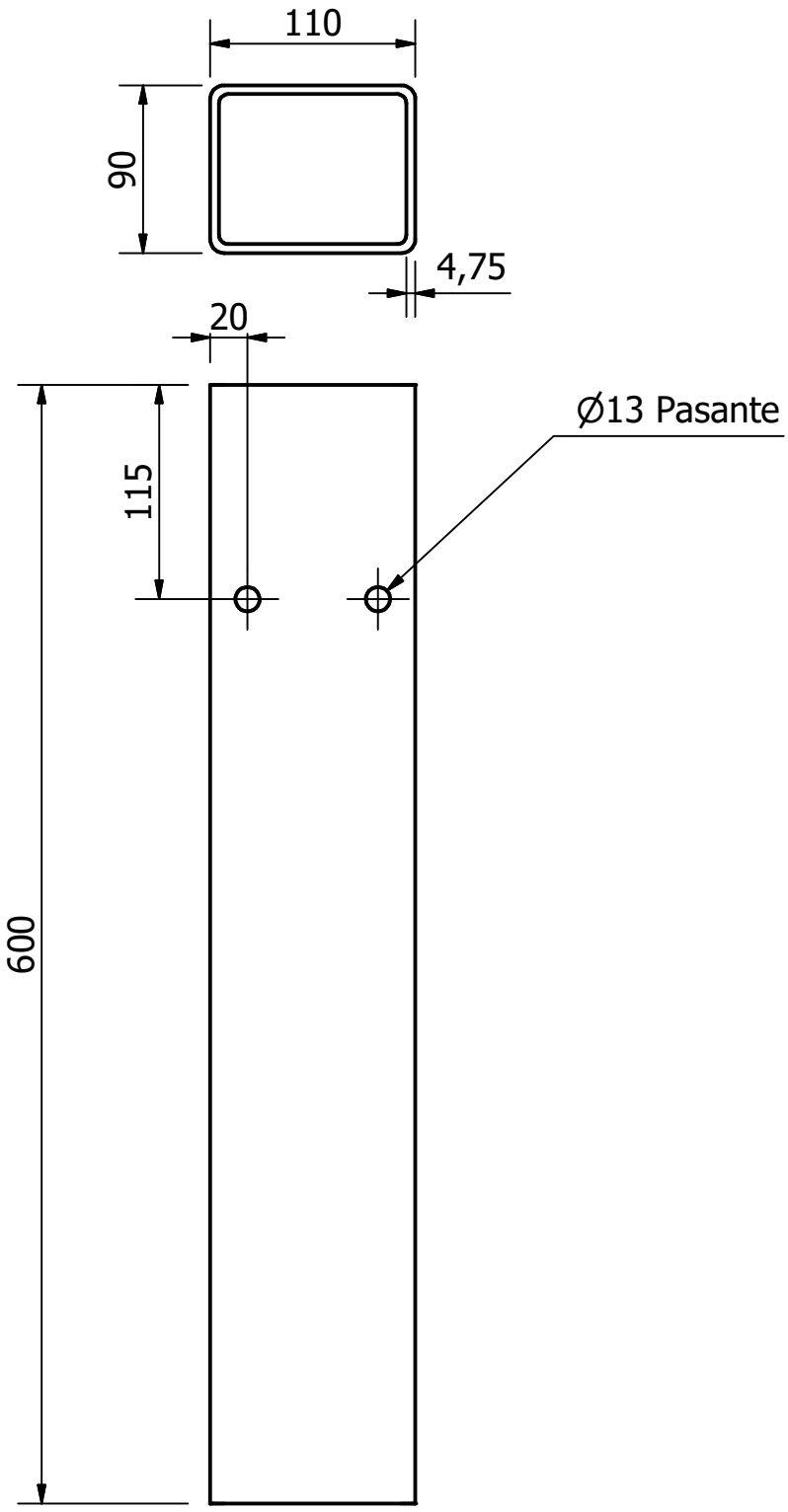




CORTE A-A
(1 : 2)

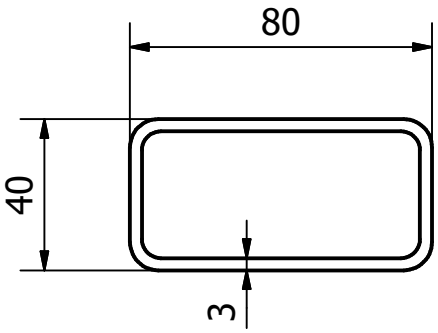
POS.	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIÓN
1	Chapa soporte	1	
2	Rosca 2 - 2,5 in - 1,5 in	1	

