

**UTN** ✱ **SANTA FE**

PROYECTO FINAL DE CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA  
**DISEÑO Y CÁLCULO DE  
SEMIREMOLQUE TOLVA  
AUTODESCARGABLE**



**ALUMNOS** | BARUFFATO, Gianluca  
CALOIA, Agustín  
RONCORONI, Hernán  
**DIR. DE PROYECTO** | Ing. PAOLINI, Pablo  
**DOCENTES** | Ing. Esp. MONTI, Rubén  
Ing. BENZI, Sebastián  
Ing. BRUNAS, Christian

**AÑO 2023**

## Resumen:

En este informe se desarrolla el proyecto final de carrera de grado realizado por los estudiantes que figuran como autores de este y que cursaron la misma en el transcurso de los años 2018-2022 en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, con el fin de obtener el título de Ingeniero Mecánico. El proyecto consiste en el desarrollo, diseño y cálculo de un semirremolque para el transporte de granos.

En el primer capítulo tendremos la introducción y presentación del proyecto, donde se enunciarán las distintas justificaciones y razones que motivan la realización de este proyecto, como así también los objetivos que este tiene que cumplir y los requisitos legales o normativos que aplican y deben ser respetados.

En el segundo capítulo se desarrolla el anteproyecto y conceptos generales para tener en cuenta durante la realización del proyecto, como lo son las distintas propiedades de la carga a transportar, el análisis en profundidad de la normativa legal a respetar y que aplica a nuestro caso, así como también los distintos diseños posibles que pueden aplicar a nuestra problemática. Por último, en el final de este capítulo, se generó una matriz de ponderación que sirvió para elegir el diseño más adecuado para la problemática planteada.

En el tercer capítulo, ya con el diseño o tipo de semirremolque seleccionado, se procede a describir de forma general las distintas partes y configuraciones de las mismas que lo conforman a modo de hacer una breve introducción y ya tener noción de estos componentes a la hora de realizar los cálculos y desarrollos en el cuarto capítulo.

El cuarto capítulo consiste en el desarrollo neto del proyecto, comenzando con la adopción de las medidas generales y el volumen de carga máximo que el semirremolque es capaz de transportar, así como también la definición del material elegido y sus propiedades, junto con las cargas a utilizar a la hora de realizar los distintos cálculos. Una vez definidas las cosas anteriormente mencionadas, se procede al diseño y descripción detallada de cada una de las partes del semirremolque a desarrollar en el proyecto, contando con cálculos y/o análisis FEM para constatar y verificar el correcto funcionamiento de estas.

El quinto capítulo consiste en las conclusiones que los integrantes del grupo sacan del desarrollo de este proyecto.

El sexto capítulo consiste simplemente en enunciar la bibliografía consultada y/o utilizada para el desarrollo de este proyecto.

Al final del proyecto se encontrarán dos anexos, los cuales cuentan con:

- Anexo I: Catálogos de productos y/o información extra;
- Anexo II: Planimetría y planos de construcción.

## Índice de contenido:

1.	Introducción y presentación del proyecto:.....	12
1.1	Justificación del proyecto: .....	12
1.2	Objetivos generales: .....	13
1.3	Objetivos específicos: .....	13
1.4	Requisitos legales y/o normativos:.....	14
2.	Anteproyecto y conceptos generales: .....	15
2.1	Propiedades de la carga a transportar:.....	15
2.1.1	Densidad aparente: .....	15
2.1.2	Ángulo de reposo o talud natural: .....	15
2.1.3	Coeficiente de fricción: .....	15
2.1.4	Tabla de datos: .....	16
2.2	Normativa / Marco legal:.....	16
2.2.1	Cargas y dimensiones límite: .....	16
2.2.2	Normativa de luces: .....	18
2.2.3	Paragolpes trasero: .....	19
2.2.4	Paragolpes lateral: .....	20
2.2.5	Perno rey: .....	23
2.3	Diseños posibles: .....	24
2.3.1	Semirremolque con caja volcadora:.....	24
2.3.2	Semirremolque batea: .....	24
2.3.3	Acoplado tradicional con compuertas y barandas volcables: .....	24
2.3.4	Semiremolque tolva:.....	25
2.4	Selección del diseño a desarrollar: .....	25
2.4.1	Análisis comparativo:.....	25
2.4.2	Conclusión del análisis: .....	27
2.5	Vehículo tractor:.....	27
3.	Descripción del semirremolque:.....	29
3.1	Aspectos generales:.....	29
3.2	Medidas generales: .....	29
3.3	Volumen de carga:.....	29
3.4	Estructura: .....	30
3.5	Tolvas: .....	31
3.6	Compuertas de descarga: .....	31
3.7	Tren rodante (ejes y suspensión):.....	32
3.8	Perno rey – Enganche: .....	33
3.9	Patas o pies de apoyo: .....	34
3.10	Lona cobertora: .....	34

3.11	Sistema neumático: .....	34
3.11.1	Sistema de freno: .....	35
3.11.2	Sistema de suspensión: .....	36
3.12	Sistema eléctrico: .....	36
4.	Desarrollo del proyecto: .....	38
4.1	Dimensiones adoptadas: .....	38
4.2	Volumen de carga disponible: .....	38
4.3	Material a utilizar: .....	39
4.3.1	Acero IRAM F-24: .....	39
4.3.2	Tensiones admisibles de cálculo: .....	39
4.4	Cargas actuantes: .....	40
4.4.1	Cargas máximas: .....	40
4.4.2	Cargas debido a la presión: .....	41
4.5	Diseño de estructura autoportante: .....	42
4.6	Diseño de chapas trapezoidales: .....	44
4.6.1	Chapas laterales y traseras: .....	45
4.6.2	Chapas inclinadas: .....	47
4.6.3	Chapa divisoria: .....	48
4.6.4	Otros diseños considerados: .....	48
4.7	Diseño de tolvas: .....	50
4.7.1	Tolva delantera: .....	50
4.7.2	Tolva central: .....	51
4.7.3	Tolva trasera: .....	51
4.7.4	Conos de descarga delantero: .....	52
4.7.5	Cono de descarga trasero: .....	56
4.7.6	Mecanismo de apertura manual: .....	57
4.8	Diseño de paragolpes trasero: .....	62
4.8.1	Simulación de paragolpes trasero: .....	64
4.9	Selección de paragolpes lateral: .....	66
4.10	Diseño de punto de anclaje (King Pin): .....	67
4.10.1	Simulación de estructura de perno rey: .....	69
4.11	Diseño de patas de apoyo: .....	69
4.11.1	Simulación de puntos de apoyo: .....	71
4.12	Selección de suspensión y ejes: .....	72
4.12.1	Llantas: .....	72
4.12.2	Neumáticos: .....	72
4.13	Soportes suspensión y ejes: .....	73
4.14	Diseño de mecanismo para rueda de auxilio: .....	74

4.14.1	Malacate: .....	80
4.15	Diseño de sistema de lona cobertora: .....	82
4.15.1	Lona: .....	86
4.15.2	Cable del sistema de lona: .....	86
4.15.3	Motor eléctrico del sistema de lona: .....	88
4.15.4	Caño longitudinal sobre el que se enrolla la lona: .....	90
4.16	Simulación general de estructura completa: .....	90
4.16.1	Condiciones de simulación: .....	91
4.17	Luces:.....	94
4.17.1	Luces frontales:.....	94
4.17.2	Luces y señalizaciones laterales:.....	94
4.17.3	Luces y señalizaciones traseras:.....	95
4.18	Guardabarros:.....	96
4.19	Comparación con la competencia y el mercado: .....	96
5.	Conclusiones: .....	98
6.	Bibliografía: .....	99
ANEXO I	.....	100
ANEXO II	.....	101

## Índice de ilustraciones:

Ilustración 1.1: Agricultura en Argentina 2021/2022. Fuente: SurDelSur. Datos: Mercado de Granos 2022 BCR.....	12
Ilustración 1.2: Tren de carga de granos en terminal de carga (izquierda) y semirremolque tolva en campo siendo cargado desde un silobolsa (derecha).....	13
Ilustración 2.1: Ángulo de reposo o talud natural. ....	15
Ilustración 2.2: Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas - Escalabilidad. - ART.27 del decreto N°32/18.....	17
Ilustración 2.3: Pesos máximos establecidos por ley - Decreto N°32/18.....	18
Ilustración 2.4: Cargas por eje y PBTC. ....	18
Ilustración 2.5: Requisitos de iluminación y señalización.....	19
Ilustración 2.6: Medidas importantes a tener en cuenta definidas por la norma. Extracto de Norma IRAM - AITA 10.260.....	20
Ilustración 2.7 Dimensiones importantes. Extracto de Norma IRAM - AITA 10.260.....	20
Ilustración 2.8: Extracto de Norma IRAM - AITA 10.276.....	21
Ilustración 2.9: Extracto de Norma IRAM - AITA 10.276.....	22
Ilustración 2.10: Consideraciones a tener en cuanto al perno rey. ....	23
Ilustración 2.11: Semiremolque con caja volcadora.....	24
Ilustración 2.12: Semiremolque batea con compuerta de descarga en su parte trasera. ....	24
Ilustración 2.13: Camión tradicional con compuertas y barandas volcables. Imagen de la derecha corresponde a una rampa o estructura de descarga en un centro de acopio de granos.....	25
Ilustración 2.14: Semiremolque tolva. ....	25
Ilustración 2.15: Camión 6x2 equipado con suspensión neumática. ....	27
Ilustración 2.16: Ficha técnica camión 6x2 marca Iveco.....	28
Ilustración 3.1: Dimensiones máximas para el diseño del semirremolque.....	29
Ilustración 3.2: Área que representa el volumen de carga disponible. ....	29
Ilustración 3.3: Composición de un semirremolque tradicional. ....	30
Ilustración 3.4: Semirremolque tolva con estructura autoportante.....	30
Ilustración 3.5: Tolva tradicional (izquierda) y semirremolque tolva (derecha). ....	31
Ilustración 3.6: Compuerta de descarga inferior. ....	31
Ilustración 3.7: Accionamiento manual mediante volante y sistema de piñón y cremallera.....	31
Ilustración 3.8: Accionamiento eléctrico con posibilidad de desacople y accionar de forma manual. ....	32
Ilustración 3.9: Accionamiento mediante cilindros hidráulicos o neumáticos. ....	32
Ilustración 3.10: Suspensión mecánica de ballestas.....	32

Ilustración 3.11: Suspensión neumática. ....	32
Ilustración 3.12: Configuración D3 (tándem de tres ejes). ....	33
Ilustración 3.13: Quinta rueda en camión (izquierda) y perno rey en semirremolque (derecha). ....	33
Ilustración 3.14: Patas de apoyo. ....	34
Ilustración 3.15: Sistema longitudinal (izquierda) y sistema transversal (derecho). ....	34
Ilustración 3.16: Esquema de sistema de frenos. ....	35
Ilustración 3.17: Esquema de sistema neumático de suspensión. ....	36
Ilustración 3.18: Ficha ISO 1185 ....	37
Ilustración 4.1: Dimensiones finales del semirremolque diseñado. ....	38
Ilustración 4.2: Sólido que representa el volumen de carga aproximada en SolidWorks 2022. ....	38
Ilustración 4.3: Características mecánicas del acero. ....	39
Ilustración 4.4: Figura extraída de bibliografía ....	40
Ilustración 4.5: Comparativa entre la presión en función de la profundidad con ambas ecuaciones. ....	42
Ilustración 4.6: Vista perspectiva delantera de la estructura autoportante resaltada en azul. ....	43
Ilustración 4.7: Vista perspectiva trasera de la estructura autoportante resaltada en azul. ....	43
Ilustración 4.8: Chapas trapezoidales laterales. ....	44
Ilustración 4.9: Chapa trapezoidal plegada. ....	44
Ilustración 4.10: Chapa trapezoidal desplegada. ....	44
Ilustración 4.11: Vista superior donde se observa el solapamiento entre las chapas trapezoidales. ....	45
Ilustración 4.12: Detalle de cordones de soldadura. ....	45
Ilustración 4.13: Chapa "L" de refuerzo y cordones de soldadura. ....	46
Ilustración 4.14: Chapas trapezoidales traseras y detalle de chapa "L" de refuerzo en el interior. ....	46
Ilustración 4.15: Chapas trapezoidales inclinadas. ....	47
Ilustración 4.16: Chapas inclinadas para evitar acumulación de granos. ....	47
Ilustración 4.17: Ubicación de la chapa divisoria en el semirremolque. ....	48
Ilustración 4.18: Detalle de unión de chapa divisoria. ....	48
Ilustración 4.19: Diseño analizado de chapas lisas con perfiles plegados. ....	49
Ilustración 4.20: Distintas tolvas presentes en el semirremolque. ....	50
Ilustración 4.21: Partes que delimitan la tolva delantera. ....	50
Ilustración 4.22: Partes que delimitan la tolva central. ....	51
Ilustración 4.23: Partes que delimitan la tolva trasera. ....	51
Ilustración 4.24: Conos de descarga delanteros. ....	52
Ilustración 4.25: Compuertas inferiores de descarga. ....	52
Ilustración 4.26: Cono de descarga delantero. ....	53
Ilustración 4.27: Chapa desplegada del cono de descarga delantero. ....	53

Ilustración 4.28: Tensores en el cono de descarga delantero. ....	53
Ilustración 4.29: Resultados de los análisis FEM en el cono de descarga delantero. Tensiones y desplazamientos. ....	54
Ilustración 4.30: Compuertas inferiores. ....	55
Ilustración 4.31: Resultados de los análisis FEM en la compuerta de descarga. Tensiones y desplazamientos .....	55
Ilustración 4.32: Tensiones en cremallera .....	56
Ilustración 4.33: Cono de descarga trasero. ....	57
Ilustración 4.34: Movimiento del volante y de la compuerta de descarga. ....	57
Ilustración 4.35: Partes del mecanismo de apertura. ....	58
Ilustración 4.36: Detalle de piñón y cremallera. ....	58
Ilustración 4.37: Detalle del eje horizontal. ....	59
Ilustración 4.38: Detalle del rodamiento en el mecanismo inferior. ....	59
Ilustración 4.39: Despiece junta universal. ....	60
Ilustración 4.40: Detalle de burletes. ....	60
Ilustración 4.41: Corte y detalle del mecanismo de apertura. ....	61
Ilustración 4.42: Encastre del volante en el eje inclinado. ....	61
Ilustración 4.43: Paragolpe trasero normalizado Luparini. ....	62
Ilustración 4.44: Detalle de extensión de vigas de chasis. ....	63
Ilustración 4.45: Sección de IPN200. ....	63
Ilustración 4.46: Sección de IPN200 + Refuerzos. ....	64
Ilustración 4.47: Condición de simulación de paragolpes. ....	64
Ilustración 4.48: Resultado de simulación de paragolpes por fuera de la tolva. ....	65
Ilustración 4.49: Resultado de simulación de paragolpes dentro de la tolva. ....	65
Ilustración 4.50: Paragolpes laterales en el semirremolque diseñado. ....	66
Ilustración 4.51: Perfil de aluminio protector. ....	66
Ilustración 4.52: Soporte rebatible. ....	66
Ilustración 4.53: Tapa curva. ....	67
Ilustración 4.54: características de perno rey JOST. ....	67
Ilustración 4.55: Refuerzos de perno rey. ....	68
Ilustración 4.56: Chapa de fricción. ....	68
Ilustración 4.57: Detalle de simulación de semirremolque de perno rey. ....	69
Ilustración 4.58: Patas de apoyo modelo RAL-2115 de Robustec. ....	69
Ilustración 4.59: Conjunto de patas de apoyo completo representado en SolidWorks. ....	70
Ilustración 4.60: Punto de apoyo. ....	70

Ilustración 4.61: Refuerzos en la estructura para los puntos de apoyo de las patas. ....	71
Ilustración 4.62: Simulación de puntos de apoyo. ....	71
Ilustración 4.63: Extracto de la página web del fabricante. ....	72
Ilustración 4.64: Llanta R22,5x9 con 10 agujeros. ....	72
Ilustración 4.65: Neumáticos 295/80 R22,5. ....	73
Ilustración 4.66: Soportes de suspensión y ejes. ....	73
Ilustración 4.67: Corte donde se ve la suspensión y el sistema de sujeción. ....	73
Ilustración 4.68: Vinculación de la suspensión al semirremolque. ....	74
Ilustración 4.69: Distintos lugares para guardar la rueda de repuesto en otros semirremolques. ....	74
Ilustración 4.70: Mecanismo de percha pivotante. ....	75
Ilustración 4.71: Ubicación de brazo y malacate de rueda de auxilio. ....	75
Ilustración 4.72: Rueda de auxilio con cable de izaje. ....	76
Ilustración 4.73: Simulación de brazo de rueda auxiliar. ....	76
Ilustración 4.74: Soporte de rueda auxiliar y detalle de sistema de fijación de este. ....	77
Ilustración 4.75: Refuerzos y detalle de escuadra (ubicada en los puntos rojos). ....	78
Ilustración 4.76: Configuración de simulación de sistema de izaje. ....	78
Ilustración 4.77: Simulación de sistema de izaje de rueda de auxilio. ....	79
Ilustración 4.78: Simulación de soporte de rueda de auxilio. ....	80
Ilustración 4.79: Malacate de la marca RO-AN de 270 kg. ....	80
Ilustración 4.80: Simulación de sujeción de malacate. ....	81
Ilustración 4.81: Arcos transversales para sostener la lona. ....	82
Ilustración 4.82: Partes del sistema de lona cobertora. ....	82
Ilustración 4.83: Distintas posiciones durante el movimiento del caño pivotante. ....	83
Ilustración 4.84: Detalle de los rodillos del sistema pivotante. ....	83
Ilustración 4.85: Detalle de la vinculación entre el motor y el caño longitudinal. ....	84
Ilustración 4.86: Sistema lona, vista superior. ....	84
Ilustración 4.87: Sistema lona, vista superior en detalle. El cable se apoya a lo largo del arco trasero y delantero. ....	85
Ilustración 4.88: Punto de fijación y recorrido del cable de acero. ....	85
Ilustración 4.89: Chapas guía para asegurar paralelismo. ....	86
Ilustración 4.90: Lona. ....	86
Ilustración 4.91: Extracto de tabla fabricante de cables de acero. ....	87
Ilustración 4.92: DCL de lona. ....	87
Ilustración 4.93: Montaje del motor eléctrico. ....	88
Ilustración 4.94: Peor situación del motor eléctrico: lona desenrollada y cable enrollado. ....	88

---

Ilustración 4.95: DCL de lona colgando. ....	89
Ilustración 4.96: Motor eléctrico seleccionado .....	89
Ilustración 4.97: Caño longitudinal donde se enrollan los cables de los extremos y la lona. ....	90
Ilustración 4.98: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones. ....	92
Ilustración 4.99: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Detalle de tensiones máximas halladas. ....	92
Ilustración 4.100: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones. ....	93
Ilustración 4.101: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones. ....	93
Ilustración 4.102: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Desplazamientos. ....	93
Ilustración 4.103: Luces delanteras. ....	94
Ilustración 4.104: Luces y señalizaciones laterales. ....	95
Ilustración 4.105: Luces y señalización trasera. ....	95
Ilustración 4.106: Guardabarros individual plástico comercializado por Mercosil. ....	96
Ilustración 4.107: Representación ilustrativa del tándem de guardabarros en SolidWorks. ....	96

## Índice de tablas:

Tabla N°1: Propiedades de granos. Fuente: La ingeniería en el desarrollo – FAO .....	16
Tabla N°2: Distintas clasificaciones dentro de la "Categoría O" . .....	16
Tabla N°3: Matriz comparativa por método Kano. ....	26
Tabla N°4: Comparativa con otros modelos disponibles en el mercado. ....	96

## 1. Introducción y presentación del proyecto:

A lo largo de este informe se desarrollará el diseño y cálculo de un semirremolque tolva autodescargable de hasta 52 toneladas para el traslado de distintos tipos de granos desde el campo hacia el centro de acopio o puertos locales. El mismo consta de dos compartimientos individuales y con tres conos inferiores de descarga que le permiten trasladar hasta 58 metros cúbicos de granos.

La particularidad de este semirremolque es que al contar con los conos o embudos de descarga que forman la tolva, la caída y flujo de los granos se da por su propio peso, sin necesidad de la utilización de algún tipo de infraestructura externa o adicional, lo cual simplifica y abarata los costos de operación en gran medida.

### 1.1 Justificación del proyecto:

En Argentina la agricultura es una de las principales actividades económicas ya que no sólo abastece al mercado interno de nuestro país, sino que también gran parte se destina para la exportación. En los últimos años, los seis cultivos principales (soja, maíz, trigo, girasol, cebada y sorgo) abarcaron un total de 122 millones de toneladas, las cuales deben ser transportadas desde el lugar de producción hacia el lugar de consumo.

## Agricultura en Argentina 2021/2022

### PRINCIPALES CULTIVOS



Ilustración 1.1: Agricultura en Argentina 2021/2022. Fuente: SurDelSur. Datos: Mercado de Granos 2022 BCR

A su vez, hablando respecto al transporte de cargas en nuestro país, debido a la disminución de la operatividad ferroviaria a mediados de la década del cincuenta y a la desinversión de ésta a mediados de la década del setenta, el transporte automotor de carga pasó a representar aproximadamente el 93% del volumen transportado en la Argentina.

Junto con dicha disminución e inutilización de rutas férreas, la escasa infraestructura y mantenimiento hacen que los trenes sean lentos y tengan poca capacidad de crecimiento a corto plazo y que, junto con la creación de caminos, rutas y autopistas a gran escala, la fabricación de vehículos cada vez más veloces y el aumento de los volúmenes de producción de granos llevaron a que en la actualidad el 85% de la producción total de granos y derivados sea transportado en camiones.

En comparación, para un mismo volumen de granos, un tren demora aproximadamente 12 horas en ser cargado, mientras que mediante la utilización de varios semirremolques la misma tarea puede llevarse a cabo en 5 horas. Otro factor importante para tener en cuenta es la infraestructura, ya que los camiones pueden dirigirse hasta el campo del productor y cargar desde el sistema silobolsa o directamente desde la tolva o cosechadora luego de ser recogido, para luego ser llevados hacia la terminal de descarga.



*Ilustración 1.2: Tren de carga de granos en terminal de carga (izquierda) y semirremolque tolva en campo siendo cargado desde un silobolsa (derecha).*

Por último, existe el incentivo de que este tipo de transporte se vio favorecido por el decreto reglamentario que modificó la Ley de Tránsito 24.449 y que permitió aumentar el peso total que puede ser transportado teniendo en cuenta la configuración de ejes elegidos.

## 1.2 Objetivos generales:

- Diseñar y desarrollar un semirremolque con tolvas autodescargables y compuertas inferiores.
- Maximización del volumen de carga y disminución de la tara, manteniendo coeficientes de seguridad que garanticen la vida útil del conjunto. Ambos representan un impacto económico y ecológico positivo, pues se requerirán menos viajes y menos combustible para transportar la misma cantidad de carga.
- Sistemas de apertura y cierre automáticos de lona cobertora mediante sistemas neumáticos o eléctricos para mejorar la facilidad de utilización del usuario.
- Aplicación de los conocimientos y criterios adquiridos a lo largo del cursado completo de la carrera de Ingeniería Mecánica.

## 1.3 Objetivos específicos:

- Realizar una búsqueda de normas nacionales para el correcto diseño y configuración del semirremolque.
- Analizar las características y prestaciones de las distintas configuraciones de semirremolques permitidas y existentes en el mercado.
- Diseñar una estructura capaz de soportar sin romperse la carga elegida para el traslado de granos, respetando los parámetros máximos fijados por ley.
- Verificar y comprobar mediante software y simulaciones basadas en el método de los elementos finitos, la estructura y partes críticas.
- Realización de planos de conjuntos y piezas.

#### 1.4 Requisitos legales y/o normativos:

Para la elaboración de este proyecto se consultaron y tuvieron en consideración las siguientes normas:

- Ley de Tránsito 24.449.
- Norma IRAM/AITA Nº 10.260: Dispositivos traseros de protección (paragolpes).
- Norma IRAM/AITA Nº 10.276: Dispositivos laterales de protección.
- Norma IRAM 10.259:2003: Clasificación de los dispositivos de acoplamiento y sus componentes.
- Norma IRAM-IAS U 500-503: Aceros al carbono para uso estructural.

## 2. Anteproyecto y conceptos generales:

### 2.1 Propiedades de la carga a transportar:

Como se comentó anteriormente, los seis principales cultivos en nuestro país son: soja, maíz, trigo, girasol, cebada y sorgo, por lo que es necesario recolectar información sobre estos granos para tener en cuenta en el diseño.

#### 2.1.1 Densidad aparente:

La densidad aparente, también llamada densidad volumétrica, es una propiedad de los polvos, gránulos y otros sólidos "divididos" y que se define como la relación entre la masa de muchas partículas del material dividida por el volumen total que ocupan.

#### 2.1.2 Ángulo de reposo o talud natural:

Se denomina ángulo de reposo de una porción de material granular al ángulo formado entre el copete y la horizontal de la base, cuando el material se estabiliza por sí mismo y no existe deslizamiento.

Al acumular granel sólido sobre un plano, éste queda apilado en forma de cono. El ángulo formado entre la generatriz del cono y su base se denomina ángulo de reposo.

Este es un concepto que hay que tener muy en cuenta a la hora de diseñar la tolva de descarga, ya que la misma debe tener una inclinación mayor al ángulo de reposo del grano a transportar para que el mismo fluya de forma continua por acción de la gravedad durante la descarga y así no necesitar de asistencia externa para descargarse completamente.

#### 2.1.3 Coeficiente de fricción:

Los coeficientes de fricción estáticos entre los granos y las superficies de los contenedores se definen como la relación entre la fuerza necesaria para vencer la resistencia que dichas superficies ofrecen al inicio del movimiento de los granos y la fuerza normal a la superficie de contacto. Los coeficientes de fricción dinámica representan la misma fuerza cuando los granos están en movimiento. Este coeficiente es menor que el estático, lo que indica que el ángulo mínimo de una superficie inclinada, sobre la cual se encuentra el producto granular, con la horizontal, y que permite iniciar su flujo es mayor que el ángulo correspondiente que permite continuar dicho movimiento. La fuerza de fricción puede considerarse como el resultado de la acción concurrente de dos tipos de fuerzas: una cortante y de deformación de asperezas, y otra de adhesión y de cohesión.



Ilustración 2.1: Ángulo de reposo o talud natural.

### 2.1.4 Tabla de datos:

A continuación, se brindan los valores que adquieren las propiedades anteriormente nombradas de los distintos granos.

Propiedades de los seis principales cultivos en Argentina			
Grano	Densidad aparente [kg/m <sup>3</sup> ]	Ángulo de reposo [grados]	Coefficiente de fricción
Soja	720 - 800	29°	-
Maíz	700-820	26° a 29°	0,308 – 0,424
Trigo	750 - 850	24° a 26°	0,361 – 0,466
Girasol	-	-	-
Cebada	550 - 690	25° a 29°	0,325 – 0,456
Sorgo	670 - 760	33°	-

Tabla N°1: Propiedades de granos. Fuente: La ingeniería en el desarrollo – FAO

## 2.2 Normativa / Marco legal:

### 2.2.1 Cargas y dimensiones límite:

Al tratarse de un vehículo que circulará por la vía pública realizadas actividades vinculadas al transporte, participando y siendo así causa de tránsito, aplica la Ley de Tránsito 24.449 promulgada en 1995 y sus normas reglamentarias, modificada por última vez en el decreto 32/2018.

En primera instancia, podemos ver que establece que los vehículos destinados al transporte de carga se encuentran clasificados dentro de la “Categoría O”, la cual alcanza a remolques concebidos y fabricados para el transporte de mercancía o de personas, así como para alojar personas, y que señala lo siguiente:

CAT.	DENOMINACIÓN	CARÁCTERÍSTICAS GENERALES	ESQUEMA TÍPICO DEL VEHÍCULO
O1	Batán	Acoplado con eje central para usos múltiples, cuyo peso máximo es de 750 kg.	
O2	Casa rodante o remolque.	Acoplado que puede constituir una vivienda móvil, cuyo peso máximo está entre los 750 kg y 3.500 kg.	
O3	Acoplado	Remolque de dos ejes o más separados, uno de ellos direccional. Peso máximo entre 3.500 kg y 10.000 kg.	
O4	Semi - remolque	Vehículo remolcado para transportar carga que transmite una carga vertical sustancial al camión tractor. Su peso es mayor a 10.000 kg.	

Tabla N°2: Distintas clasificaciones dentro de la "Categoría O".

En base a las distintas categorías, vemos que nuestro modelo está abarcado por la categoría O4.

Ya sabiendo esto, es necesario entrar en conocimiento con lo que dice la ley y regulación nacional sobre este tipo de camiones y acoplados. Para ello consultamos el Artículo 27 “Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas – Escalabilidad” de la Dirección Nacional de Vialidad respecto a este tipo de

configuración y el Artículo 53 en el “Anexo R” del Decreto N°32/18 (que modifican al antiguo Dec. 779/95) donde se fijan los pesos y dimensiones máximas a utilizar. De esta extraemos la información que puede verse en la Ilustración 2.2, en la cual se muestran las tres opciones disponibles en base a la configuración elegida, y dónde:

- S1: Eje (simple) con ruedas individuales.
- S2: Dos ejes con ruedas individuales.
- D1: Eje con ruedas dobles.
- D2: Dos ejes con ruedas dobles.

**VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE CARGAS QUE SON DE LIBRE CIRCULACIÓN EN RUTAS NACIONALES -**

ART. N° 27 - APARTADO 2.3.1.

N°	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES				PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) min.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		
13		S1 - D2 - D3	18,60	2,60	4,30	49,50	6,00
24		S1 - D2 - D1 - D2	18,60	2,60	4,30	52,50	6,00
25		S1 - D2 - D1 - D1 - D1	18,60	2,60	4,30	55,50	6,00

Ilustración 2.2: Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas - Escalabilidad. - ART.27 del decreto N°32/18.

A su vez, el mismo apartado indica en su final que los equipos con configuración S1-D2-D3 dotados con suspensión neumática en el tándem del tractor y en el trídem del semirremolque estarán autorizados para un peso bruto total combinado (PBTC) de cincuenta y dos toneladas (52 tn), además de indicar las tolerancias máximas por eje y que no deben ser superadas:

- Eje aislado de ruedas simples: 800 kg.
- Eje aislado de ruedas dobles: 1.500 kg.
- Conjunto de dos ejes (tándem doble de las distintas configuraciones de ejes) 2.000 kg.
- Conjunto de tres ejes (tándem triple de las distintas configuraciones de ejes) 2.500 kg.
- Para el peso máximo de un vehículo o combinación se admitirá una tolerancia de quinientos kilogramos (500 kg) (Decreto 79/98).

De las distintas opciones vistas, nos inclinaremos por la N°15 con configuración de ejes S1-D2-D3 con suspensión neumática, por lo que según el apartado “Pesos máximos establecidos por la ley: Configuraciones vehiculares según transmisión a calzada”, se pueden observar las distintas cargas permitidas por eje, como se muestra en la Ilustración 2.3.

CONFIGURACIÓN		SUSPENSIÓN MECÁNICA [toneladas]	SUSPENSIÓN NEUMÁTICA [toneladas]
EJE SIMPLE. -Ruedas individuales, (neumáticos no superanchos)		6 SEIS	6,3 SEIS COMA TRES
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas dobles		18 DIECIOCHO (9 por eje)	18,9 DIECIOCHO COMA NUEVE (9,45 por eje)
CONJUNTO (TÁNDEM) TRIPLE DE EJES. - Ruedas dobles.		25 VEINTICINCO COMA CINCO (8,5 por eje)	26,8 VEINTISÉIS COMA OCHO (8,93 por eje)

Ilustración 2.3: Pesos máximos establecidos por ley - Decreto N°32/18.

Todo esto debe ser tenido en cuenta ya que el daño causado al pavimento es ocasionado por el peso por eje, no por el PBTC, siendo este el peso total transmitido a la calzada por el vehículo, cargado o descargado, junto con el peso propio del vehículo (tara de vehículo tractor y equipo arrastrado).

En resumen, en cuanto a las cargas por eje, las 52 tn se alcanzan con la siguiente distribución:

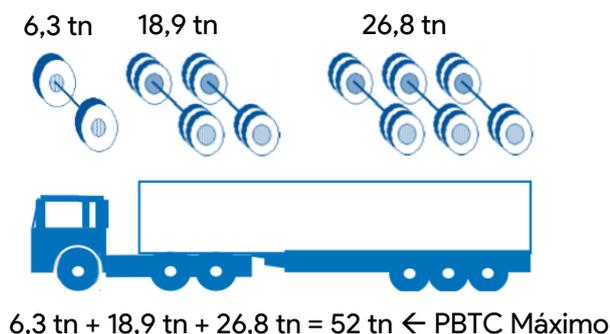


Ilustración 2.4: Cargas por eje y PBTC.

En cuanto a las dimensiones máximas, nos encontramos limitados por un largo máximo de 18,60 metros (incluye semirremolque y vehículo tractor), ancho 2,60 metros y un alto de 4,30 metros.

Con respecto al tema seguridad, es obligatorio que el semirremolque cuente con sistema de frenos ABS/EBS y que el mismo cuente con paragolpes laterales y trasero según normativa específica.

### 2.2.2 Normativa de luces:

Las luces de señalización son de fundamental importancia en un vehículo, y contribuyen a la seguridad en la circulación. Este aspecto de los vehículos se encuentra regulado por la Comisión Nacional del Tránsito y la Seguridad Vial. Dentro del "Decreto 779/95: Anexo I" podremos encontrar todas las especificaciones a respetar. A continuación, es posible encontrar un resumen de los dispositivos de iluminación y señalización a utilizar.

**Productos aprobados para Licencia de Configuración de Modelos**

<b>GIROS DELANTEROS</b> Intensidad Luminosa > 175 Cd Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 Modelo: AP630-07 AP990 AP730		<b>DELIMITADORA O GÁLIBO</b> Intensidad Luminosa > 4 Cd < 60 Cd Obligatorio: M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O2 / O3 / O4 Modelo: AP530 AP550 AP630-E AP440	
<b>DELIMITADORES LATERALES</b> Intensidad Luminosa > 0,6 Cd (M1) Intensidad Luminosa > 4 Cd (M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 / O3 / O4) Modelo: AP400-R AP630-E AP301 AP302 AP550-FR AP550-R AP550 AP401		<b>GIRO LATERAL</b> Catg 5: M1 / N1 Intensidad Luminosa > 0,6 Cd Modelo: AP440 AP630-E Catg 6: M2 / M3 / N2 / N3 Intensidad Luminosa > 50 Cd	
<b>RETRO REFLECTORES LATERALES</b> Intensidad Luminosa > 750 mcd Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 / O3 / O4 Modelo: AP300 AP301 AP302 AP304 AP550-R		<b>LUZ DE MARCHA ATRÁS</b> Permitido: O1 Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O2 / O3 / O4 Intensidad Luminosa > 60 Cd Modelo: AP730 AP930	
<b>GIRO TRASERO</b> Intensidad Luminosa > 50 Cd Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 / O3 / O4 Modelo: AP630/05/BP AP930 AP930-05 AP730		<b>STOP</b> Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 / O3 / O4 Intensidad Luminosa > 60 Cd (unipolar) > 130 Cd (bipolar) Modelo: AP930 AP730 AP630-05	
<b>POSICIÓN TRASEROS</b> Intensidad Luminosa > 4 Cd < 12 Cd Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 / O3 / O4 Modelo: AP930 AP730 AP550 AP630/05 AP400/05		<b>LUZ DELIMITADORA TRASERA</b> Obligatorio: vehículos > 2,1 m. de ancho Permitidas: vehículos > 1,80 m. de ancho hasta < 2,10 de ancho Intensidad Luminosa > 4 Cd < 12 Cd Modelo: AP550 AP630-05 AP400-05	
<b>LUZ MATRÍCULA</b> Obligatorio un central: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 / O1 / O2 2 laterales: O3 / O4 Modelo: AP206 IP		<b>RETRO REFLECTOR TRASERO</b> Obligatorio O1 / O2 / O3 / O4 (Triángulo) Modelo: AP303 Obligatorio: M1 / M2 / M3 / N1 / N2 / N3 no triángulo Modelo: AP300 AP304	

Nota: información tomada de normas actualizadas de la UE (Unión Europea).

Ilustración 2.5: Requisitos de iluminación y señalización.

### 2.2.3 Paragolpes trasero:

Consultando con la "Norma IRAM/AITA N° 10.260: Dispositivos traseros de protección (paragolpes)", vemos que nuestro semirremolque se encuentra abarcado por la misma ya que es categoría O4. De esta, podemos extraer la siguiente información que debemos tener en cuenta:

**4.2.2** La distancia  $E$  entre el dispositivo trasero de protección y el borde exterior de la carrocería debe estar comprendida entre 0 y 100 mm desde cada extremo. Para los vehículos tractores la distancia  $E$  debe ser de 200 mm + 20 mm, desde cada extremo.

**4.2.3** La instalación del dispositivo trasero de protección respecto al vehículo debe cumplir lo siguiente:

- para los vehículos de las categorías N2 y N3, O3 y O4, la altura del borde inferior del dispositivo trasero de protección, medida con el vehículo con su masa en orden de marcha, debe ser menor o igual a 450 mm, respecto al plano de apoyo.

El dispositivo debe ser rebatible hacia la parte trasera del vehículo, para evitar su interferencia con objetos tales como cunetas y reductores de velocidad.

**4.3** Ensayado el dispositivo trasero según 6.2, la deformación permanente máxima debe ser menor o igual a 200 mm, en cualquiera de los puntos de aplicación de la carga ( $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  indicados en la figura 3).

Además, no deben observarse fisuras en las soldaduras ni en el conjunto dispositivo trasero de protección y chasis.

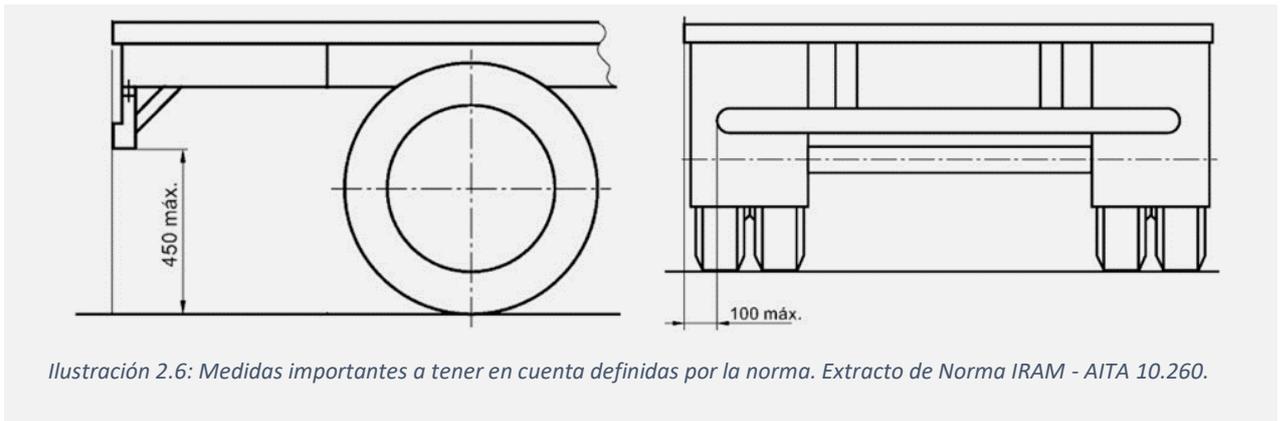


Ilustración 2.6: Medidas importantes a tener en cuenta definidas por la norma. Extracto de Norma IRAM - AITA 10.260.

En lo que respecta al ensayo del paragolpes trasero, se profundizará en el punto 0. Allí se podrá observar algunas particularidades de la norma y como se realiza el método de ensayo según lo indica dicha normativa.

#### 2.2.4 Paragolpes lateral:

Consultando con la “Norma IRAM/AITA N° 10.276: Dispositivos laterales de protección”, vemos nuevamente que nuestro semirremolque se encuentra abarcado por la misma ya que es categoría O4. De esta, podemos extraer la siguiente información que debemos tener en cuenta:

**4.2** El dispositivo de protección lateral no debe aumentar el ancho máximo del vehículo, y la parte principal de su cara externa no se debe adentrar más de 120 mm con respecto del plano exterior más alejado del eje longitudinal del vehículo (ancho máximo). Su extremo delantero puede curvarse hacia el interior en algunos vehículos conforme con 4.3 y 4.4. Su extremo trasero no debe adelantarse más de 30 mm con respecto del flanco de los neumáticos traseros externos (excluido cualquier abombamiento de los neumáticos en contacto con el suelo) en como mínimo, sus últimos 250 mm (figura 1).

**4.3** La cara externa del dispositivo lateral debe ser lisa, no debe tener salientes que puedan producir enganches, y si fuera posible, debe ser continua desde adelante hacia atrás, en caso contrario, las partes adyacentes pueden superponerse, a condición de que la esquina de superposición este curvada hacia atrás o hacia abajo o que se deje un espacio longitudinal libre de 25 mm como máximo (figura 2), siempre que la parte trasera no sobresalga de la parte delantera.

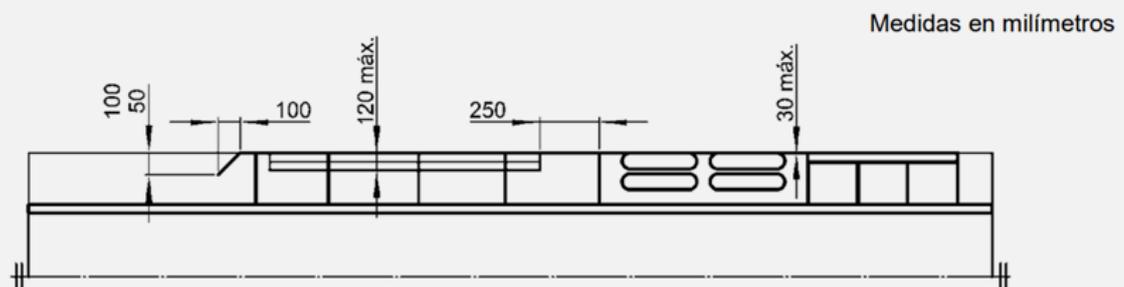
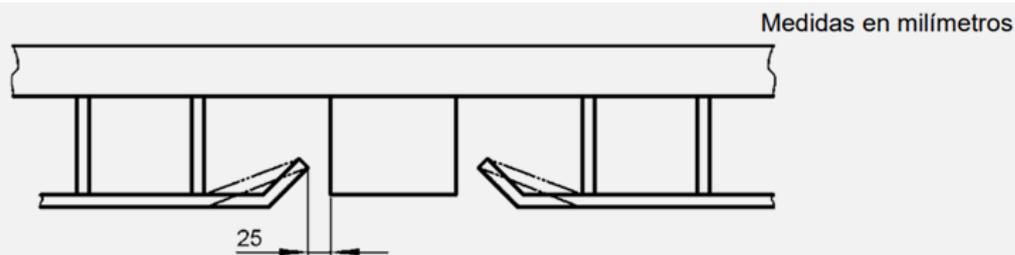


Figura 1 - Ejemplo de protección lateral - Vista superior

Ilustración 2.7 Dimensiones importantes. Extracto de Norma IRAM - AITA 10.260.



**Figura 2 - Separaciones y concordancias de las protecciones laterales con las componentes del vehículo - Vista superior**

*Ilustración 2.8: Extracto de Norma IRAM - AITA 10.276.*

**4.5** El dispositivo de protección lateral puede consistir en una superficie plana continua, en uno o varios largueros horizontales, o en una combinación de ambos; cuando se trate de largueros, no deben distanciarse más de 300 mm entre sí y deben tener una altura mínima de:

- b) 100 mm y ser planas, para las categorías de vehículos N3 y O4;

**4.6** El borde delantero del dispositivo de protección lateral, se debe referenciar de la manera siguiente:

**4.6.3** Cuando el borde delantero termine en un espacio abierto, debe consistir en un elemento vertical continuo que cubra toda la altura de la protección lateral; las caras exterior y delantera de dicho elemento deben tener una dimensión hacia atrás de al menos:

- b) 100 mm para las categorías de vehículos N3 y O4.

**4.7** El borde trasero de la protección lateral no debe estar a 300 mm como máximo por delante del plano vertical, perpendicular al plano longitudinal del vehículo tangente a la superficie exterior del neumático de la rueda situada inmediatamente por detrás; no se exige ningún elemento vertical continuo en el borde trasero.

**4.8** Ningún punto del borde inferior de la protección lateral debe estar situado a más de 550 mm por encima del suelo.

**4.9** El borde superior de la protección lateral no debe estar situado a más de 350 mm por debajo de la parte de la estructura del vehículo por donde pase un plano vertical tangencial a la cara exterior de los neumáticos, excluido cualquier abombamiento próximo al suelo, o en contacto con este plano.

**4.10** La protección lateral debe soportar una fuerza estática horizontal de 1 kN aplicada perpendicularmente sobre cualquier parte de su cara externa por el centro de un ariete de sección circular y plana con un diámetro de 220 mm  $\pm$  10 mm, y si la deformación del dispositivo en carga no es superior a:

- a) 30 mm en los 250 mm de los extremos trasero y delantero de la protección, y
- b) 150 mm en el resto de la protección.

El cumplimiento de este requisito puede verificarse mediante cálculos de proyecto o simulaciones, y este procedimiento debe ser validado en como mínimo un ensayo práctico.

**4.11** Los elementos fijados de forma permanente en el vehículo, por ejemplo, las ruedas de auxilio, el compartimiento de las baterías, los depósitos reflectantes y las cajas de herramientas, pueden estar integrados con la protección lateral, cuando estén de acuerdo con las medidas establecidas en la presente norma. Los requisitos de 4.3 se aplican a los espacios libres entre los dispositivos de protección y a los elementos fijos de forma permanente.

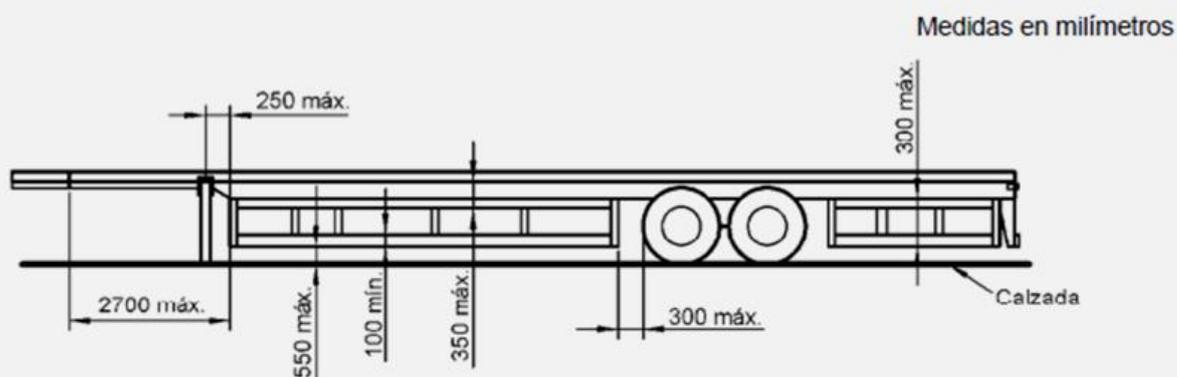
**4.12** La protección lateral no debe usarse para la fijación de los conductos del circuito de frenado, conductos de aire o hidráulicos y conductos del circuito eléctrico.

**5.1** Los vehículos de los tipos siguiente deben cumplir los requisitos indicados en cada caso particular.

**5.1.3** En vehículos provistos de patas de apoyo extensibles destinadas a mejorar su estabilidad durante la carga, descarga y de otras operaciones para las que el vehículo está diseñado, la protección lateral puede tener espacios libres suplementarios donde sean necesarios para permitir la extensión de las patas de apoyo.

**6** Posición del vehículo durante los ensayos. Para el ensayo del vehículo debe estar posicionado de la manera siguiente:

- En una superficie horizontal y plana;
- El eje de las ruedas accionadas por el volante de dirección, paralelo al eje transversal del vehículo;
- En orden de marcha;
- Los semirremolques sobre sus patas de apoyo, en posición horizontal.



**Figura 5 - Ejemplo de protección lateral - Vista lateral**

*Ilustración 2.9: Extracto de Norma IRAM - AITA 10.276.*

### 2.2.5 Perno rey:

Dentro de la normativa IRAM 10259:2003 encontraremos algunas consideraciones para tener en cuenta en lo que respecta a los enganches: platos de enganche, perno rey, ojal toroidal y ganchos, entre otros. En el caso de este semirremolque, nos incumbe el perno rey.

N°	Tipo de vehículo	Configuración de ejes	Peso máximo (Tn)	Valor "D" (KN)
1		S1-D1-D1	27,00	72
2		S1-D1-D2	34,50	78
3		S1-D1-D3	42,00	81
4		S1-D2-D2	42,00	118
5		S1-D2-D1-D1	45,00	120
6		S1-D2-D3	49,50	122
7		S1-D1-D1-D2	45,00	82
8		S1-D1-D1-D1-D1	45,00	83
9		S1-D2-D2	42,00	118
10		S1-D2-D1-D1	45,00	120
11		S1-D2-D1-D2	52,50	123
12		S1-D2-D1-D1-D1	55,50	124

Ilustración 2.10: Consideraciones a tener en cuanto al perno rey.

Si bien nuestro semirremolque pertenece a la configuración N°6 según la ilustración anterior, la carga que transporta es de 52 toneladas. Por lo tanto, a la hora de la selección del perno rey a utilizar es necesario respetar el valor mínimo de "D" igual a 123 kN que se indica para la configuración N°11 y que posee un peso máximo similar.

## 2.3 Diseños posibles:

En este apartado se analizarán distintos diseños posibles para la realización del semirremolque capaz de transportar granos. Dentro del parque automotor de nuestro país se encuentran principalmente camiones del tipo batea, de barandas volcables y de tipo tolva. A continuación, entraremos en detalle más en cada uno de ellos.

### 2.3.1 Semirremolque con caja volcadora:

Este tipo cuenta con una compuerta trasera o en los laterales para la descarga de granos, la cual se abre una vez que los granos la empujan gracias a la inclinación que se logra al girar toda la caja de carga debido a la acción de uno o varios cilindros hidráulicos, lo que permite su descarga por gravedad.



*Ilustración 2.11: Semirremolque con caja volcadora.*

### 2.3.2 Semirremolque batea:

Puede considerarse similar al anterior, a diferencia que este cuenta con una compuerta de descarga trasera y no lateral, siendo su mecanismo de inclinación un cilindro hidráulico en la parte delantera.



*Ilustración 2.12: Semirremolque batea con compuerta de descarga en su parte trasera.*

### 2.3.3 Acoplado tradicional con compuertas y barandas volcables:

Este tipo es uno de los más habituales de ver por las rutas y autopistas de nuestro país. Cuenta con una serie de compuertas, tanto en la parte trasera como en los laterales. Debido a que carece de un sistema propio para la descarga total de los granos, es necesario contar con una infraestructura externa para lograr tal fin, lo cual puede verse en algunas estructuras (grandes plataformas hidráulicas) presentes en los puertos o en los centros de acopio de granos que puede observarse en la Ilustración 2.13.



Ilustración 2.13: Camión tradicional con compuertas y barandas volcables. Imagen de la derecha corresponde a una rampa o estructura de descarga en un centro de acopio de granos.

### 2.3.4 Semiremolque tolva:

Consta de dos tolvas individuales con un volumen aproximado total de carga de 52 metros cúbicos, lo que permite transportar distintos tipos de granos en forma simultánea y sin mezclarlos. Además, cuenta en su parte inferior con dos o tres bocas de salida mediante una compuerta que puede ser accionada de forma manual, eléctrica, neumática o hidráulica. Al ser de formas cónicas, permiten la descarga de los granos por gravedad, sin la necesidad de una instalación particular en el lugar de descarga o de la utilización de grandes sistemas hidráulicos para la inclinación de la caja, lo que brinda grandes ventajas frente a los demás modelos.

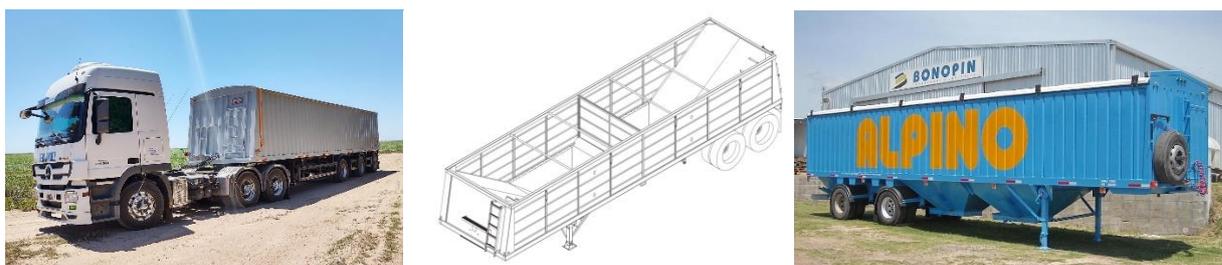


Ilustración 2.14: Semiremolque tolva.

## 2.4 Selección del diseño a desarrollar:

En base a los distintos tipos de semirremolques para el transporte de granos nombrados anteriormente, a continuación, se realiza un análisis comparativo mediante la utilización del método de “Matriz de producto Kano” para ver cuál de las opciones es la más adecuada para realizar en nuestro proyecto.

### 2.4.1 Análisis comparativo:

Los puntos a comparar en la matriz son los siguientes:

- Relación entre capacidad de carga y volumen: Para iguales volúmenes y peso de carga, que tan grande debe ser el tamaño del semirremolque (eficiencia de uso del espacio disponible);
- Sistema de descarga propio: Posibilidad de realizar la descarga por sus propios medios;
- Necesidad de infraestructura externa: Necesidad de contar con una instalación compleja o simple para poder realizar el proceso de carga y/o descarga;
- Facilidad de accionamiento: Posibilidad de que el chofer mismo accione el mecanismo sin grandes esfuerzos, o se necesite de personal calificado y/o maquinaria adicional para realizar la descarga;

- Costos de mantenimiento y operación: Necesidad de contar con operarios especializados para realizar la descarga, costo de mantenimiento según la complejidad de la infraestructura y/o maquinaria necesaria;
- Tiempos de descarga: Velocidad de descarga de granos para un mismo volumen de carga;
- Pérdidas de grano: Pérdidas que surgen durante la operación de transporte.

En base a estos parámetros a analizar y la asignación de la importancia que tiene cada uno de ellos se obtendrá un resultado a través de las diferentes ponderaciones que se han asignado, obteniendo así el diseño más conveniente o apto según los puntos elegidos para comparar.

Item	Máx. relacionamiento del ítem	Importancia relativa	Modelo Kano	Conceptos de producto				
				Necesidades del cliente/producto	Caja volcadora	Batea hidráulica	Barandas volcables	Tolva autodescargable
1	9	6	A	Relación entre capacidad de carga y volumen	⊖	⊖	⊖	⊖
2	9	28	M	Sistema de descarga propio	⊖	⊖	▲	⊖
3	9	28	M	Necesidad de infraestructura externa	⊖	⊖	▲	⊖
4	9	6	A	Facilidad de accionamiento	⊖	⊖	▲	⊖
5	9	17	E	Costos de mantenimiento y operación	⊖	⊖	⊖	⊖
6	9	17	A	Tiempos de descarga	⊖	⊖	▲	⊖
7	9	17	E	Pérdidas de grano	⊖	⊖	▲	⊖
<b>Limite superior</b>					2	2	2	6
<b>Medio</b>					5	5	0	1
<b>Limite inferior</b>					0	0	5	0
<b>Máx. relacionamiento de la columna</b>					9	9	9	9
<b>Peso de importancia</b>					5	5	3	9
<b>Importancia relativa %</b>					23	23	13	40
<b>Orden de actuacion/ nivel de importancia</b>					2	2	4	1

Tabla N°3: Matriz comparativa por método Kano.

Referencias:

- Relacionamiento:
  - Cumple mucho “⊖”.
  - Cumple medianamente “⊖”.
  - Cumple poco “▲”.
- Modelo Kano:
  - Mandatorio “M”.
  - Esperada “E”.
  - Atractiva “A”.

### 2.4.2 Conclusión del análisis:

En base al análisis desarrollado, vemos que la opción mejor calificada para nuestro semirremolque es la del tipo “Tolva auto descargable”. Esto se debe a que, a pesar de no ser el modelo que mejor aprovecha el espacio (cuenta con huecos o espacios muertos que no pueden ser utilizados para el transporte de granos debido al concepto de ángulo de talud y flujo por gravedad), tiene muchas otras ventajas que lo hacen destacar sobre el resto, como lo son la facilidad de accionamiento (el sistema de apertura de la compuerta inferior es simple) y la nula capacitación que se debe tener, permitiendo así no tener que contar con personal especializado.

Otro punto fuerte es que las plataformas de descargas son fijas y simples, ya que la descarga se realiza por gravedad, lo que hace que su costo de mantenimiento y operación sea mucho menor a aquellas grandes plataformas de descarga hidráulicas y que a su vez tienen un tiempo de descarga lento, presentan más riesgos de accidentes y generan una mayor contaminación por polvo de granos al descargar de grandes alturas.

En cuanto al tiempo de descarga, en promedio toma casi dos minutos y medio descargar completamente un semirremolque con tolva autodescargable, mientras que un semirremolque con barandas volcables lleva un total de cuatro minutos entre que la plataforma se inclina, se descargan todos los granos y la plataforma vuelve a su posición horizontal.

Por último, en cuanto a pérdidas de grano, generalmente los demás diseños son utilizados para varias aplicaciones, por lo que presentan huecos o aberturas que hacen propenso la pérdida de granos, mientras que el semirremolque de tolva auto descargable es un modelo diseñado específicamente para el transporte de granos, por lo que muchos de estos inconvenientes no están presentes.

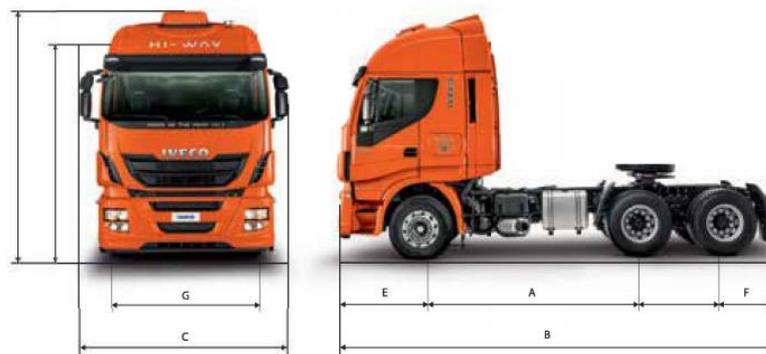
### 2.5 Vehículo tractor:

En base a la configuración elegida para una PBTC de 52 toneladas, el vehículo tractor que en este caso es un camión, debe ser del tipo 6x2 (seis puntos de apoyo con dos de tracción) equipado con suspensión neumática en todos sus ejes.



*Ilustración 2.15: Camión 6x2 equipado con suspensión neumática.*

Dado que para el cálculo del PBTC se debe tener en cuenta el peso o tara del vehículo tractor, consultamos catálogos de distintos fabricantes de camiones que se comercializan en dicha configuración con el fin de obtener la información necesaria.



Dimensiones (mm)		800S56TZ
Distancia entre ejes	A	3.500
Largo total	B	7.113
Ancho total	C	2.825
Ancho total trasero		2.483
Altura con climatizador techo alto	D	3.903
Trocha delantera/trasera	G	2.085/1.896
Voladizo delantero	E	1.410
Voladizo trasero	F	785
Radio de giro (de pared a pared)		7.420
Radio de giro (de neumático a neumático)		6.570
Posición de la 5ª rueda		428
Altura de 5ª rueda con (GVW)		1.309

Peso (kg)	
Capacidad eje delantero (legal/técnico)	7.100
Capacidad eje trasero	21.000
Peso Bruto Total – PBT (técnico)	28.200
Peso Bruto Total – PBT (legal)	23.000
Peso Bruto Total Combinado – PBTC	74.000
Capac. Máx. de tracción - CMT	80.000
Peso en orden de marcha	9.710 (techo alto)

Ilustración 2.16: Ficha técnica camión 6x2 marca Iveco.

Por lo tanto, para la realización de cálculos y/o análisis, se tomará al peso de vehículo tractor con un valor de 9.710 kilogramos.

### 3. Descripción del semirremolque:

A lo largo de este apartado y en base a lo desarrollado anteriormente en cuanto a la selección del tipo de semirremolque a diseñar, se nombrarán y describirán los diferentes sistemas o conjuntos que forman parte de este con el fin de entrar en contacto y tomar noción de las cosas que este involucra.

#### 3.1 Aspectos generales:

Del decreto 779/95 extraemos la siguiente definición de semirremolque:

*“Vehículo remolcado diseñado para engancharse a un camión tractor y que transmite una carga vertical sustancial sobre el vehículo tractor”.*

Otros autores lo definen de la siguiente manera:

*“Vehículo no motorizado, cuenta con ejes posteriores y es acoplado a un camión a través de un mecanismo conocido comúnmente como quinta rueda, el enganche se realiza de manera rápida y permite la articulación entre ambos vehículos, de manera que sea arrastrado y soporte parte del peso.*

*El semirremolque lleva en la parte delantera un pivote conocido como King Pin que permite la unión y flexibilidad transmitida del camión, el camión en cambio lleva un sistema de enganche con bloqueo de palancas conocido como tornamesa”. Ugaz Edgar, Urbina José. 2010*

#### 3.2 Medidas generales:

Como se especificó anteriormente en el apartado 2.2.1 de este mismo informe, las dimensiones límites del conjunto vehículo tractor junto al semirremolque son de 18,60 x 2,60 x 4,30 metros.

N°	TIPO DE VEHÍCULO	CONFIGURACIÓN N° DE EJES	DIMENSIONES			PESO MÁXIMO (t)	Relación POT/PESO (CV/t) mín.
			LARGO (m)	ANCHO (m)	ALTO (m)		
13		S1 - D2 - D3	18,60	2,60	4,30	49,50	6,00

Ilustración 3.1: Dimensiones máximas para el diseño del semirremolque.

#### 3.3 Volumen de carga:

El volumen de carga se encuentra abarcado por dos compartimientos, frontal y trasero, las cuales se encuentran conformadas por una y dos tolvas con cono de descarga inferior respectivamente.

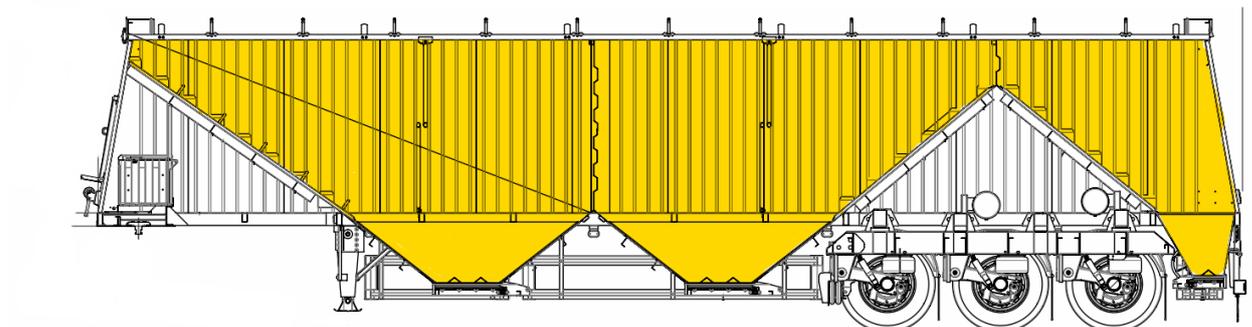


Ilustración 3.2: Área que representa el volumen de carga disponible.

### 3.4 Estructura:

Este tipo de estructura no es similar al resto de semirremolques tradicionales que se ven por las rutas o autopistas y que cuentan con distintas partes fácilmente identificables como lo son el bastidor o chasis, la base y la estructura superior, como puede verse en la Ilustración 3.3.

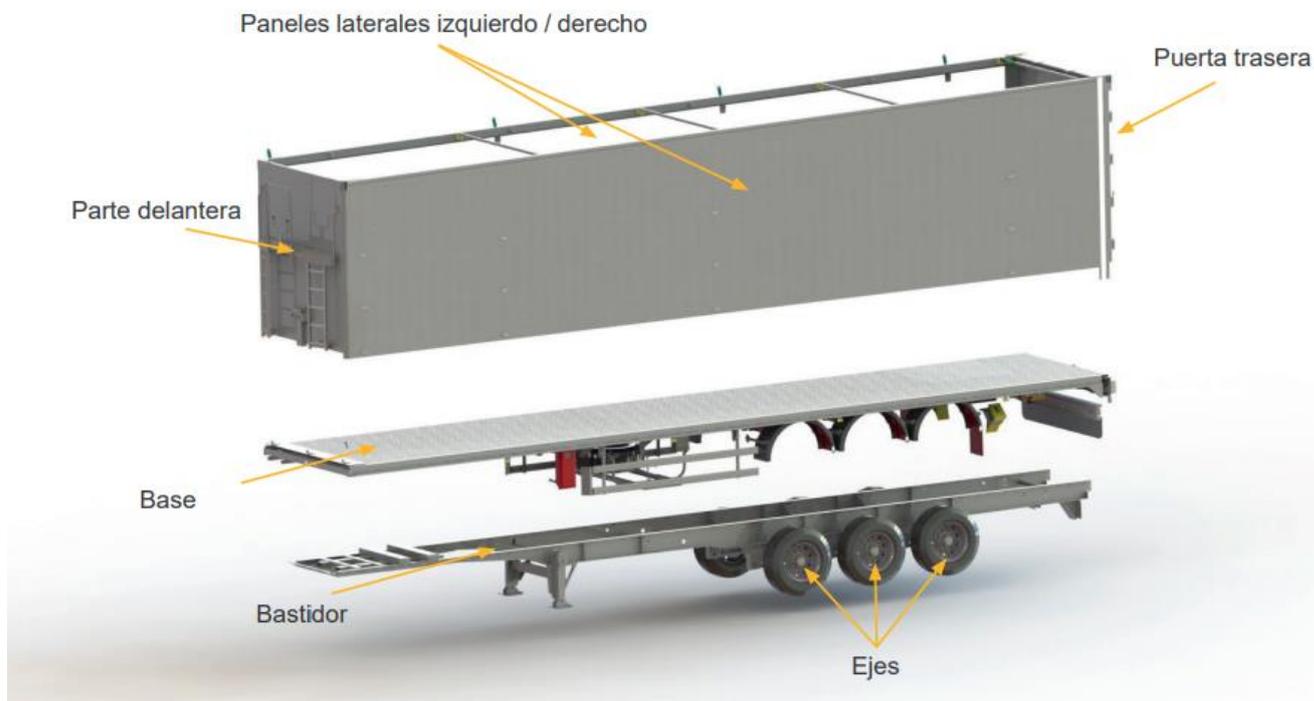


Ilustración 3.3: Composición de un semirremolque tradicional.

En el caso del semirremolque tolva, la estructura se denomina autoportante ya que no es posible definir o separar partes como el bastidor o la base del conjunto superior, sino que todas las partes (perfiles laterales y transversales, chapas trapezoidales, tensores, tolvas, etc.) en conjunto forman una estructura monocasco que resisten los esfuerzos a los que se encuentra sometido el semirremolque.

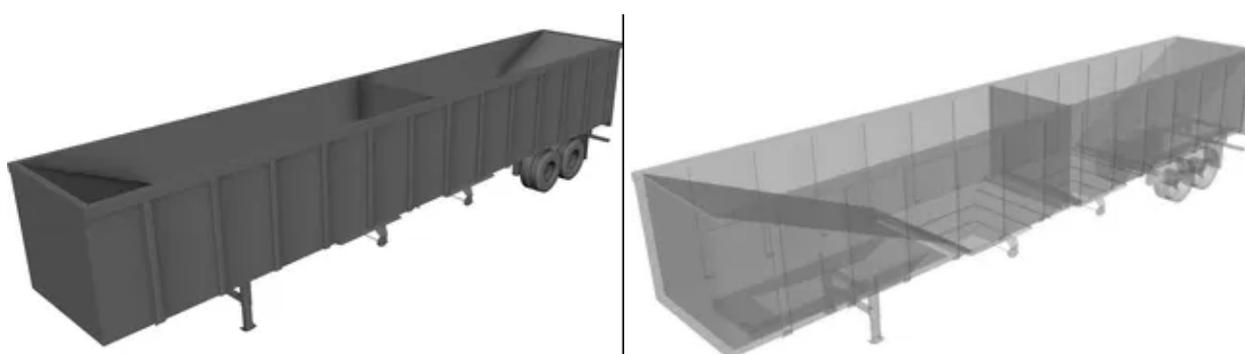


Ilustración 3.4: Semirremolque tolva con estructura autoportante.

### 3.5 Tolvas:

Son los compartimientos con forma de pirámide o cono invertido formado por cuatro chapas laterales y en donde se almacena el material a transportar, siendo este cargado por su parte superior, para luego ser descargado por la parte inferior en el momento que se produce la apertura de la compuerta de descarga.



Ilustración 3.5: Tolva tradicional (izquierda) y semirremolque tolva (derecha).

### 3.6 Compuertas de descarga:

Estas se encuentran en la parte inferior de las tolvas anteriormente mencionadas, y al producirse su apertura permiten la descarga del material transportado en ellas. Existen distintos mecanismos para realizar este accionamiento de apertura, destacándose los de forma manual, eléctrica, neumática o hidráulica.



Ilustración 3.6: Compuerta de descarga inferior.

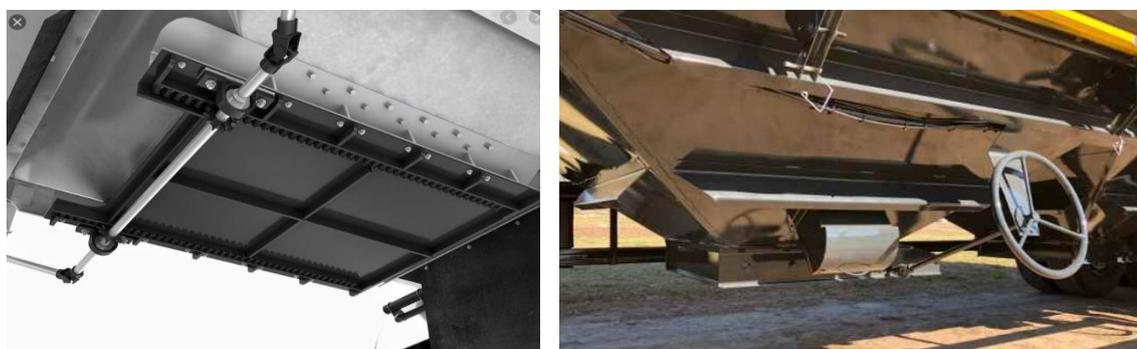


Ilustración 3.7: Accionamiento manual mediante volante y sistema de piñón y cremallera.

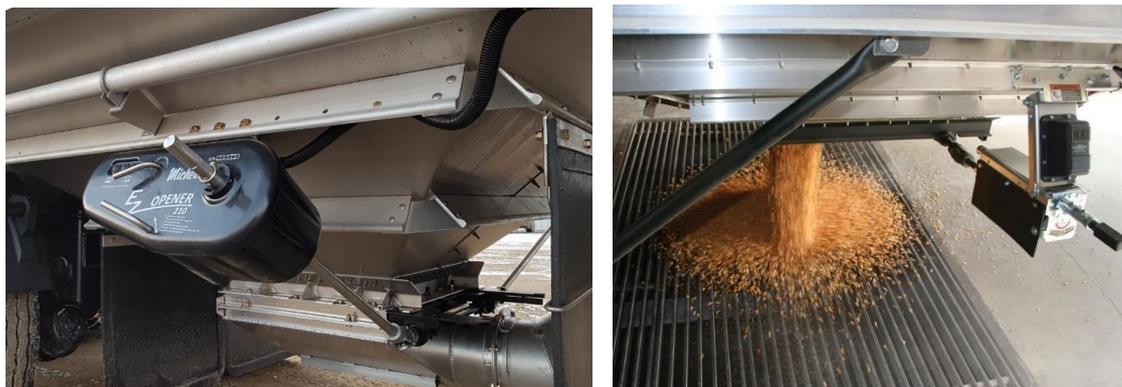


Ilustración 3.8: Accionamiento eléctrico con posibilidad de desacople y accionar de forma manual.



Ilustración 3.9: Accionamiento mediante cilindros hidráulicos o neumáticos.

### 3.7 Tren rodante (ejes y suspensión):

Es una de las partes más importantes del semirremolque, ya que esta se encarga de absorber las irregularidades del camino, de forma que estas no repercutan o afecten a la estructura. Pueden destacarse las del tipo mecánicas conformadas por ballestas, o las del tipo neumática que cuentan con pulmones de aire.

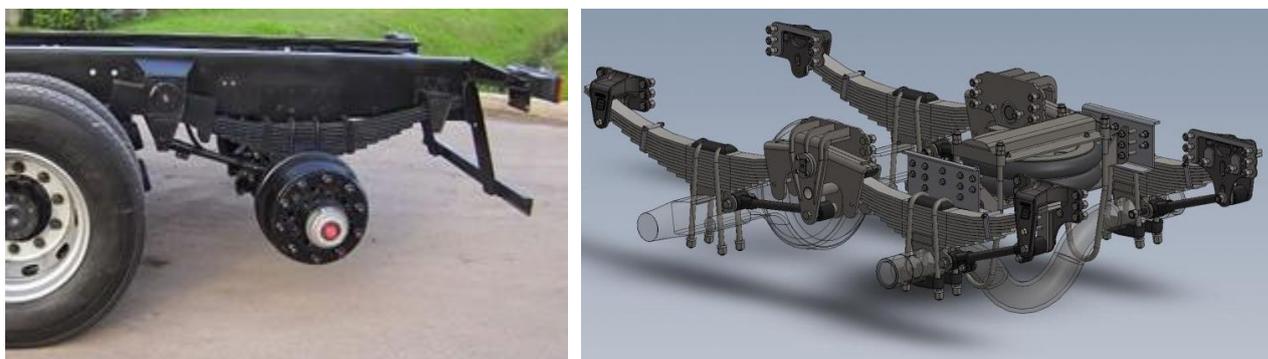


Ilustración 3.10: Suspensión mecánica de ballestas.



Ilustración 3.11: Suspensión neumática.

La suspensión neumática, además de contar con ciertas ventajas respecto a la carga máxima que pueden transportar, también tienen la ventaja de que permiten la elevación de los ejes en función de la carga a transportar, así como también pueden variar las distintas alturas de estos para poder así distribuir la carga aplicada por eje de forma automática.

La posición y la cantidad de ejes y suspensión dependerá de la configuración elegida y que, en nuestro caso, es de tándem, es decir, tres ejes con suspensión neumáticos colocados uno detrás del otro, como se ve en la Ilustración 3.12.



Ilustración 3.12: Configuración D3 (tándem de tres ejes).

### 3.8 Perno rey – Enganche:

El perno rey es el dispositivo de enganche que vincula el semirremolque a la quinta rueda ubicada en el vehículo tractor. El perno va fijado en la parte plana inferior del frente del semirremolque y permite trasladar el movimiento de arrastra a este desde el camión, permitiéndole también girar en torno al eje de este. Estos pernos se encuentran abarcados por la norma “IRAM 10.259:2003” dentro de la categoría B.



Ilustración 3.13: Quinta rueda en camión (izquierda) y perno rey en semirremolque (derecha).

### 3.9 Patas o pies de apoyo:

Van colocadas en la parte frontal del semirremolque por detrás del perno rey, y su función es soportar y equilibrar el peso de la estructura cuando el semirremolque no se encuentra vinculado a su vehículo tractor. Posee un mecanismo telescópico manual que permite elevar la estructura y que así el vehículo tractor ingrese o salga para poder conectar o desconectar el perno rey.



*Ilustración 3.14: Patas de apoyo.*

### 3.10 Lona cobertora:

Con el fin de proteger la carga ante factores externos, así como también a la voladura durante el traslado o al robo de esta, se coloca una lona cobertora en la parte superior del semirremolque. La misma puede ser colocada de forma manual mediante la acción de un mecanismo con una junta universal, o puede ser de forma automática mediante distintos sistemas neumáticos, hidráulicos o eléctricos. A su vez, el mecanismo puede ser del método longitudinal o transversal, siendo el primero aquel que cubre la carga desplegando la lona de adelante hacia atrás cubriendo todo el ancho, mientras que el otro lo hace desde un lateral hacia el otro, cubriendo todo el largo.



*Ilustración 3.15: Sistema longitudinal (izquierda) y sistema transversal (derecho).*

### 3.11 Sistema neumático:

A simple vista, podemos dividir al sistema neumático en dos subsistemas: uno que comanda la acción de los frenos, y otro que comanda la acción de los pulmones de la suspensión neumática. Para este proyecto se emplearán componentes de la marca Wabco, especializada en este tipo de elementos.

A continuación, es posible ver un sistema completo de un semirremolque con tres ejes y sistema ABS.

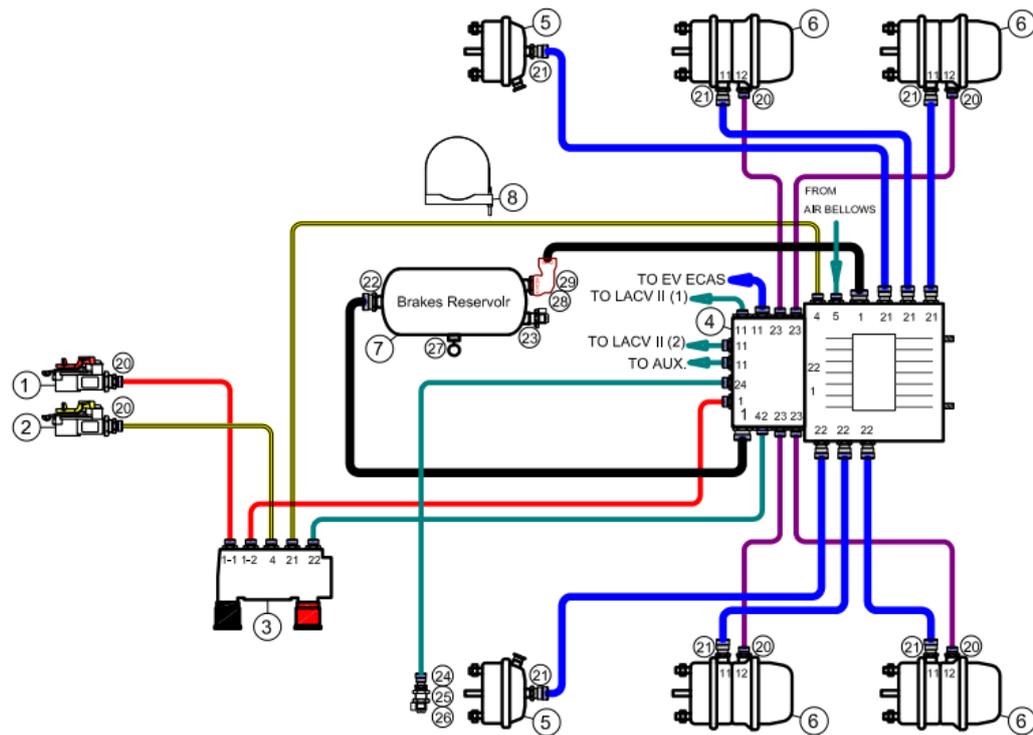


Ilustración 3.16: Esquema de sistema de frenos.

Teniendo una idea general del sistema, a continuación, nos centraremos en los diferentes componentes de este y su funcionamiento, de manera breve.

### 3.11.1 Sistema de freno:

El sistema neumático de los frenos empleados en camiones y otros vehículos pesados, tiene como funcionamiento “liberar” los frenos de estos. Es decir, los frenos están aplicados en todo momento por una serie de resortes y la presión del sistema neumático debe vencerlos a modo de poder mover el vehículo. Por lo tanto, al querer frenar el camión, se libera la presión actuando en contra de los resortes y permite la reducción de la velocidad. Esto tiene como finalidad la seguridad en caso de que ocurra una falla en el sistema presurizado, aplicando los frenos en caso de una pérdida de presión.

Podremos encontrar tres subsistemas:

- **Sistema de suministro:** aporta la fuente de energía necesaria (aire presurizado), para un sistema de frenos de aire. El elemento clave de este subsistema es un compresor de aire accionado por el motor.
- **Sistema de control:** Consiste en una serie de válvulas neumáticas que dirigen el aire y controlan la presión enviada a los pulmones de freno. En el acoplado, el sistema de frenos es un solo circuito para todos sus ejes, destacándose por su importancia la válvula relay; su función es la de distribuir a las cámaras de freno la señal (presión de aire) que recibe desde la válvula de pedal o de comando manual.
- **Sistema de desaceleración por fricción:** es la combinación de partes, se destaca el freno a tambor o freno a disco, teniendo la función de reducir la velocidad del vehículo, detenerlo, o mantenerlo detenido estacionado.

### 3.11.2 Sistema de suspensión:

Este sistema mantiene automáticamente la altura de marcha designada controlando la presión del aire que se suministra a los muelles neumáticos. Todos los sistemas de control de aire funcionan con base en el suministro de aire comprimido del vehículo. A continuación, se puede ver un sistema de control de aire de una suspensión general.

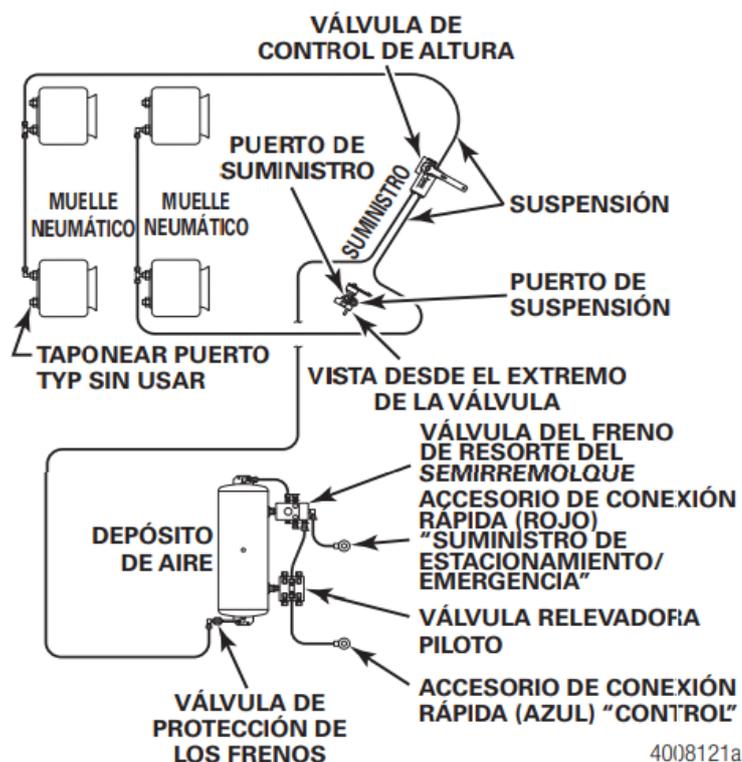


Ilustración 3.17: Esquema de sistema neumático de suspensión.

Una válvula individual de control de altura, independientemente de cuantas suspensiones neumáticas se utilicen, se encarga de operar el sistema. La válvula de control de altura mantiene la cantidad de presión de aire requerida para todos los muelles neumáticos.

### 3.12 Sistema eléctrico:

El semirremolque contará con un sistema eléctrico que tendrá las funciones de:

- Encender luces de posición, freno, giro, balizas, etc.
- Enviar señal al sistema de levantamiento de ejes.
- Accionar el motor eléctrico 12V utilizado para la apertura y cierre de la lona cobertora.

Para esto, el semirremolque contará con una ficha de conexión estándar ISO 1185, como la que se puede ver en la Ilustración 3.18. Luego, desde la ficha, se pasarán todos los cables necesarios hasta cada uno de los sistemas del semirremolque para otorgarles la energía que estos requieren.

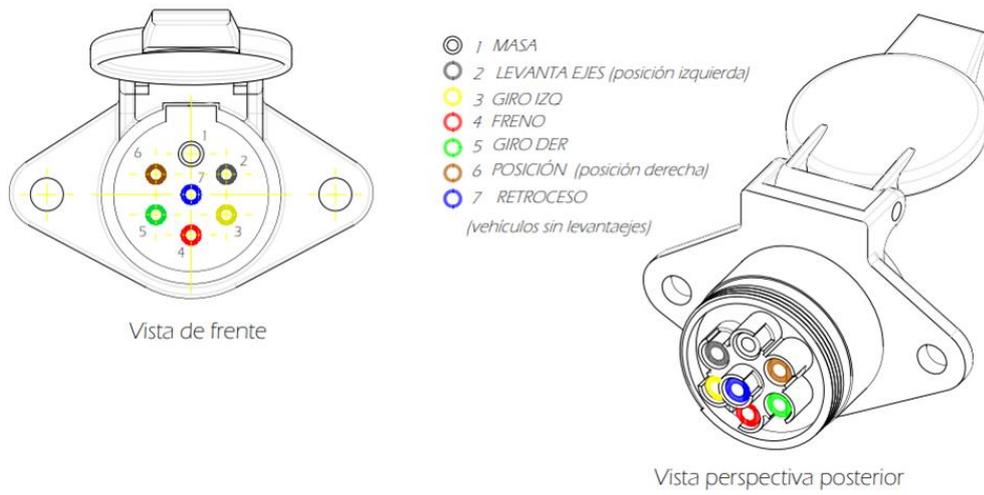


Ilustración 3.18: Ficha ISO 1185

## 4. Desarrollo del proyecto:

### 4.1 Dimensiones adoptadas:

En base a estudios de mercados de vehículos similares, así como a estimaciones de volumen máximo a transportar para mantenernos dentro de la carga máxima admitida de 52 toneladas, las dimensiones finales elegidas para realizar el semirremolque son de 13 x 2,53 x 3,91 metros, como se observa en la Ilustración 4.1.

Teniendo en cuenta las propiedades de los granos a transportar nombradas en el apartado 2.1.4 de este informe, podemos destacar que el grano a transportar con menor densidad aparente es la cebada con un valor de  $550 \text{ kg/m}^3$ , mientras que el más pesado es el trigo con un valor de  $850 \text{ kg/m}^3$ , por lo que, con las dimensiones adoptadas, se busca lograr un volumen a transportar aproximado de 56 metros cúbicos y que, junto con el peso propio del semirremolque y del vehículo tractor, permitirán lograr las 52 toneladas máximas de PBTC permitidas por ley.

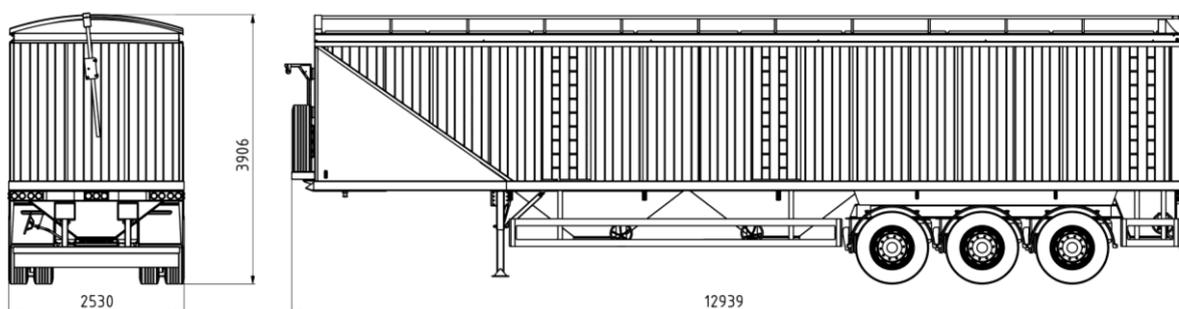


Ilustración 4.1: Dimensiones finales del semirremolque diseñado.

### 4.2 Volumen de carga disponible:

Luego de realizar el modelo inicial con las medidas y características elegidas, utilizando el software de diseño CAD SolidWorks 2022, se pudo obtener mediante un sólido aproximado que representa a los granos el volumen de carga disponible a transportar logrado en nuestro semirremolque y que podemos ver que es de 58 metros cúbicos, un poco mayor a lo que proyectó originalmente.

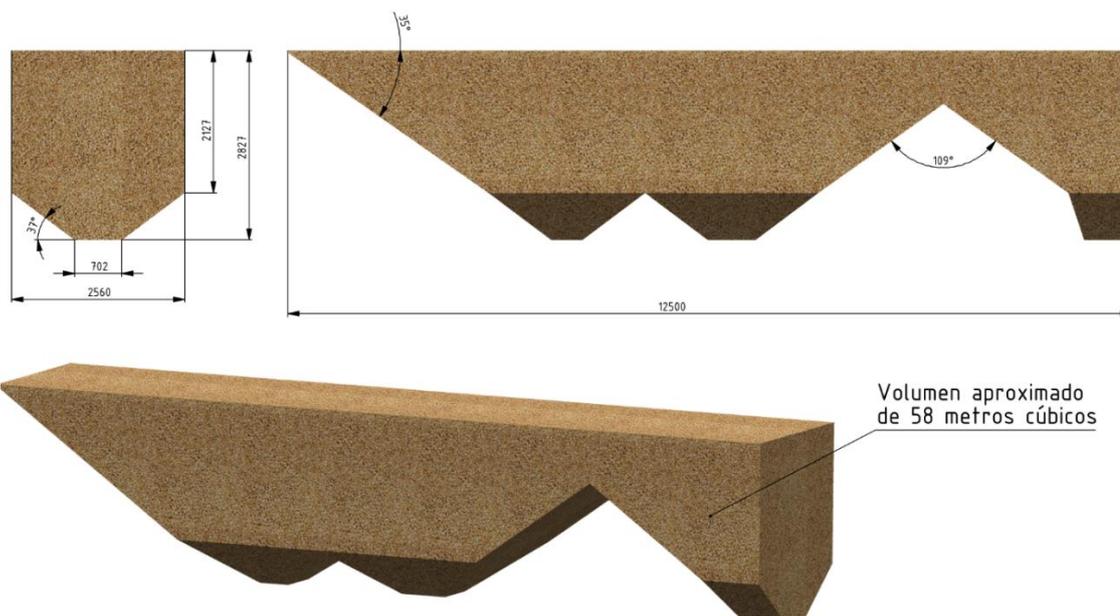


Ilustración 4.2: Sólido que representa el volumen de carga aproximada en SolidWorks 2022.

### 4.3 Material a utilizar:

En función a la disponibilidad de materiales en la zona, así como a las características de resistencia que este ofrece, se decidió por la utilización de distintos perfiles estructurales, laminados y chapas lisas o plegadas fabricadas de acero al carbono IRAM F-24.

#### 4.3.1 Acero IRAM F-24:

Como indica la norma "IRAM-IAS U 500-503: Aceros al carbono para uso estructural", el número que sigue a la letra "F" indica el límite de fluencia mínimo aproximado, expresado en decanewton por milímetro cuadrado, lo que quiere decir que para el acero IRAM F-24 contamos con  $\sigma_{fl} = 2.400 [kg/cm^2]$ .

Recordando, el límite de fluencia es la tensión en la cual comienza la fluencia del material, es decir, donde las deformaciones empiezan a ser permanentes al retirar la carga. El valor oscila entre dos límites muy próximos, uno máximo y otro mínimo, siendo este último el de uso general, dado que es el menos afectado por el ensayo.

- $\sigma_p$ : Límite de proporcionalidad.
- $\sigma_e$ : Límite de elasticidad.
- $\sigma_{fi}$ : Límite de fluencia mínimo.
- $\sigma_{fs}$ : Límite de fluencia máximo.
- $\sigma_r$ : Límite de rotura.

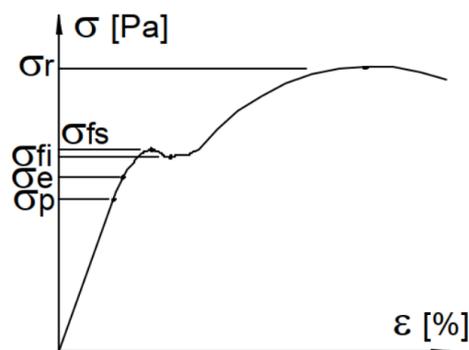


Ilustración 4.3: Características mecánicas del acero.

En el "Anexo I" se pueden observar más valores de estas propiedades mecánicas, así como también la composición química de este tipo de acero.

#### 4.3.2 Tensiones admisibles de cálculo:

El coeficiente de seguridad "N" elegido para llevar a cabo el diseño, calculo y dimensionamiento de cada una de las partes del semirremolque es de:

$$N = 2$$

Según la bibliografía consultada "V. M. Faires – Diseño de elementos de máquinas", si se tiene una carga de peso "W" sostenida a una altura h=0 de la estructura que la soporta y esta se suelta repentinamente, el esfuerzo que la estructura soportará debido a la aplicación repentina de esa carga será, por un instante, equivalente al doble de su peso (2\*W). De esta manera, al definir un coeficiente de seguridad igual a dos (lo que es equivalente a dimensionar con el doble de carga y coeficiente de seguridad uno), estamos simulando una situación donde el peso de todos los granos cargados en el semirremolque se aplica repentinamente sobre el mismo, como si estos cayeran desde una altura 0.

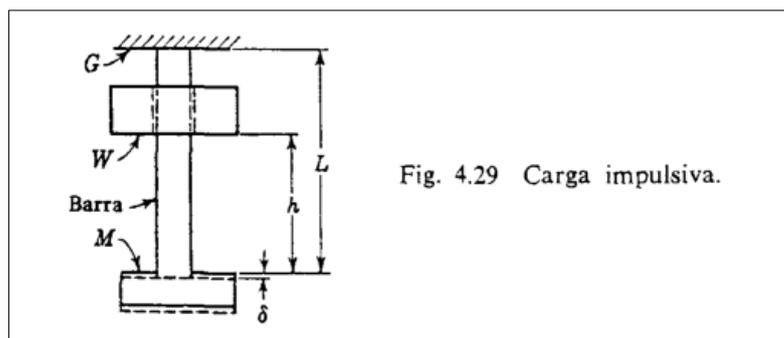


Ilustración 4.4: Figura extraída de bibliografía

El propósito de adoptar el criterio recién mencionado es que esa es una situación que puede darse, por ejemplo, a causa de extremos desniveles en la superficie a transitar. Sin embargo, incluso en esos casos los esfuerzos no llegarían a duplicarse, ya que ese es un cálculo meramente teórico que asume perfecta rigidez en la estructura, mientras que el semirremolque analizado en este informe está soportado por ejes con sistemas de suspensión y amortiguadores en cada uno de sus apoyos. Estos sistemas trabajan para absorber los picos de esfuerzos y disiparlos en el tiempo, de manera de reducir el esfuerzo máximo que la estructura deberá soportar.

En conclusión, al adoptar un coeficiente  $N=2$  se está cómodamente teniendo en cuenta cualquier carga dinámica que pueda ser generada debido a las imperfecciones en el camino a transitar.

#### 4.4 Cargas actuantes:

Ya sea para el cálculo de los componentes o para la realización de los distintos análisis y simulaciones por elementos finitos en software específico, primero es necesario saber que cargas actúan y que valores tendrán estas.

##### 4.4.1 Cargas máximas:

Como se comentó anteriormente, el acoplado se encuentra enmarcado en la ley respecto a las cargas máximas que este puede transportar sobre el territorio nacional. Recordando, la misma indica que, debido a la configuración adoptada (tres ejes dobles con doce ruedas en total y suspensión neumática), este puede abarcar un PBTC de 52 toneladas.

Sin embargo, a ese peso máximo debe descontarse el peso de la estructura misma, como así también el del camión, por lo que:

$$PBTC = \text{Peso camión} + \text{Peso semirremolque vacío} + \text{Peso Carga}$$

Asumiendo un peso de camión de 9.710 kg y adoptando mediante estimación un peso máximo de semirremolque de 7.000 kg, se obtiene que la carga máxima que se puede transportar y debe soportar el semirremolque es de 37 toneladas.

$$\text{Peso carga} = PBTC - \text{Peso camión} - \text{Peso semirremolque vacío}$$

$$\text{Peso carga} = 52.000 [kg] - 9.710[kg] - 7.000[kg]$$

$$\text{Peso Carga} = 35.290 [kg]$$

#### 4.4.2 Cargas debido a la presión:

Si bien el estudio con cargas máximas es apto, este es más adecuado para el análisis en las estructuras generales del semirremolque para simplicidad de este. Sin embargo, para las superficies sometidas a la fuerza y en contacto con los granos, tales como la tolva o las chapas laterales, resulta más conveniente realizar un análisis con cargas del tipo presión. Para ello, recurrimos a expresiones matemáticas específicas para el cálculo de esfuerzos en tolvas.

$$P_v = \frac{\rho \cdot g \cdot D}{4 \cdot \mu \cdot k \cdot g_c} \cdot \left(1 - e^{-\frac{4 \cdot Z \cdot \mu \cdot k}{D}}\right) \text{ [Pascales]} \rightarrow \text{Presión en el fondo de la tolva}$$

$$P_w = k \cdot P_v \rightarrow \text{Presión en las paredes de la tolva}$$

Siendo:

- $\rho$ : Densidad del material a transportar [ $kg/m^3$ ].
- $Z$ : Altura de la tolva [ $m$ ].
- $D$ : Diámetro mayor de la tolva [ $m$ ].
- $\mu$ : Coeficiente de fricción.
- $g$ : Gravedad [ $m/s^2$ ].
- $g_c$ : Factor de unidades 1 [ $kgm/Ns^2$ ].
- $\delta_1$ : Ángulo efectivo de fricción interna.

Además, se adopta de las siguientes ecuaciones aquella que del mayor resultado.

$$k = 0,400$$

$$k = \frac{1 - \text{sen}(\delta_1)}{1 + \text{sen}(\delta_1)}$$

$$k = \frac{1 - \text{sen}(\delta_1)^2}{1 + \text{sen}(\delta_1)^2}$$

Para el análisis, procedimos a adoptar el caso más desfavorable y que, como se puede ver en la Tabla N°1, es el trigo con una densidad aparente de  $850 \text{ kg/m}^3$  y un ángulo de fricción de entre  $0,361$  y  $0,466$ .

Por lo tanto, en base a los datos obtenidos en la Tabla N°1, los valores a utilizar son los siguientes:

- $\rho = 850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$ .
- Ángulo de talud natural  $\varphi = 25^\circ$
- Factor de fricción  $ff = 0,414$

Mientras que los valores adoptados para el resto de las variables de la ecuación son:

- $Z = \text{Variable con el eje "Y"} \text{ [m]}$ .
- $D = 2,60 \text{ [m]}$ .
- $\mu = \text{tg } \delta_1 = 0,28$
- $g = 9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$ .
- $g_c = 1 \text{ [kgm/Ns}^2\text{]}$ .
- $\delta_1 = 0,414 * 25^\circ = 10,35^\circ$ .
- $k = \frac{1 - \text{sen}(\delta_1)^2}{1 + \text{sen}(\delta_1)^2} = 0,934$

Sin embargo, con el fin de optimizar el uso de recursos informáticos y simplificar el cálculo a la hora de realizarlo de forma manual, para el cálculo de las presiones utilizaremos la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * y$$

la cual corresponde a la presión sobre la superficie de una membrana (pared delgada) en función de la altura “y” en metros y que no tiene en cuenta las propiedades del material que se encuentra realizando esfuerzos sobre esta, como lo es la cohesión, por lo que, al utilizar las expresiones que descomponen las presiones en “Pv” y “Pw”, podemos ver que, frente a similares características, los esfuerzos reales terminan alcanzando valores menores a los que utilizaremos para los cálculos, por lo que contaremos con cierto margen de seguridad al considerar un leve exceso de carga, como se ve en la comparativa de la Ilustración 4.5.