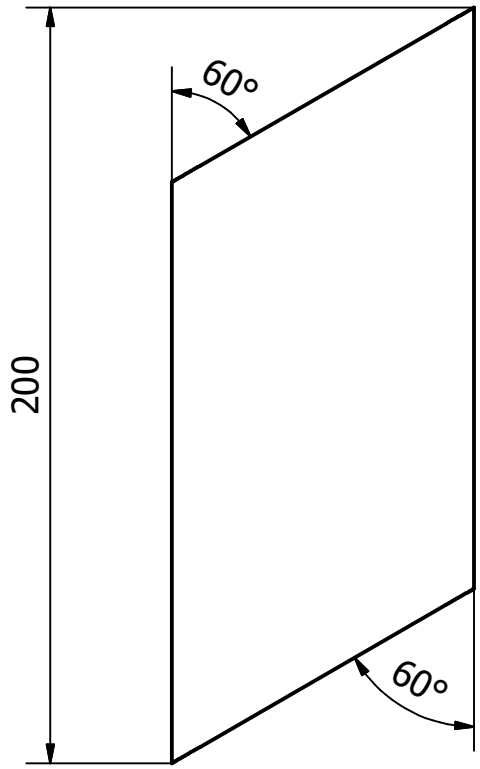
Diseño de: TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por: SISMONDI, JUAN	Fecha: 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Conjunto soldado soporte monitor	
	Escala: 1:2	Hoja: 1 / 1



PERFIL TE-36

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Perfil Longitudinal	
	Escala 1:4	Hoja 1 / 1



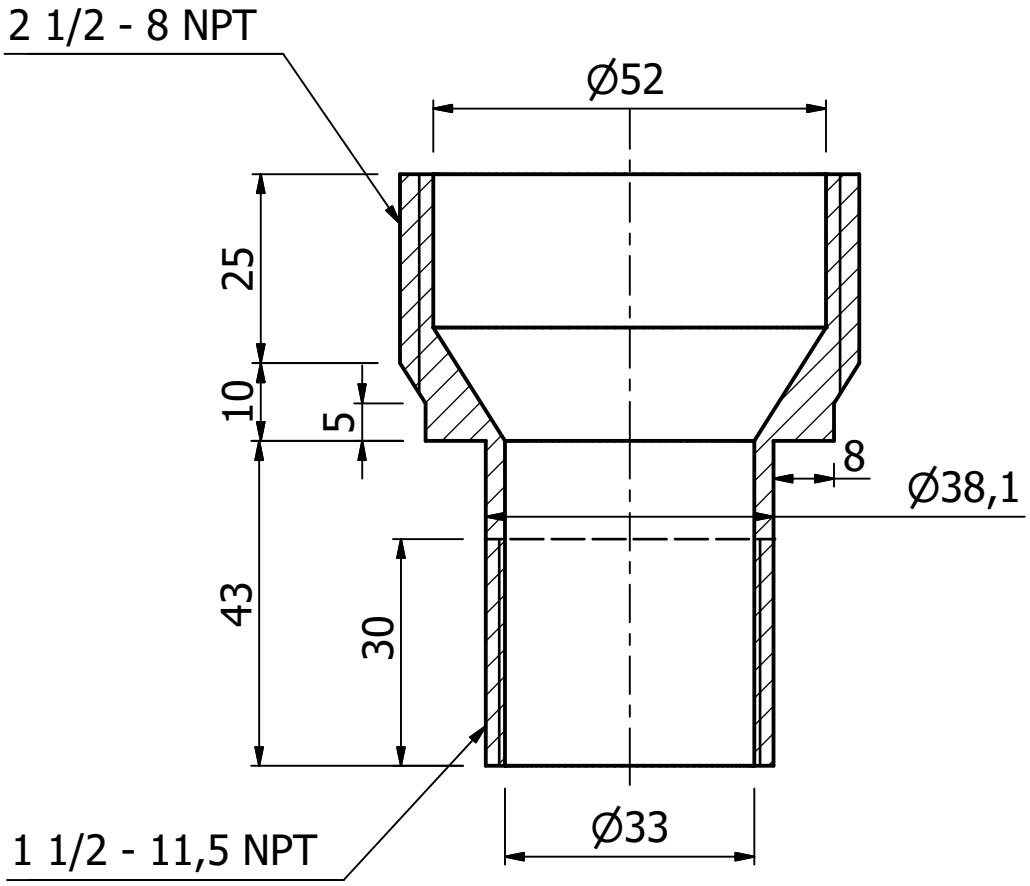


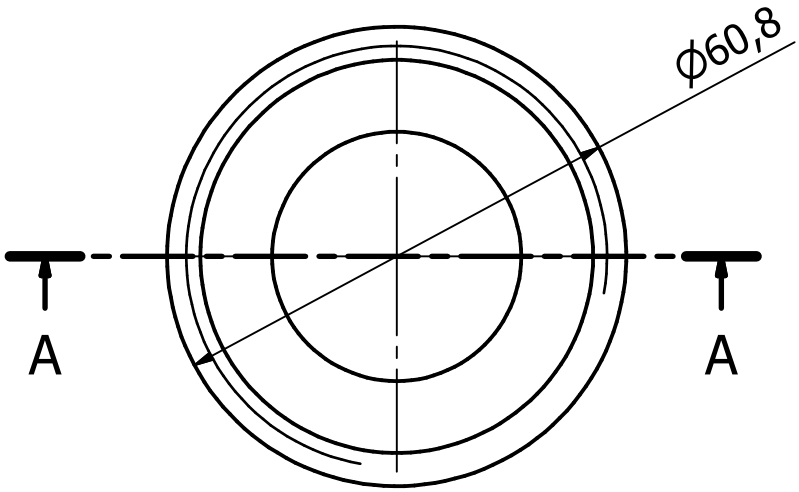
PERFIL TE-36

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Perfil Oblicuo	
	Escala 1:2	Hoja 1 / 1