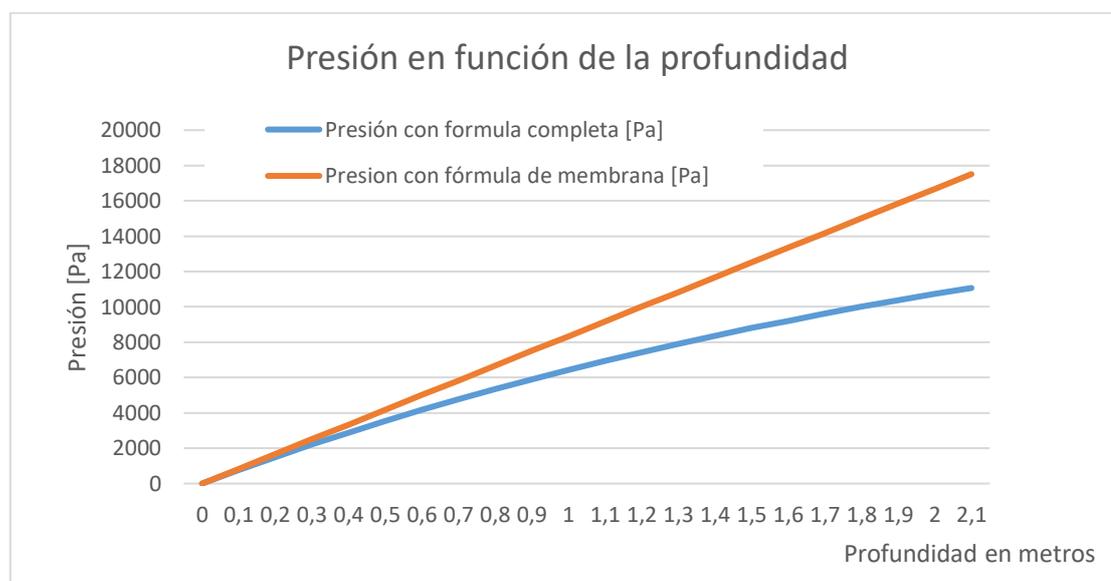


Ilustración 4.5: Comparativa entre la presión en función de la profundidad con ambas ecuaciones.

En conclusión, esto quiere decir que teniendo en cuenta ambas ecuaciones, para una igual profundidad, el esfuerzo real de presión sobre la superficie es menor al proyectado, traduciéndose en menores tensiones sobre las partes diseñadas.

#### 4.5 Diseño de estructura autoportante:

La estructura autoportante en su totalidad se encuentra diseñada con perfiles de diversas secciones, tales como rectangulares, cuadradas, ángulo y secciones plegadas personalizadas, todas de acero IRAM F-24 y con uniones soldadas en todo su perímetro de contacto.

En la Ilustración 4.6 e Ilustración 4.7 se puede observar la estructura autoportante diseñada resaltada con un color azul, y en el cual luego se colocan los diversos elementos como lo son chapas trapezoidales, tolvas, paragolpes, etc.

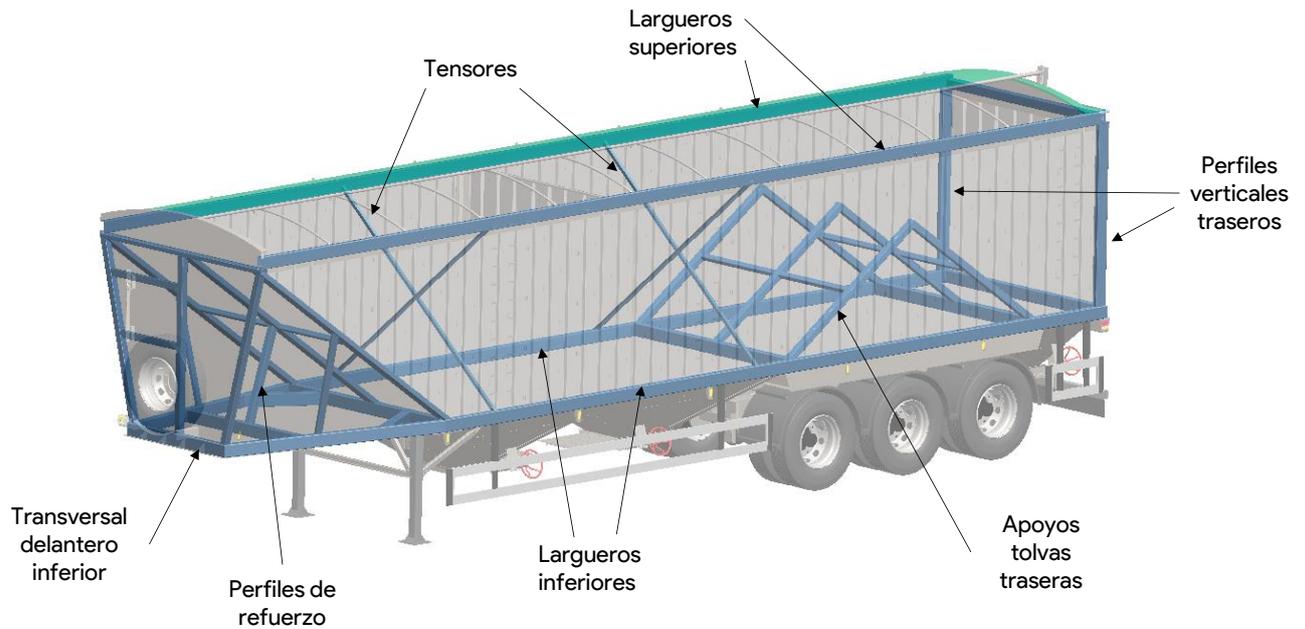


Ilustración 4.6: Vista perspectiva delantera de la estructura autoportante resaltada en azul.

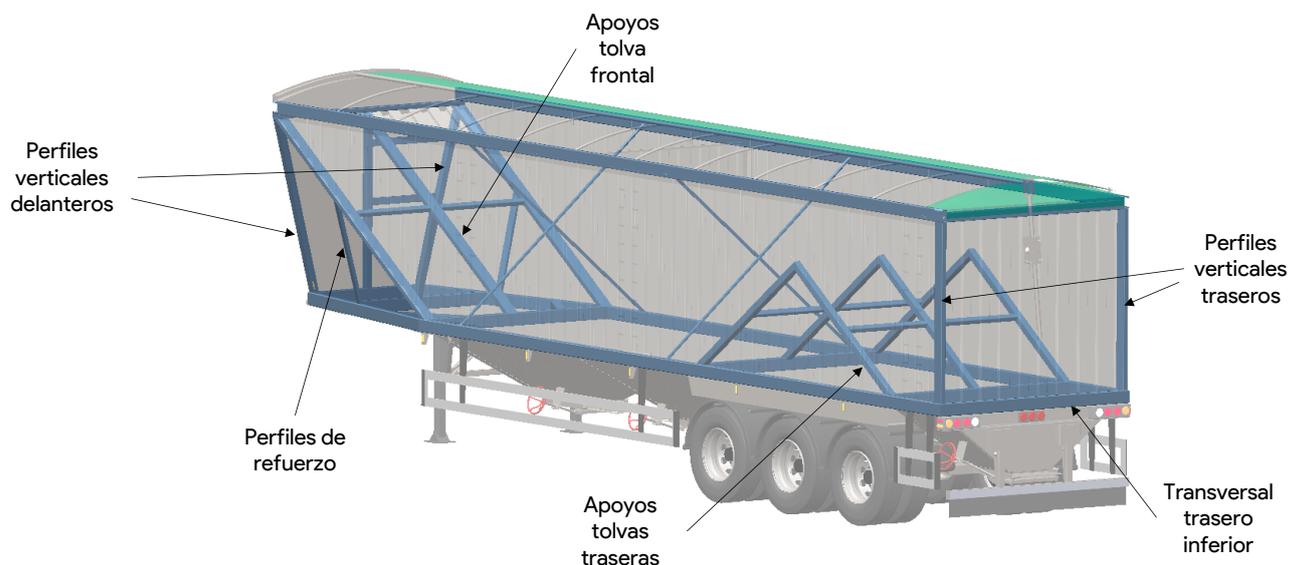


Ilustración 4.7: Vista perspectiva trasera de la estructura autoportante resaltada en azul.

La base (largueros inferiores, transversal delantero y trasero inferior) de esta se encuentra formada por perfiles rectangulares 140x80x4,75mm, mientras que los perfiles verticales son 140x60x4,75mm, mientras que el resto está realizado de perfiles de menores inercias y diversas secciones. A su vez, se agregan unos tensores en forma de “equis” en el centro longitudinal de las tolvas delanteras, con el fin de vincular ambos laterales de la estructura frente a situaciones en la que el acoplado se encuentra doblando en una curva y se producen esfuerzos centrífugos.

#### 4.6 Diseño de chapas trapezoidales:

Tanto el lateral del semirremolque como otras partes se encuentran compuestos por un conjunto de chapas plegadas en forma trapezoidal de espesor 2 milímetros. El plegado trapezoidal aporta inercia a las chapas y, por lo tanto, aumenta enormemente la resistencia a la presión interior generada por los granos.



Ilustración 4.8: Chapas trapezoidales laterales.

A continuación, se muestran las dimensiones del plegado que sigue la chapa trapezoidal. Estas dimensiones fueron específicamente seleccionadas para que la chapa desplegada a partir de la cual se conforma la pieza tenga exactamente 1.000 mm de largo (por 2.000 mm de alto). Estas son medidas estándares de chapa comercial, de manera que lo diseñado pueda ser fabricado en la realidad y generando así la menor cantidad de retazos o deshechos de chapas que no pueden ser utilizados.

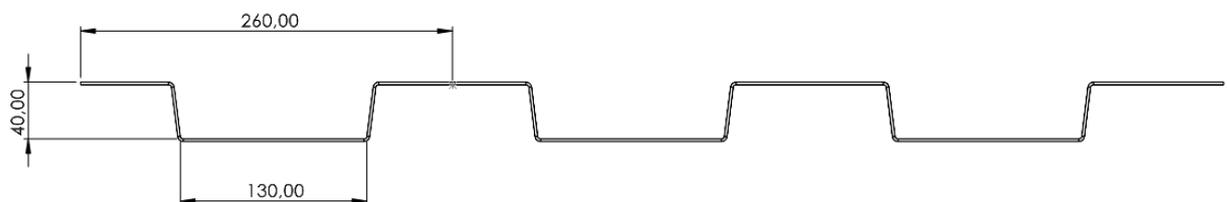


Ilustración 4.9: Chapa trapezoidal plegada.

Chapa desplegada:

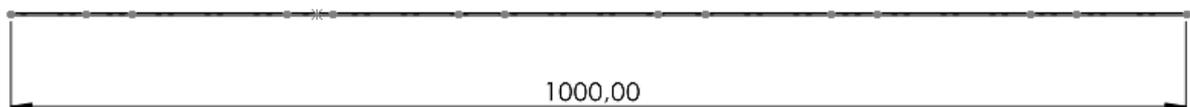


Ilustración 4.10: Chapa trapezoidal desplegada.

Cabe destacar que al final de cada chapa plegada, se dejaron aproximadamente 25 milímetros extra para permitir el solapamiento entre el final de una chapa y el inicio de la siguiente. En este solapamiento y a lo largo de toda su altura se realizará la soldadura que vincula todas las chapas laterales.

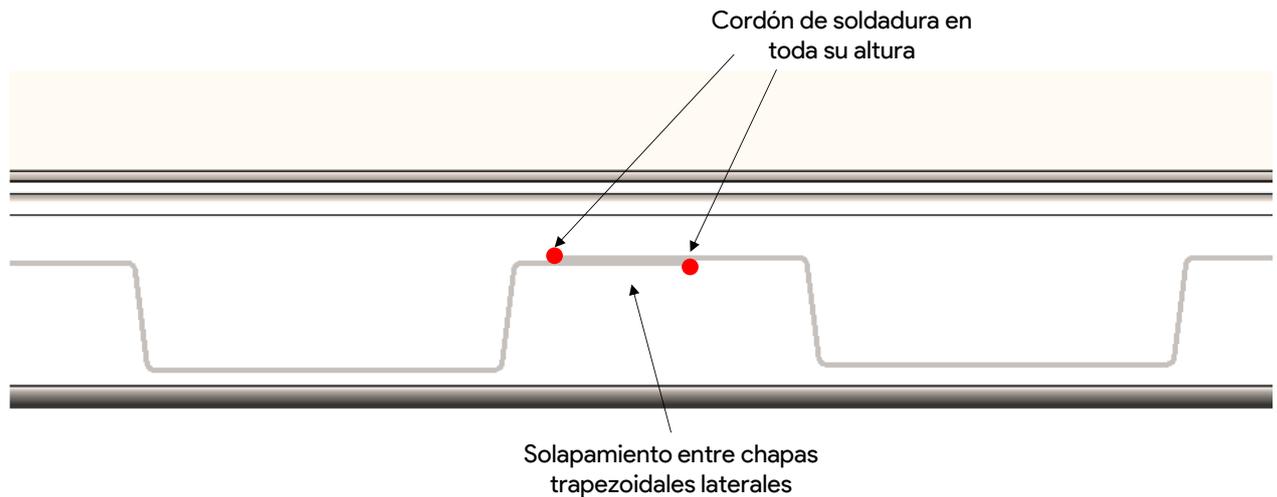


Ilustración 4.11: Vista superior donde se observa el solapamiento entre las chapas trapezoidales.

#### 4.6.1 Chapas laterales y traseras:

Los laterales del semirremolque se encuentran formados por la unión de diecisiete (17) tramos de chapa trapezoidal, las cuales a su vez se encuentran soldadas a los perfiles de la estructura autoportante en toda su periferia, y de ambos lados, como puede verse en el detalle de la Ilustración 4.12.

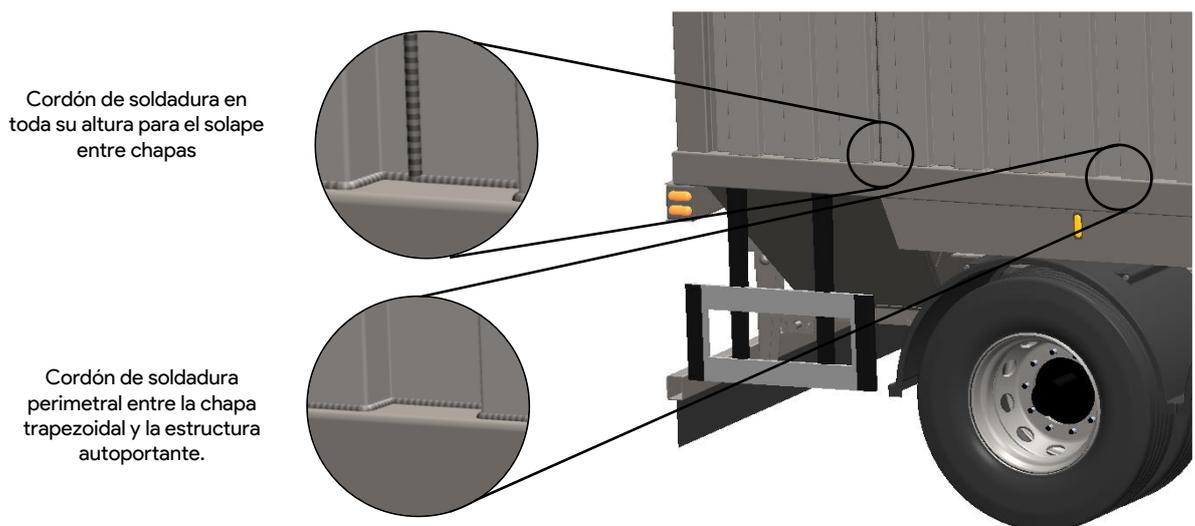


Ilustración 4.12: Detalle de cordones de soldadura.

Además, en los perfiles verticales de los extremos es necesario agregar una "L" de chapa plegada para poder aumentar la superficie de contacto y darle rigidez a la unión, con el fin de disminuir los esfuerzos que deberá soportar la soldadura, como puede verse en la Ilustración 4.13.

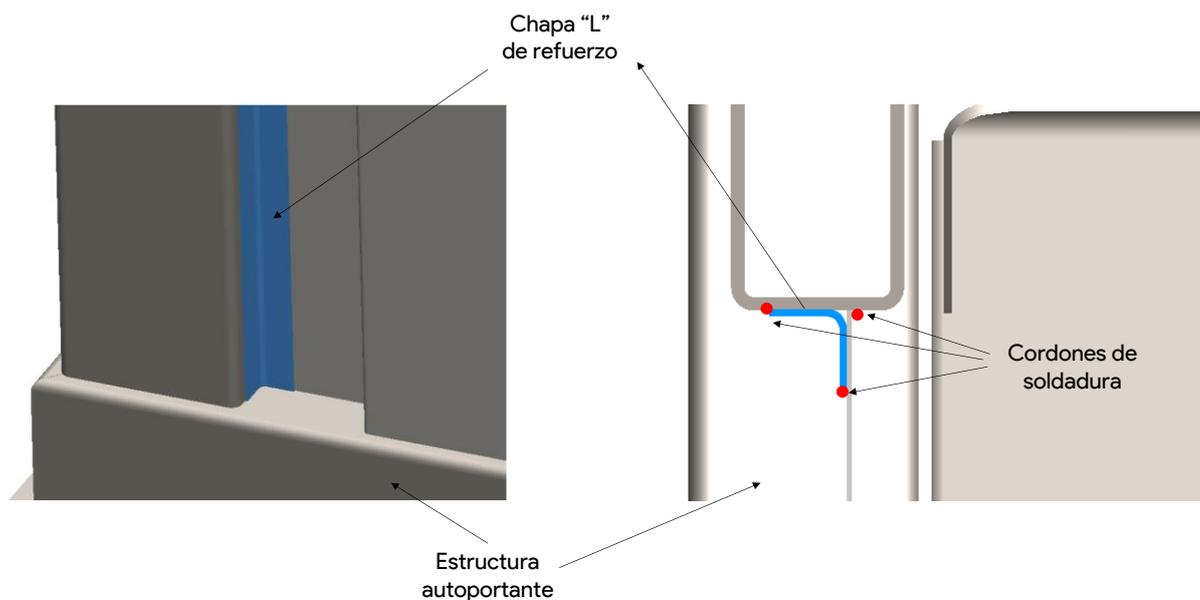


Ilustración 4.13: Chapa "L" de refuerzo y cordones de soldadura.

Como se comentó anteriormente, también en la parte trasera se colocarán estas chapas de igual forma (solapamiento y soldadura en la periferia, así como también las chapas plegadas en forma de "L" para refuerzo), nada más que en esta instancia se colocan únicamente tres (3) chapas trapezoidales.

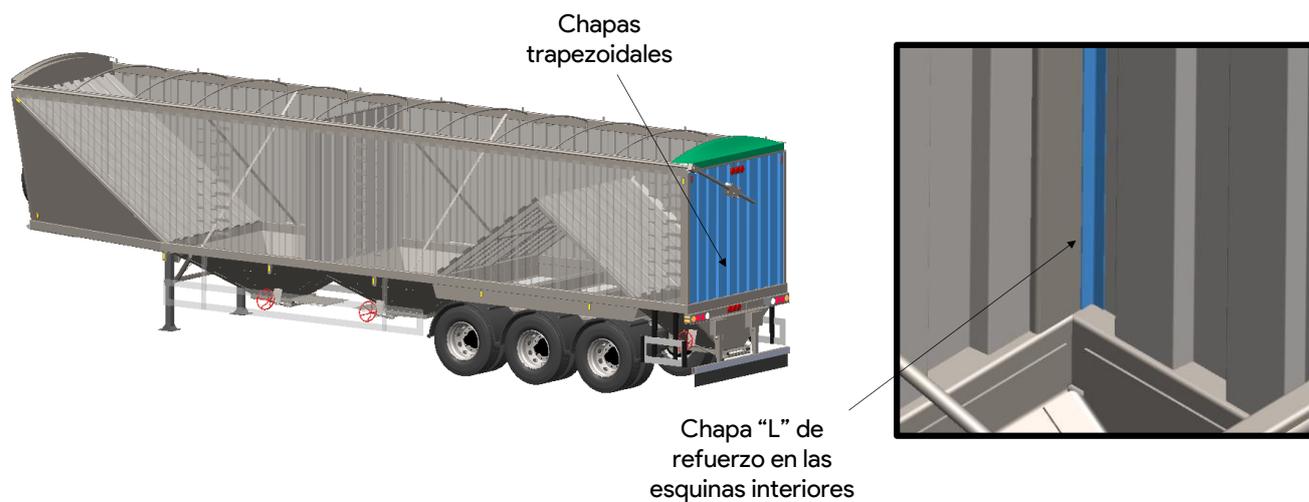


Ilustración 4.14: Chapas trapezoidales traseras y detalle de chapa "L" de refuerzo en el interior.

#### 4.6.2 Chapas inclinadas:

Con el fin de evitar utilizar grandes espesores de chapa, y en función de aprovechar las chapas trapezoidales que ya se han diseñado para los laterales y la parte posterior, es que se utilizan estas también para conformar las chapas inclinadas de las tolvas, como puede observar en la Ilustración 4.15.

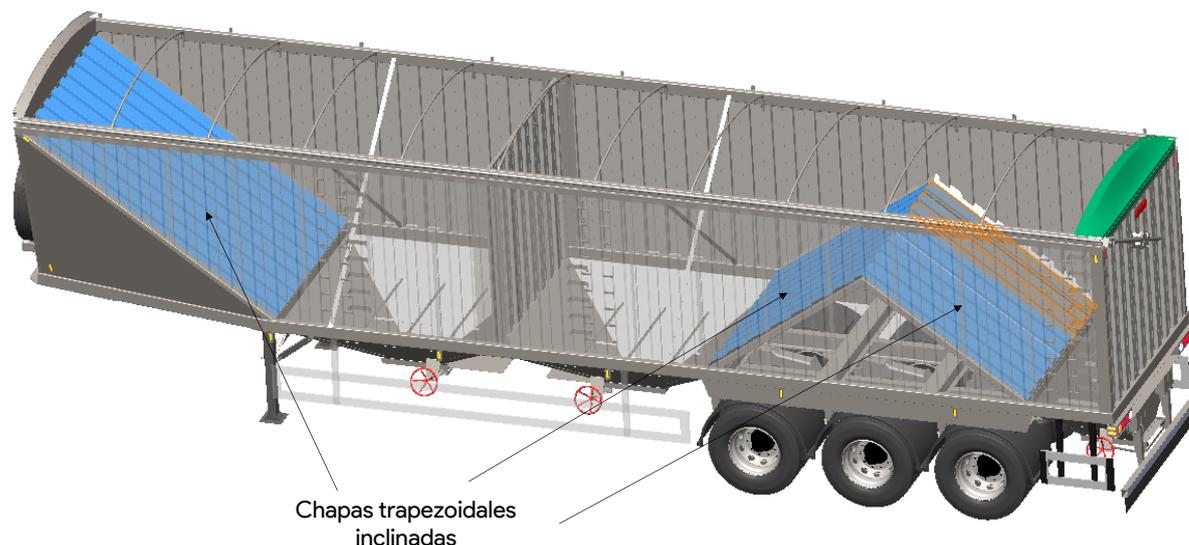


Ilustración 4.15: Chapas trapezoidales inclinadas.

Estas se encuentran apoyadas y soldadas en su perímetro de contacto entre las chapas trapezoidales y la estructura autoportante. A su vez, para evitar la acumulación de granos en las cavidades que se forman entre las chapas trapezoidales laterales y las chapas inclinadas, se colocan una serie de chapas inclinadas en las esquinas con cortes con forma de la chapa trapezoidal, con el fin de evitar dicha acumulación, como puede verse en la Ilustración 4.16.

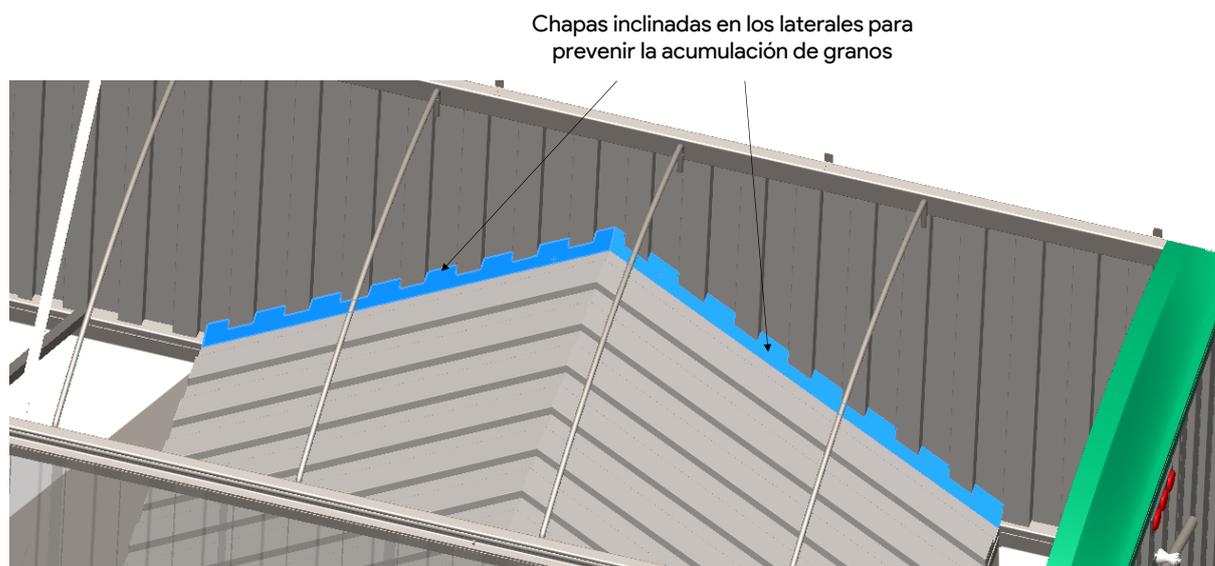


Ilustración 4.16: Chapas inclinadas para evitar acumulación de granos.

#### 4.6.3 Chapa divisoria:

Esta chapa se encarga de separar los compartimientos delanteros y traseros y se encuentra conformada por seis chapas trapezoidales (tres en la parte inferior, y tres tramos cortos en la parte superior). Además, cuenta con un travesaño de chapa plegada en forma de "U" y unas chapas laterales para realizar la unión con las chapas trapezoidales laterales, como puede verse en la Ilustración 4.17 e Ilustración 4.18 respectivamente.



Ilustración 4.17: Ubicación de la chapa divisoria en el semirremolque.

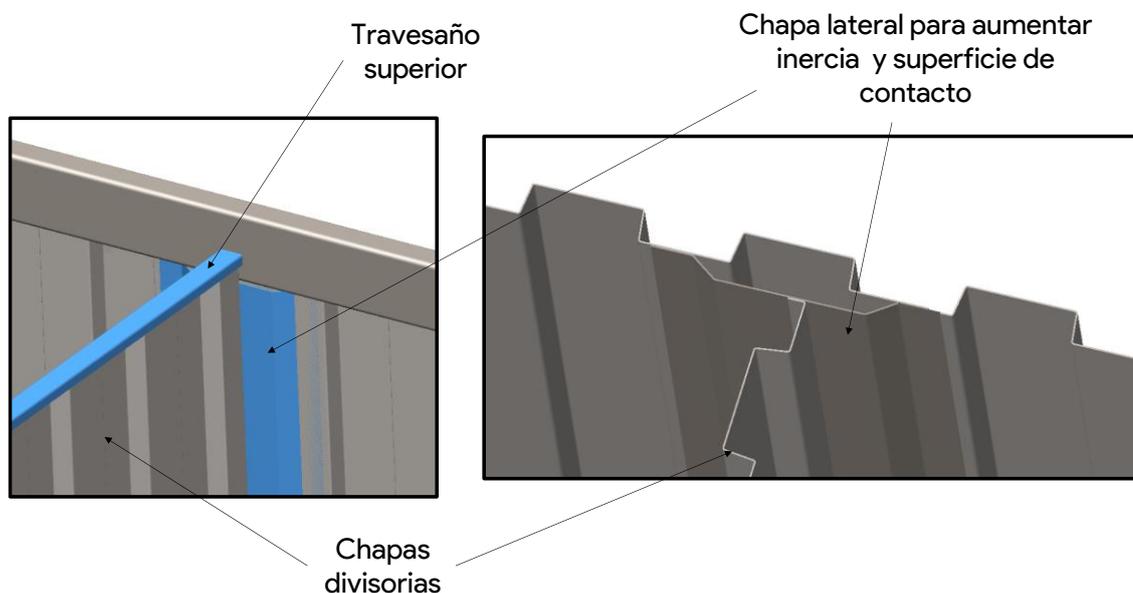


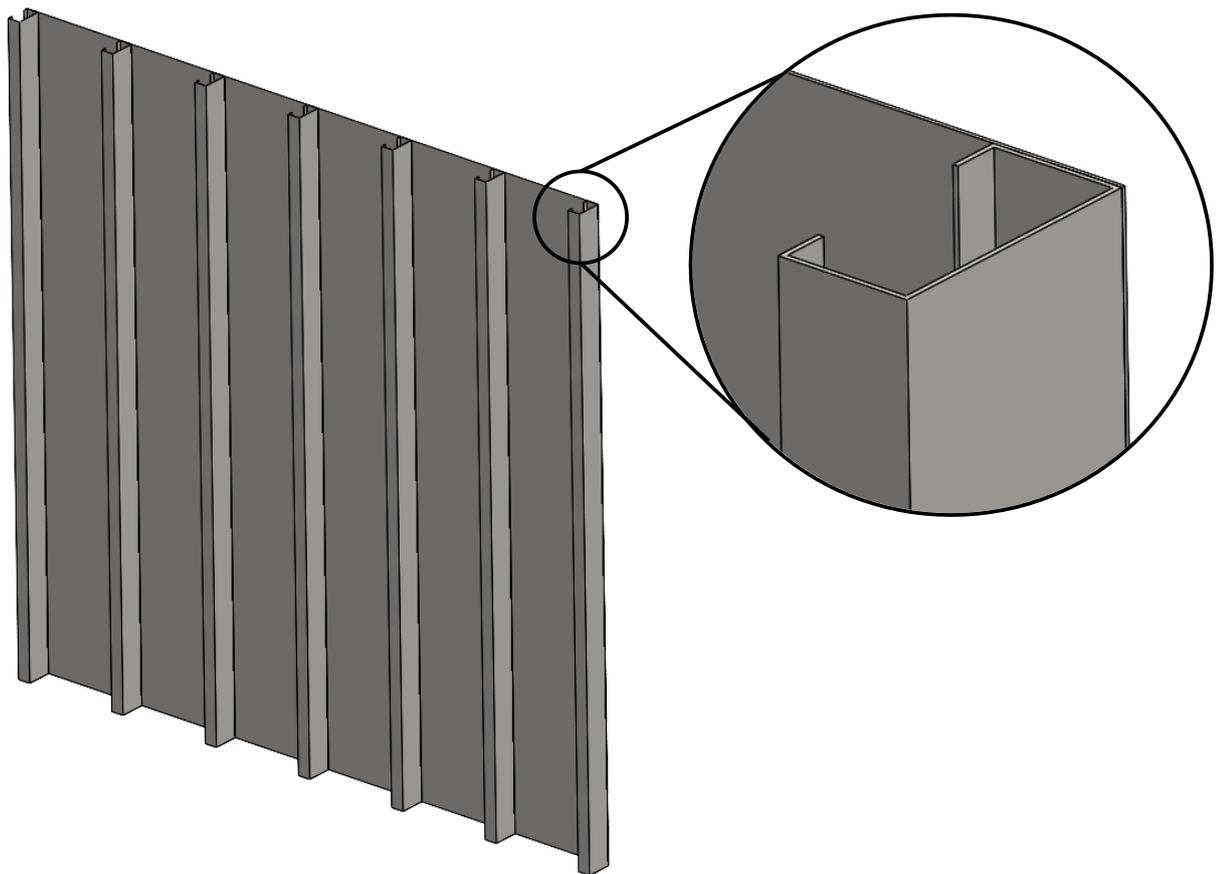
Ilustración 4.18: Detalle de unión de chapa divisoria.

#### 4.6.4 Otros diseños considerados:

Antes de tomar la decisión de adoptar chapas laterales trapezoidales, se analizaron otras opciones, observando vagones de carga, semirremolques de barandas volcables, containers, etc. Entre ellas, la mejor resultó ser la que se puede ver en la Ilustración 4.19. Esta opción consiste en una chapa lateral lisa, reforzada con perfiles C plegados comerciales de 80 x 40 x 1,6 mm de espesor.

Si bien este diseño de chapa lateral tiene parámetros de resistencia a tensiones y deformaciones similares a la chapa trapezoidal adoptada, y tiene la ventaja de que no requiere inversión en una maquina plegadora o estampadora para realizar el patrón trapezoidal, el mismo no fue adoptado debido a las siguientes desventajas:

- Peso mayor (principal factor decisivo).
- Requiere alta mano de obra para soldar cada uno de los refuerzos.
- Los refuerzos, al ser secciones semi abiertas, pueden acumular tierra, agua, etc., y llevar a la formación de corrosión.
- Dificultad para aplicar pintura en el interior de los perfiles.



*Ilustración 4.19: Diseño analizado de chapas lisas con perfiles plegados.*

#### 4.7 Diseño de tolvas:

El semirremolque cuenta con dos compartimientos o tolvas y tres conos de descarga inferiores: tolva delantera, tolva central y tolva trasera, como puede verse en la Ilustración 4.20.

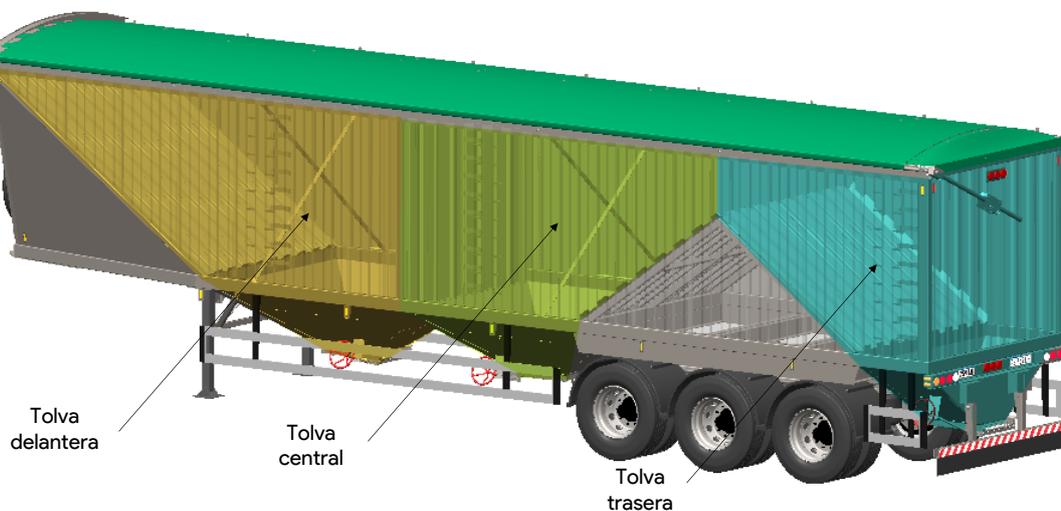


Ilustración 4.20: Distintas tolvas presentes en el semirremolque.

##### 4.7.1 Tolva delantera:

Esta tolva se encuentra delimitada por la chapa trapezoidal frontal inclinada, la cual posee un ángulo de  $145^\circ$  o  $35^\circ$  respecto a la horizontal, el cual garantiza la caída de los granos de forma natural por efecto de la gravedad, las chapas trapezoidales laterales, la chapa divisoria central y el cono de descarga frontal en la parte inferior. La misma es capaz de transportar un volumen de 22,65 metros cúbicos.

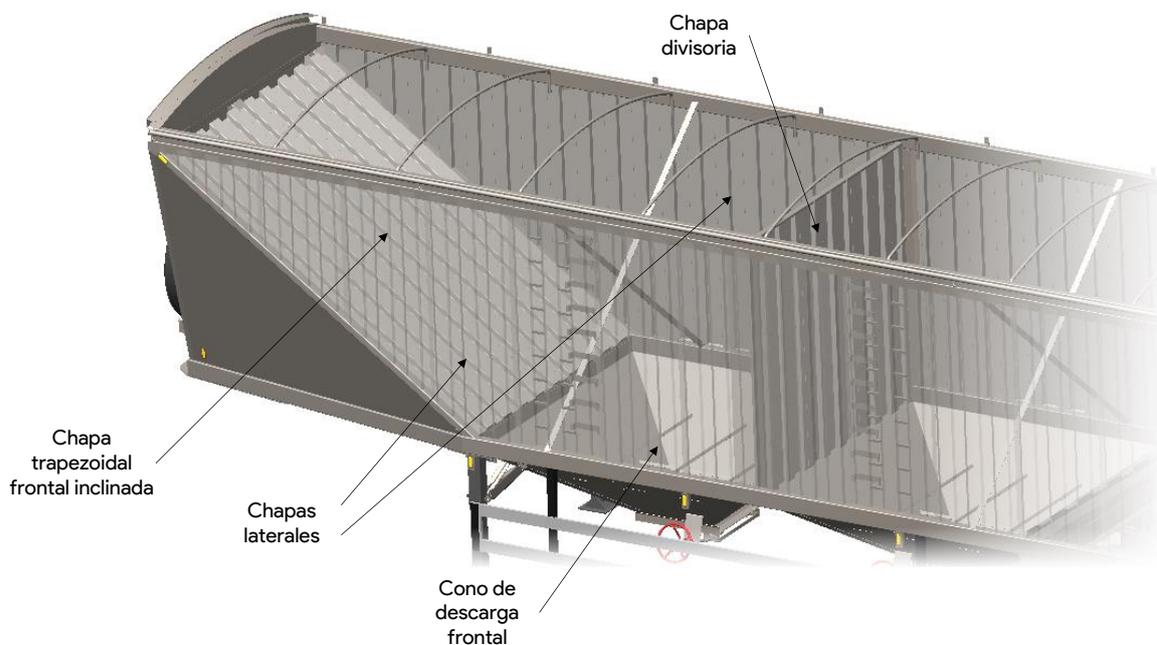


Ilustración 4.21: Partes que delimitan la tolva delantera.

#### 4.7.2 Tolva central:

Esta tolva se encuentra delimitada por la chapa trapezoidal divisoria, la chapa trapezoidal trasera inclinada, la cual posee un ángulo de  $145^\circ$  o  $35^\circ$  respecto a la horizontal, las chapas laterales y el cono de descarga frontal en la parte inferior. La misma es capaz de transportar un volumen de 23 metros cúbicos.

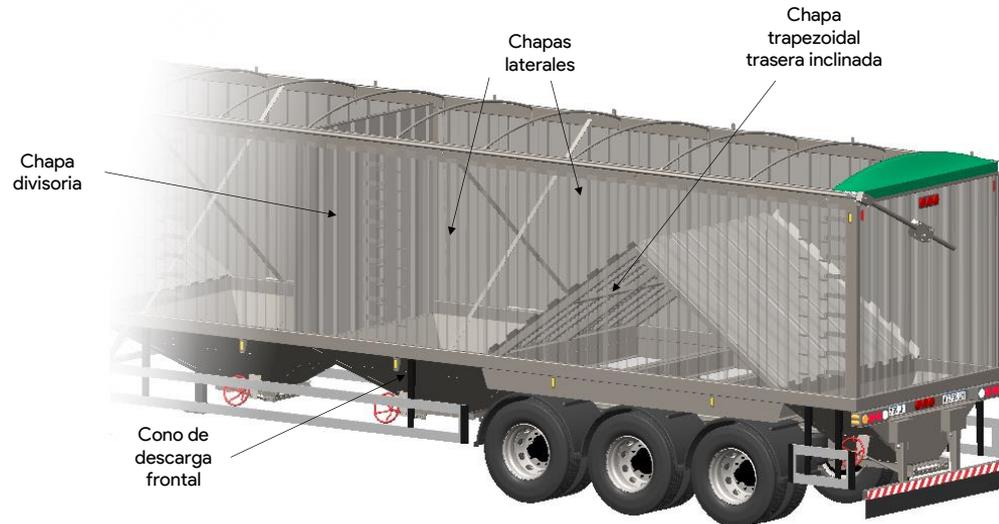


Ilustración 4.22: Partes que delimitan la tolva central.

#### 4.7.3 Tolva trasera:

Esta última tolva se encuentra delimitada por la chapa trapezoidal trasera, la chapa trapezoidal trasera inclinada, la cual posee un ángulo de  $145^\circ$  o  $35^\circ$  respecto a la horizontal, las chapas laterales y el cono de descarga frontal en la parte inferior. La misma es capaz de transportar un volumen de 12,35 metros cúbicos, completando así el total de 58 metros cúbicos que es capaz de transportar en este semirremolque.



Ilustración 4.23: Partes que delimitan la tolva trasera.

#### 4.7.4 Conos de descarga delantero:

Tanto la tolva delantera como la central cuentan con conos de descarga similares (Ilustración 4.24), aunque se encuentran ubicados simétricamente de forma que ambas abren hacia el centro del semirremolque, como puede verse en la Ilustración 4.25.



Ilustración 4.24: Conos de descarga delanteros.

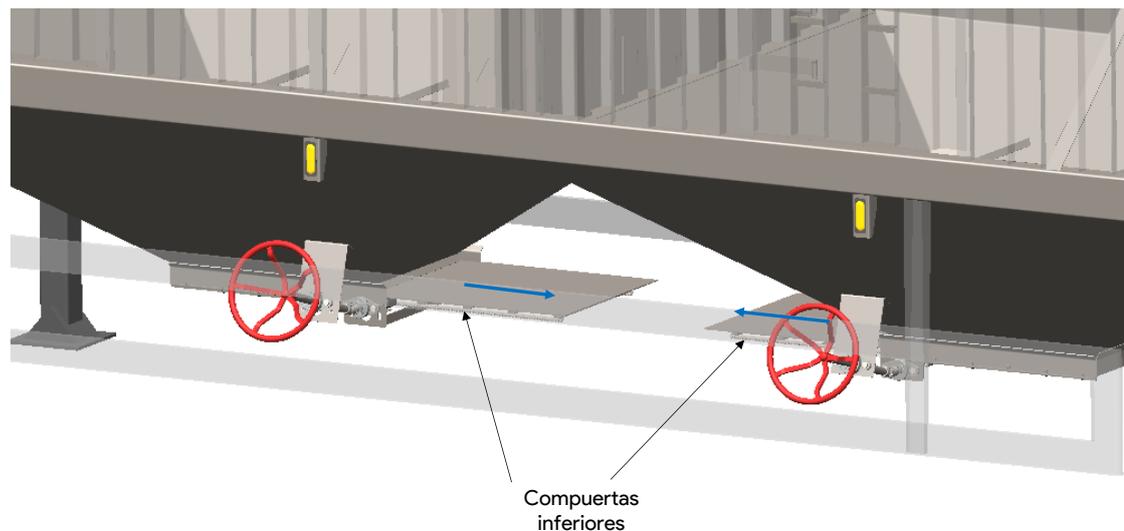


Ilustración 4.25: Compuertas inferiores de descarga.

Los conos de descarga delanteros están compuestos por chapas plegadas de 4,75 milímetros de espesor individuales que forman las cuatro paredes. Estas se sueldan unas con otras en los vértices de las superficies solapadas, formando así el cono de la tolva, el cual es de 35° respecto a la horizontal, respetando así el ángulo de reposo para el flujo de granos por gravedad. Cabe destacar que las chapas desplegadas de las paredes de la tolva tienen las dimensiones exactas para poder ser fabricadas a partir de chapa de 1.245 milímetros de ancho, proveídas por la empresa Ivanar.

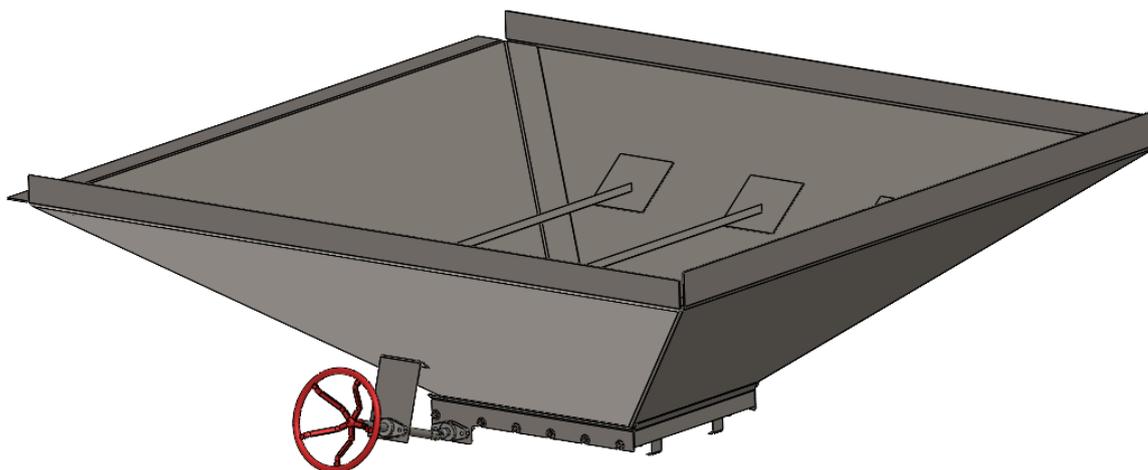


Ilustración 4.26: Cono de descarga delantero.

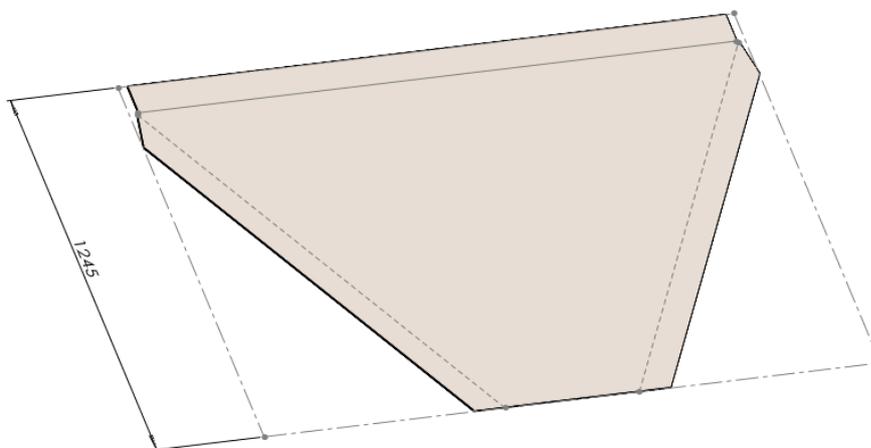


Ilustración 4.27: Chapa desplegada del cono de descarga delantero.

Debido a que la tolva está sometida a una presión interior, la mejor forma de aumentarle su resistencia y disminuirle las deformaciones es agregarle tensores interiores. Como se puede ver en la Ilustración 4.28, se agregaron una serie de tensores transversales y longitudinales, compuestos de perfiles angulares de 1" y unidos con soldadura a las paredes del cono de descarga mediante pañuelos de chapa que permiten la distribución más uniforme de los esfuerzos.

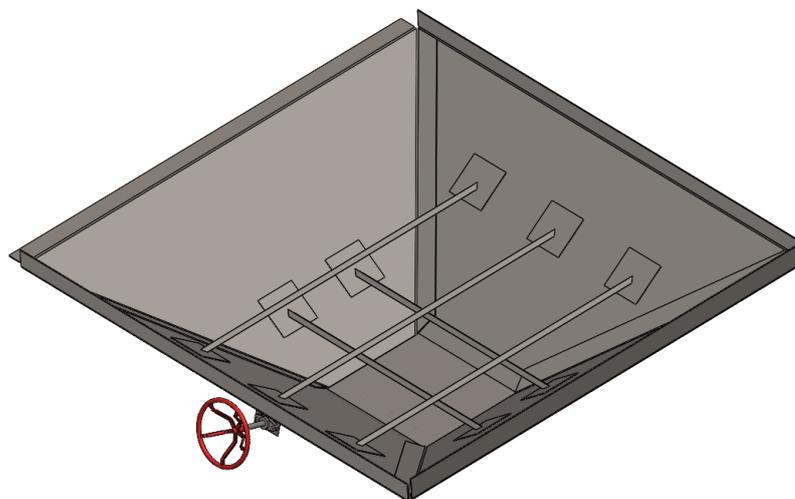


Ilustración 4.28: Tensores en el cono de descarga delantero.

En cuanto al análisis de resistencia, se aplicó a todas las superficies interiores del semirremolque una presión variable con la altura, tomando como el origen a la parte más alta del mismo. La presión variable está regida por la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * h$$

Donde:

- $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$ : Densidad aparente de la soja
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ : Constante gravitacional
- $h$ : Distancia entre origen y punto de análisis

El origen fue colocado a la altura correspondiente con el punto más alto del volumen de carga del semirremolque.

**Nota importante:** Para la condición simulada, el semirremolque estaría viajando con una gran sobrecarga, ya que se tendría el volumen completo de carga ( $58 \text{ m}^3$ ) cargado con soja, lo que da un peso de carga de 43.500 kg. Este peso de carga se encuentra aproximadamente 7.000 kg por sobre el límite legal, una vez considerado el peso del semirremolque y el camión tractor. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que esta condición de carga se de en la vida real, por lo tanto, se la toma como una situación de peor caso posible.

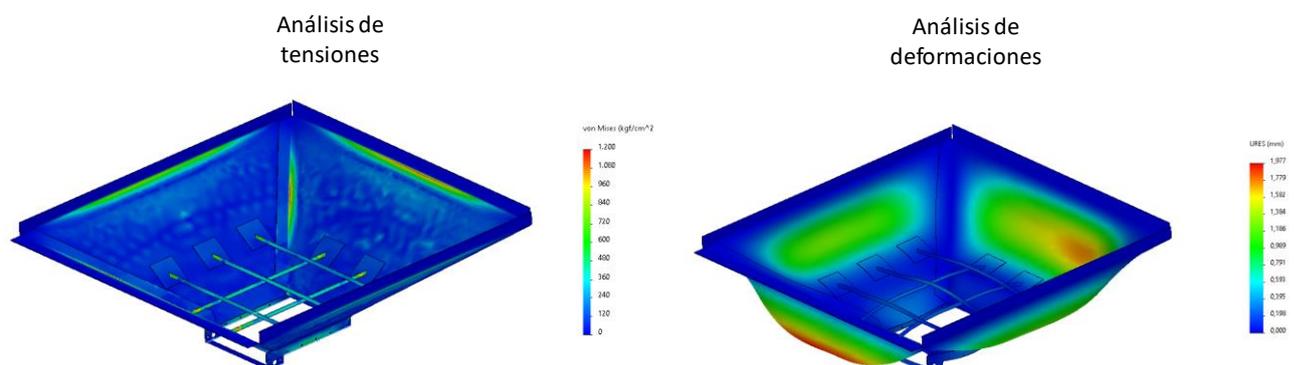


Ilustración 4.29: Resultados de los análisis FEM en el cono de descarga delantero. Tensiones y desplazamientos.

Las tensiones máximas se encuentran en  $1.250 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , otorgando un coeficiente de seguridad apenas menor a 2. Las deformaciones máximas rondan los 2 milímetros, y por lo tanto se consideran aceptables siendo que el subconjunto tiene dimensiones superiores a los  $2.000 \times 2.000$  milímetros.

Por último, se verá el diseño de la compuerta inferior, el cual es el mismo para las tres tolvas del semirremolque.

Como se puede ver en la Ilustración 4.30, la compuerta inferior está fabricada a partir de una chapa lisa a la cual se le sueldan refuerzos angulares de  $1''$ . Luego, sobre dichos refuerzos, se suelda de cada lado la cremallera correspondiente, completando así el subconjunto compuerta inferior.

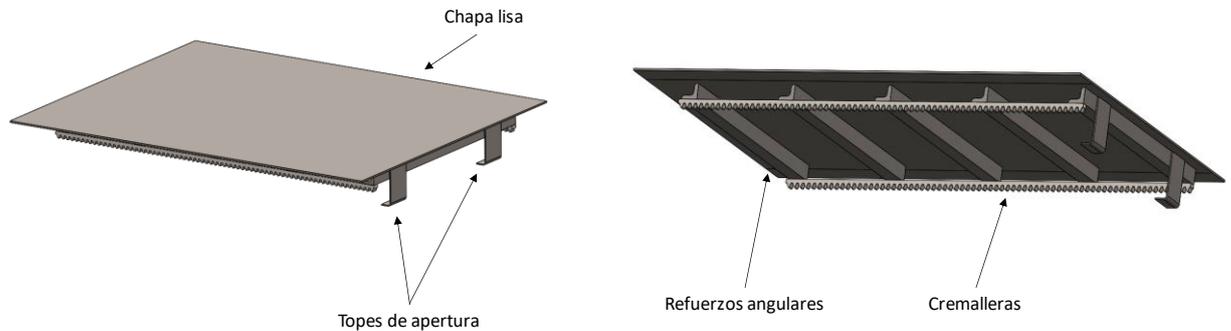


Ilustración 4.30: Compuertas inferiores.

Para el análisis de resistencia, se simuló el subconjunto siendo sostenido desde su costado, donde apoya sobre los rodillos, y se le aplicó una fuerza distribuida equivalente al peso de la columna de granos sobre él.

En cuanto a tensiones, los valores máximos se encuentran cómodamente dentro de nuestra tensión admisible, y las deformaciones máximas no llegan a 0,30 milímetros.

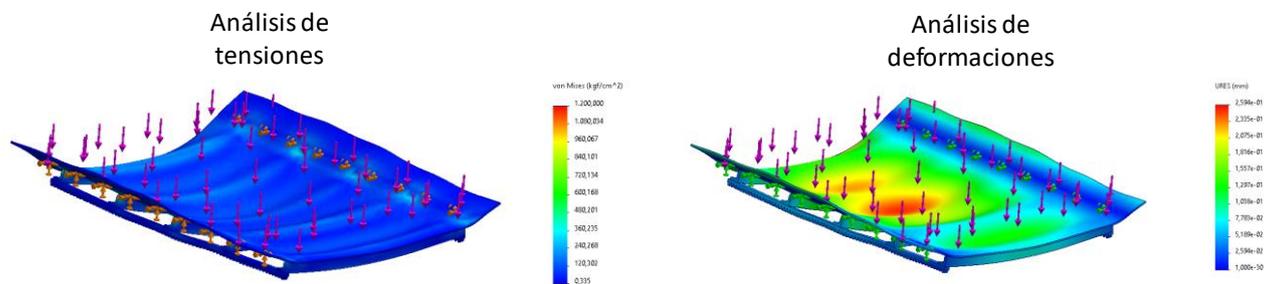


Ilustración 4.31: Resultados de los análisis FEM en la compuerta de descarga. Tensiones y desplazamientos

Finalmente, se realiza la verificación del sistema piñón-cremallera. Para realizar esto, se debe calcular cuál será la fuerza que el sistema deberá superar para poder abrir la compuerta.

La fuerza a superar será enteramente la de fricción que generan los granos sobre la cara superior de la compuerta cuando el semirremolque se encuentra cargado. Para obtener el valor de la fuerza, se tienen los siguientes datos:

- Densidad de granos: 750 {kg/cm<sup>2</sup>};
- Altura de columna de granos: 2,85 [m];
- Superficie de compuerta: 0,44 [m<sup>2</sup>];
- Coeficiente de fricción de los granos (peor caso): 0,46

Con dichos datos, se obtiene el valor de la fuerza de fricción:

$$\text{Presión de granos sobre compuerta (P)} = \rho * g * h = 20.950 \text{ Pa}$$

$$\text{Fuerza normal generada por granos (N)} = P * A = 9.217 \text{ N}$$

$$\text{Fuerza de rozamiento} = N * \mu = 4.240 \text{ N}$$

Esta fuerza se aplicará a la arista externa de los dientes de las cremalleras para verificar su resistencia. Si bien se sabe que la fuerza debería ser aplicada sobre su línea primitiva, se decide aplicarla sobre el punto más alejado del diente para simular el peor caso posible donde, por ejemplo, el sistema fue mal armado.

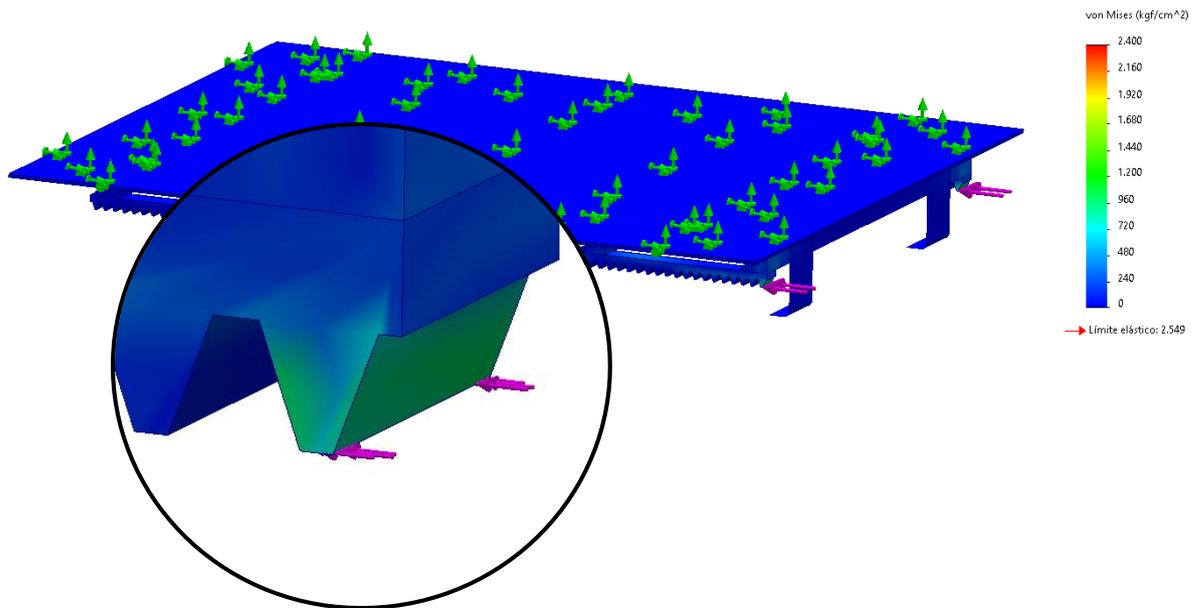


Ilustración 4.32: Tensiones en cremallera

Como se observa en la ilustración anterior, se fijó la parte superior de la compuerta y se aplicó la fuerza calculada a los dientes de ambos lados.

El resultado es que la cremallera es perfectamente capaz de resistir los esfuerzos a los que se somete, otorgando valores de tensiones máximas en el rango de los 900 [kg/cm<sup>2</sup>], perfectamente dentro de los valores de tensiones admisibles determinados para el proyecto.

#### 4.7.5 Cono de descarga trasero:

El cono de descarga trasero es prácticamente igual a los delanteros, con la principal diferencia de que se cambiaron sus dimensiones para que este pueda entrar en el espacio más acotado detrás del tándem de ejes.

Como se puede ver en la Ilustración 4.33, existen otras dos diferencias principales. La primera es que el sistema de apertura de la compuerta inferior ahora tiene un eje intermedio con doble junta universal, que permite correr el volante de apertura un poco más hacia el frente del semirremolque. Esto es necesario, ya que si no el volante interferiría con el paragolpes trasero. La segunda diferencia es que se agregaron refuerzos IPN 300 que cumplen el propósito de, en caso de una colisión trasera, transferir los esfuerzos del paragolpes hacia el subconjunto soporte de suspensión, que tiene alta rigidez y se encuentra directamente anclado a la estructura. Se entrará más en detalle sobre el diseño del paragolpes trasero en otras secciones de este informe.

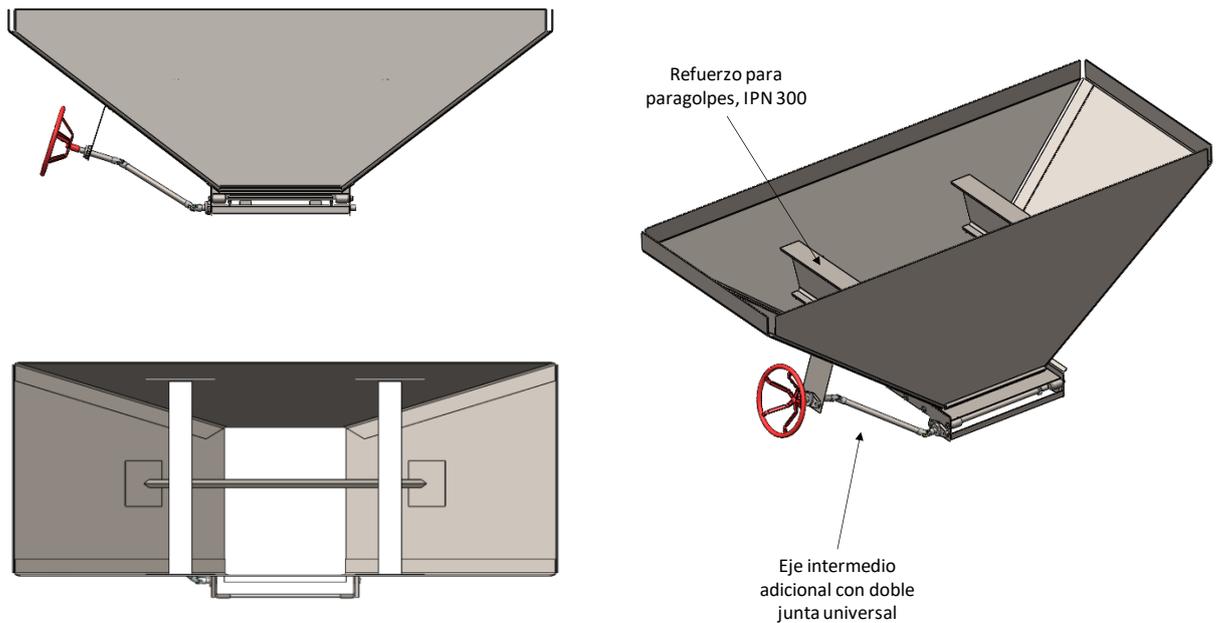


Ilustración 4.33: Cono de descarga trasero.

#### 4.7.6 Mecanismo de apertura manual:

El mecanismo de apertura de tolvas funciona a base de un sistema de piñón y cremallera. Este mismo se acciona mediante el giro manual de un volante, como puede verse en la Ilustración 4.34, el cual se encuentra conectado a un eje superior, el cual se conecta mediante una junta universal en su extremo con el eje horizontal que se encuentra por debajo de la compuerta. Cada uno de los ejes se encuentra sostenido y posicionado en su lugar gracias a rodamientos UCFL 205, los cuales tienen tornillos prisioneros que permiten evitar el deslizamiento de los ejes.

Los rodamientos mencionados poseen un diámetro de pista interna de 25 mm, el cual es coincidente con el diámetro de ejes adoptado para este mecanismo.

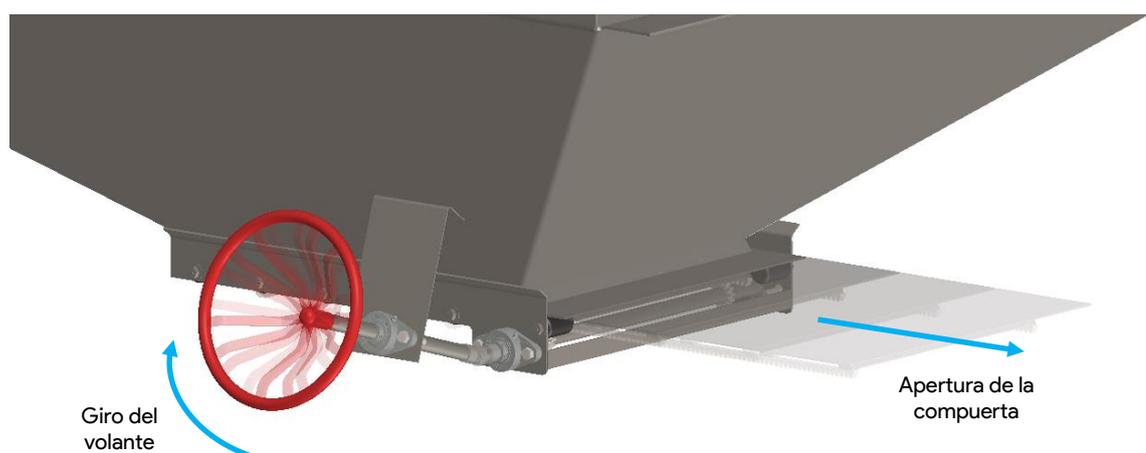


Ilustración 4.34: Movimiento del volante y de la compuerta de descarga.

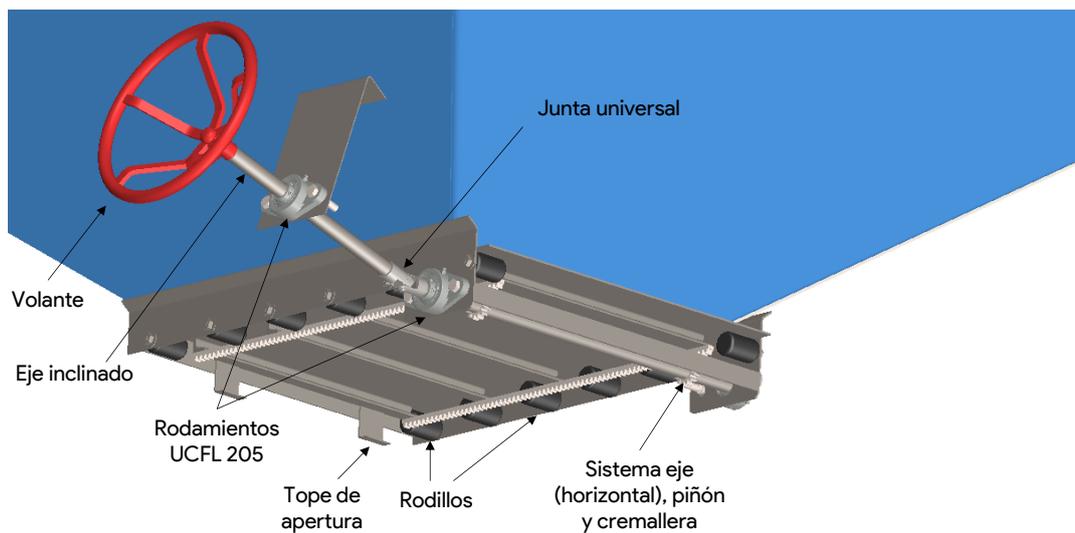


Ilustración 4.35: Partes del mecanismo de apertura.

Los rodamientos que sostienen al eje se encuentran montados sobre la chapa sostén mediante bulones y tuercas hexagonales M12. Como se puede observar en la Ilustración 4.36, el alojamiento para los bulones en la chapa se hizo ranurado (en lugar de ser simplemente circular) de manera de poder permitir una regulación en altura del eje, y consecuentemente, poder poner a punto correctamente el engrane entre la cremallera y el piñón.

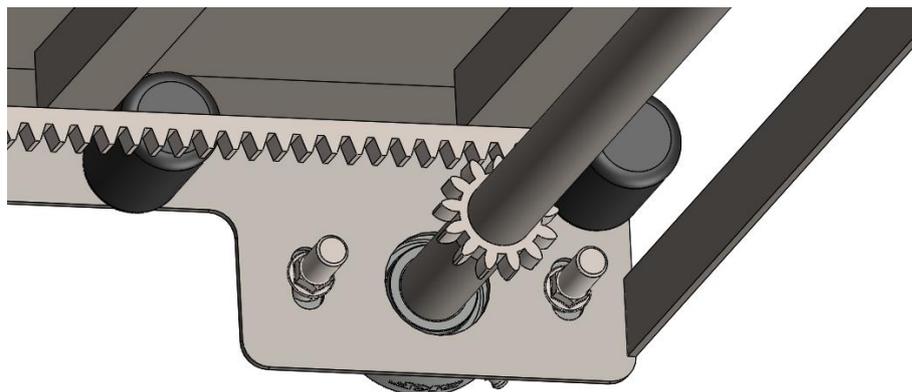


Ilustración 4.36: Detalle de piñón y cremallera.

Respecto al eje horizontal del mecanismo, este cuenta con dos piñones montados en la posición que estos hacen contacto con el resalte que este posee y luego son soldados para fijar su posición y asegurar el movimiento solidario con el eje, como puede verse en la Ilustración 4.37.

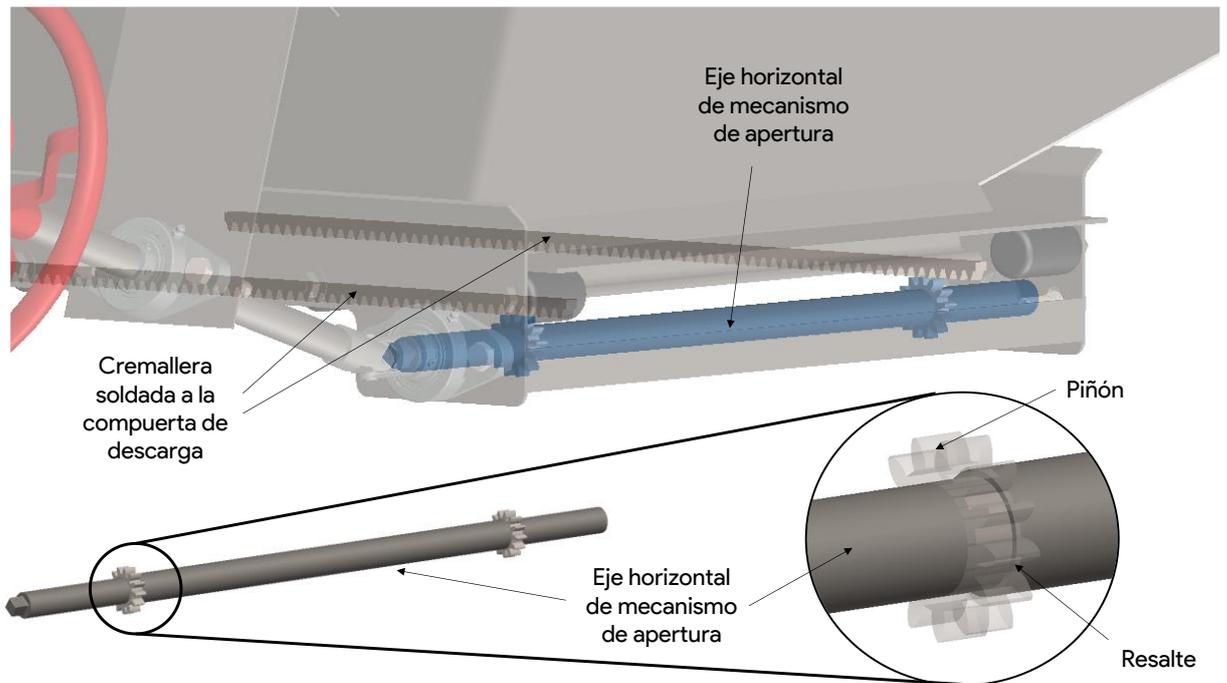


Ilustración 4.37: Detalle del eje horizontal.

Como fue mencionado, se recurre a la utilización de juntas universales para la vinculación de los ejes que permiten la apertura del sistema. Estas juntas permiten trasladar el movimiento rotacional de un eje a otro, incluso cuando estos tienen un cierto ángulo entre ellos.

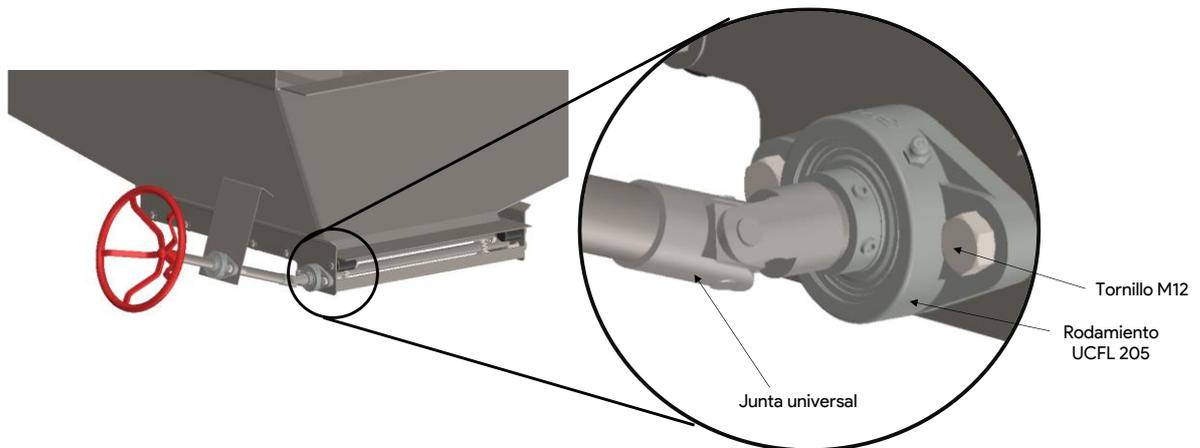
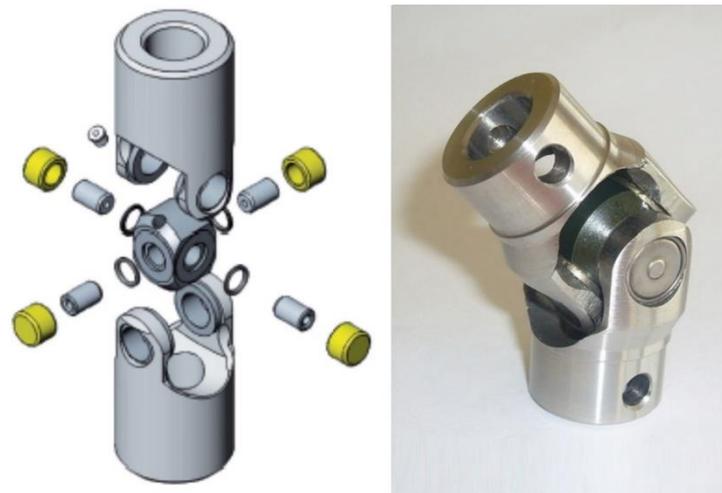


Ilustración 4.38: Detalle del rodamiento en el mecanismo inferior.

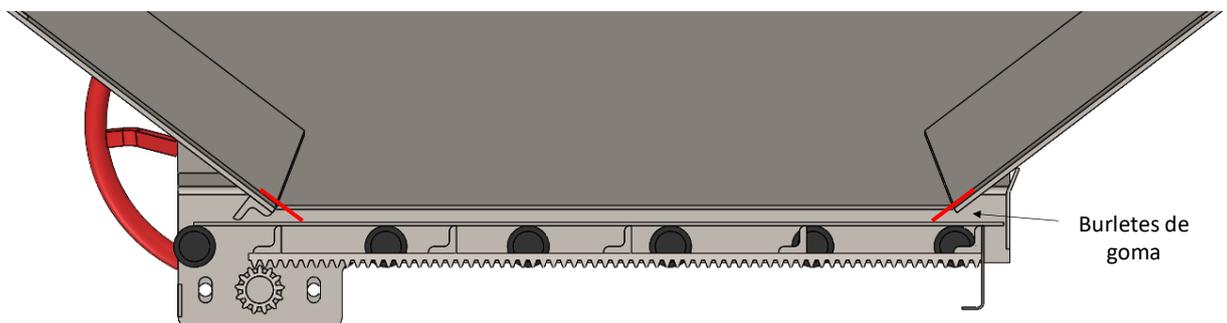
La siguiente ilustración muestra un despiece esquemático de una junta universal, así también como una foto real de la junta universal a utilizar en nuestro diseño. Notar que los ejes cardánicos se encuentran mecanizados en sus extremos para disminuirles el diámetro, y a la vez se les realiza un taladrado en a través del cual se pasa un perno que actúa como seguro, y permite al eje transmitir su rotación sin deslizamiento a la junta universal.



*Ilustración 4.39: Despiece junta universal.*

Para poder observar el conjunto en más detalle, se presenta la siguiente vista en corte de la tolva con su mecanismo inferior de apertura de compuerta.

Como se puede observar, se coloca en cada pared de la tolva una pequeña tira de goma semirrígida que actúa como burlete (representado en rojo en la imagen), sellando la tolva del exterior, y evitando así la fuga de granos por la luz existente entre el cono de la tolva y su compuerta. Estos burletes de goma son fijados a las paredes correspondientes mediante la utilización de tornillos autoperforantes colocados cada un intervalo de 150 mm, que cuentan con arandelas para no dañar la goma por aplastamiento.



*Ilustración 4.40: Detalle de burletes.*

En la siguiente ilustración se puede observar un detalle de la sección de la compuerta de la tolva cuando esta se encuentra abierta. Se puede notar que el momento generado por el peso propio de la compuerta generaría la rotación de la compuerta en sentido antihorario. Esto, sin ningún soporte, generaría obviamente que la compuerta se caiga.

Para solucionar este problema, se agregó un último rodillo (el que se puede ver en la imagen a la izquierda del eje con piñón) para que allí se genere una reacción hacia arriba. En este momento, la compuerta rotaría levemente en sentido antihorario, hasta empezar a hacer contacto con el refuerzo angular. Al ocurrir eso, se genera una segunda reacción hacia abajo, que, complementada con la reacción hacia arriba recién mencionada, genera un momento o par que contrarresta aquel generado por el peso de la compuerta, sosteniéndola en su lugar. A su vez, los topes de apertura hacen contacto con el eje y no dejan que la compuerta se siga abriendo.

Cabe destacar que la distancia entre el perfil angular y la compuerta en posición horizontal perfecta es menor a 5 mm, de manera que la rotación antihoraria que se produciría sería muy leve.

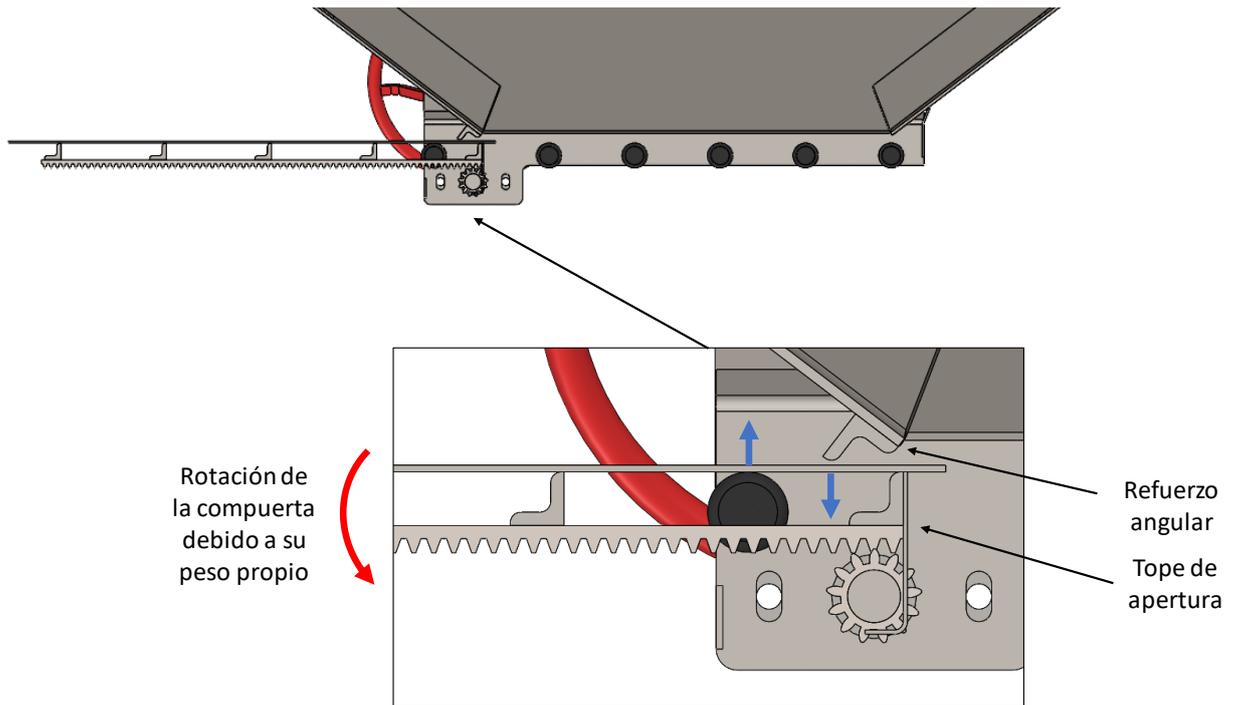


Ilustración 4.41: Corte y detalle del mecanismo de apertura.

En cuanto al volante, este cuenta con un agujero prismático, el cual se inserta sin hacer fuerza sobre la punta prismática del eje al momento de realizar la apertura o cierre de las tolvas, permitiendo este ser retirado luego de dicha tarea para impedir que cualquier persona realice la acción de apertura.

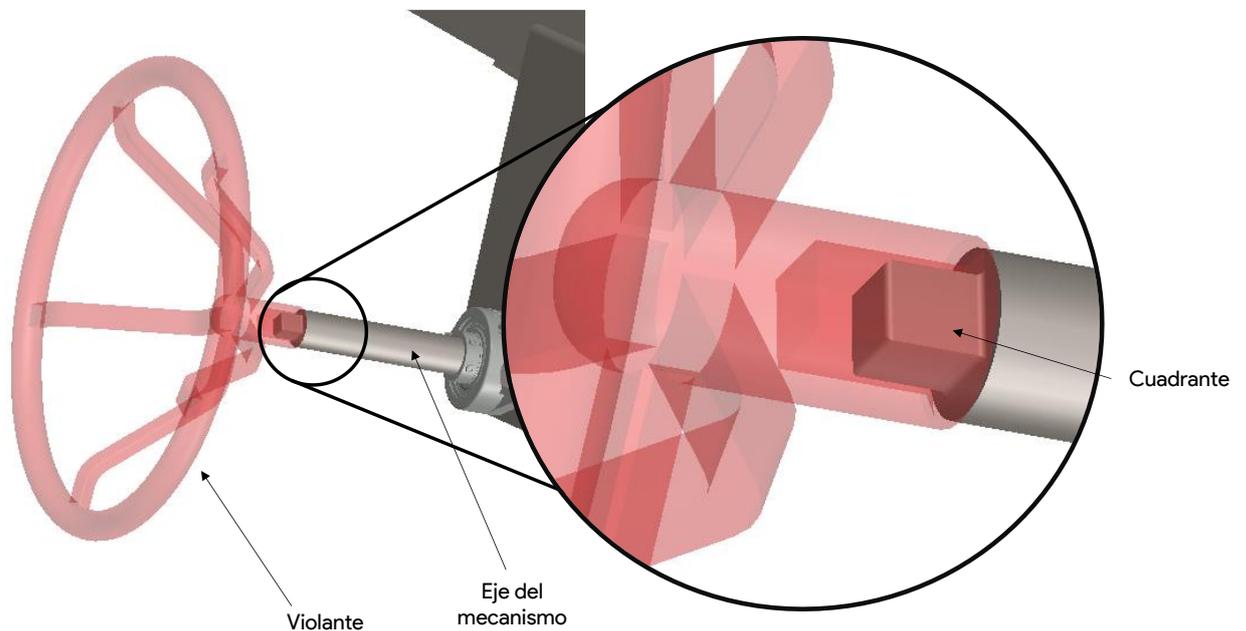


Ilustración 4.42: Encastre del volante en el eje inclinado.

#### 4.8 Diseño de paragolpes trasero:

En lo que respecta el diseño del paragolpes trasero, debemos tener en cuenta la normativa que gobierna este elemento del semirremolque, comentada anteriormente en el punto 2.2.3. En esta se indican una serie de dimensiones que el paragolpes trasero debe cumplir, así como también el ensayo que debe verificar para su aprobación.

Para este, hemos decidido instalar un paragolpes de la marca Luparini. Este se encuentra ensayado por INTI según los parámetros de ensayo establecidos en la normativa correspondiente y se encuentra destinado para las unidades de la categoría O4 a la cual pertenece nuestro semirremolque. A continuación, en la Ilustración 4.36 se puede ver un despiece del conjunto en cuestión.

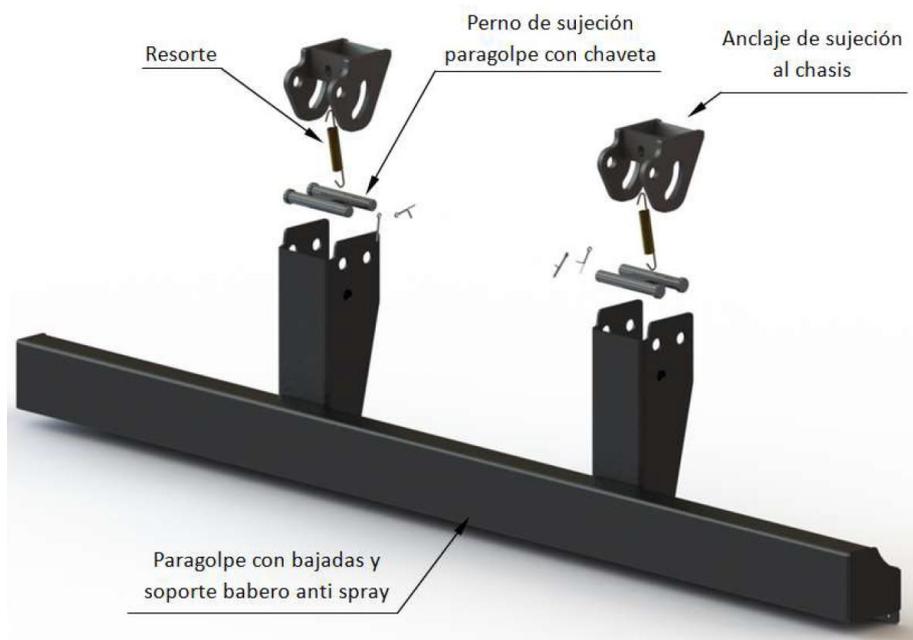


Ilustración 4.43: Paragolpe trasero normalizado Luparini.

En el manual de instalación del paragolpes, el cual se lo puede encontrar en el Anexo I, tendremos las indicaciones a seguir para garantizar su funcionamiento correcto, junto con las especificaciones de soldadura y de las vigas de chasis a la cual debe ser adosado.

El manual indica que las vigas a la cual será soldado el conjunto deben tener una resistencia mínima equivalente a la de una viga tipo "I" SAE 1010 (12,7 mm x 4,76 mm x 9,53 mm), con valores de módulo resistente y momento de inercia indicados a continuación:

$$\sum I_{xx} = 78.129.825,73 \text{ mm}^4$$

$$\sum W_{xx} = 530.089,05 \text{ mm}^3$$

A modo de tener una conexión firme al chasis del semirremolque al cual poder conectar el paragolpes, se extendió las vigas a través de la tolva trasera, como se lo puede ver la Ilustración 4.44 en un corte realizado en el modelo.

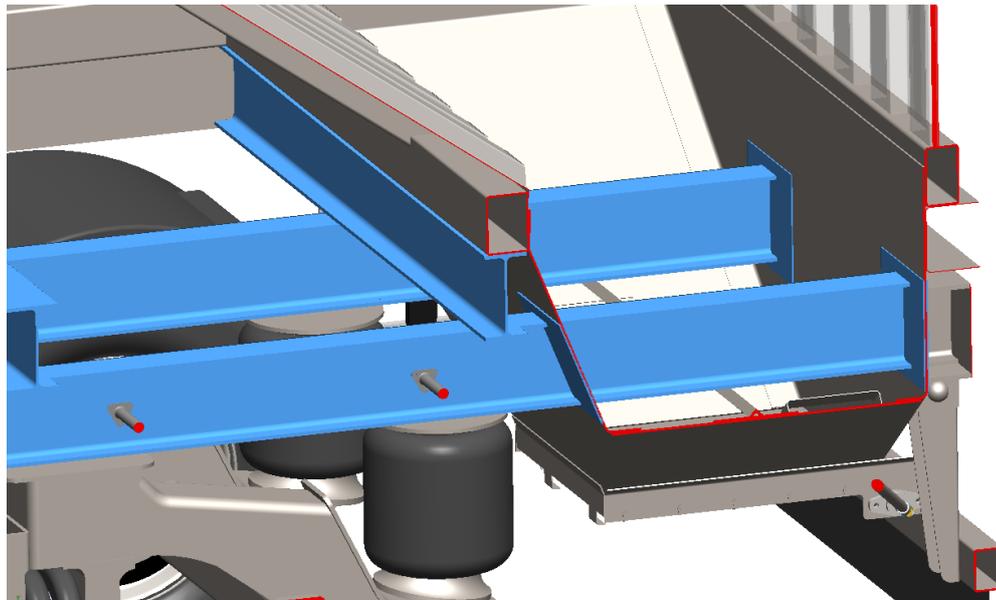
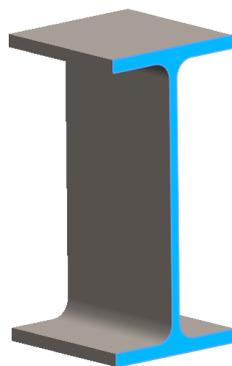


Ilustración 4.44: Detalle de extensión de vigas de chasis.

Se puede ver el empleo de pañuelos en los extremos de las vigas, a modo de distribuir las tensiones a la hora de soldar en las diferentes chapas de la tolva.

Luego, debemos verificar si el perfil empleado en el chasis cumple con los requerimientos impuestos por el paragolpes, para ello se consultan con las propiedades del perfil. Cabe resaltar que se está empleando un perfil IPN200.



- IPN200
- Altura: 200 mm
  - Ancho: 100 mm
  - $I_{yy}$ : 19.431.682,51 mm<sup>4</sup>

Ilustración 4.45: Sección de IPN200.

Es necesario reforzar la viga, pues no cumplimos con el momento de inercia necesario. Para ello se agrega un par de planchuelas de manera que se alejen la mayor distancia del baricentro.

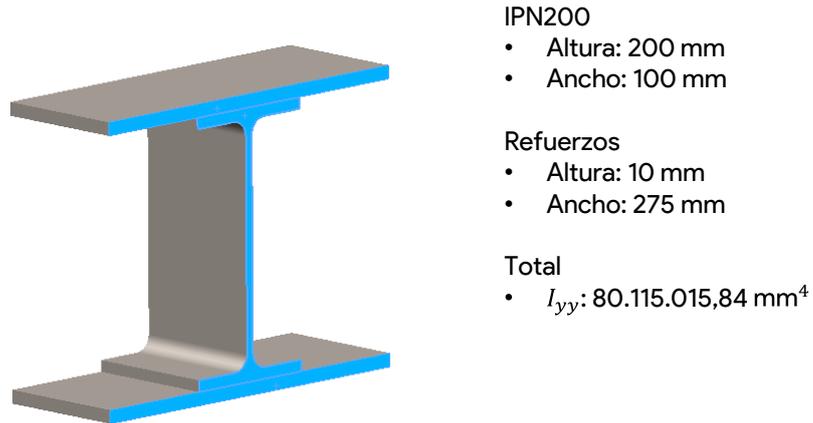


Ilustración 4.46: Sección de IPN200 + Refuerzos.

#### 4.8.1 Simulación de paragolpes trasero:

En lo que respecta la simulación de esta pieza, se tomó la fuerza de la normativa anteriormente comentada. Esta consiste en una fuerza aplicada en el paragolpes con una fuerza total de 15.000 kg. En cuanto a las sujeciones, a la hora de realizar este ensayo de forma práctica, el semirremolque es fijado por medio de los ejes. Teniendo esto en cuenta, ubicamos las sujeciones en las secciones de la viga del chasis donde hace contacto la suspensión y ejes. Esto es posible verlo en la Ilustración 4.47 a continuación.

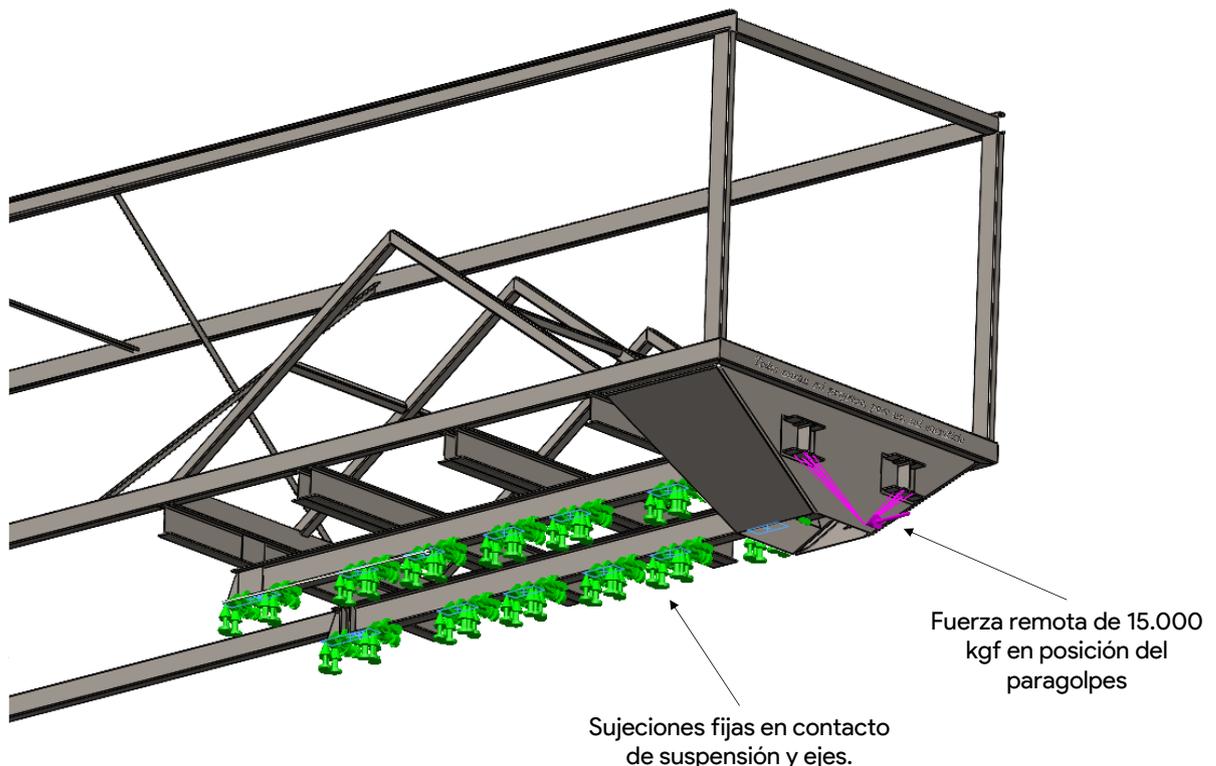


Ilustración 4.47: Condición de simulación de paragolpes.

Luego, estos son los resultados obtenidos de la simulación:

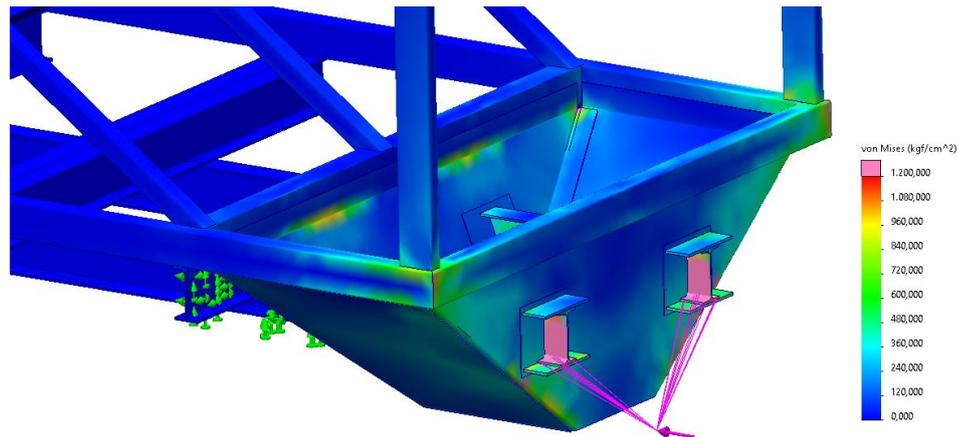


Ilustración 4.48: Resultado de simulación de paragolpes por fuera de la tolva.

La simulación indica en color rosado aquellos puntos donde se ha superado la tensión máxima admisible de  $1.200 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , pudiendo verlo en la viga extendida del chasis. Sin embargo, esto corresponde únicamente en la sección de la viga donde el paragolpes se encuentra fijado. Al cumplir con los parámetros indicados por el fabricante de la unidad a instalar, nos encontramos en condiciones de decir que el diseño verifica el ensayo del paragolpes.

Además, en la Ilustración 4.49 podemos ver la simulación dentro de la tolva.

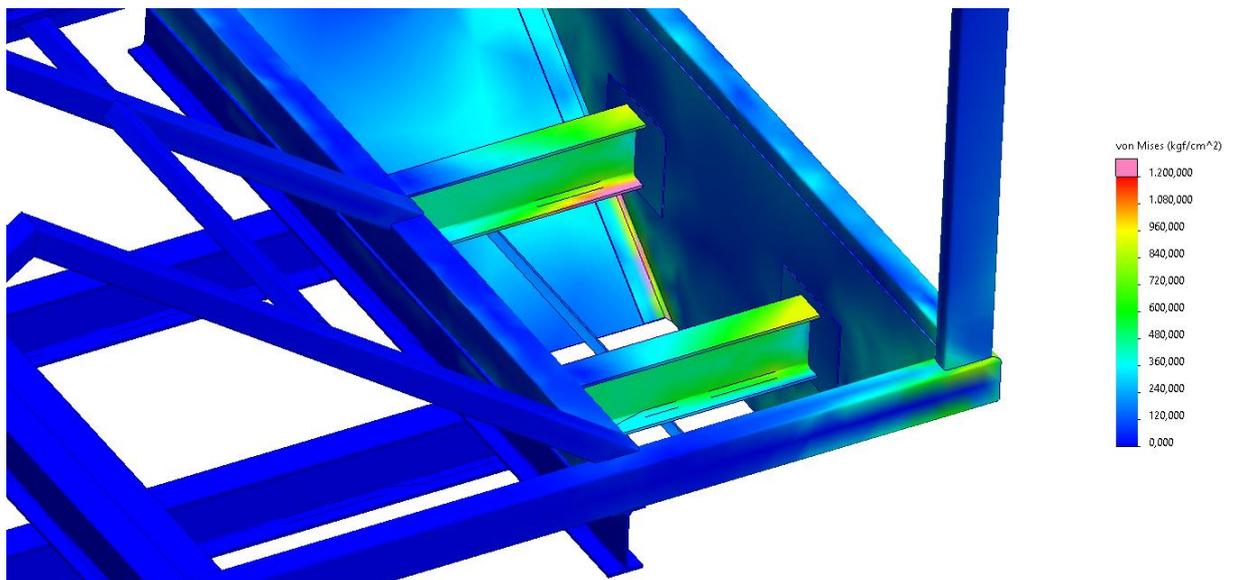


Ilustración 4.49: Resultado de simulación de paragolpes dentro de la tolva.

Si bien se pueden ver zonas donde se superaron los  $1.200 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , el valor máximo es igual a  $1.312 \text{ [kg/cm}^2\text{]}$ , el cual se encuentra cerca del coeficiente de seguridad de 2.

#### 4.9 Selección de paragolpes lateral:

Para la realización de los paragolpes laterales, también conocidos “guarda ciclistas”, volveremos a recurrir a la marca “Luparini”, la cual vende las partes necesarias para el armado a medida de las protecciones necesarias. En nuestro caso, es necesario colocar dos tramos de paragolpes, como se puede ver en la Ilustración 4.50.