N8

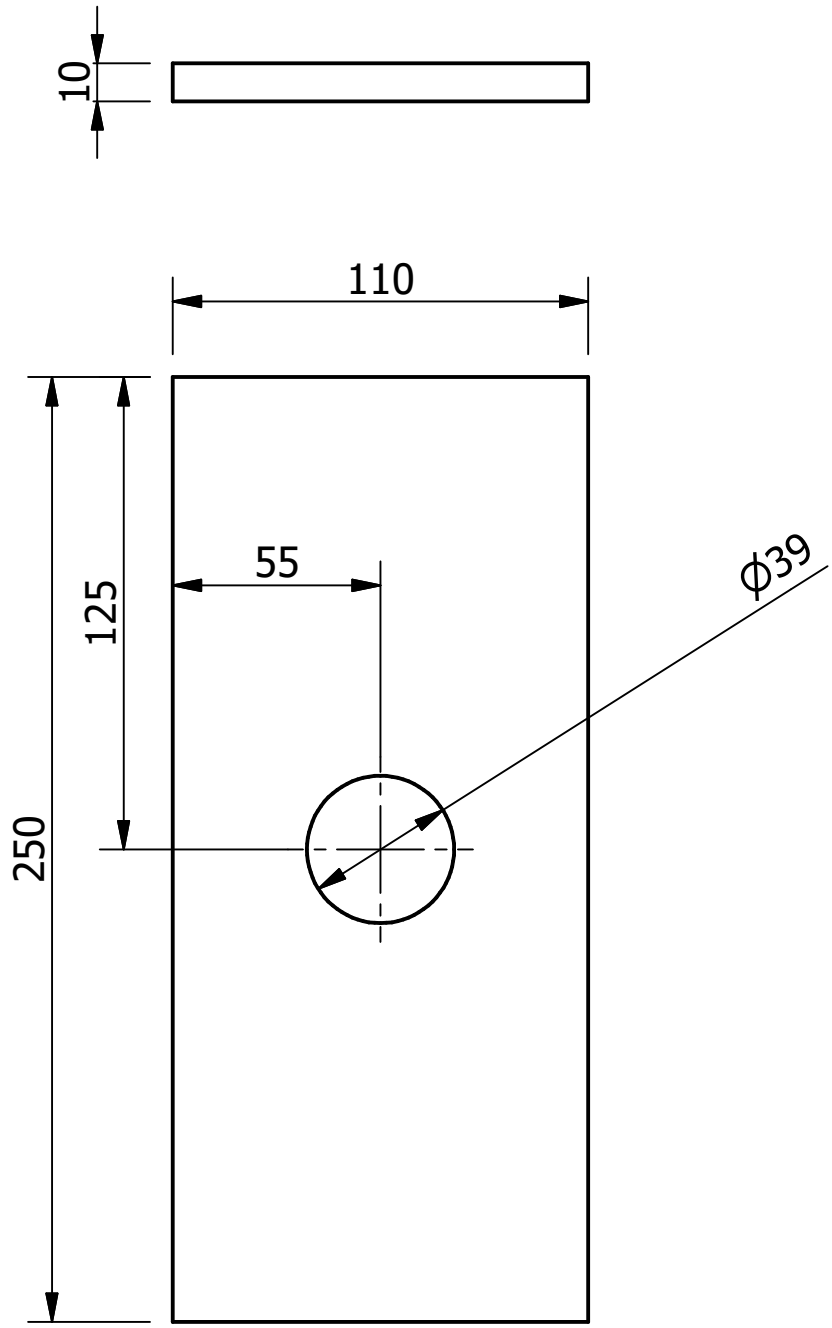
CORTE A-A
(1 : 1)





ACERO AISI 304

Diseño de	Revisado por	Fecha
TUMINI BELLICO, OCTAVIO	SISMONDI, JUAN	06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Rosca soporte monitor - 2,5 in - 1,5 in	
	Escala 1:1	Hoja 1 / 1



CHAPA AISI 304

Diseño de TUMINI BELLICO, OCTAVIO	Revisado por SISMONDI, JUAN	Fecha 06/2025
PROYECTO FINAL ESCUELA INGENIERÍA MECÁNICA	Chapa soporte monitor	
	Escala 1:5	Hoja 1 / 1