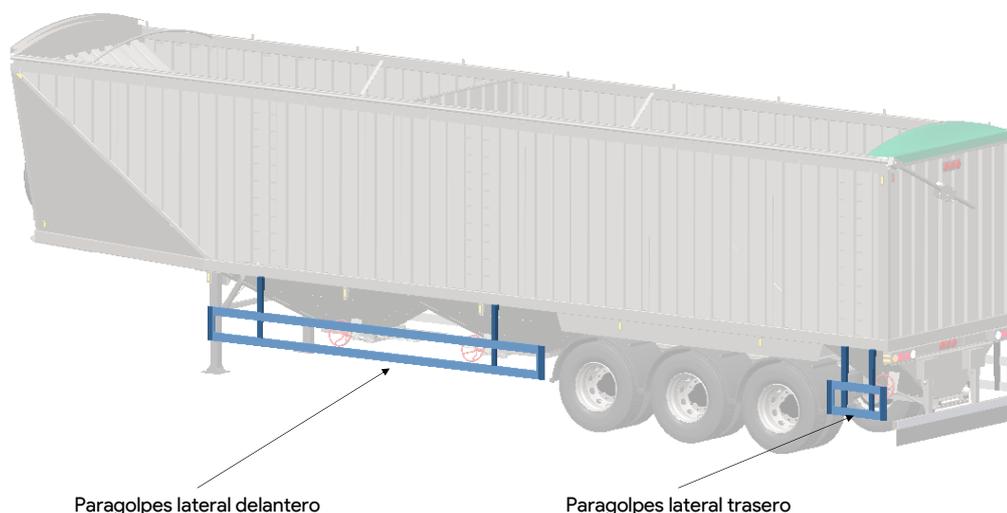


Ilustración 4.50: Paragolpes laterales en el semirremolque diseñado.

El paragolpes lateral delantero tiene un largo de 4.700 milímetros, mientras que el trasero es de 700 milímetros. Para armar dichos conjuntos, se compran del local anteriormente mencionado las siguientes partes para su armado:

- Perfil de aluminio protector;
- Soporte rebatible;
- Tapa curva.



Ilustración 4.51: Perfil de aluminio protector.



Ilustración 4.52: Soporte rebatible.



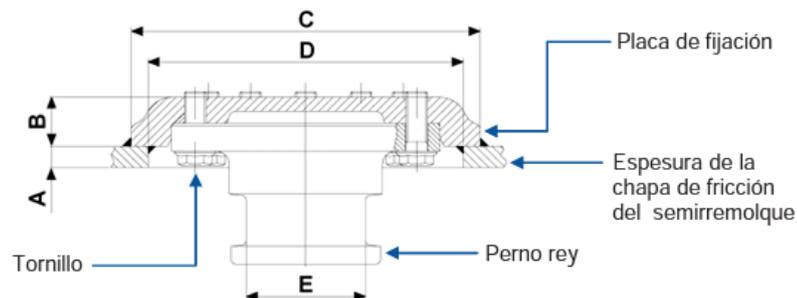
Ilustración 4.53: Tapa curva.

#### 4.10 Diseño de punto de anclaje (King Pin):

Teniendo en cuenta las consideraciones legales anteriormente comentadas, se ha decidido emplear el perno rey de la marca JOST de 2" - 8 tornillos. Este posee las siguientes dimensiones a respetar.

### Perno rey 2" y 3.½" JOST

#### Conjunto perno rey, tornillos y placa de fijación

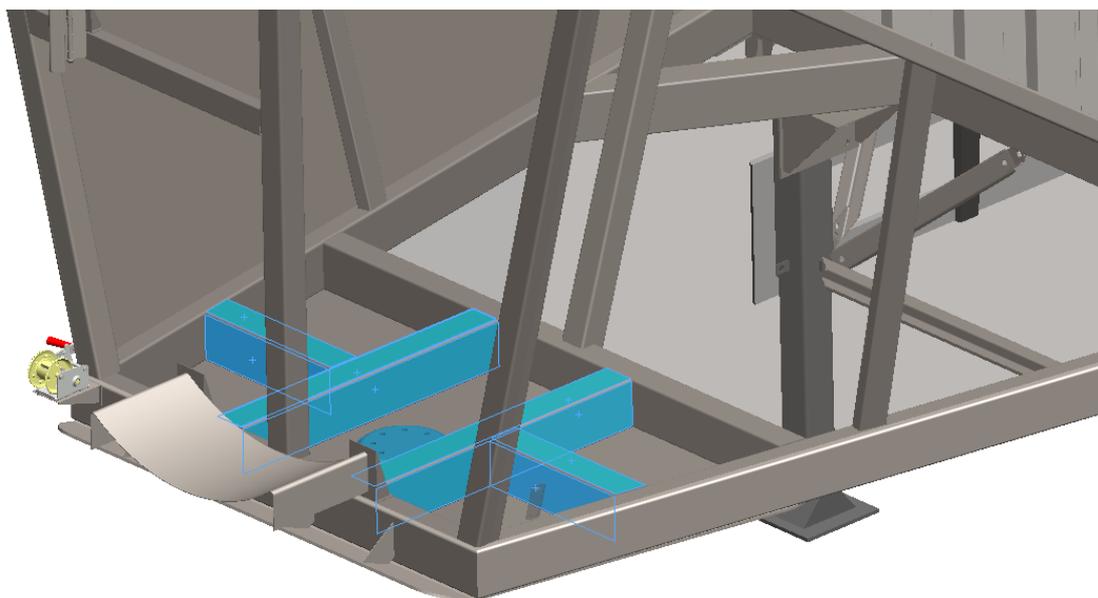


#### Dimensional

Código conjunto perno rey, tornillo y placa	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	E	Valor D (kN)
260000085 (2" - 8 tornillos)	8	37	Ø260	Ø235	Ø2"	162
260000086 (2" - 8 tornillos)	10	34	Ø260	Ø235	Ø2"	162
260000192 (2" - 8 tornillos)	12	33	Ø260	Ø235	Ø2"	162
260000101 (3.½" - 8 tornillos)	10	34	Ø260	Ø235	Ø3.½"	162
260000196 (3.½" - 8 tornillos)	12	34	Ø260	Ø235	Ø3.½"	162
260000161 (3.½" - 12 tornillos)	16	37	Ø260	Ø235	Ø3.½"	200
PR00006J00 (3.½" - 12 tornillos - agujero central)	16	37	Ø260	Ø235	Ø3.½"	200

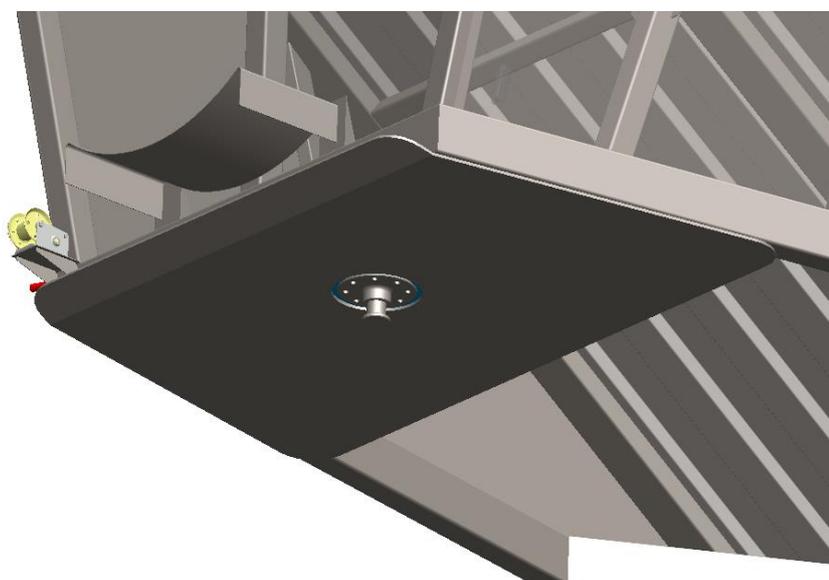
Ilustración 4.54: características de perno rey JOST.

Por lo tanto, respetando estas dimensiones se modeló y reforzó la estructura para resistir los esfuerzos con el semirremolque completamente cargado. Cabe recalcar que, dentro del manual de instalación del perno, podemos encontrar las características a seguir para la soldadura de la placa de fijación en la chapa de fricción. Es posible ver en la ilustración anterior donde iría soldado, pero se entra en más detalle dentro del manual de este.



*Ilustración 4.55: Refuerzos de perno rey.*

Estos refuerzos, indicados en celeste en la ilustración anterior, corresponden a tubos estructurales de 140x100x4,75mm. Luego, se puede ver la chapa de fricción, quien posee un espesor de 10 milímetros según lo indicado en el manual de instrucción del perno rey. También se puede apreciar un plegado en la parte frontal para facilitar el contacto con el plato de enganche del vehículo tractor.



*Ilustración 4.56: Chapa de fricción.*

#### 4.10.1 Simulación de estructura de perno rey:

Agregando una sujeción en una circunferencia, la cual haría contacto con el plato de enganche del tractor, podemos simular y obtener los siguientes resultados.

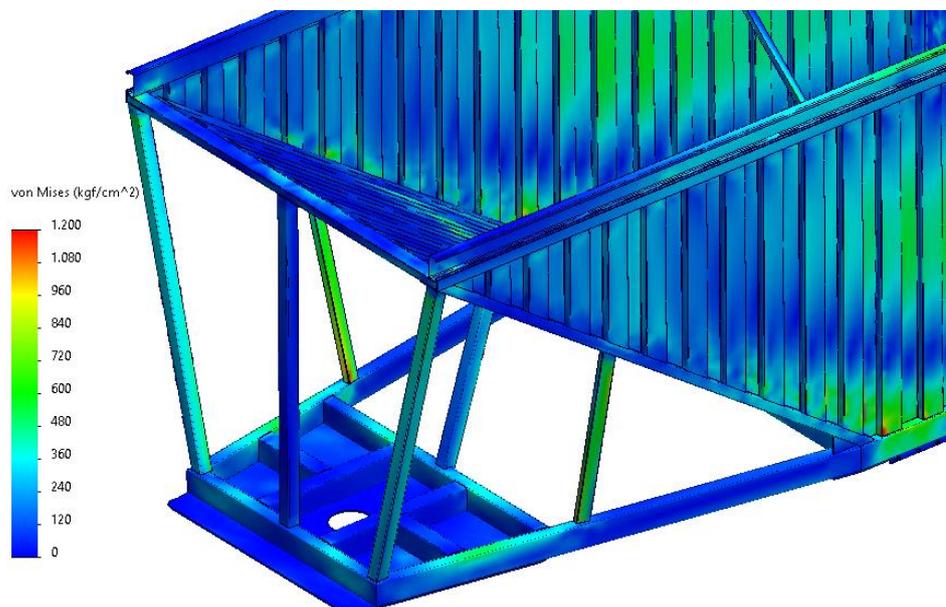


Ilustración 4.57: Detalle de simulación de semirremolque de perno rey.

Siendo esta la simulación general del semirremolque, en la sección 4.16 se desarrollará en mayor detalle la manera en que se simuló esta condición extrema del semirremolque.

#### 4.11 Diseño de patas de apoyo:

Para las patas de apoyo se decide emplear el modelo RAL-2115 de la marca Robustec. Este modelo es capaz del levantamiento de 24 toneladas, suficiente para la carga aplicada sobre las patas con un semirremolque lleno y sin la presencia del camión.

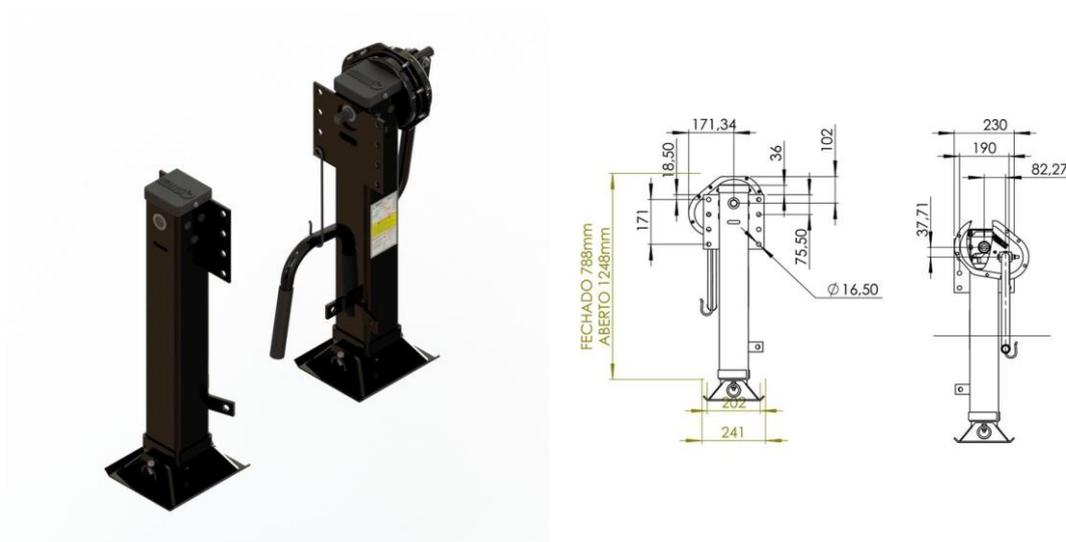


Ilustración 4.58: Patas de apoyo modelo RAL-2115 de Robustec.

Dentro del catálogo podemos encontrar la geometría de la placa de fijación a la cual será abulonada la pata de apoyo. Teniendo esto en cuenta se diseñaron los siguientes puntos de apoyo.



Ilustración 4.59: Conjunto de patas de apoyo completo representado en SolidWorks.



Ilustración 4.60: Punto de apoyo.

Encontraremos una escuadra a la cual será adosada a las patas de apoyo y diferentes tirantes que agregarán resistencia al conjunto.

Cabe recalcar la adición de refuerzos en la estructura autoportante para poder fijar la escuadra de los puntos de apoyo, en la siguiente foto es posible ver estos refuerzos.

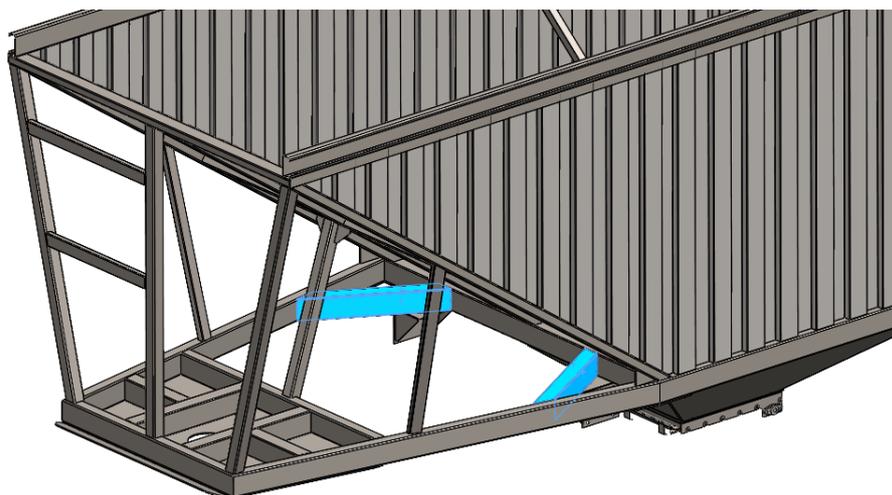


Ilustración 4.61: Refuerzos en la estructura para los puntos de apoyo de las patas.

#### 4.11.1 Simulación de puntos de apoyo:

La simulación se llevó a cabo ubicando sujeciones en los agujeros de la placa de fijación de las patas y en los puntos de apoyo de los ejes y suspensión en el chasis. Los resultados de la simulación se encuentran a continuación.

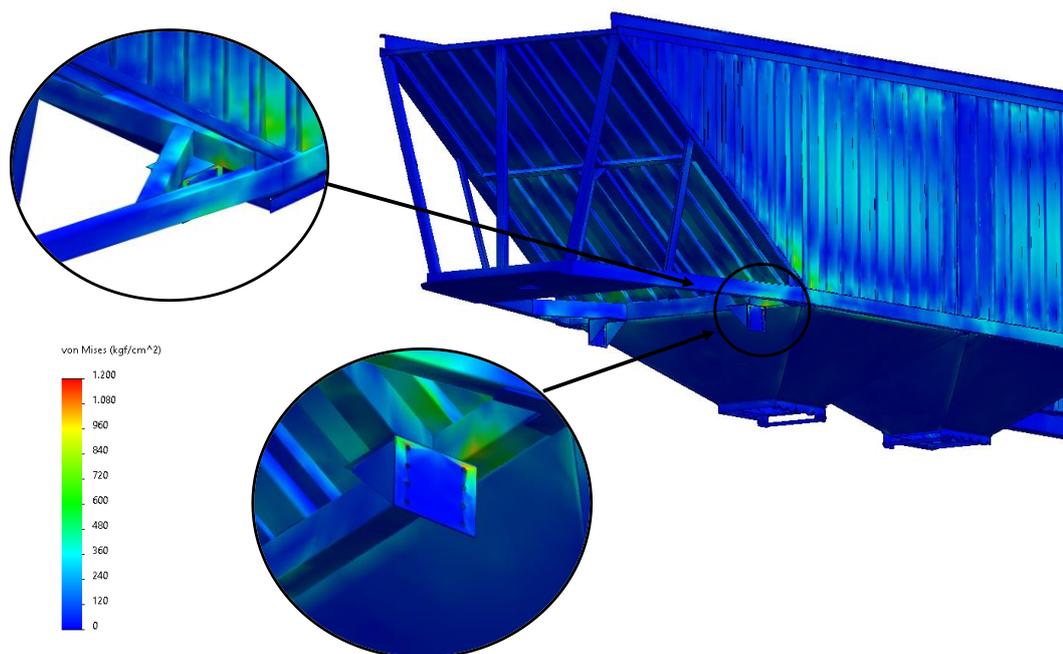


Ilustración 4.62: Simulación de puntos de apoyo.

Por lo tanto, podemos ver que verifican las simulaciones al obtener tensiones menores a 1.200 [kg/cm<sup>2</sup>]. Esto nos permite garantizar la seguridad del semirremolque en el caso que sea necesario apoyarlo en las patas de apoyo con la carga máxima.

## 4.12 Selección de suspensión y ejes:

Para el tándem de tres ejes del semirremolque, luego de consultar con distintos proveedores, se elige colocar tres suspensiones neumáticas con la posibilidad de colocar uno de los tres ejes sea capaz de ser elevado cuando el semirremolque se encuentra descargado. El modelo seleccionado es "Suspensión Neumática ITG" del fabricante Boero Suspensiones. Este conjunto viene de forma individual (se colocan tres) con la suspensión neumática propiamente dicha, junto con un eje para colocar ruedas duales y capaces de soportar hasta 12 toneladas cada uno. Además, el fabricante ofrece la incorporación opcional de ABS y EBS, lo cual es necesario por normativa.

Un sistema innovador para clientes que buscan baja tara y excelentes prestaciones de estabilidad. Con mínimo mantenimiento y la posibilidad de agregar ABS y EBS.

**Alturas de trabajo:** desde 355 hasta 472 mm. Capacidad: 12 Tn.

**Aplicaciones:** Semirremolques 1+1, 2 ejes en tándem, 3 ejes en tándem.



Ilustración 4.63: Extracto de la página web del fabricante.

En el "Anexo I" al final del informe se encontrará un plano con las dimensiones de esta.

### 4.12.1 Llantas:

Las llantas elegidas para el semirremolque son R22,5x9 con 10 agujeros, fabricadas de aluminio. El conjunto cuenta con un total de doce (12) de estas, más una adicional de repuesto y que se encuentra en la parte delantera del semirremolque.



Ilustración 4.64: Llanta R22,5x9 con 10 agujeros.

### 4.12.2 Neumáticos:

Los neumáticos a utilizar deben ser de medida 295 / 80 R22,5 de cualquier marca y modelo homologados para su venta y utilización en nuestro país.



Ilustración 4.65: Neumáticos 295/80 R22,5.

### 4.13 Soportes suspensión y ejes:

En la Ilustración 4.66 se puede observar cómo se resolvió el soporte de suspensión y ejes. El mismo está conformado íntegramente por perfiles IPN 200, en la disposición que se muestra.

A su vez, se agregaron refuerzos al alma de los perfiles donde la suspensión se vincula a los mismos. Se determinó que estos refuerzos eran necesarios para evitar altas tensiones en aquellas situaciones donde, por ejemplo, el semirremolque se encuentra tomando una curva, o el terreno presenta irregularidades que pueden causar torsiones en la estructura, así también como cargas irregularmente distribuidas entre ejes.

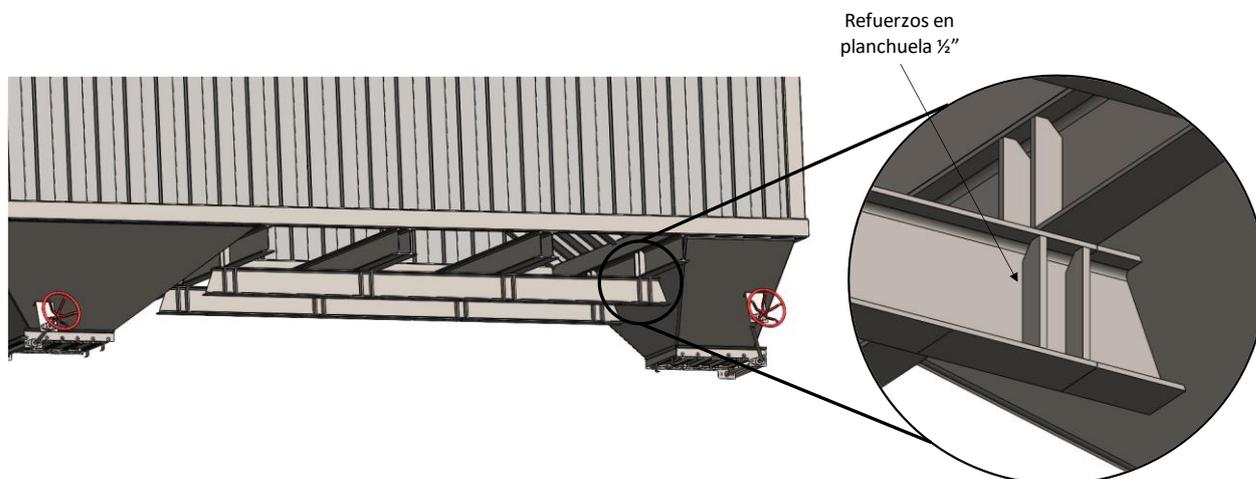


Ilustración 4.66: Soportes de suspensión y ejes.

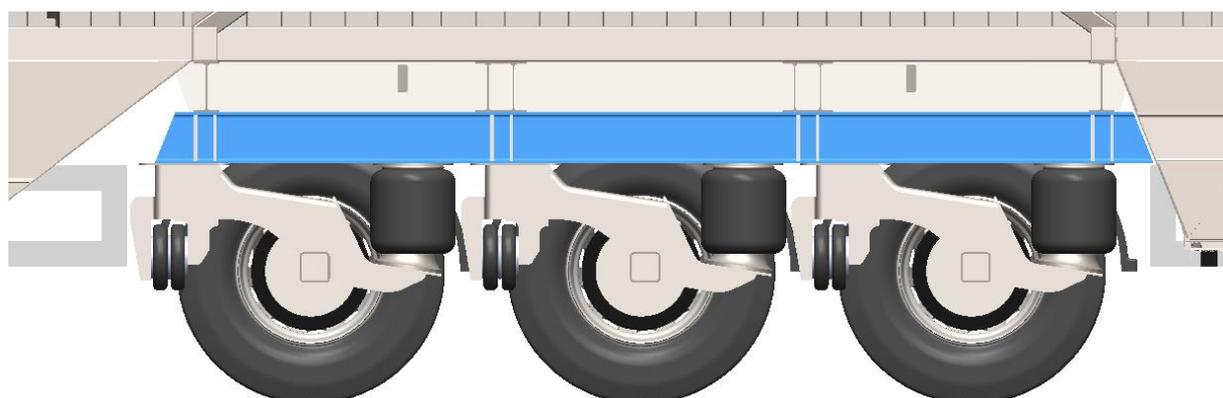


Ilustración 4.67: Corte donde se ve la suspensión y el sistema de sujeción.

En cuanto a la vinculación entre las suspensiones y la estructura del semirremolque, la misma se realiza mediante soldadura en toda su periferia en la parte de las manoplas, mientras que el pulmón principal se encuentra unido a la misma mediante dos bulones cada uno.

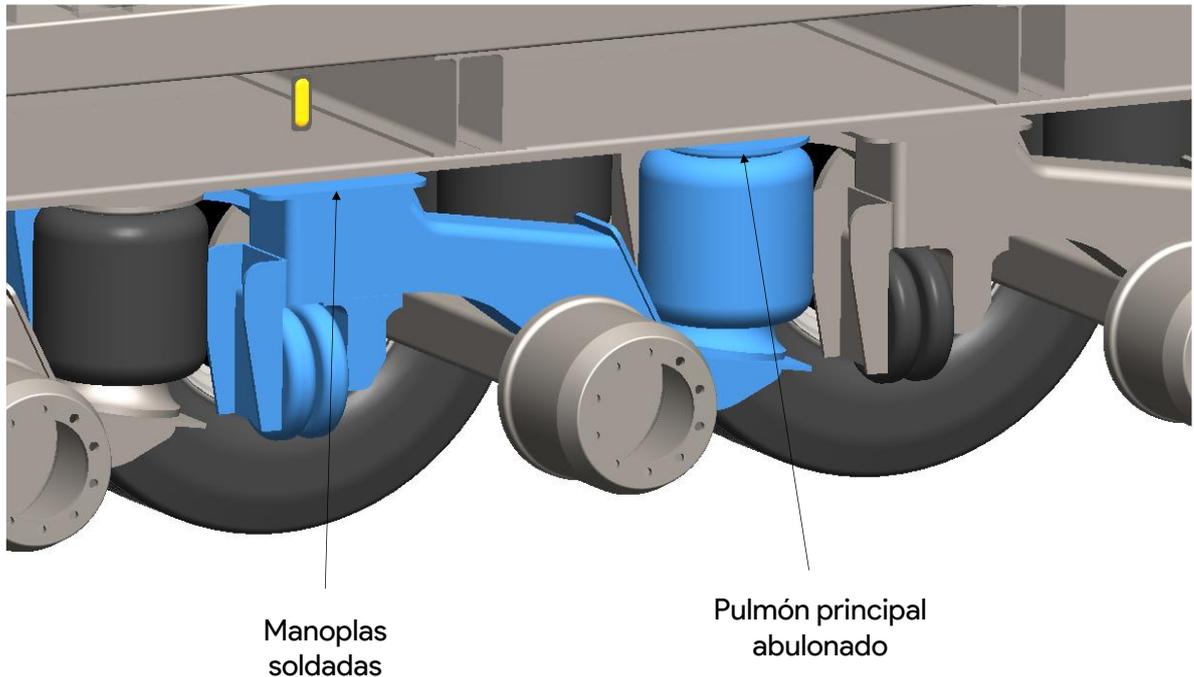


Ilustración 4.68: Vinculación de la suspensión al semirremolque.

#### 4.14 Diseño de mecanismo para rueda de auxilio:

El semirremolque contará con la posibilidad de llevar una rueda de auxilio o repuesto para el caso que se presente la pinchadura de alguna de las doce presentes. En general, en otros tipos de semirremolque, el conjunto cuenta con un espacio disponible debajo y/o a los laterales del chasis portante, como puede verse en la Ilustración 4.69.



Ilustración 4.69: Distintos lugares para guardar la rueda de repuesto en otros semirremolques.

Sin embargo, en nuestro semirremolque tolva, el cual cuenta con una estructura autoportante, no contamos con este espacio debido a que en ellos se encuentran las distintas tolvas. Por lo tanto, surge la necesidad de pensar y diseñar un sistema alternativo.

Como solución a este inconveniente, se decide colocar a la rueda de auxilio en un soporte ubicado en la parte frontal del semirremolque, como se ve en la Ilustración 4.70, y el cual se denominará mecanismo de percha pivotante.

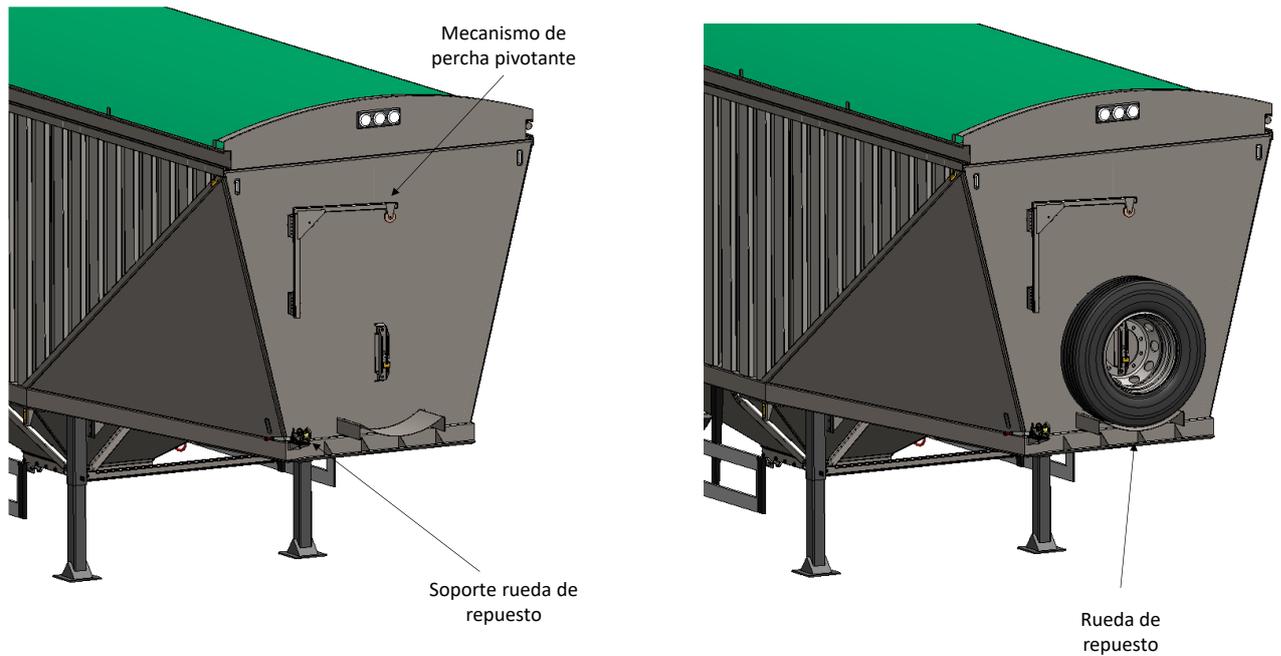


Ilustración 4.70: Mecanismo de percha pivotante.

Este mecanismo de percha pivotante es el empleado para poder sacar la rueda de auxilio de su posición en el semirremolque, mediante la acción de un malacate manual, el cual permite elevar o bajar la rueda de gran peso (aproximadamente 150 kilogramos) y que se encuentra a gran altura.

Para ello, la rueda se encuentra atada en su parte superior, y el cual se encuentra vinculado al malacate manual pasando por dos poleas ubicadas en el brazo pivotante, lo cual facilita la tarea de carga o descarga de la rueda a la hora de ser necesario el cambio de esta.

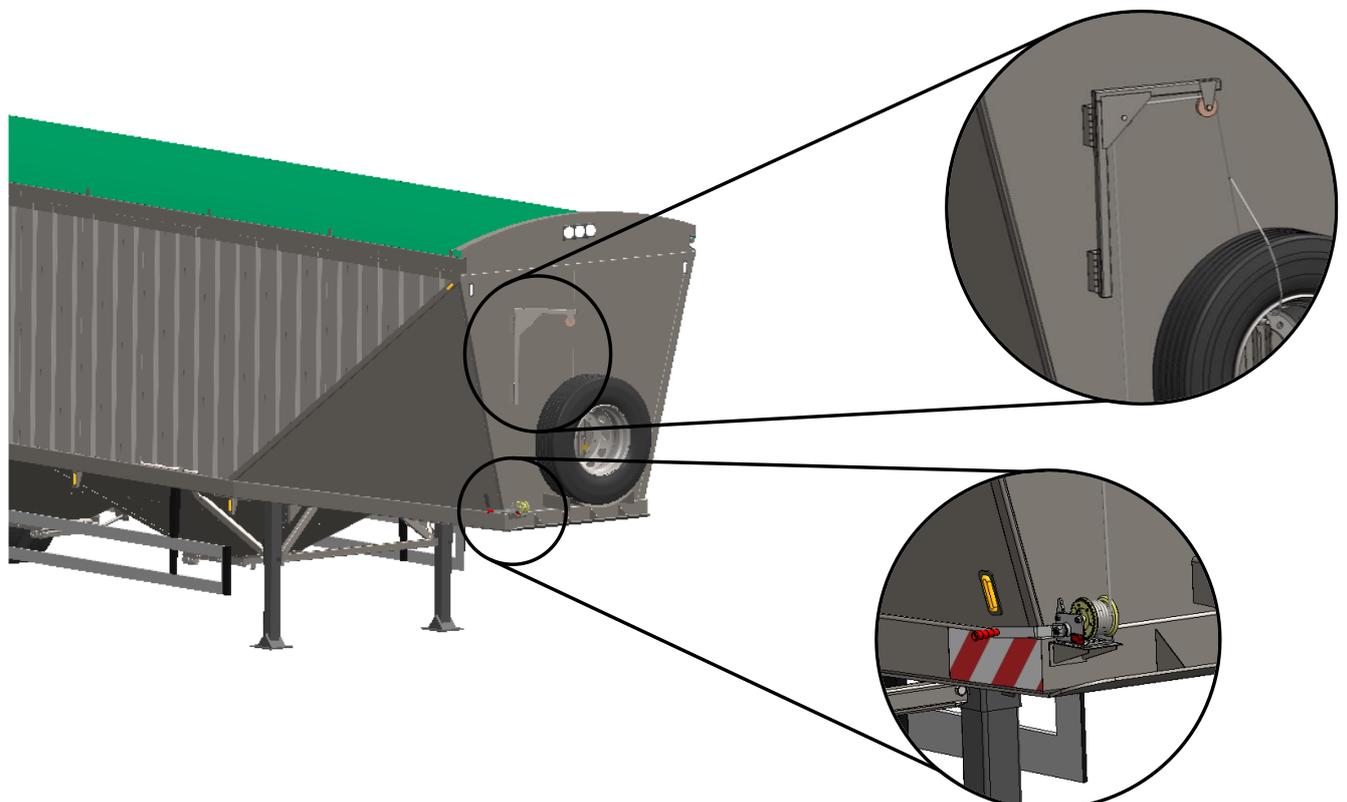


Ilustración 4.71: Ubicación de brazo y malacate de rueda de auxilio.

A continuación, es posible ver la forma en que se amarra la rueda al sistema de izaje pasando el cable dentro de esta. Además, una vez fijada la rueda auxiliar al soporte, se debe tensar el cable a modo de limitar su movimiento cuando el semirremolque se encuentre en marcha. De esta manera se puede fijar el brazo fácilmente sin necesidad de tener que subirse al semirremolque a trabar manualmente mediante un pasador u otro método de fijación (tener en cuenta que la parte inferior del brazo se encuentra a casi 2 metros y medio del piso).

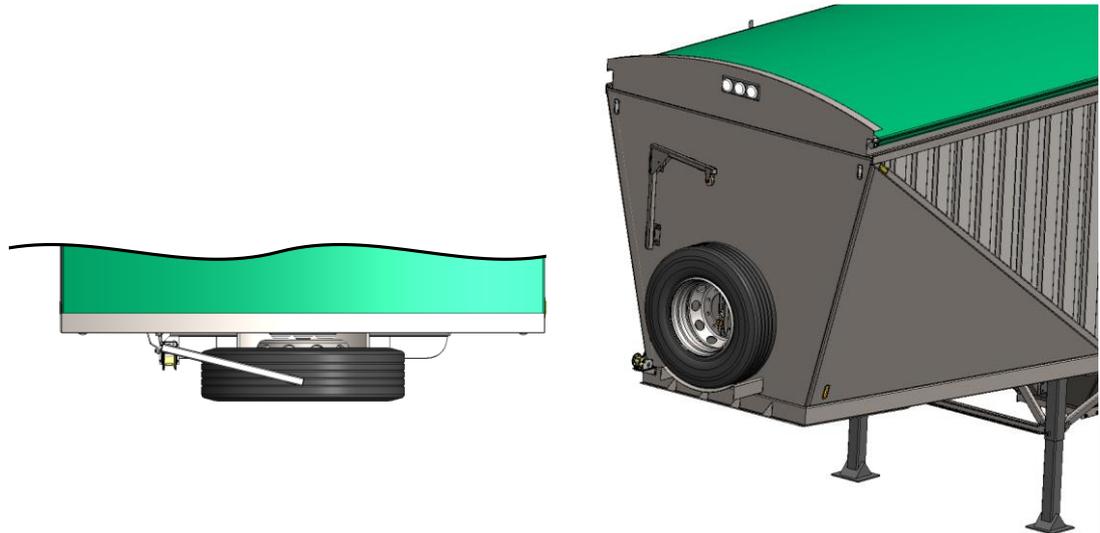


Ilustración 4.72: Rueda de auxilio con cable de izaje.

El brazo está construido con tubos rectangulares 40x40mm de 3,6 mm de espesor, con refuerzos de chapa de 2 milímetros de espesor. Se puede ver como se realizó la simulación del brazo, teniendo tensiones máximas de 1.167 [kg/cm<sup>2</sup>].

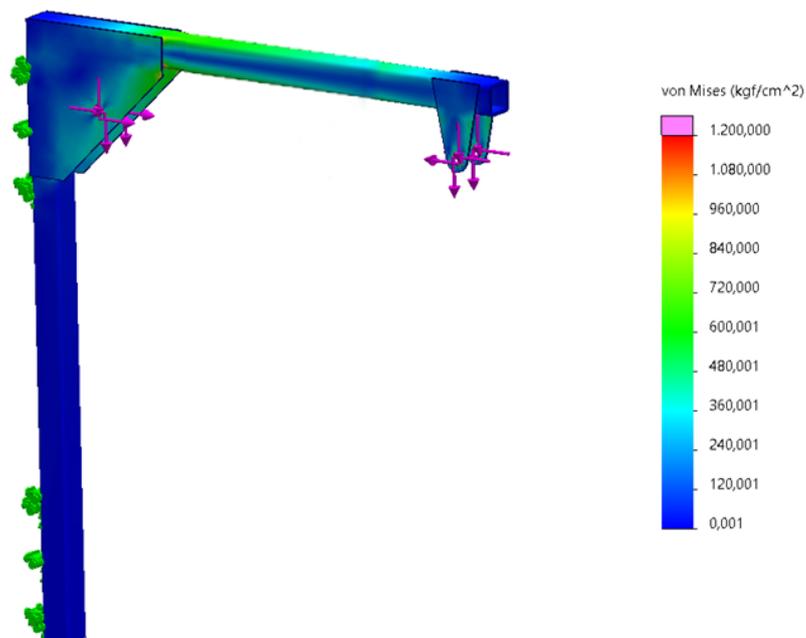
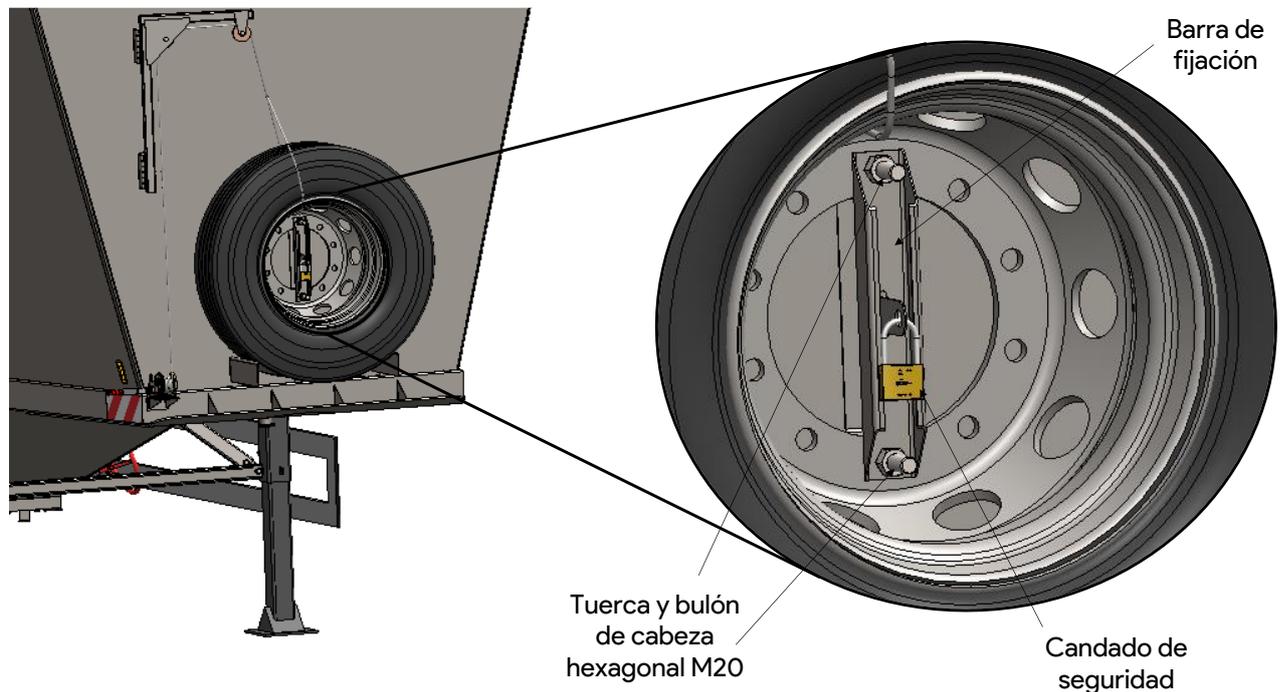


Ilustración 4.73: Simulación de brazo de rueda auxiliar.

La posición de almacenaje de la rueda de auxilio consta de un soporte en la parte delantera del semirremolque, y con un par de bulones con una barra para poder ser fijada. Además, se añadió un candado para reducir las probabilidades del robo de esta.



*Ilustración 4.74: Soporte de rueda auxiliar y detalle de sistema de fijación de este.*

El proceso de descarga de la rueda consiste en retirar el candado y los dos bulones que fijan la misma a la estructura, para luego elevar levemente la rueda mediante la acción del malacate. Luego, la rueda es empujada por la persona realizando la tarea, permitiendo el giro sobre las bisagras y alejándola de la estructura, para luego proceder a la descarga mediante el giro del malacate hasta llegar a la altura del suelo, procediendo luego a retirar el cable de esta.

En cuanto a lo constructivo, cabe destacar los refuerzos a la chapa frontal para poder soportar las nuevas fuerzas aplicadas por el brazo y por el sujetador de la rueda de auxilio. Se puede ver a continuación los nuevos perfiles agregados y las escuadras en las zonas necesarias.

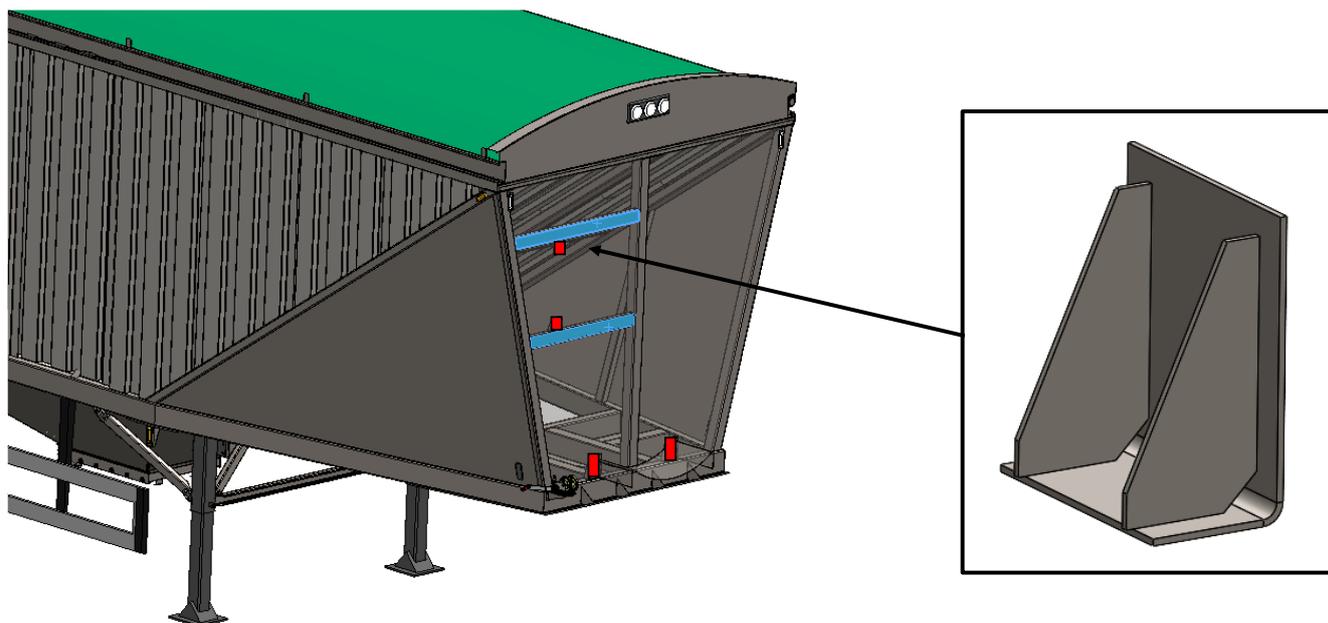


Ilustración 4.75: Refuerzos y detalle de escuadra (ubicada en los puntos rojos).

Para la simulación de los refuerzos del sistema de izaje, se procedió a configurar la simulación con las conexiones de pernos, como se puede ver a continuación. La simulación se realizó reemplazando el brazo de izaje por las fuerzas correspondientes, a modo de simplificar la simulación.

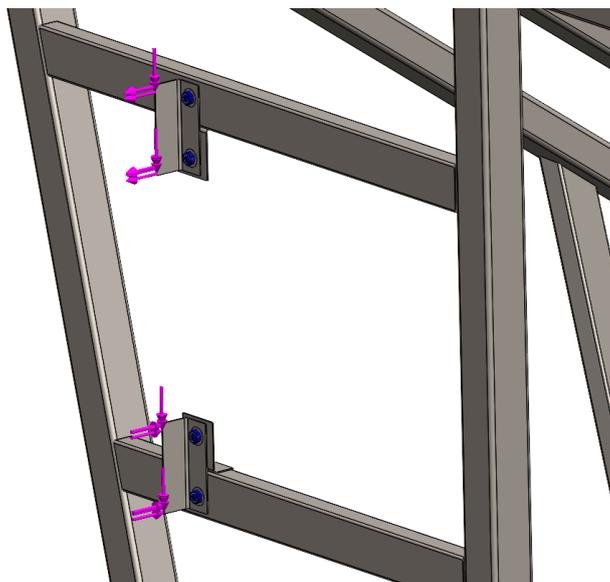


Ilustración 4.76: Configuración de simulación de sistema de izaje.

De esta forma, se obtienen los resultados que se pueden ver en las ilustraciones a continuación.

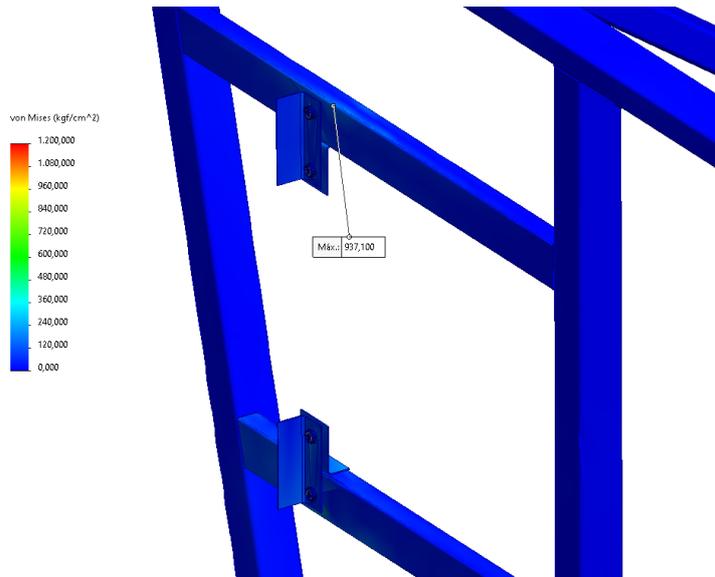


Ilustración 4.77: Simulación de sistema de izaje de rueda de auxilio.

Por lo tanto, nos encontramos dentro de los parámetros en lo que respecta las tensiones admisibles de la estructura. Luego, concentrándonos en los bulones, podemos obtener las fuerzas aplicadas sobre los bulones, siendo el más exigido el que posee los siguientes esfuerzos:

$$F_{corte} = 85 [kg] \quad \rightarrow \quad \sigma = \frac{F_{corte}}{A} = \frac{85 [kg]}{\left(\frac{\pi \cdot (1,2 [cm])^2}{4}\right)} = 75,15 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]$$

$$F_{axial} = 156 [kg] \quad \rightarrow \quad \tau = \frac{F_{axial}}{A} = \frac{156 [kg]}{\left(\frac{\pi \cdot (1,2 [cm])^2}{4}\right)} = 137,93 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]$$

Luego, por medio de Guest o esfuerzo tangencial máximo. Al no ser utilizado de manera seguida, podemos desestimar los efectos de la fatiga, por lo que emplearemos las tensiones admisibles para el cálculo del factor de seguridad.

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{\sigma_{adm}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{adm}}\right)^2} \quad ; \quad \tau_{adm} = 0,5 \cdot \sigma_{adm} = 0,5 \cdot 900 \left[\frac{kg}{cm^2}\right] = 450 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]$$

$$\frac{1}{N} = \sqrt{\left(\frac{137,93 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{900 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}\right)^2 + \left(\frac{75,15 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}{450 \left[\frac{kg}{cm^2}\right]}\right)^2}$$

$$N = 4,41$$

Por lo tanto, haciendo uso de bulones M12 se obtiene un factor de seguridad de 4,41, siendo más que suficiente para esta aplicación.

Luego, también se puede ver la simulación del soporte de la rueda de auxilio. Se puede ver que las máximas tensiones obtenidas en esta rondan los 430 [kg/cm<sup>2</sup>], siendo totalmente aceptable.

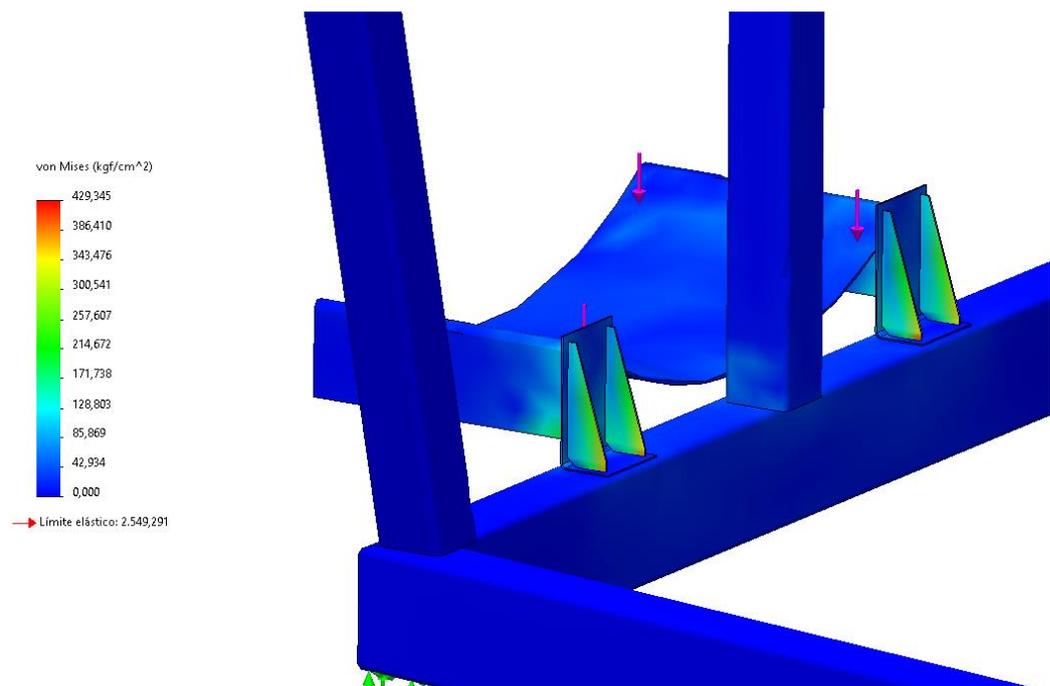


Ilustración 4.78: Simulación de soporte de rueda de auxilio.

#### 4.14.1 Malacate:

Se hace uso de un malacate manual para el izaje de la rueda de auxilio, el cual posee una capacidad de carga máxima de 270 kilogramos, por lo que se encuentra apto para el tipo de peso con el que trabajará.



Ilustración 4.79: Malacate de la marca RO-AN de 270 kg.

Este se encuentra abulonado sobre un soporte soldado al marco del semirremolque y, a continuación, se puede ver la Ilustración 4.61 con los resultados de la simulación de este bajo unas condiciones de cargas aplicadas de fuerza total de 150 kilogramos en los puntos donde harían contacto los bulones del malacate, verificando así que las tensiones no se superen los 1.200 [kg/cm<sup>2</sup>], como se vio a lo largo del informe.

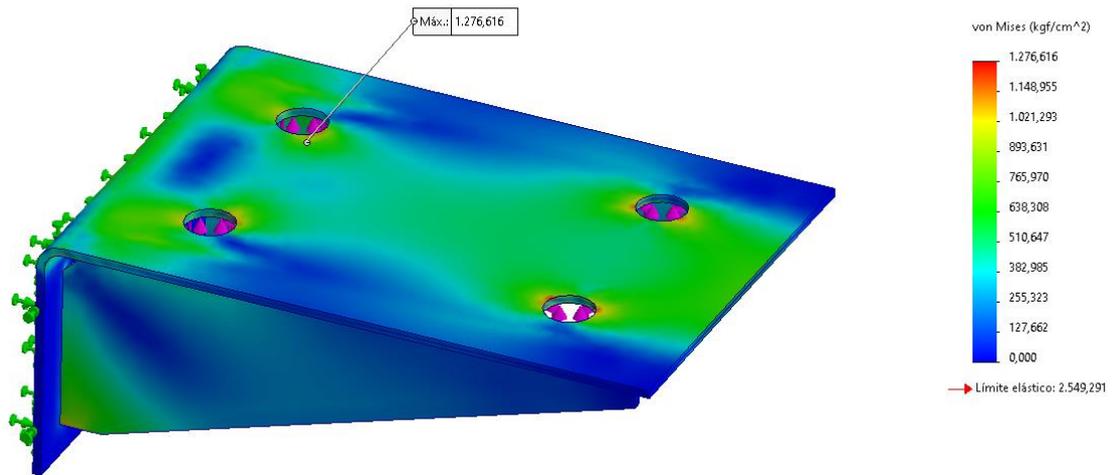


Ilustración 4.80: Simulación de sujeción de malacate.

#### 4.15 Diseño de sistema de lona cobertora:

Como se dijo anteriormente, el sistema para cubrir la carga puede ser de forma longitudinal o transversal. En nuestro caso, nos inclinamos por el segundo método que consiste en desplegar la lona de lateral a lateral, enrollándose esta en un caño longitudinal de aproximadamente 12,50 metros de largo y que a su vez apoya en los arcos transversales que se montan a lo largo de toda la estructura.

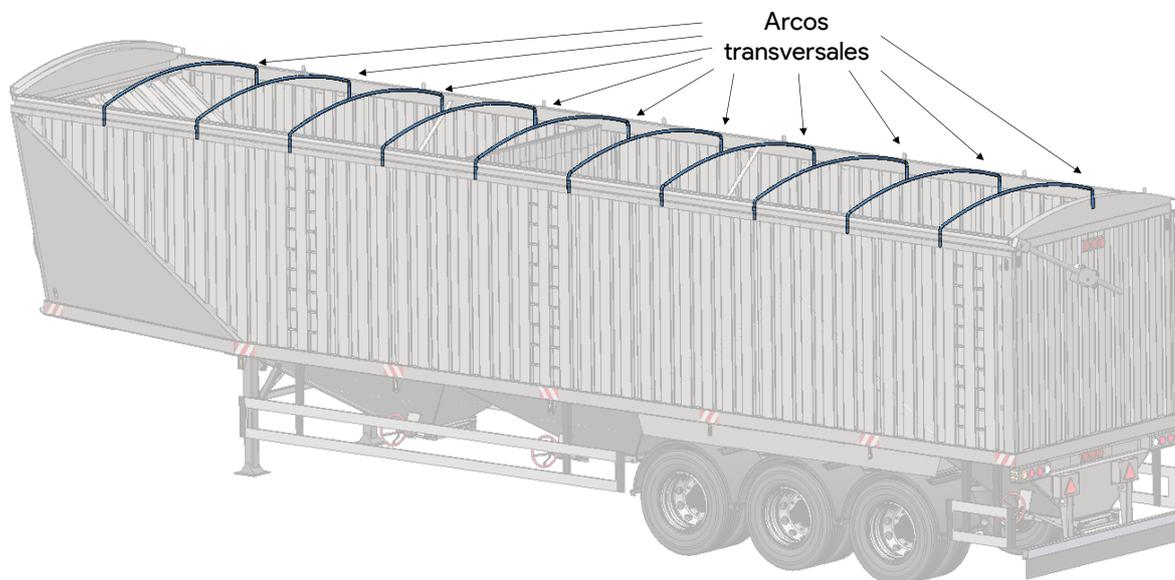


Ilustración 4.81: Arcos transversales para sostener la lona.

Para el enrollamiento y desenrollamiento, el sistema contará con un motor eléctrico accionado con un control remoto, y el cual se encuentra montado sobre el soporte presente en el caño cilíndrico pivotante. Este caño puede deslizarse en su punto de pivote (gracias a una serie de rodillos detallados en las ilustraciones) hacia arriba o hacia abajo de forma telescópica. Este deslizamiento le permite al mecanismo copiar la forma del arco superior de la estructura sin tener que colocar el punto de pivote fijo en el centro geométrico del radio.

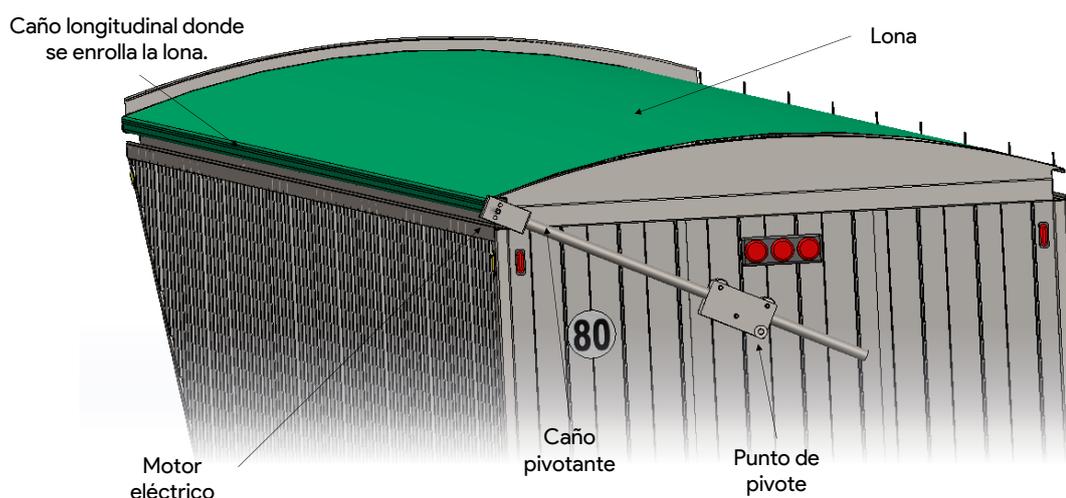


Ilustración 4.82: Partes del sistema de lona cobertora.

Entrando en detalle al funcionamiento del caño pivotante, su posición se encuentra delimitada por el eje longitudinal que apoya sobre el arco superior del semirremolque, el cual va copiando así su forma curva y va vinculado al motor eléctrico (en los párrafos siguientes se explicará mejor la vinculación entre motor y caños).

Como se puede ver en la Ilustración 4.83, el movimiento telescópico se da ya que al realizar la trayectoria de apertura de la lona copiando el arco (seguir flechas celestes), el radio desde el punto de pivote va variando, disminuyendo a medida que nos acercamos hacia el centro del semirremolque, y aumentando cuando nos dirigimos hacia los extremos, por lo que el caño se desplaza hacia “abajo” y hacia “arriba” entre los tres rodillos presentes, como se indica con la flecha rosada.

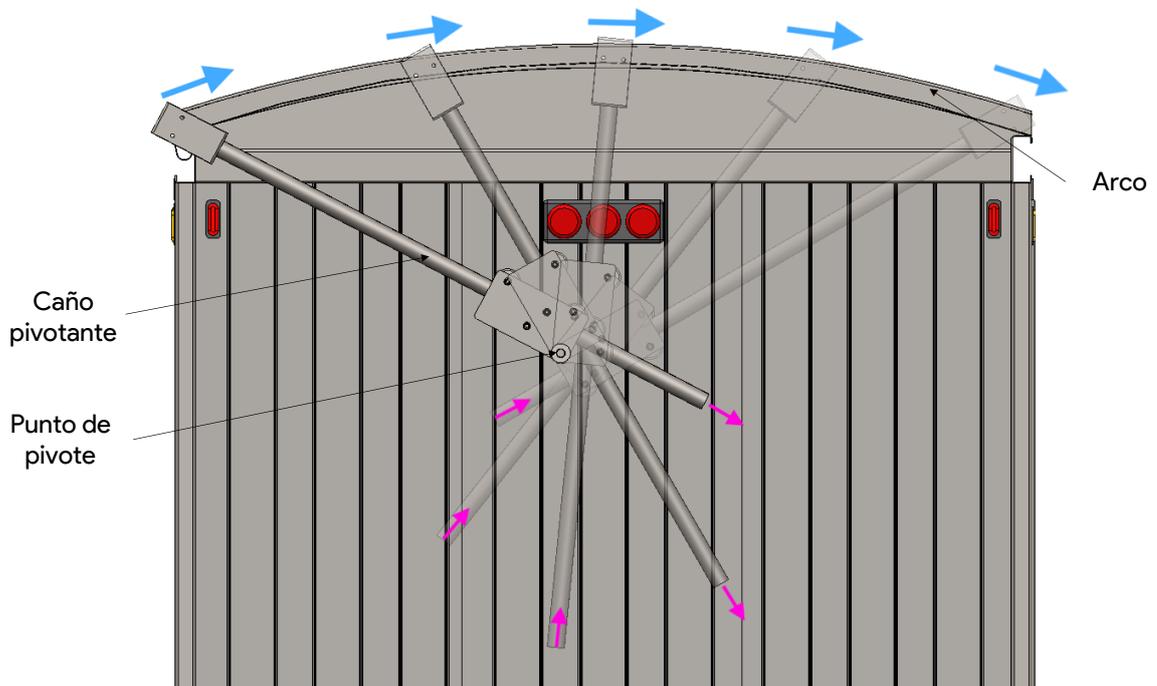


Ilustración 4.83: Distintas posiciones durante el movimiento del caño pivotante.

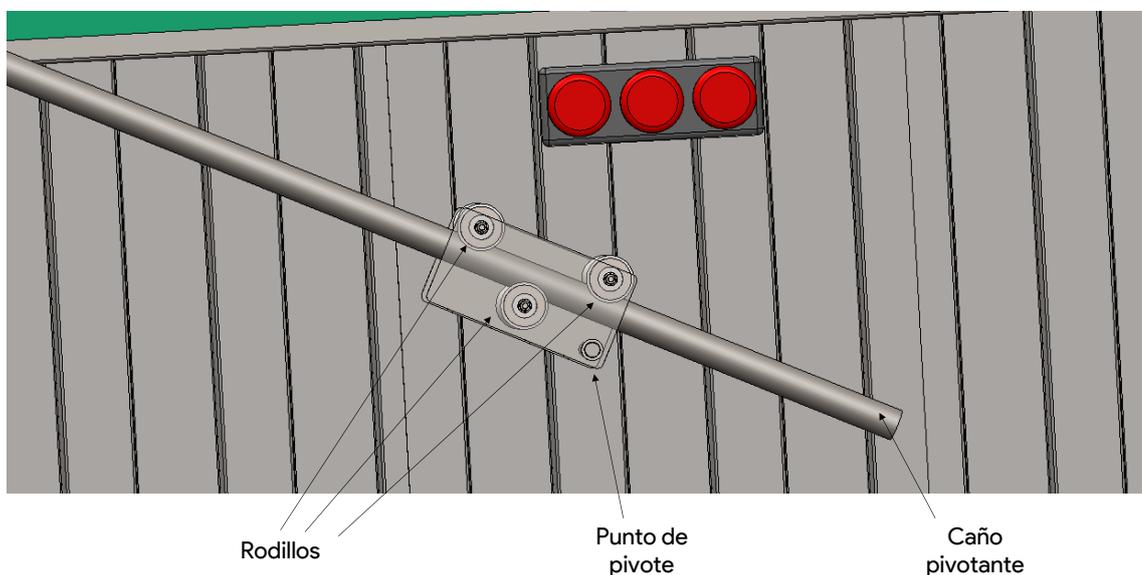


Ilustración 4.84: Detalle de los rodillos del sistema pivotante.

En cuanto al accionamiento, el motor eléctrico hace girar un eje solidario mediante una punta prismática que encastra en su extremo. Este eje se extiende a lo largo de todo el semirremolque y sobre él se enrolla la lona, así como también se enrolla en cada extremo un cable de forma opuesta a la lona, es decir, el extremo fijo de la lona y de los cables son laterales de forma opuesta.



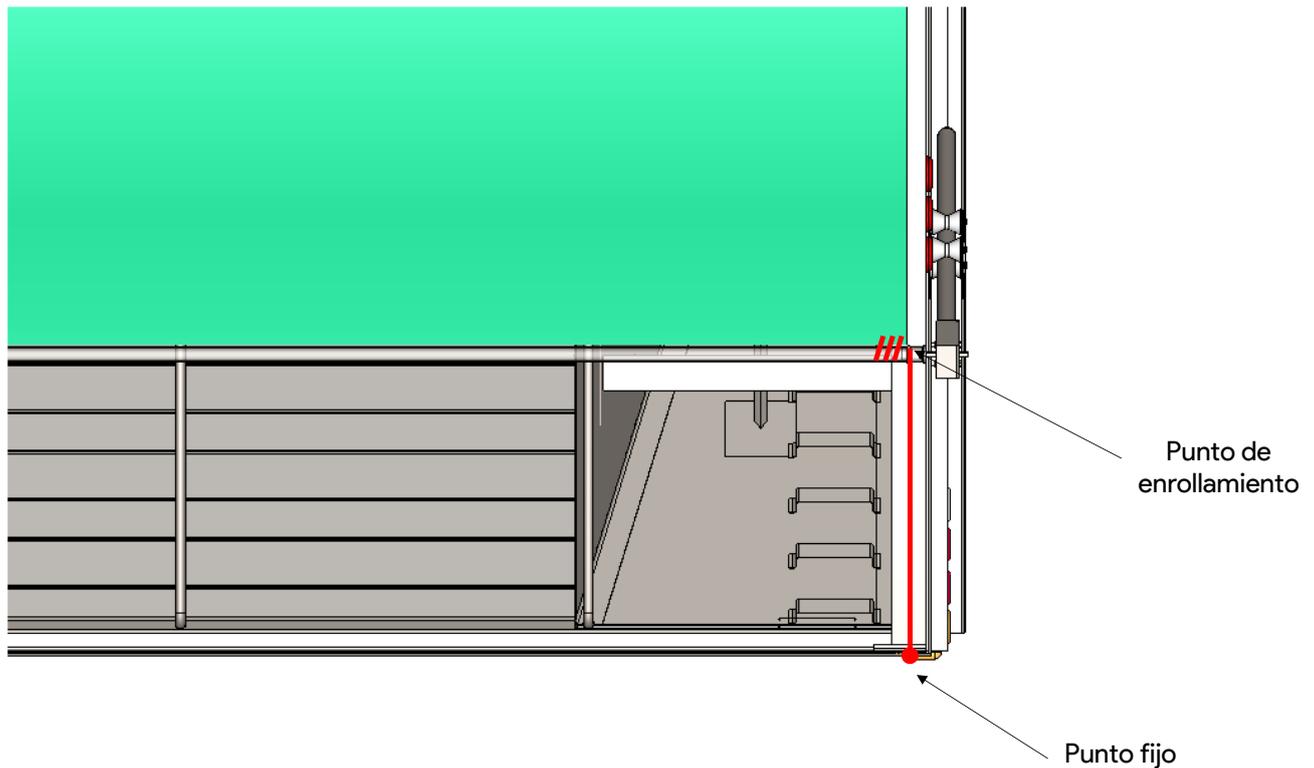


Ilustración 4.87: Sistema lona, vista superior en detalle. El cable se apoya a lo largo del arco trasero y delantero.

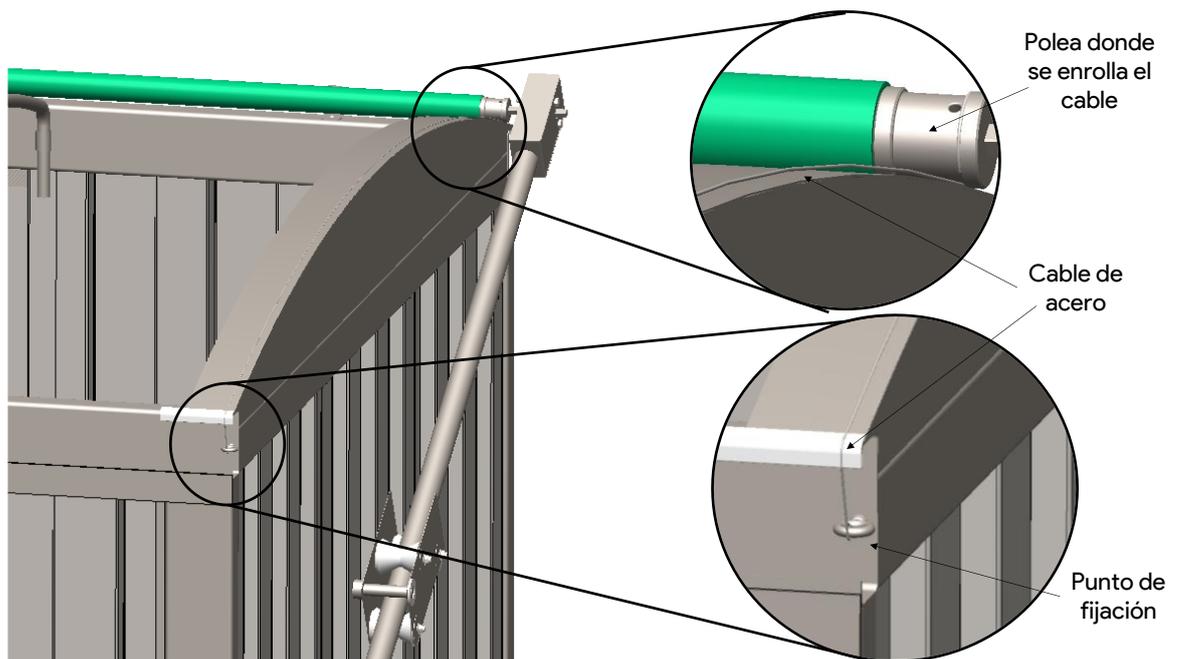


Ilustración 4.88: Punto de fijación y recorrido del cable de acero.

Como se observa en la Ilustración 4.88, el cable va simplemente apoyado sobre la chapa rolada al encontrarse tensado en el punto de fijación logrado por el cáncamo. El mismo se va enrollando sin cruzarse en la polea debido a que los cables delantero y trasero están tensados por igual.

A su vez, el paralelismo también es asegurado gracias a la existencia de las siguientes chapas, tanto en la parte delantera como en la parte trasera. Estas cumplen la función de guiar a los rodillos sobre los cuales se enrolla el cable, de manera de prevenir que estos se salgan de su camino en caso de que la lona no sea enrollada correctamente, la misma se deforme por el calor del sol, etc.

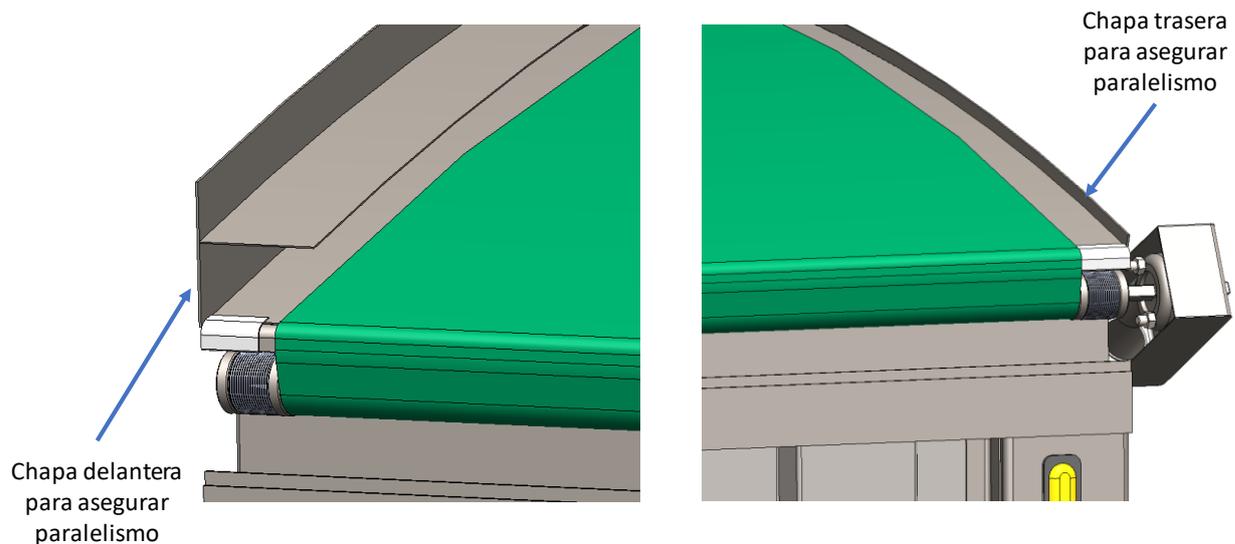


Ilustración 4.89: Chapas guía para asegurar paralelismo

#### 4.15.1 Lona:

La lona necesaria es de 12.400 x 2.600 milímetros, y la cual es adquirida en la empresa Kaizen Lonas, ubicada en Arteaga, Santa Fe, quienes ofrecen lonas a medida para cubrir tolvas, chasis y acoplados cerealeros con protección contra los rayos ultravioletas y las condiciones climáticas a las que se ven afectadas en el transporte de granos.

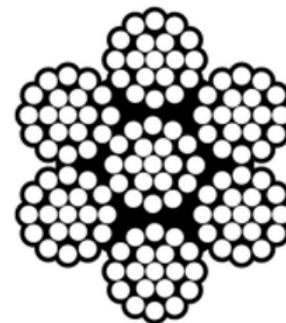


Ilustración 4.90: Lona.

#### 4.15.2 Cable del sistema de lona:

El cable utilizado en el sistema de la lona es 7x19 Acero Inoxidable de diámetro 2mm. Como se puede ver en la siguiente imagen, la cual es un extracto de una tabla de otorgada por un fabricante de cables de acero, el mínimo diámetro de curvatura para el cable es de 36mm, mientras que el recomendado es de 48mm.

**Construction: 7x19 (also known as 6x19 WSC)**  
**Tensile: 1570 N/mm<sup>2</sup>**  
**Core: WSC (Wire Strand Core)**  
**Lay: Right Hand Ordinary (sZ)**  
**Material: Stainless Steel 1570N/mm<sup>2</sup> A4-AISI 316 1.4401**  
**Standard: BS EN 12385-4:2002+A1:2008 Steel wire ropes**  
**Factor of Safety: 5:1**  
**Export Commodity Code: 73121020**



Code	Diameter	Minimum Breaking Load (kg)	Working Load Limit (kg)	Pulley Design Minimum Bend Radius	Pulley Critical Minimum Bend Radius	Weight per 100m (kg)
604.000.750	0.75mm	33kgs (0.32kN)	6.5kgs (0.06kN)	9mm	7mm	0.24kg
604.000.015	1.5mm	130kgs (1.3kN)	26kgs (0.26kN)	18mm	13.5mm	0.86kg
604.000.020	2mm	231kgs (2.27kN)	46kgs (0.42kN)	24mm	18mm	1.5kg
604.000.025	2.5mm	362kgs (4.1kN)	72kgs (0.71kN)	30mm	22.5mm	2.3kg

Ilustración 4.91: Extracto de tabla fabricante de cables de acero

El cable seleccionado, por norma, debe cumplir con una carga de rotura mínima de 231 kg. Por el otro lado, en el sistema de lona analizado, la máxima tensión que el cable deberá soportar ocurre cuando la lona se comienza a enrollar, y la misma debe superar la pendiente del arco de la lona.

Con el software de CAD, se obtienen los siguientes datos:

- Peso total (lona + tubo longitudinal) = 50 kg
- Angulo entre horizontal y tangente del arco en el peor punto = 30°

En base a eso, se arma el siguiente DCL que permitirá hallar la tensión del cable.

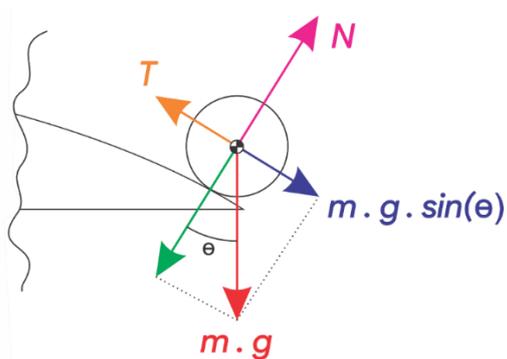


Ilustración 4.92: DCL de lona.

$$\Sigma F_x = 0 = m \cdot g \cdot \sin(30^\circ) - T$$

$$T = m \cdot g \cdot \sin(30^\circ)$$

$$T = 25 \text{ [kg]}$$

El valor hallado de la tensión es para el total del peso. Como se tienen dos cables, el mismo se debe dividir por dos. De esta manera:

$$T_2 = 12,5 \text{ kg}$$

Como se mencionó, el cable seleccionado tiene una carga de rotura mínima de 231 [kg], por lo tanto:

$$\text{Coeficiente de seguridad} = 18,5$$

El coeficiente de seguridad obtenido es elevado (usual para las aplicaciones de cables de acero, además se debe tener en cuenta que se toma como referencia el punto de rotura), lo que permite asegurar la longevidad del sistema y la capacidad de este de absorber esfuerzos no considerados, como la inercia del sistema cuando este inicia su movimiento.

#### 4.15.3 Motor eléctrico del sistema de lona:

En cuanto al motor del mecanismo, como vimos anteriormente, este se encuentra montado al caño pivotante al estar vinculando mediante dos pares de tornillos y tuercas de cabeza hexagonal métrica 10 en el soporte soldado al mismo, como puede verse en la Ilustración 4.93 a continuación.

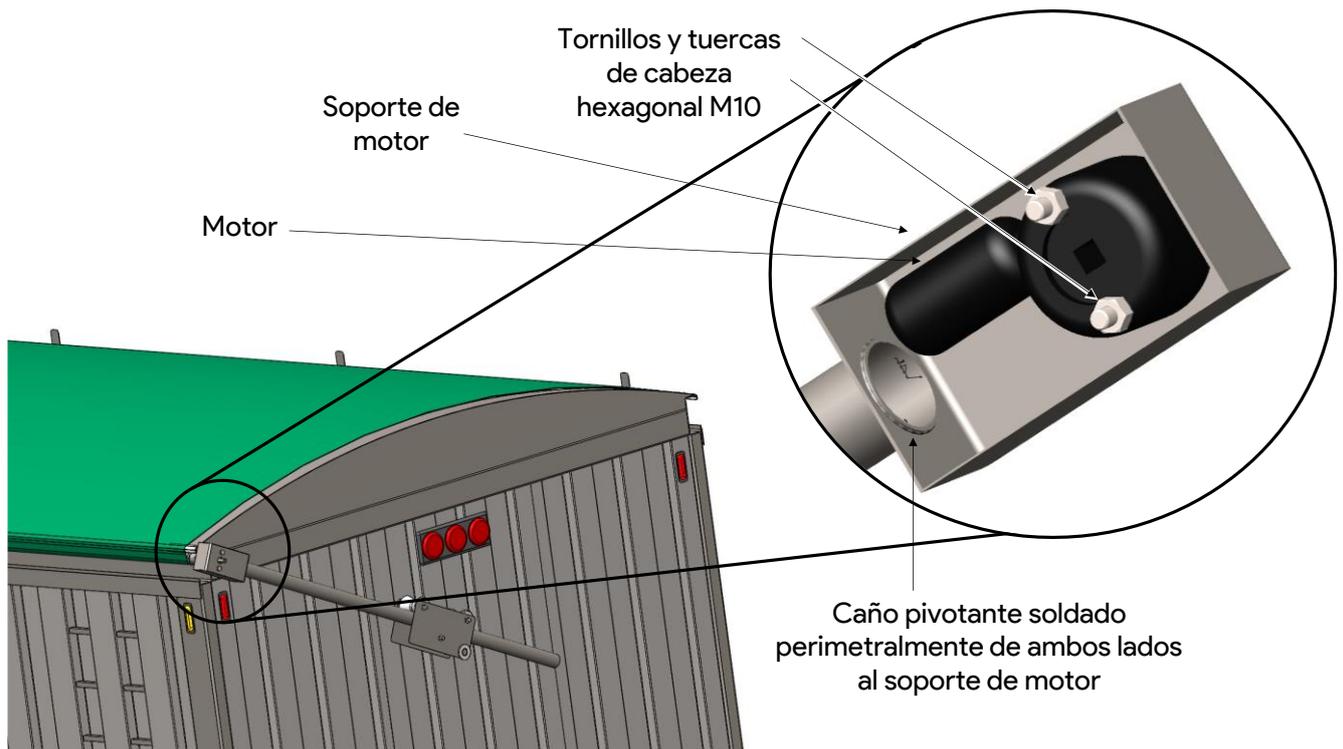


Ilustración 4.93: Montaje del motor eléctrico.

En la ilustración a continuación se puede observar una representación que indica la peor situación a la que se debe enfrentar el motor, es decir, aquella en la cual mayor torque deberá entregar el motor.

En la imagen a continuación se representa la peor situación en cuanto a torque que el motor deberá entregar.

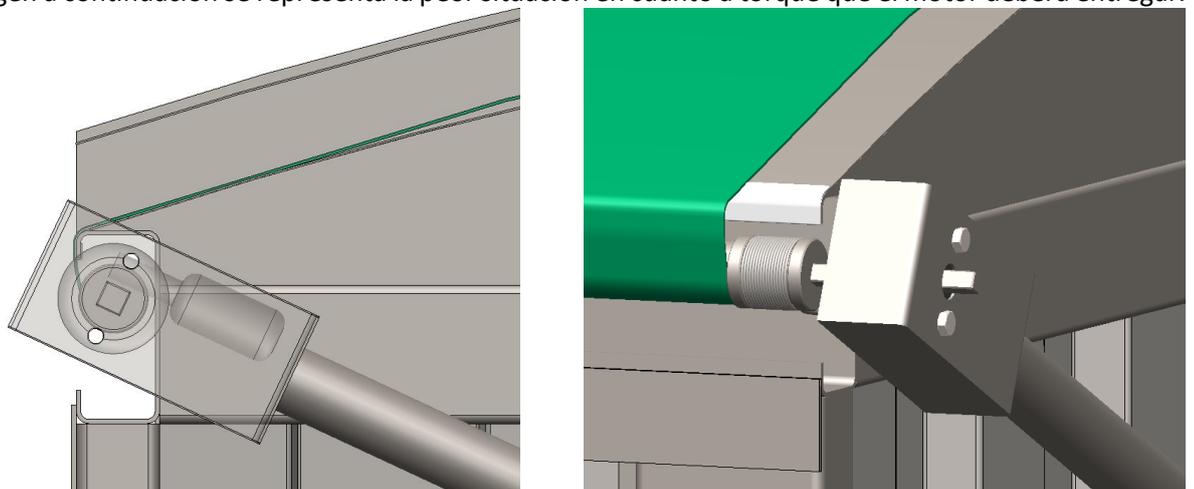


Ilustración 4.94: Peor situación del motor eléctrico: lona desenrollada y cable enrollado.

En este momento, el motor se encuentra enrollando la lona sobre el caño longitudinal para que luego esta se tense en contra del perfil C superior. Para ello, el motor debe entregar el momento torsor necesario que permita vencer el peso del mecanismo (caño longitudinal principalmente).

Los datos requeridos para calcular el torque del motor son:

- Peso del caño longitudinal = 35 [kg];
- Pesos accesorios (motor eléctrico, cable acero, caño telescópico, etc.) = 10 [kg];
- Peso total = 45 [kg];
- Radio caño transversal = 21 {mm}.

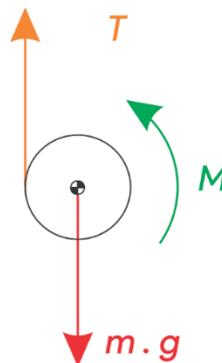


Ilustración 4.95: DCL de lona colgando.

De esta manera, se plantea que el torque o momento M que el motor debe entregar, es igual a la tensión T provista por la lona, por el radio del caño longitudinal.

$$\Sigma Fy = 0 = T - m * g$$

$$T = m * g$$

$$T = 45 [kg]$$

Entonces:

$$M = T * r$$

$$M = 94,5 [kg.cm]$$

De esta manera, se selecciona el siguiente motor eléctrico comercial, del proveedor Circusplay:

Nuevo | 3 vendidos

**Motorreductor Motor Caja Reductor Transmision 24v 12v 50w**

**\$ 99,999**  
en 12x \$ 17.004<sup>83</sup>

[Ver los medios de pago](#)

Entrega a acordar con el vendedor  
Olivos, Buenos Aires  
[Ver formas de entrega](#)

Stock disponible

Cantidad: 1 unidad (987 disponibles)

[Comprar ahora](#)

Ilustración 4.96: Motor eléctrico seleccionado

El mismo cuenta con un reductor de tornillo sinfín a 90°, el cual tiene como salida un cuadrante de 13 [mm] al cual luego se le encastra el caño longitudinal para transmitirle el momento necesario. El motor seleccionado funciona con el sistema de 12 [V] ya presente en el semirremolque y a su vez cumple con los requerimientos de torque necesarios. La velocidad de salida del conjunto motorreductor es de 50 RPM, lo que permite realizar la apertura o cierre del sistema de lona en un tiempo de aproximadamente 20 a 25 segundos.

#### 4.15.4 Caño longitudinal sobre el que se enrolla la lona:

Para este componente se adopta un caño de diámetro 1"1/4 – Schedule 5S (Ø42,16 milímetros, espesor 2,76 mm), el cual en sus extremos tiene soldados unas piezas cilíndricas mecanizadas, sobre las cuales se enrolla el cable de acero para permitir el funcionamiento del sistema.

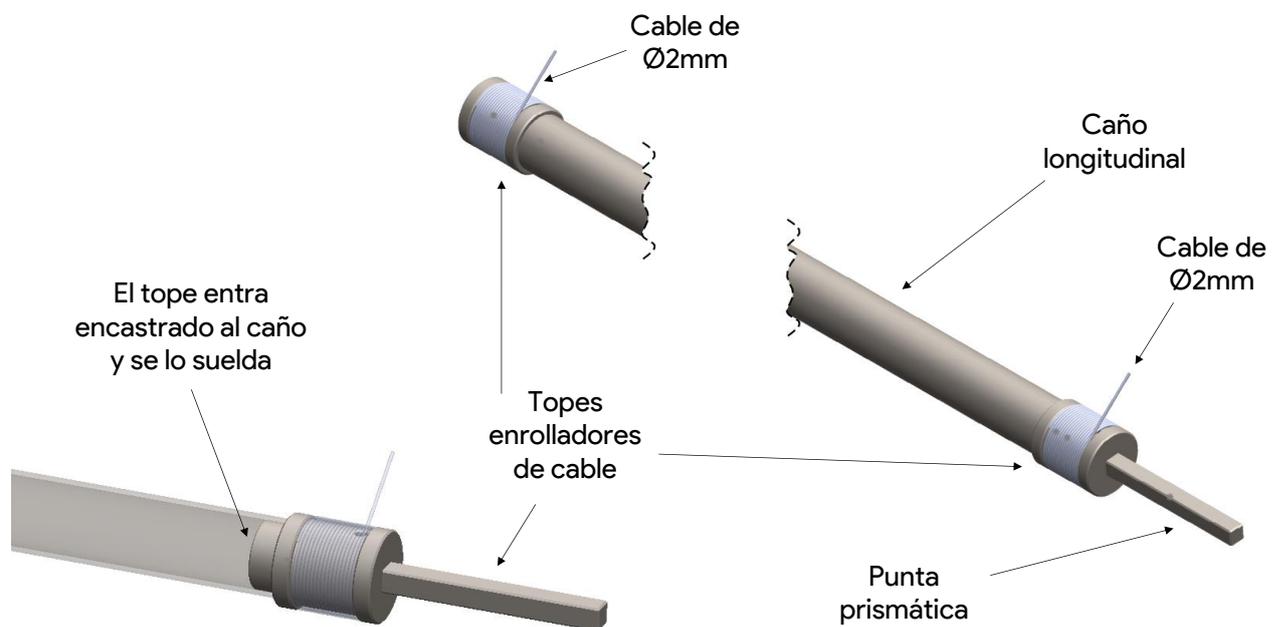


Ilustración 4.97: Caño longitudinal donde se enrollan los cables de los extremos y la lona.

No se realizan simulaciones para este componente, ya que prácticamente no se encuentra sometido a ningún esfuerzo significativo. Esto se debe a que siempre está siendo sostenido o traccionado por la lona, la cual cubre toda la longitud del caño. De esta manera, no se generan esfuerzos torsionales o flexionales significativos. El diámetro del caño es elegido en base a conveniencia, considerando factores como:

- Enrollado dentro del perfil C superior (que pueda entrar dentro de este)
- Tiempo de apertura y cierre de lona.

#### 4.16 Simulación general de estructura completa:

Al ser una estructura autoportante y que no puede ser dividida en distintas partes de forma simple para su análisis, es necesario realizar una simulación general y completa de la misma. Para dicho análisis general, se simuló una situación de peor caso posible, donde el acoplado se encuentra cargado más allá de los límites legales y está tomando una curva a una velocidad elevada.

#### 4.16.1 Condiciones de simulación:

- **Cargas:** Se aplicó a todas las superficies interiores del semirremolque una presión variable con la altura, tomando como el origen a la parte más alta del mismo. La presión variable está regida por la siguiente ecuación:

$$P = \rho * g * h$$

Donde:

- $\rho = 750 \text{ kg/m}^3$ : Densidad aparente de la soja;
- $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ : Constante gravitacional;
- $h$ : Distancia entre origen y punto de análisis.

**Nota importante:** Para la condición simulada, el semirremolque estaría viajando con una gran sobrecarga, ya que se tendría el volumen completo de carga (58 m3) cargado con soja, lo que da un peso de carga de 43.500 kg. Este peso de carga se encuentra aproximadamente 7.000 kg por sobre el límite legal una vez considerado el peso del semirremolque y el camión tractor. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de que esta condición de carga se de en la vida real y, por lo tanto, se la toma como una situación de peor caso posible.

A su vez, para simular el semirremolque tomando una curva, se aplicó una fuerza correspondiente a la masa de la carga por la aceleración centrípeta. Esta fuerza fue aplicada sobre las chapas laterales de un único lado, y los cálculos se pueden ver a continuación:

$$F = m * \frac{v^2}{r}$$

$$m = V * \rho$$

Donde:

- $V = 58 \text{ m}^3$ : Volumen de carga del semirremolque
- $v = 45 \text{ km/h} = 12,5 \text{ m/s}$ : Velocidad del semirremolque a la que se toma la curva
- $r = 200 \text{ m}$ : Radio de curva (curva de entrada pueblos tomada para este caso)

De esta manera, la fuerza resultante es de:

$$m = 43.500 \text{ [kg]}$$

$$F = 34.530 \text{ [N]}$$

- **Resultados:** En cuanto a tensiones, se puede apreciar que las mismas se encuentran perfectamente dentro de los límites propuestos para el coeficiente de seguridad  $N=2$ , incluso en la situación más desfavorable.

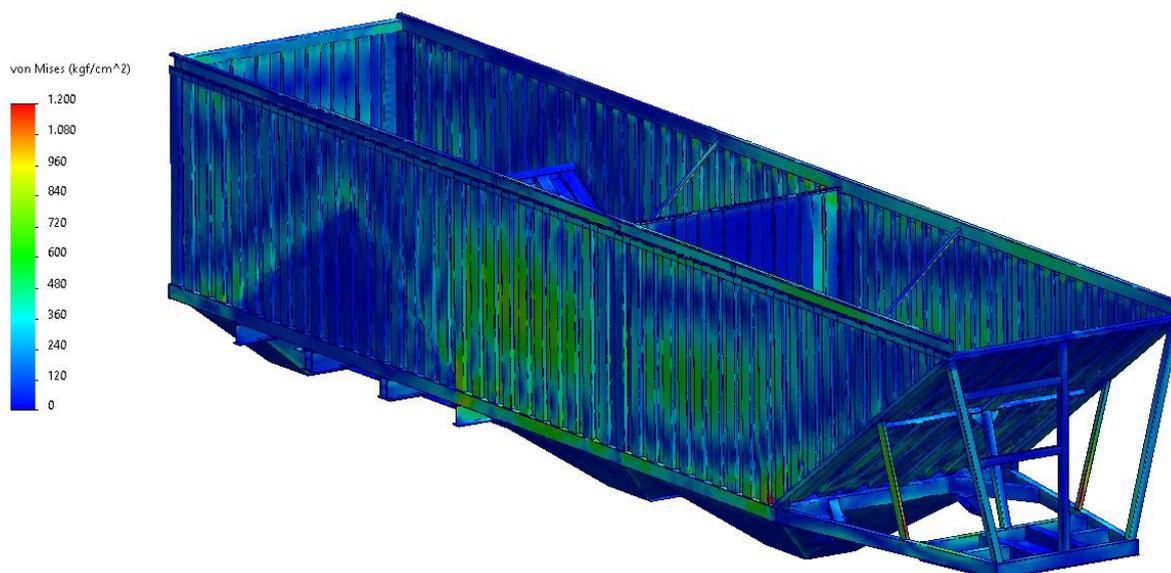


Ilustración 4.98: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones.

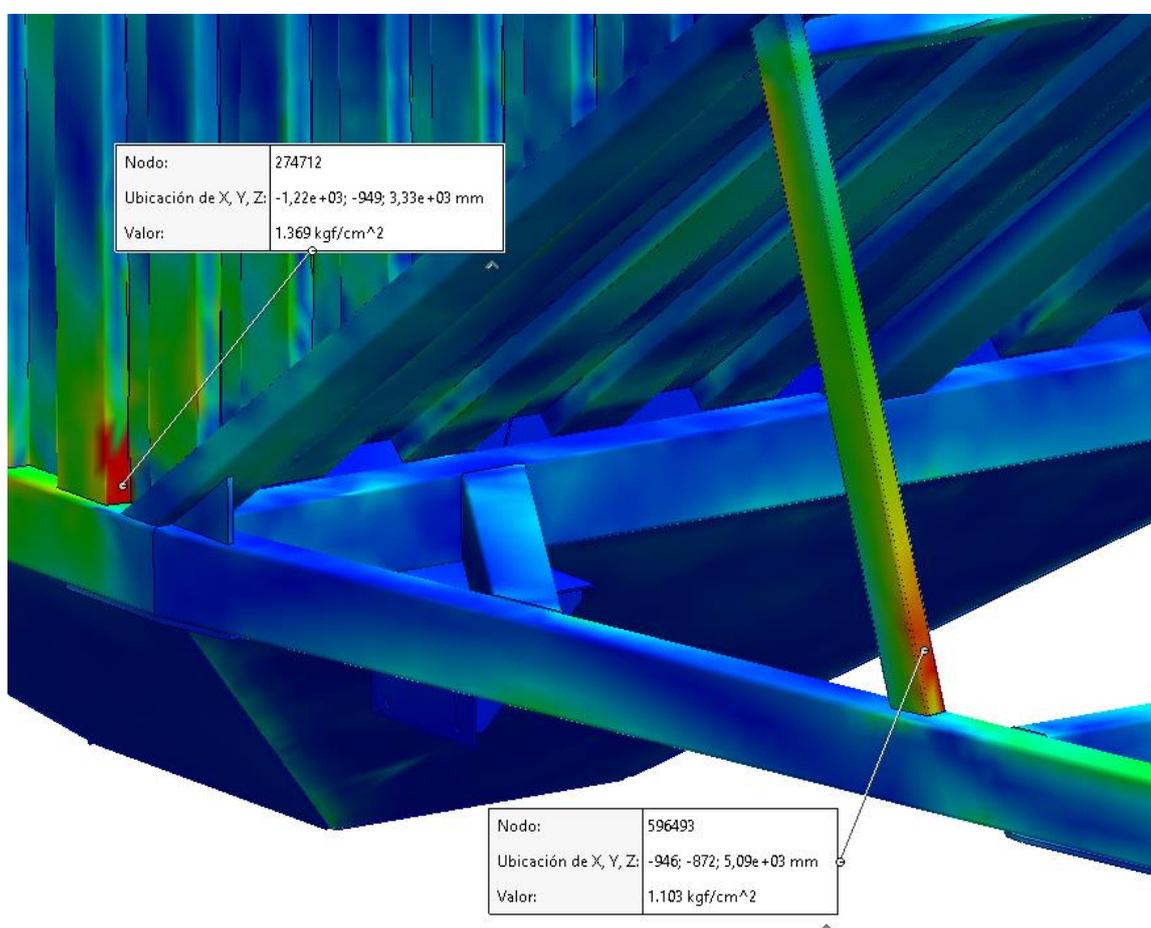


Ilustración 4.99: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Detalle de tensiones máximas halladas.

Notar que, en la ilustración anterior, las tensiones altas en las chapas laterales (a la izquierda en la imagen) se deben a una baja calidad de mallado en la simulación, por lo que se pueden descartar.

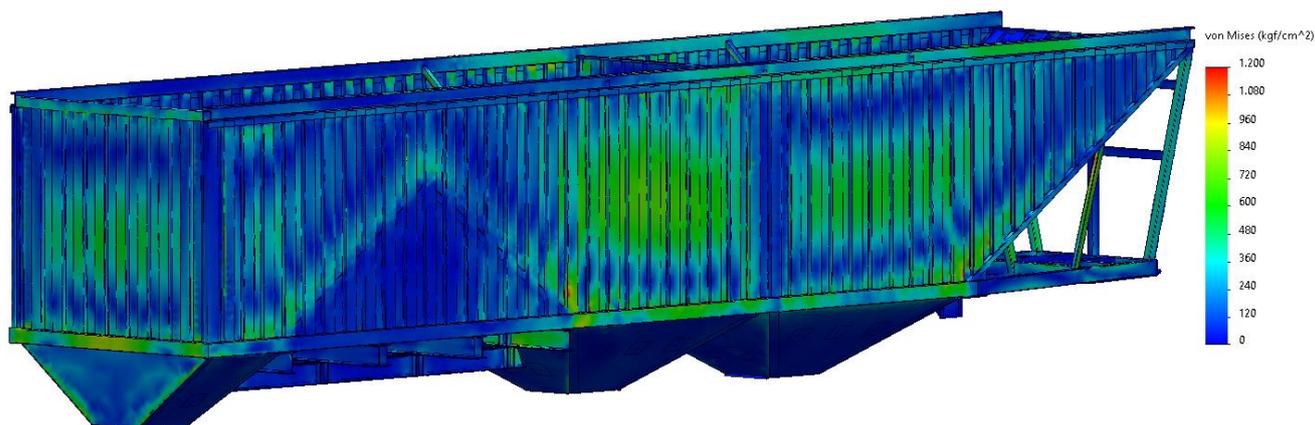


Ilustración 4.100: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones.

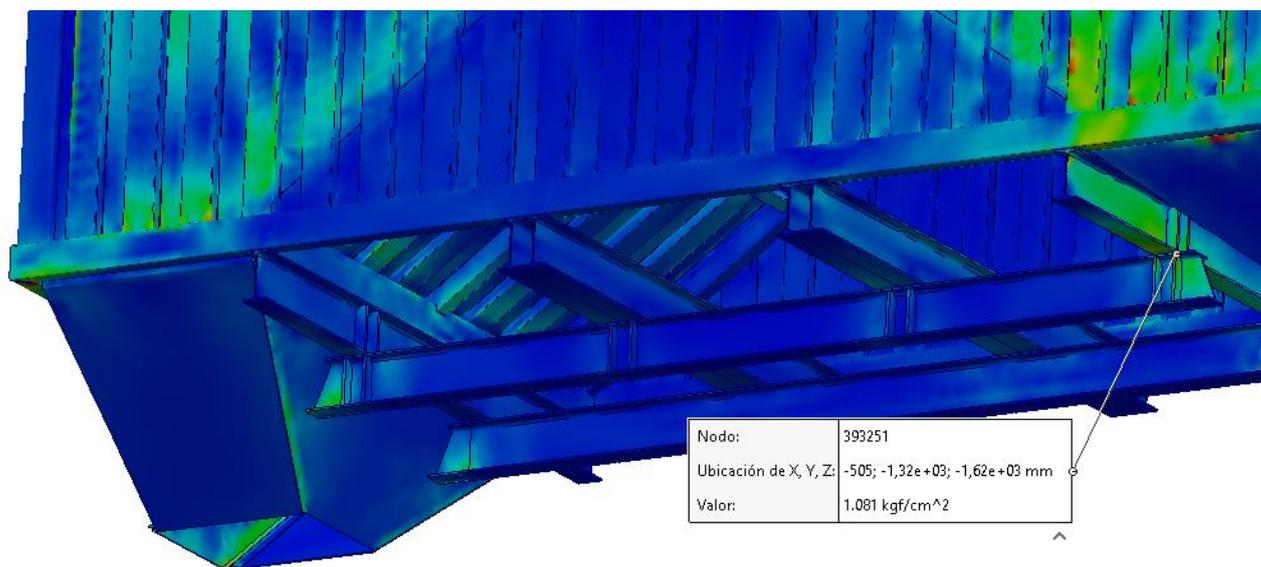


Ilustración 4.101: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Tensiones.

En cuanto a deformaciones, las máximas se encuentran por debajo de los 10 milímetros, por lo que se consideran perfectamente aceptables, teniendo en cuenta que la estructura tiene un largo total de 12,50 metros.

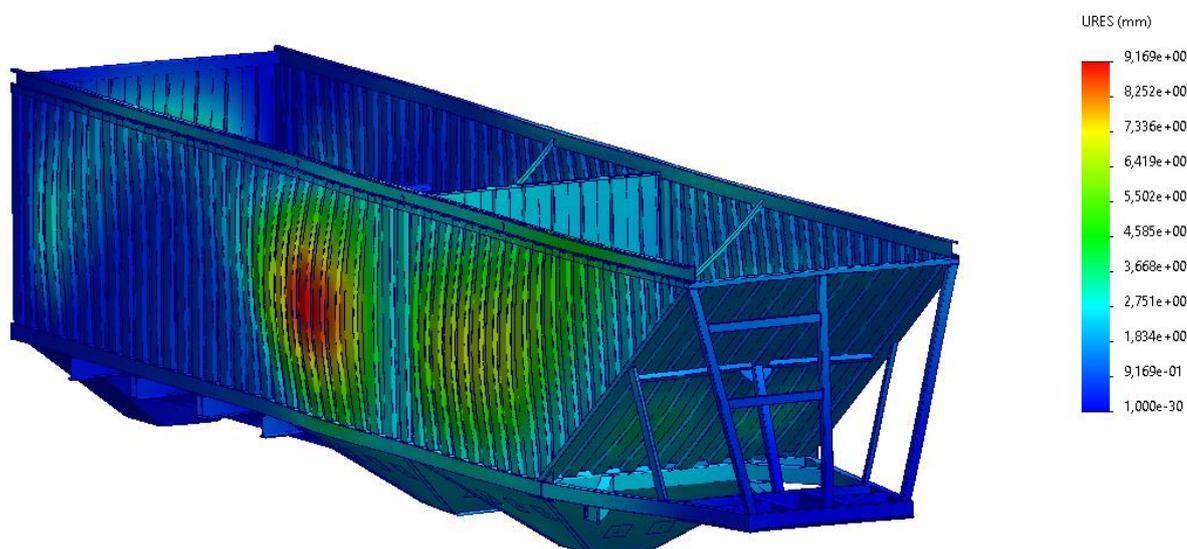


Ilustración 4.102: Resultados del análisis FEM de la estructura general. Desplazamientos.

#### 4.17 Luces:

Respetando la normativa señalada anteriormente, a continuación, iremos indicando las diferentes luces y señalizaciones que posee el semirremolque.

##### 4.17.1 Luces frontales:

En la parte frontal del semirremolque se posee delimitadores laterales y tres luces superiores. Estas deben ser de color blanco.

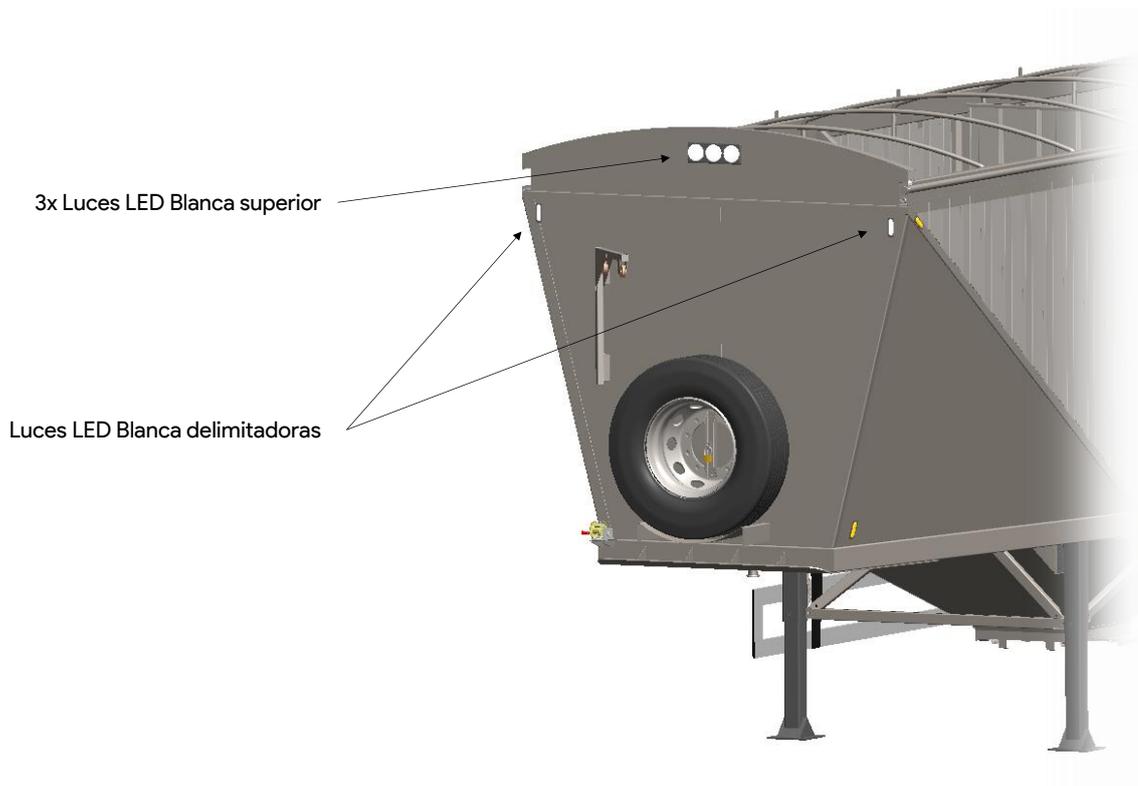


Ilustración 4.103: Luces delanteras.

##### 4.17.2 Luces y señalizaciones laterales:

En los laterales del semirremolque, además de necesitar luces, debemos tener señalizaciones reflectantes. Cabe resaltar que tanto las luces como las señalizaciones deben estar separadas menos de 3 metros como máximo, lo cual se respeta pues se encuentran a 2 metros de cada una.

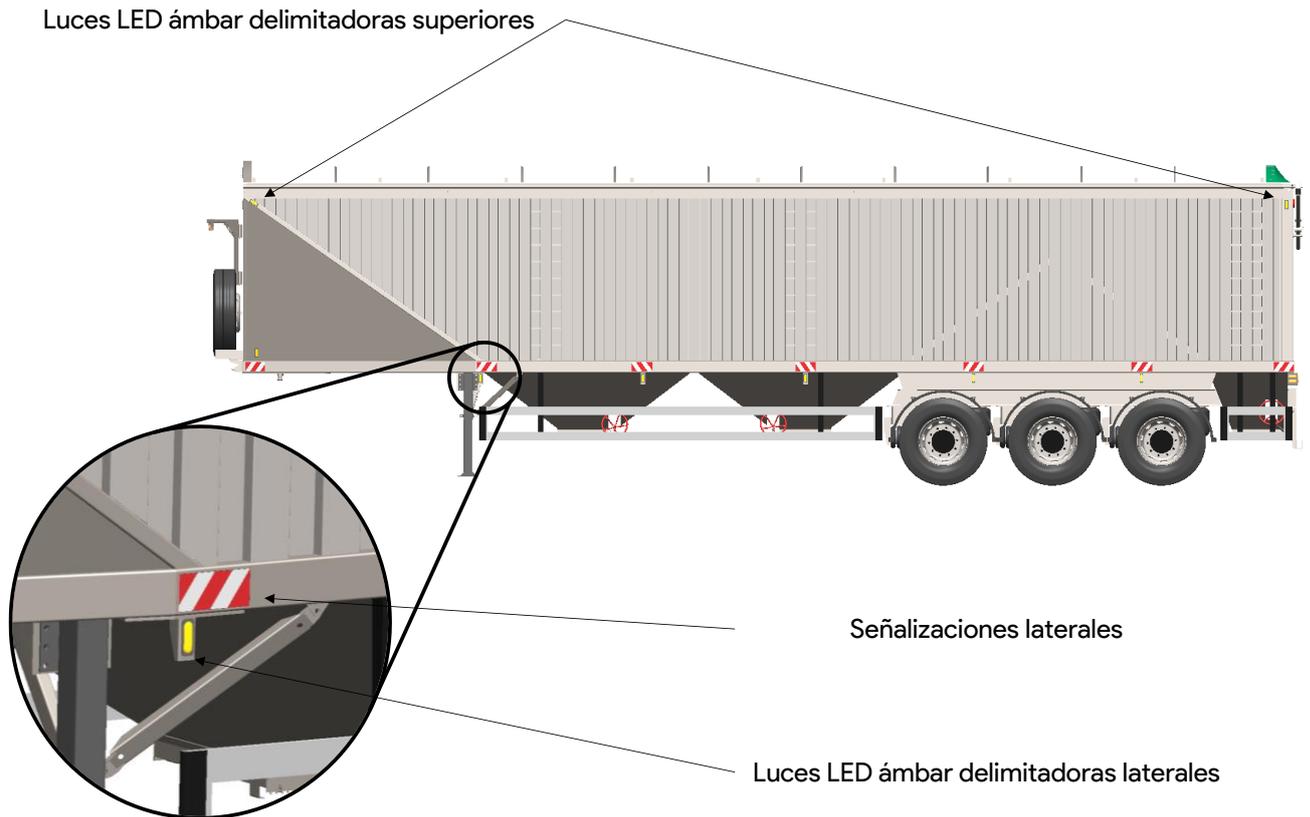


Ilustración 4.104: Luces y señalizaciones laterales.

#### 4.17.3 Luces y señalizaciones traseras:

En cuanto a la parte trasera del semirremolque, debemos tener lo siguiente: luces de frenado, de giro, de reversa, luces rojas superiores, luces delimitadoras, luces de patente y triángulos de señalización.

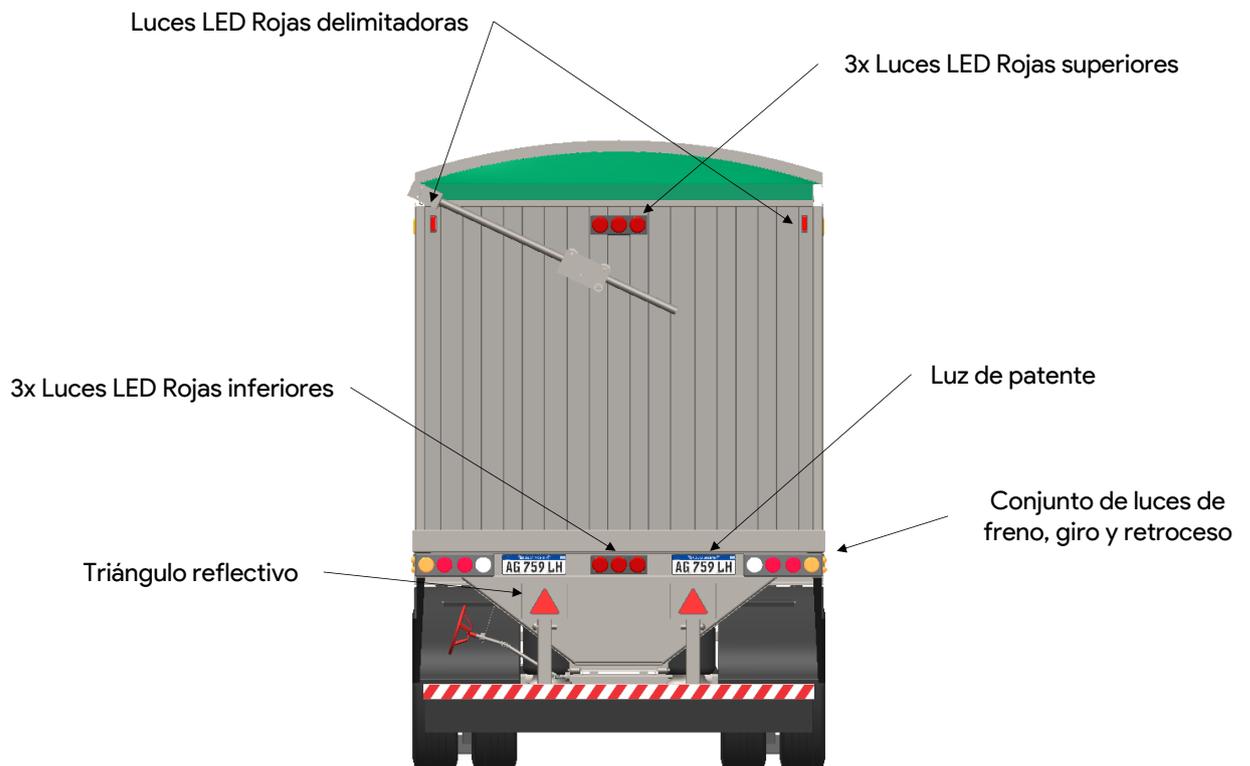


Ilustración 4.105: Luces y señalización trasera.

#### 4.18 Guardabarros:

Como lo exige la norma, el semirremolque debe contar con guardabarros en todos sus neumáticos. Por ello, se decide colocar seis guardabarros individuales de material plástico para cubrir cada una de las ruedas y los cuales se encuentran comercializados por la marca “Mercosil”.



Ilustración 4.106: Guardabarros individual plástico comercializado por Mercosil.

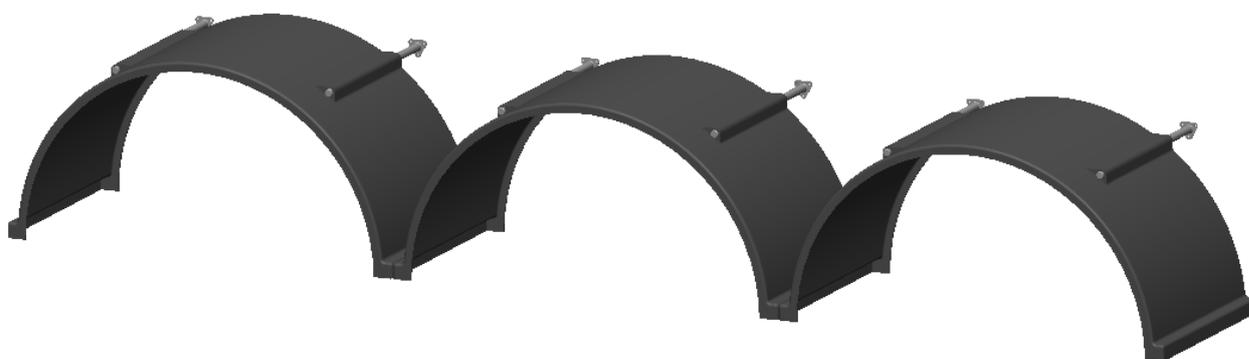


Ilustración 4.107: Representación ilustrativa del tándem de guardabarros en SolidWorks.

#### 4.19 Comparación con la competencia y el mercado:

Utilizando el software CAD, se puede obtener un estimado del peso total del semirremolque, considerando todos sus sistemas y accesorios, como son los ejes, suspensión, ruedas, lona cobertora, luces, paragolpes trasero y laterales, y por supuesto, la estructura en sí.

Mediante esta función, se obtiene como resultado el siguiente peso estimado para el semirremolque vacío (tara):

$$Tara = 6.150 \text{ kg}$$

A continuación, se puede ver una tabla comparativa con otras opciones del mercado:

Marca / Modelo	Volumen de carga	Tara
Vulcano	60 m <sup>3</sup>	7.600 kg
Ombú	58 m <sup>3</sup>	8.400 kg
Aiello	54 m <sup>3</sup>	6.900 kg
Nuestro diseño	58 m <sup>3</sup>	6.150 kg

Tabla N°4: Comparativa con otros modelos disponibles en el mercado.

Como se puede ver, el diseño desarrollado en este informe posee la tara más baja del mercado. De esta manera se logra superar ampliamente a nuestra principal competencia:

- Aiello, que son los líderes del mercado en cuanto a tara y utilizan eso como principal punto de venta, son ampliamente superados en cuanto a tara y volumen.
- Vulcano, que son los líderes en venta en el segmento, son también ampliamente superados en cuanto a tara, mientras que se ofrece un volumen de carga marginalmente menor.

Si bien estos cálculos de tara son estimados, se tiene un margen de error disponible del 12,5%, equivalente a 750 kg aproximadamente, para seguir por debajo de la competencia.

## 5. Conclusiones:

En primera instancia concluimos que se ha cumplido con el objetivo general del proyecto, el cual consistió en el diseño y cálculo de un semirremolque tolva auto descargable, incluyendo en esto los distintos análisis FEM necesarios para asegurar su correcto funcionamiento, así como también la planimetría necesaria para su construcción.

En segunda instancia, podemos decir que a lo largo del desarrollo de este proyecto se pudo tomar noción de la complejidad que representa el diseño y desarrollo de un semirremolque de las características dadas, tanto a la hora de tener en cuenta toda la normativa que aplica y debe ser considerada, así como también al cálculo de los componentes y su dimensionamiento en función de la disponibilidad del mercado y sin dejar de lado el método de fabricación de estos.

Por último, es satisfactorio para nosotros poder concluir nuestra etapa de estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad Regional Santa Fe, perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional, con un proyecto de semejante características.

## 6. Bibliografía:

- **SurDelSur.com** – “Agricultura en Argentina Panorama [2023]”.
- **Urbipedia.org** – “Ángulo de reposo, definición y factores que lo disminuyen”.
- **ARGENTINA.GOB.AR** – “Configuraciones autorizadas para el transporte automotor de cargas – Escalabilidad” – Artículo 27 – Decreto N°32/18 Dirección Nacional de Vialidad.
- **ARGENTINA.GOB.AR** – “Pesos máximos establecidos por la ley: Configuraciones vehiculares según transmisión a calzada” – Decreto N°32/18 Dirección Nacional de Vialidad.
- **IRAM – AITA 10.260** – “Vehículos comerciales de carretera: Dispositivos traseros de protección (paragolpes)”.
- **IRAM – AITA 10.276** – “Vehículos comerciales de carretera: Dispositivos traseros de protección (paragolpes)”.
- **IRAM 10.259:2003** – “Clasificación de los dispositivos de acoplamiento y sus componentes”.
- **IRAM-IAS U 500-503** – “Aceros al carbono para uso estructural”.
- **Video: “Proyecto tren de ruta”** – Remolques Vulcano.
- **“La ingeniería en el desarrollo: Manejo y tratamiento de granos poscosecha”** - M. De Lucia y D. Assennato - Consultores en la FAO.
- **Diseño de elementos de máquinas** – V.M. Faires
- **Coefficiente de fricción, ángulo de reposo y densidades aparentes de granos.** - Carlos Eugenio Oliveros-Tascón.
- **Sistema de Suspensiones Neumáticas Meritor para Semirremolques.** - Meritor.
- **Hermann, Manual del Usuario.**
- **AluHard 500, Manual de Usuario** - Rojo Trailer.

# ANEXO I

## *CATÁLOGOS Y/O INFORMACIÓN EXTRA*

- 1) IRAM IAS U500-503 - Acero IRAM F-24.
- 2) MANUAL DE INSTALACIÓN LUPARINI DE PARAGOLPE TRASERO NORMALIZADO - NORMA 10.260.
- 3) PLANO SUSPENSIÓN BOERO ITG.

Tabla 1 - Características mecánicas

Designación del acero	Límite de fluencia mínimo $R_{eL}$ (MPa)					Resistencia a la tracción $R^*$ (MPa)			Alargamiento de rotura mínimo $A$ (%)					Doblado** a 180° sobre calza de		
	$e \leq 16$	$16 < e \leq 40$	$40 < e \leq 63$	$63 < e \leq 80$	$80 < e \leq 100$	$e < 3$	$3 \leq e \leq 100$	$100 < e \leq 150$	$e \leq 40$	$40 < e \leq 63$	$63 < e \leq 100$	$100 < e \leq 150$	$e \leq 16$	$16 < e \leq 40$	$40 < e \leq 63$	
F-24	235	225	215	215	215	195	360-510	340-470	26	25	24	22	1 e	1,5 e	1,5 e	
F-26	250	245	235	235	235	215	420-570	400-560	22	21	20	18	1,5 e	2 e	2,5 e	
F-36	355	345	335	325	315	295	510-660	490-630	22	21	20	18	2,5 e	3 e	3 e	

e el espesor nominal del producto, en milímetros (ver 5.7.3).

\* Salvo convenio previo, los límites máximos son sólo indicativos.

\*\* Opcional, si fuera requerido en la orden de compra.

Tabla 2 - Composición química de colada

Designación	C máx. (%) <sup>(1)(2)</sup>		P máx. (%)	S máx. (%)
	$e \leq 16$	$16 < e \leq 40$		
F-24	0,20	0,21	0,045	0,050
F-26	0,26	0,27	0,045	0,050
F-36	0,24	0,24	0,045	0,050

(1) El contenido de carbono máximo puede incrementarse hasta en 0,02% siempre y cuando se cumpla con el valor del carbono equivalente máximo indicado en 5.6.1 a).

(2) De requerirse se debe fijar por convenio previo.

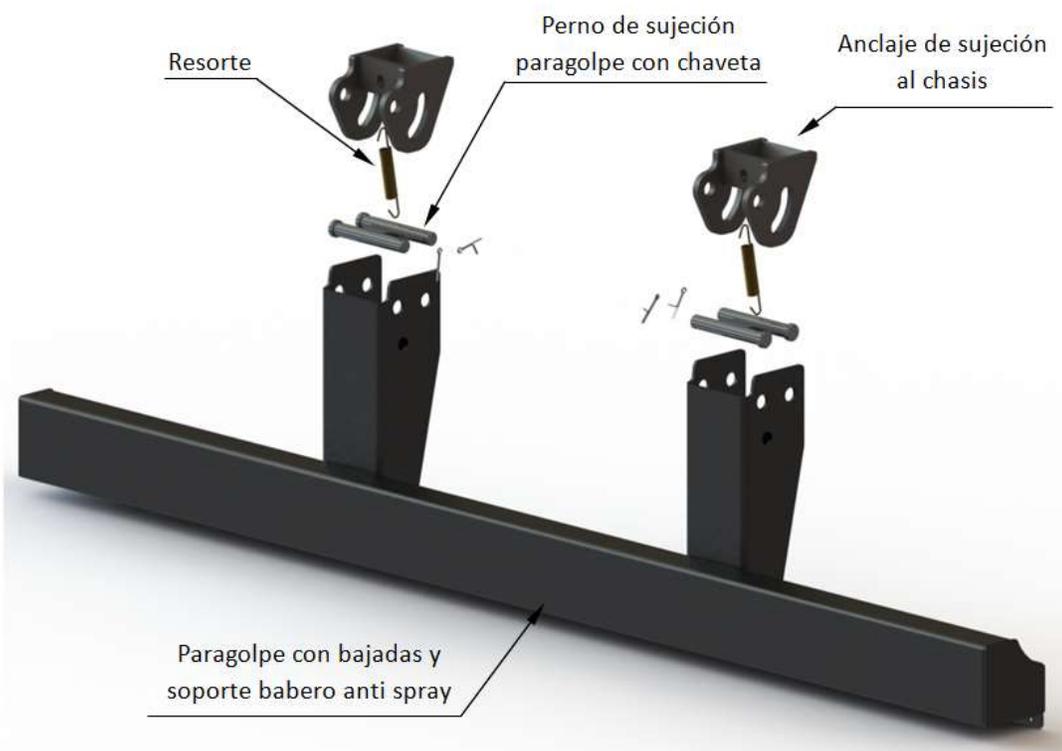
(3) Para espesores > 100 mm, el contenido de carbono debe acordarse entre las partes.



## MANUAL DE INSTALACIÓN DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN TRASERA ANTIEMPOTRAMIENTO

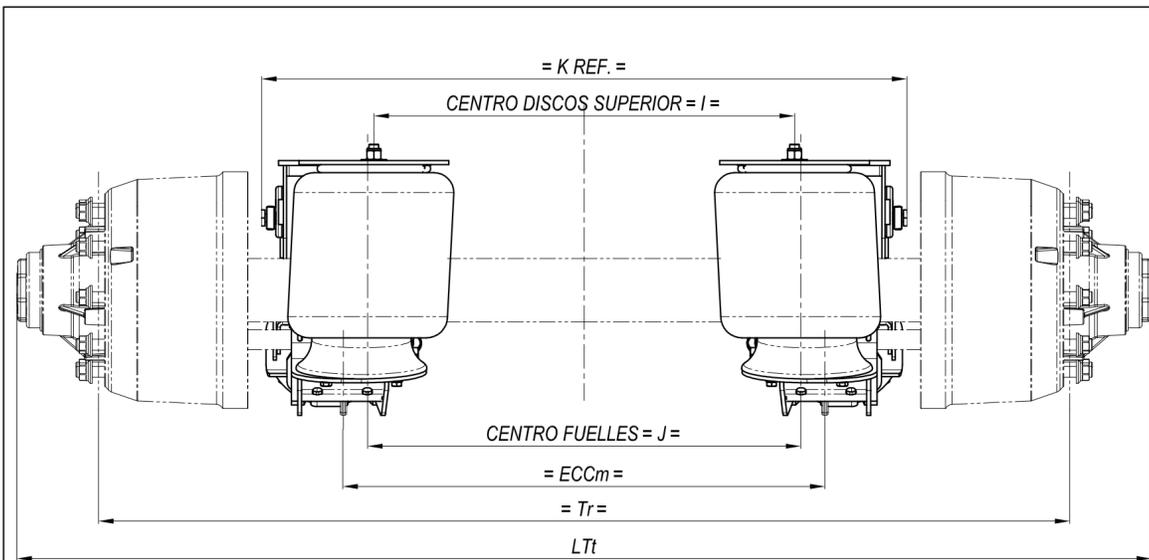
El paragolpe Luparini se encuentra ensayado por INTI según los parámetros de ensayo establecidos en el reglamento 58 Naciones Unidas. Se trata de un dispositivo apto para escalar / tipificar unidades categoría O4 para transportar más de 45tn. Cumple con los requerimientos de INTI en trámites de LCM (licencia de configuración de modelo). Está fabricado en chapa microaleada de máxima resistencia logrando un peso de 58 kg.

### Despiece

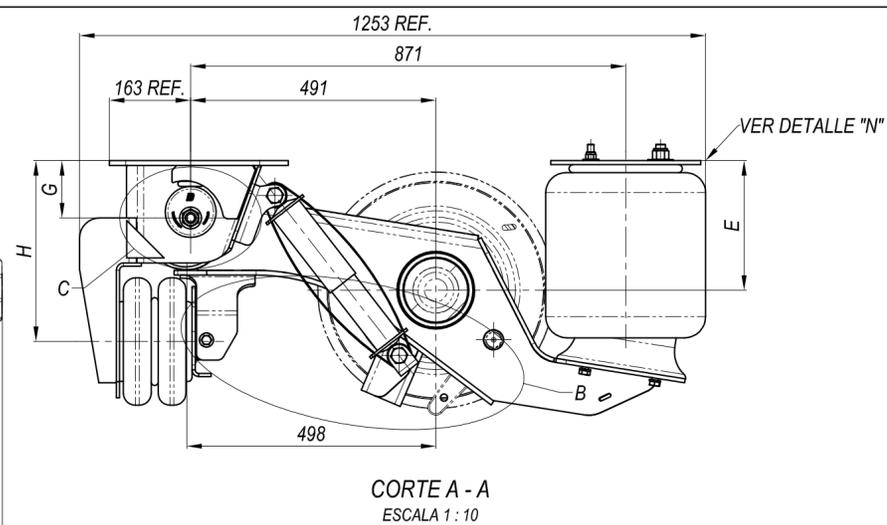


# ANEXO II

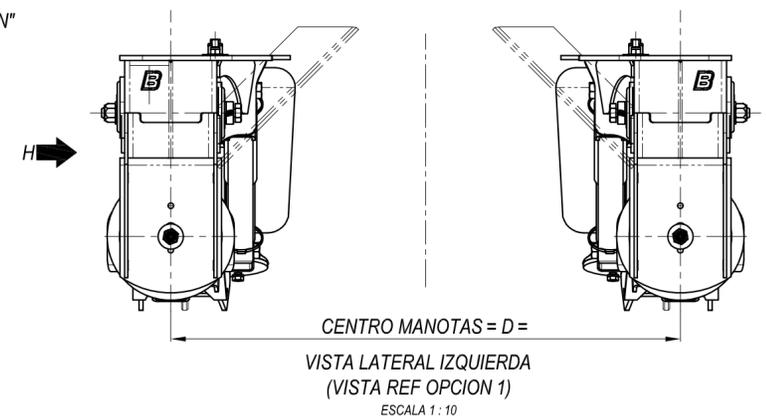
*PLANIMETRÍA*



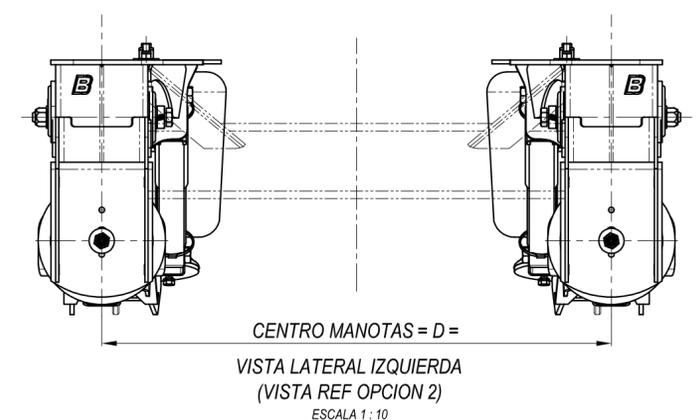
VISTA LATERAL DERECHA  
ESCALA 1 : 10



CORTE A - A  
ESCALA 1 : 10

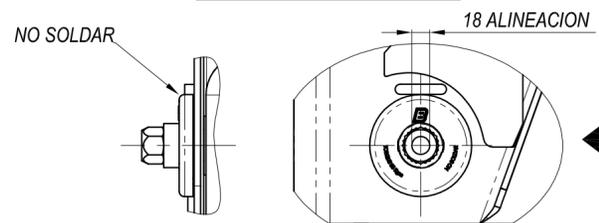


CENTRO MANOTAS = D =  
VISTA LATERAL IZQUIERDA  
(VISTA REF OPCION 1)  
ESCALA 1 : 10

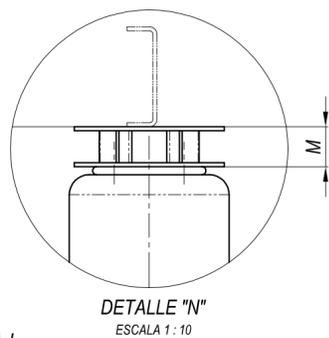


CENTRO MANOTAS = D =  
VISTA LATERAL IZQUIERDA  
(VISTA REF OPCION 2)  
ESCALA 1 : 10

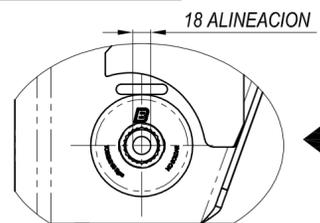
PASO 1 ALINEAR  
PASO 2 TORQUEAR



VISTA SEGUN "I"  
ESCALA 1 : 5



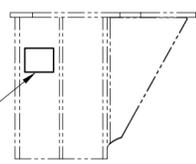
DETALLE "N"  
ESCALA 1 : 10



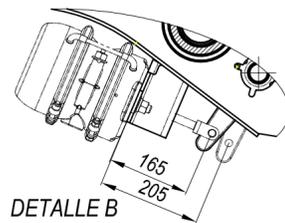
DETALLE C  
ESCALA 1 : 5

DETALLE "B"  
COTA VASTAGO PULMON:  
165mm RETRAIDO  
205mm ACCIONADO Y REGISTRADO

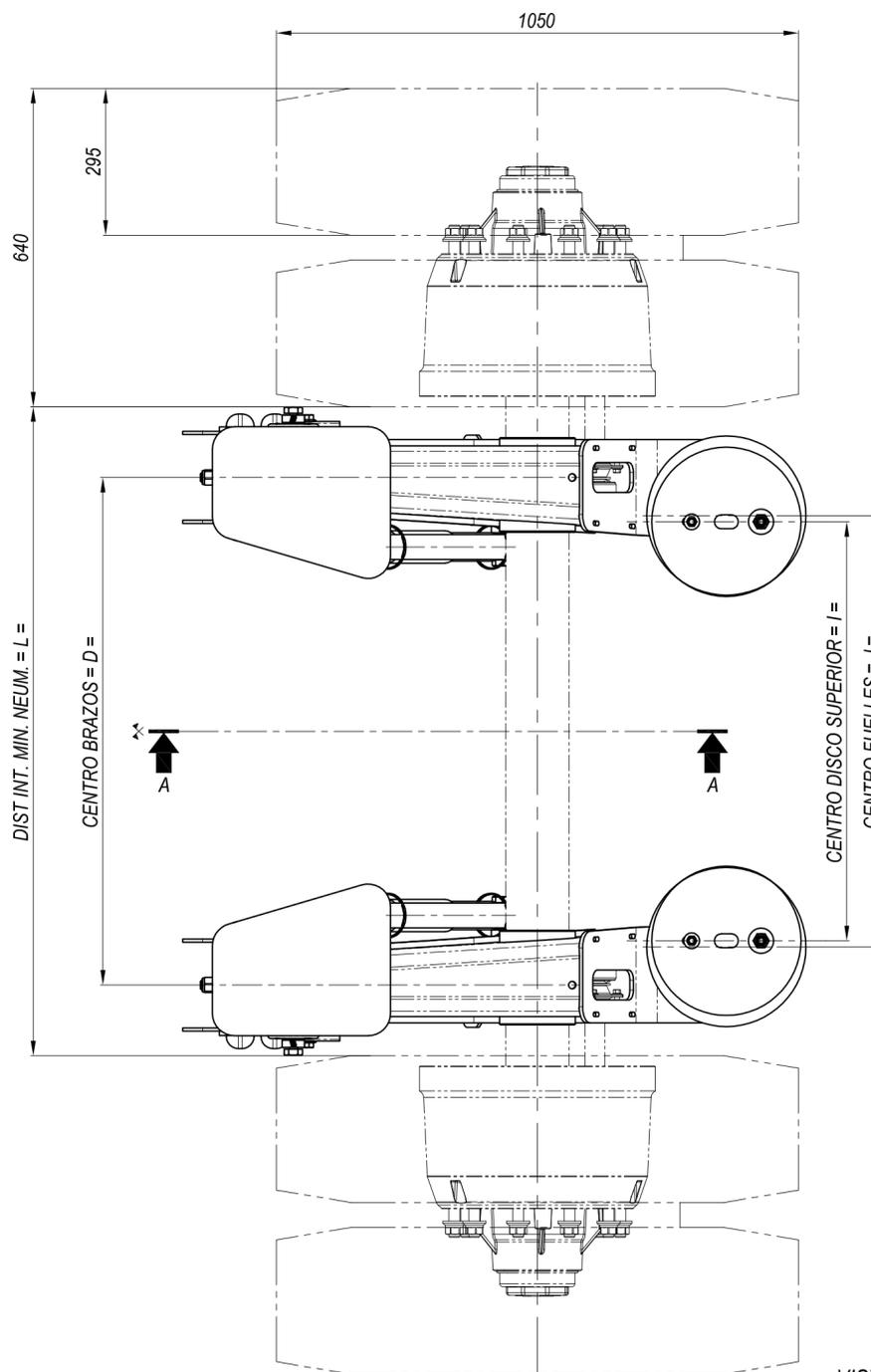
POSICION DE PLACA IDENTIFICACION EN MANOTA IZQUIERDA (VER PLANO PD0800189)



VISTA SEGUN "H"  
ESCALA 1 : 10



DETALLE B  
ESCALA 1 : 10



VISTA SUPERIOR  
ESCALA 1 : 10

TIPO DE RODADO	Tr [mm]	Lt [mm]	ECCm [mm]	D [mm]	I [mm]	J [mm]	K [mm]	L [mm]
DUAL	1844	2170	920	920	767	792	1202	1204
DUAL	1889	2215	965	965	812	837	1247	1249
DUAL	1944	2270	1020	1020	867	892	1302	1304
SINGLE	2100	2348	1280	1280	1127	1152	1562	1785

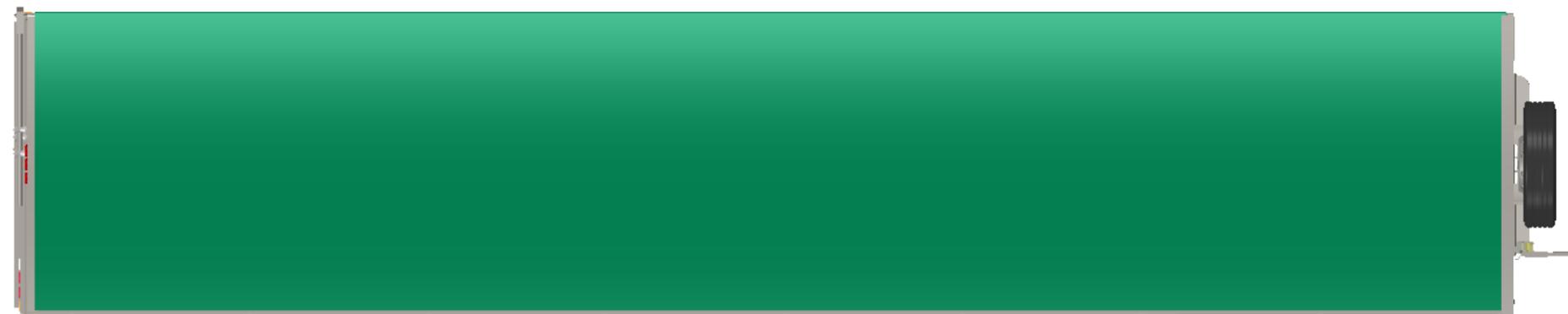
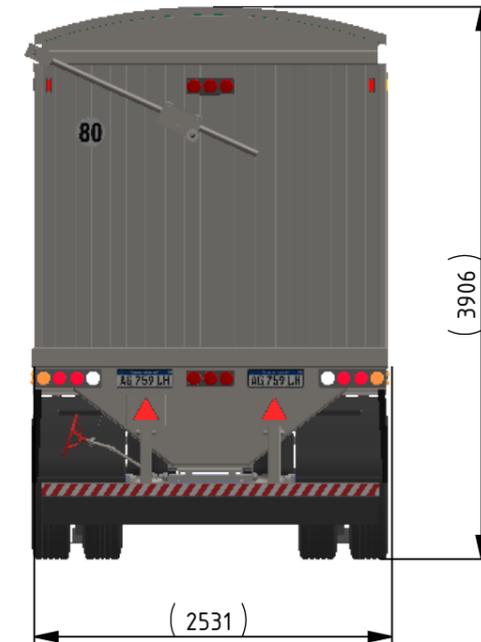
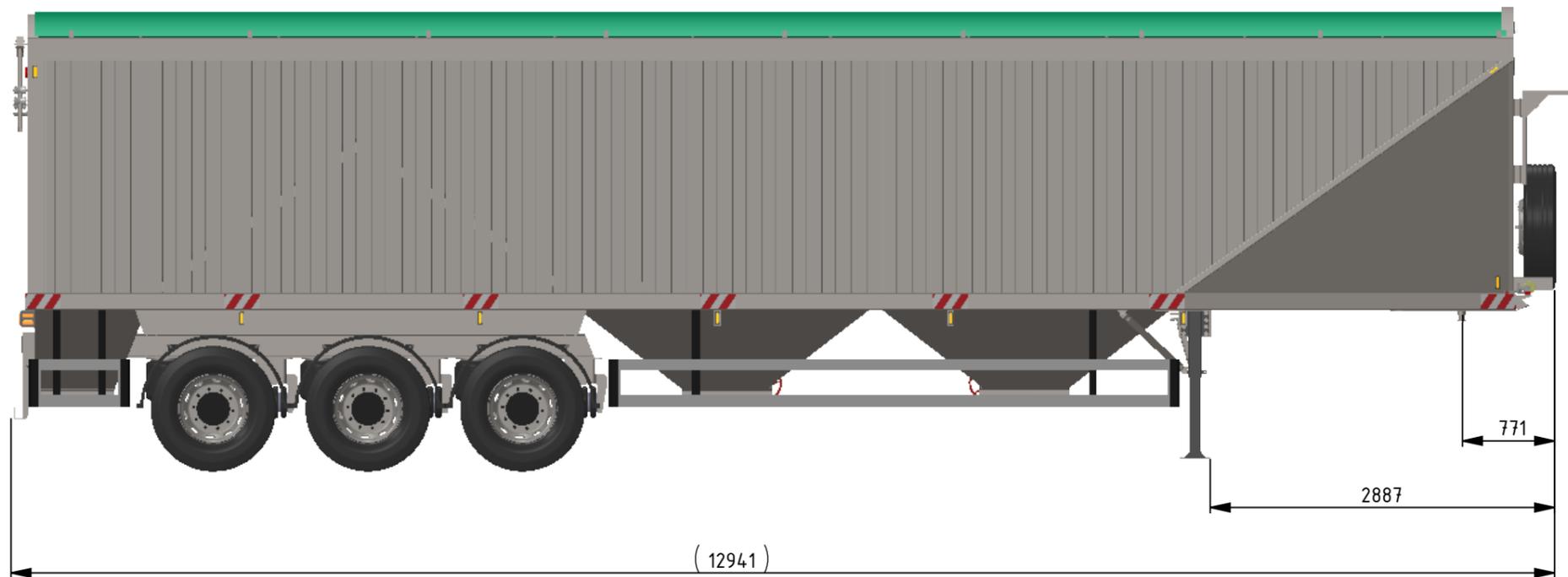
SUSP AT	E [mm]			F [mm]			G [mm]	H [mm]	M [mm]
	ALT. TRAB.	TOPE SUP.	TOPE INF.	ALT. TRAB.	TOPE SUP.	TOPE INF.			
AT225	225	130	320	390	200	580	115	331	8
AT305	305	211	401				203	419	80
AT355	355	262	452				254	470	131
AT380	380	286	476				254	470	179
AT432	432	338	528				306	522	231

TROQUE DE TUERCAS Y TORNILLOS [Kgm]	
PERNO	83
AMORTIGUADOR	62

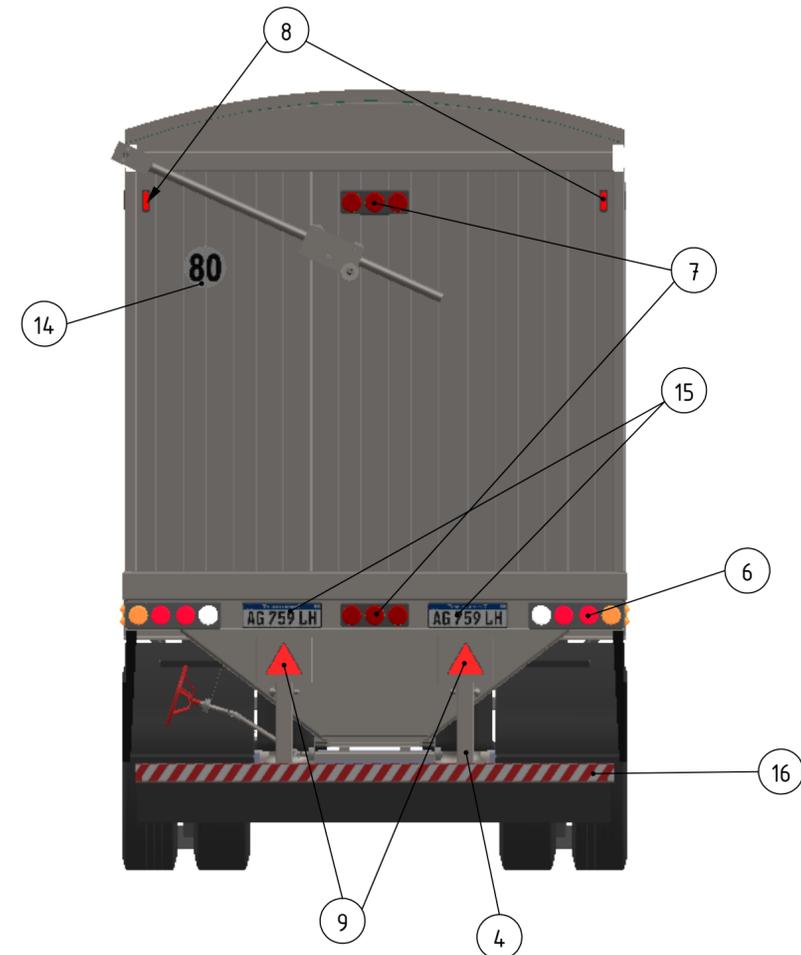
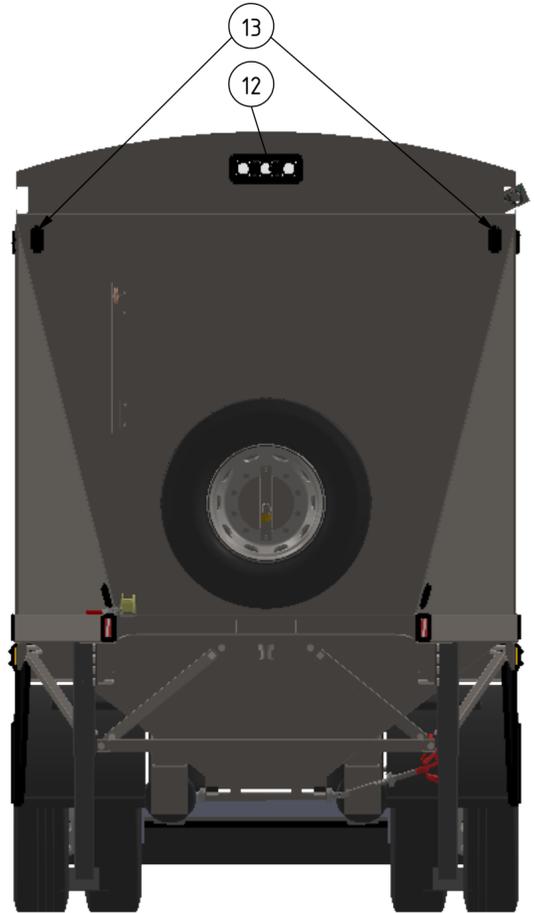
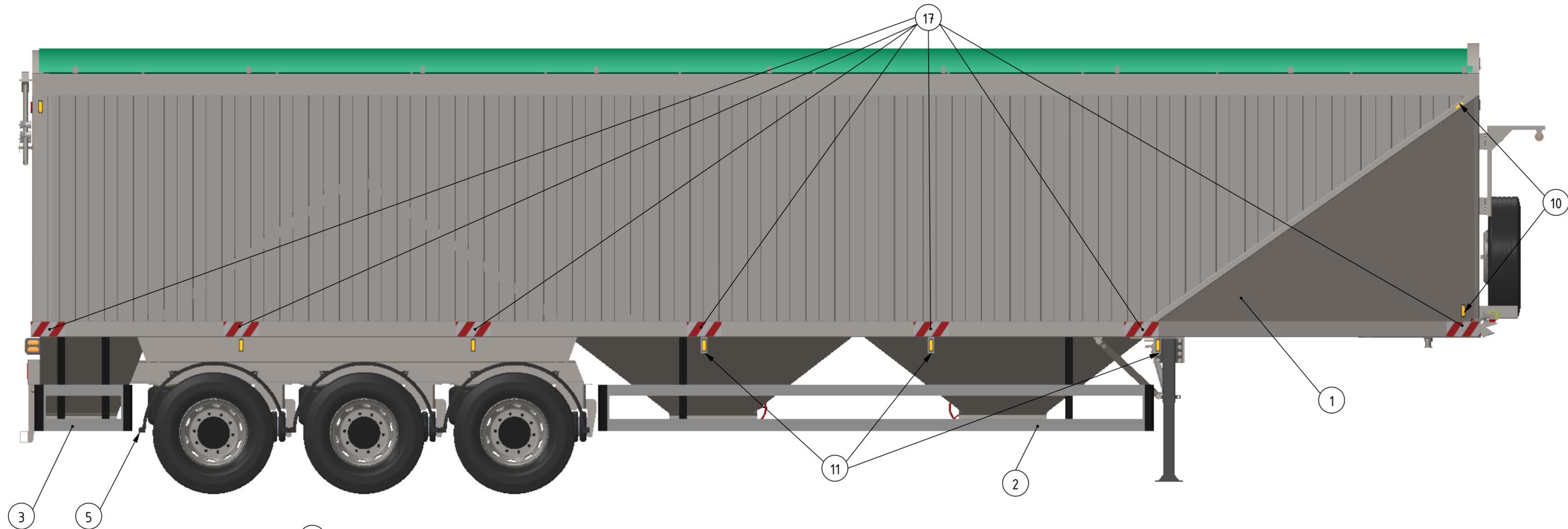
NOTAS

- 1 - REALIZAR INSTALACION DEL PRODUCTO BOERO SEGUN INSTRUCTIVO
- 2 - REALIZAR PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO SEGUN TABLA DE MANTENIMIENTO BOERO
- 3 - REALIZAR EL TORQUEADO DE LOS COMPONENTES SEGUN INSTRUCTIVO
- 4 - LOS DATOS DIMENCIONALES GENERALES Y PROPIEDADES FISICAS SON APROXIMADOS
- 5 - BOERO SE RESERVA EL DERECHO DE ALTERAR LAS ESPECIFICACIONES DE LOS DISEÑOS DE LOS PRODUCTOS SIN PREVIO AVISO.

**BOERO**  
ejes y suspensiones



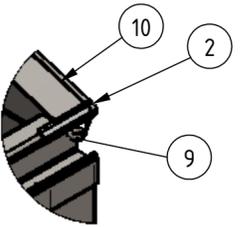
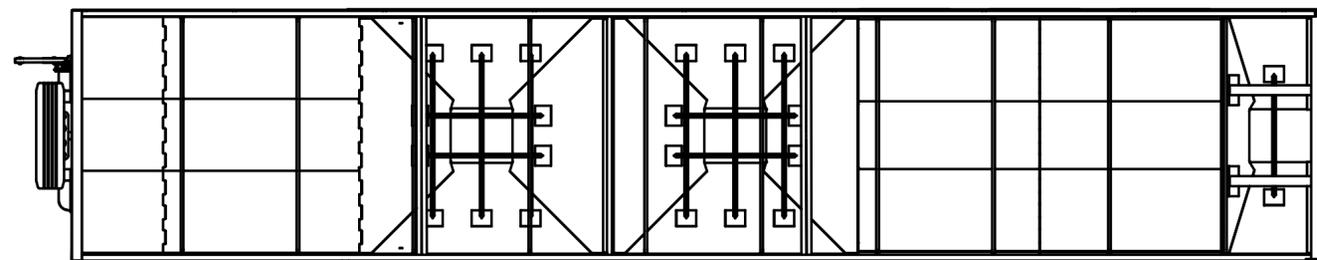
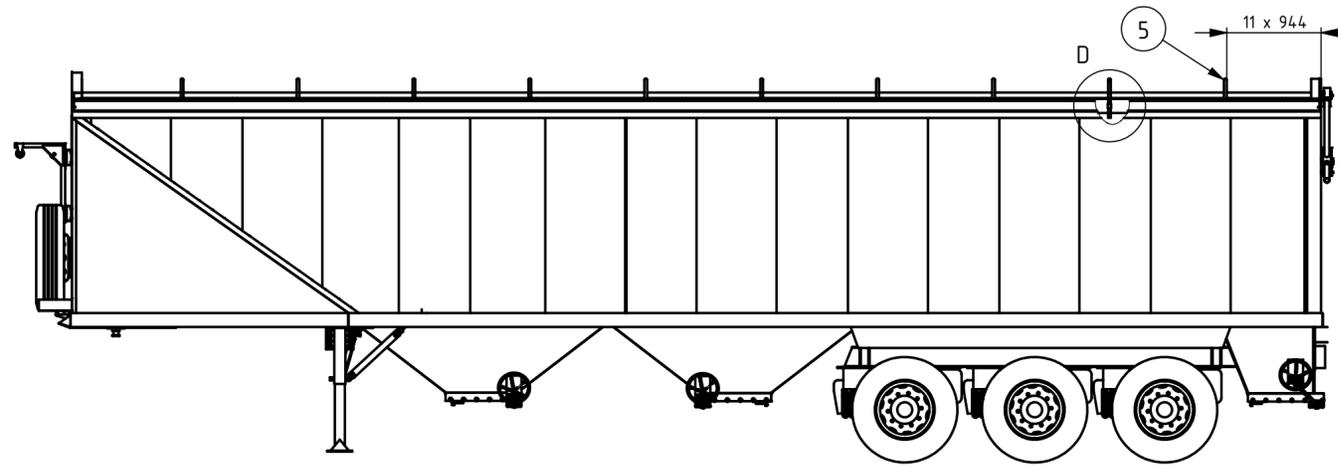
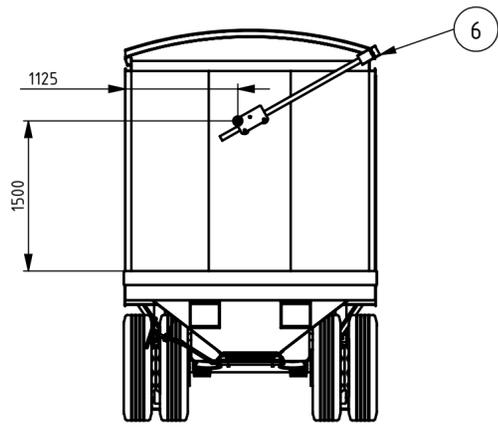
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: DIMENSIONES GENERALES		
	Material: -	Plano N°: DG-001	Rev.00
	Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		Pág. 1



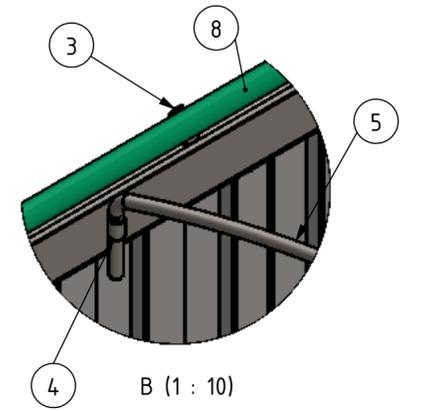
NOTAS:

1. El montaje de los paragolpes laterales y trasero se realiza siguiendo el instructivo que provee el fabricante Luparini.
2. La ubicación de las luces, elementos reflectivos y/o distintos dispositivos se realiza según la normativa especificada en el informe, siendo su ubicación en estos planos simplemente ilustrativa.

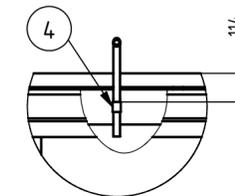
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
17	14	Cinta reflectiva lateral	-	-
16	1	Cinta reflectiva trasera	-	-
15	2	Patente	-	-
14	1	Calcomanía reflectiva - Vel. máxima 80 km/h - Ø210mm	-	-
13	2	Luz delantera blanca delimitante	-	-
12	1	Luz central delantera - tres faros	-	-
11	6	Luz ámbar	-	-
10	10	Luz ámbar lateral	-	-
9	2	Triángulo reflectivo rojo	-	-
8	2	Luz roja trasera delimitante	-	-
7	2	Luz central trasera - tres faros	-	-
6	2	Luz trasera de cuatro faros con doble testigo lateral	-	-
5	2	Guardabarros Mercosil Ø1.100 mm	-	Varios
4	1	Paragolp trasero homologado - Luparini	Según fabricante	-
3	2	Paragolpes laterales - Guardacilistas - Largo 850mm - Luparini	-	Aluminio
2	2	Paragolpes laterales - Guardacilistas - Largo 4.800mm - Luparini	-	Aluminio
1	1	Estructura con sistema de lona cobertora	SR2-01	-



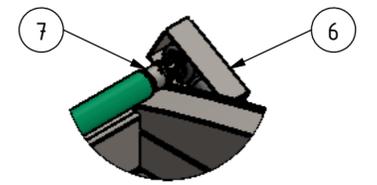
A (1 : 10)



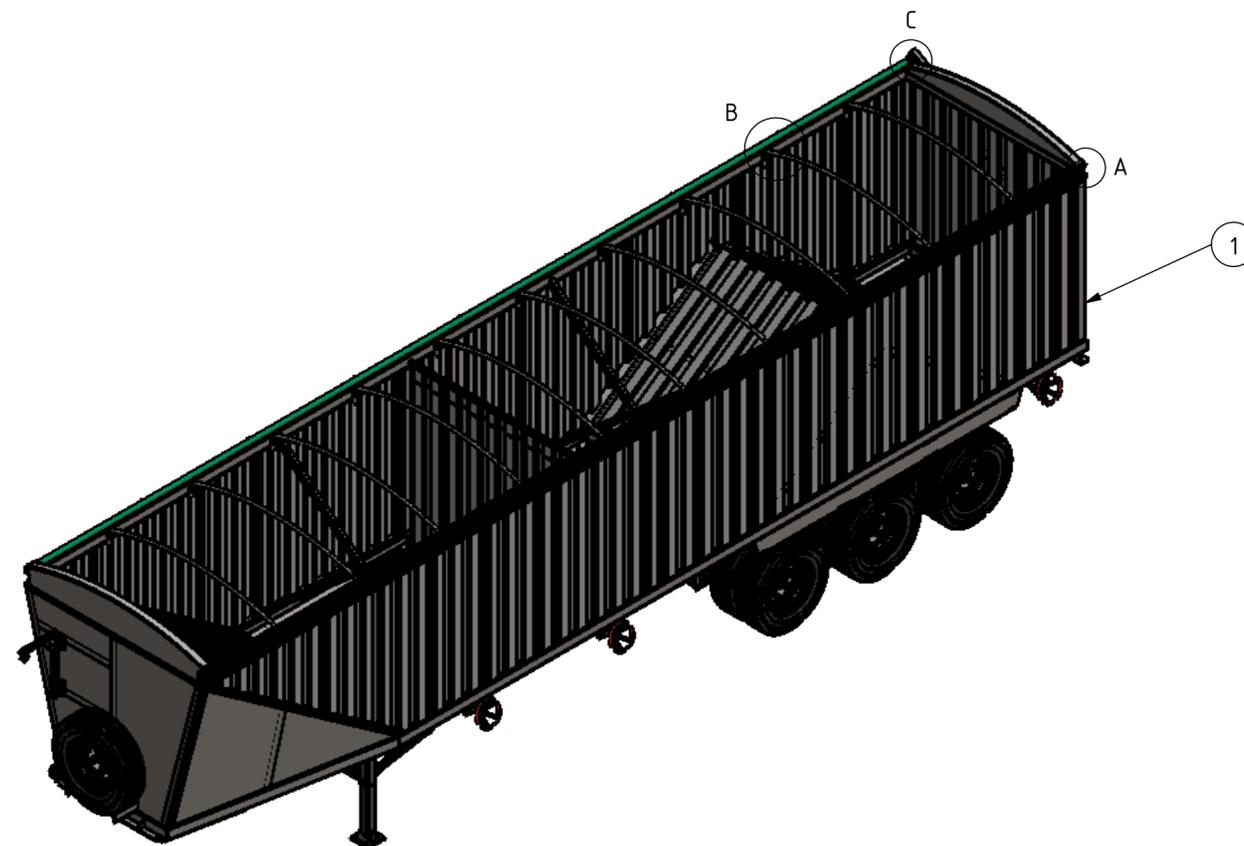
B (1 : 10)



D (1 : 20)



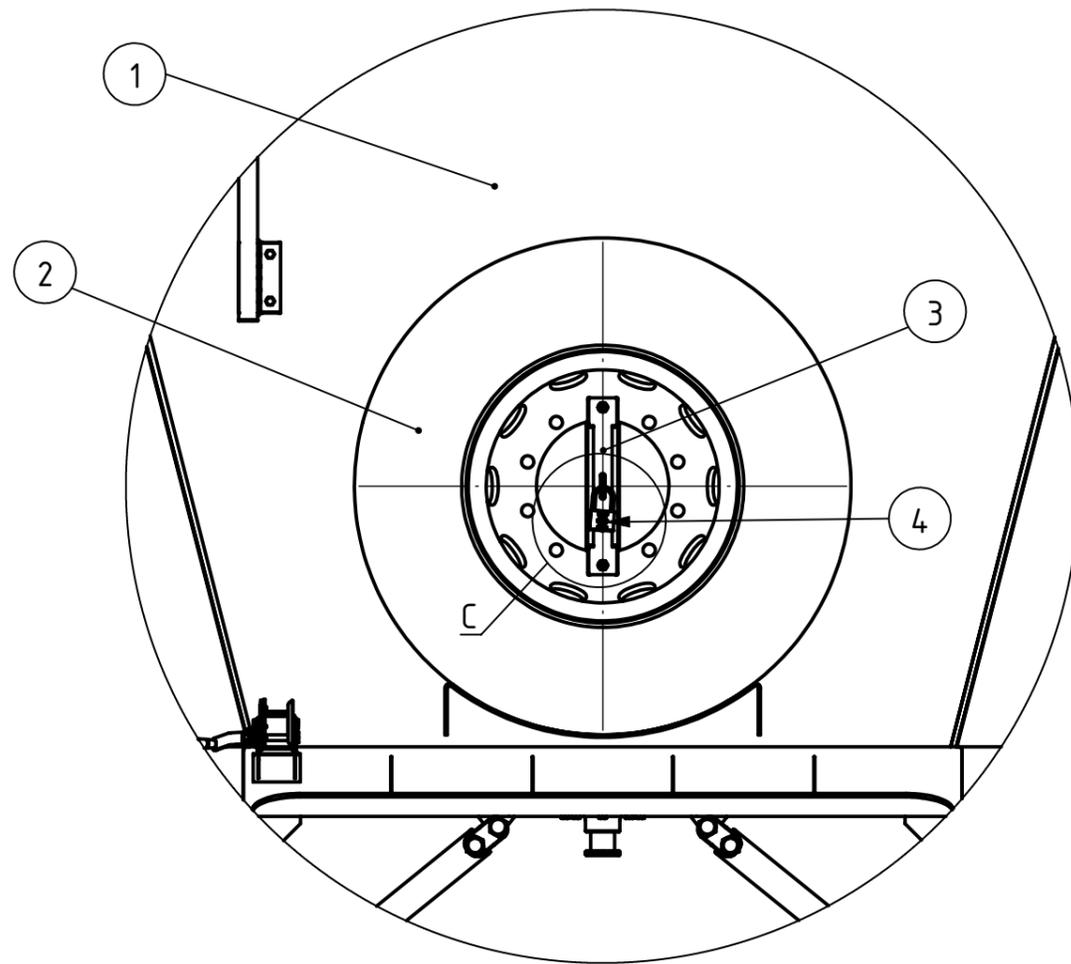
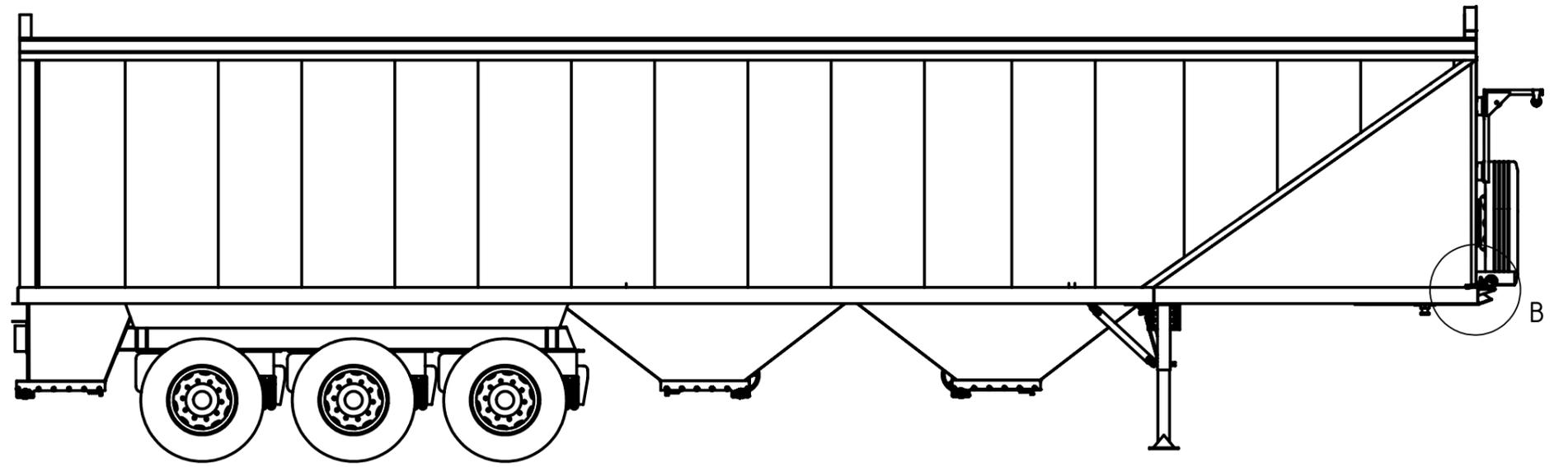
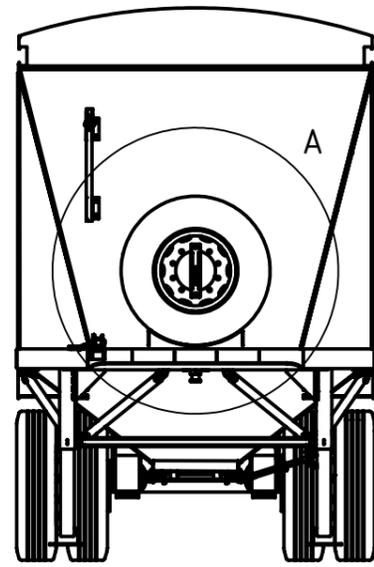
C (1 : 10)



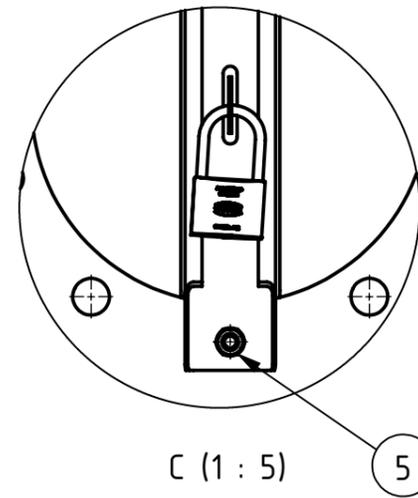
NOTA:  
 -Soldar eje pivotante del conjunto caño pivotante a chapa trapezoidal trasera en la posición indicada con soldadura de contorno z2  
 -Soldar caños calce de arcos a la estructura general con soldadura de contorno z2

N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
10	2	Cable Ø2mm - Largo 2.600 mm	-	SAE 1010
9	2	Cáncamo Ø25mm	-	SAE 1010
8	1	Lona cobertora - Kaizen 12.400x2.600mm	-	Lona
7	1	Conjunto caño longitudinal de lona	SR3-03.03	-
6	1	Conjunto caño pivotante	SR3-03	-
5	10	Arcos	-	-
4	20	Caño calce arcos	-	-
3	9	Tope de lona	SR3-02	IRAM F-24
2	1	Protector cubrecanto cable	-	-
1	1	Estructura con sistema de rueda auxiliar	SR3-01	-

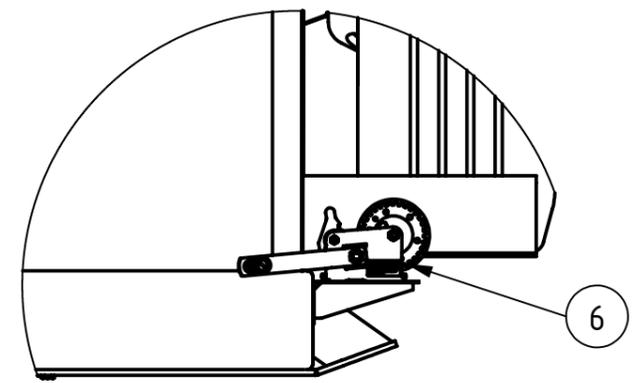
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA CON SISTEMA LONA		
Material:	Plano N°: SR2-01	Rev.00	
Escala: 1:50 Formato: A2	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 3
Proyector: Baruffato, Gianluca, Caloia, Agustín, Roncoroni Hernán			



A (1 : 15)



C (1 : 5)

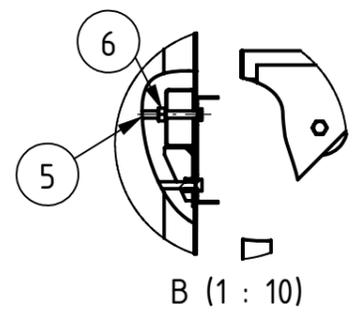
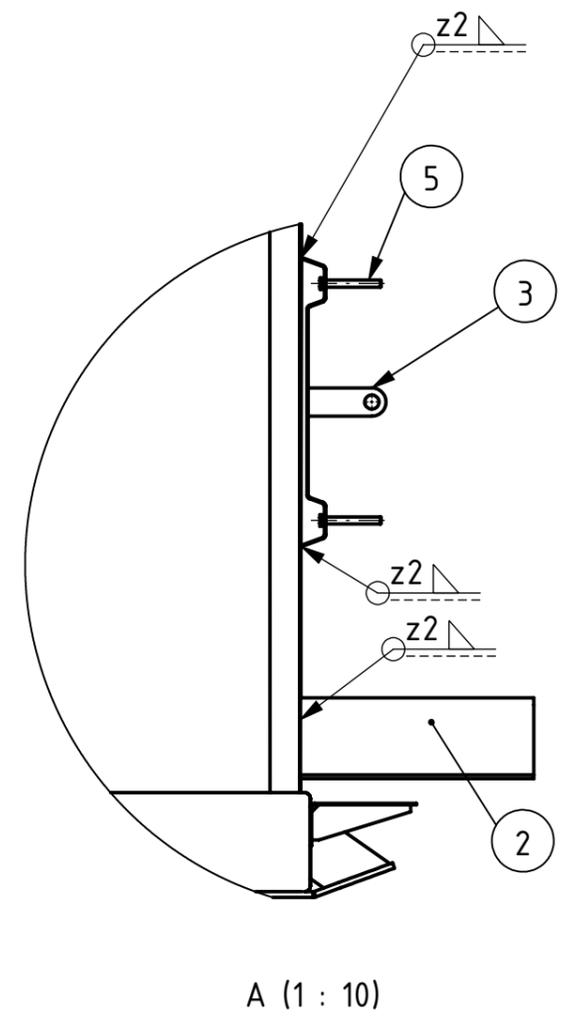
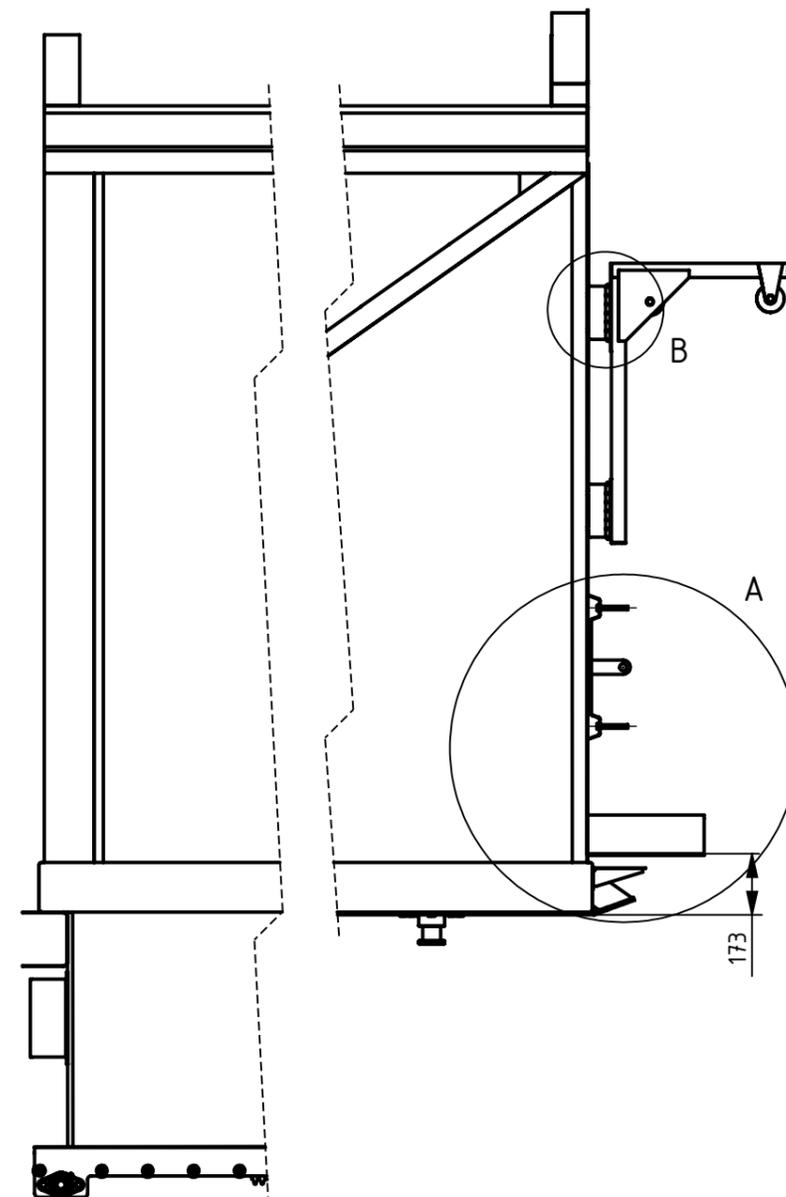
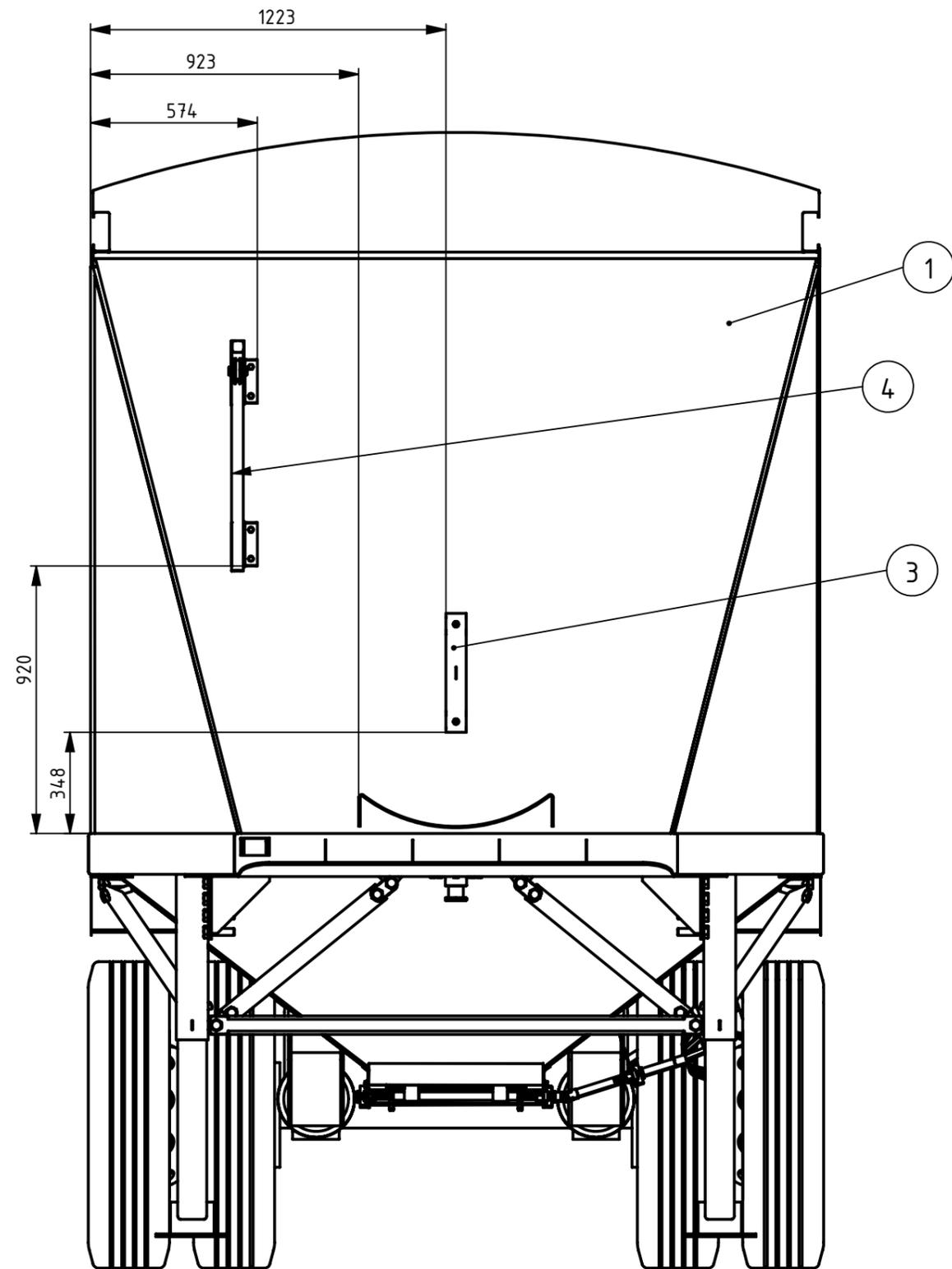


B (1 : 10)

NOTA: El malacate se encuentra fijado con los bulones que este trae para dicho fin.

6	1	Malacate R0-AN - Capacidad: 127 kg	-	-
5	2	Tuerca hexagonal M12	-	-
4	1	Candado	-	-
3	1	Traba rueda auxiliar	SR4-02	-
2	1	Rueda auxiliar R22,5x9 - 10 agujeros / Neumáticos 295/80 R22,5	-	-
1	1	Estructura con soporte de rueda	SR4-01	-
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

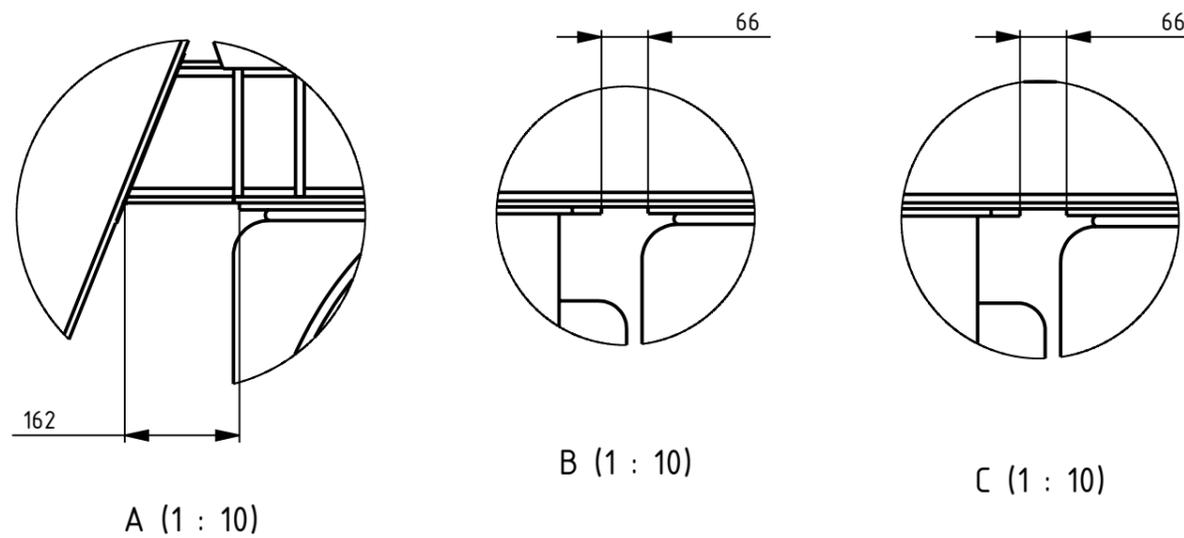
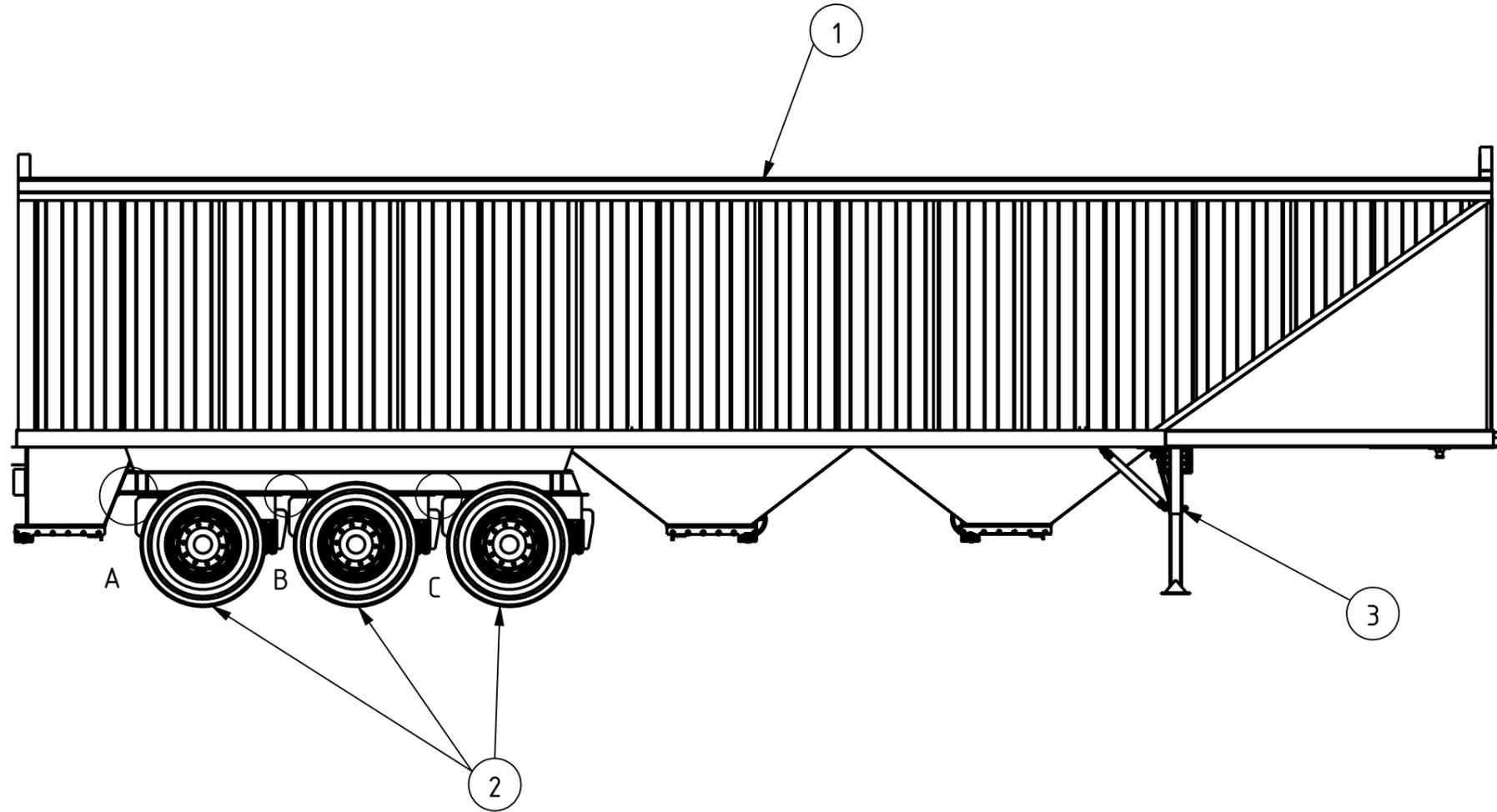
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA CON SISTEMA DE RUEDA AUXILIAR		
Material: -	Plano N°: SR3-01	Rev.00	
Escala: 1:50 Formato: A3	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 4
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			



NOTA: Los bulones (5) se sueldan a (3) perimetralmente.

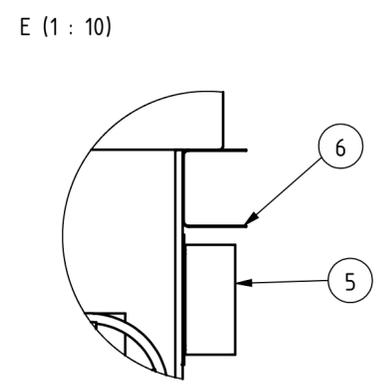
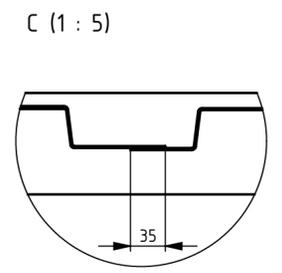
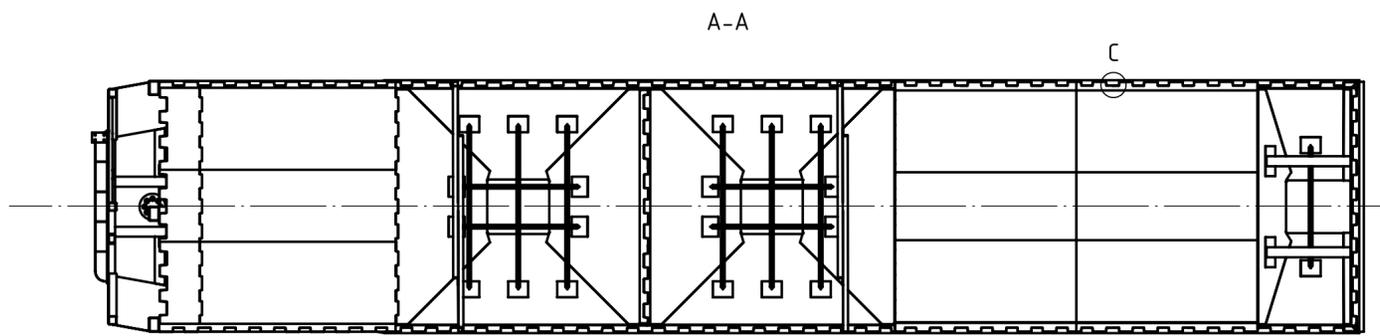
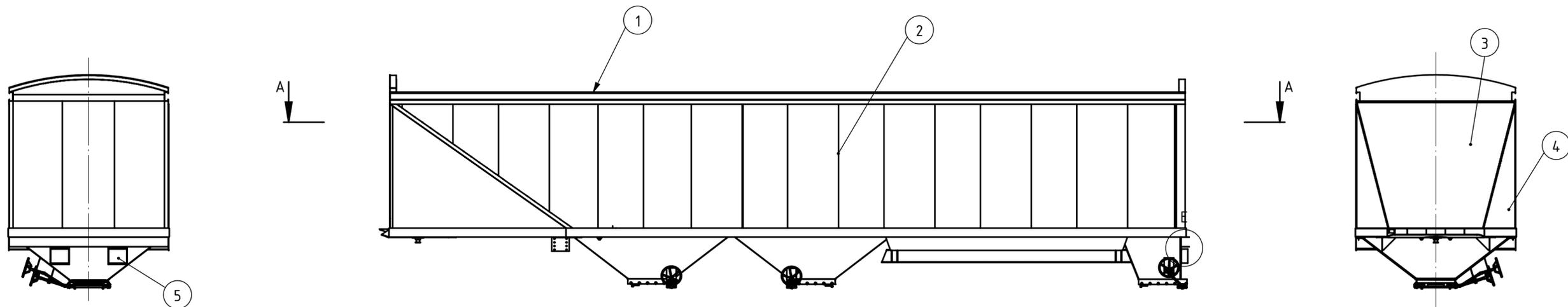
6	4	Tuerca de cabeza hexagonal M12	-	-
5	6	Tornillo de cabeza hexagonal M12 x 65	-	-
4	1	Brazo elevador rueda	SR5-04	-
3	1	Soporte central rueda inferior	SR5-03	IRAM F-24
2	1	Soporte inferior rueda auxiliar	SR5-02	IRAM F-24
1	1	Estructura con tandem de ejes y patas de apoyo	SR5-01	-
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: ESTRUCTURA CON SOPORTE DE RUEDA		
		Material: -	Plano N°: SR4-01	Rev.00
		Escala: 1:20	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Pág. 5



NOTA: Se sueldan perimetralmente todas aristas en contacto con z10.

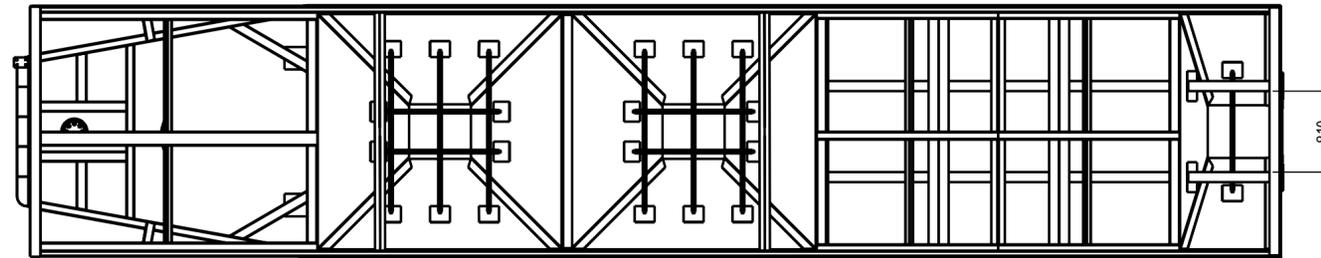
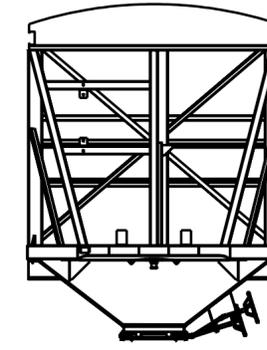
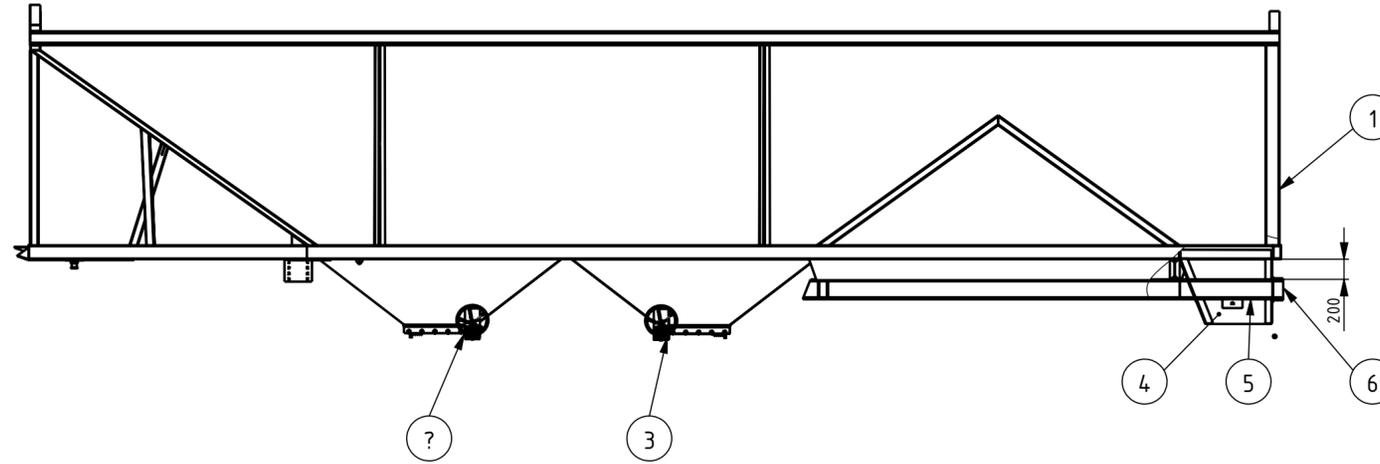
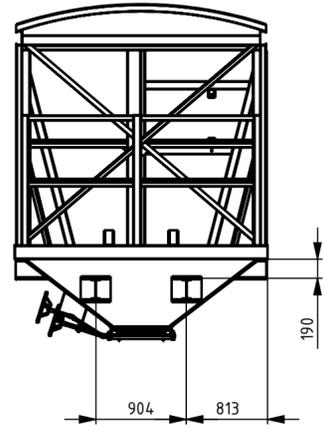
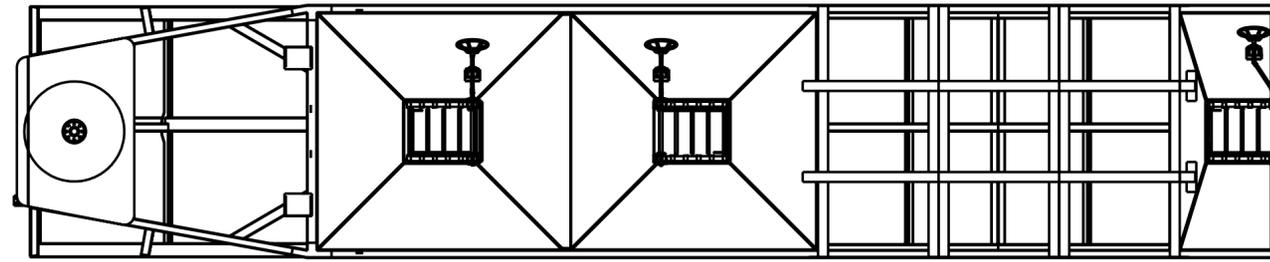
3	1	Patas de apoyo - Robustec RAL-2115	-	-
2	1	Tandem de tres ejes - Suspensión neumática Boero ITG	-	-
1	1	Estructura con chapas trapezoidales	SR6-01	-
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		<b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA		
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE Denominación: ESTRUCTURA CON TANDEM DE EJES Y PATAS DE APOYO		
		Material: -	Plano N°: SR5-01	Rev.00
		Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Pág. 6



NOTA 2: Se sueldan perimetralmente todas las aristas con z2.

N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
6	1	Chapa soporte luces y patente	SR7-05	IRAM F-24
5	2	Cobertor de perfil soporte	SR7-04	IRAM F-24
4	2	Chapa lisa frontal - lateral	SR7-03.B	IRAM F-24
3	1	Chapa lisa frontal	SR7-03.A	IRAM F-24
2	1	Chapas trapezoidales	SR7-02	-
1	1	Estructura con tolvas	SR7-01	-

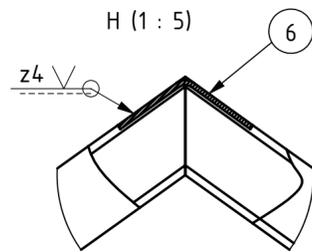
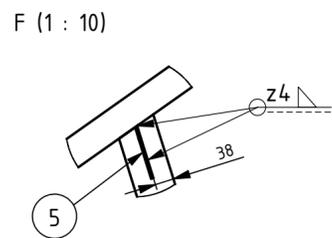
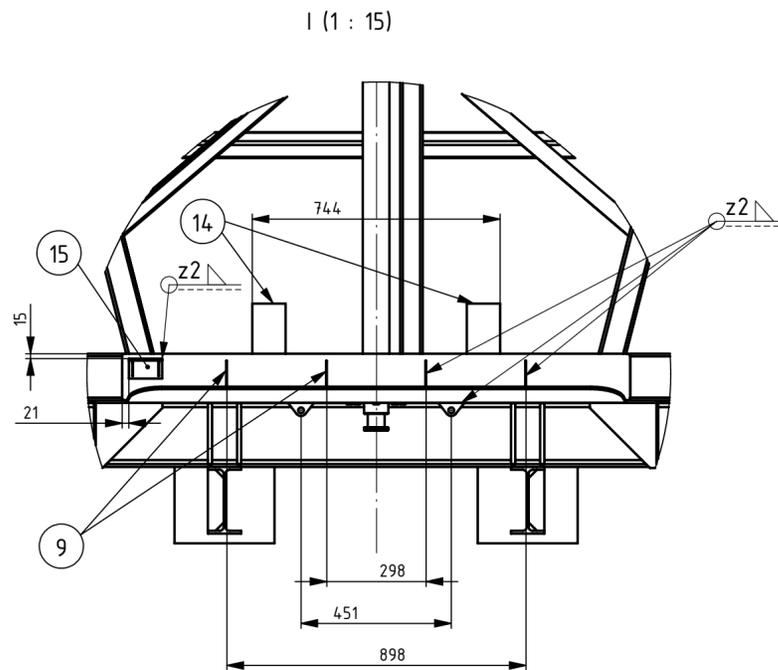
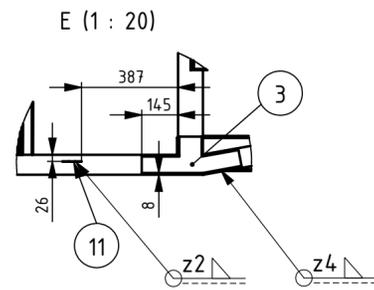
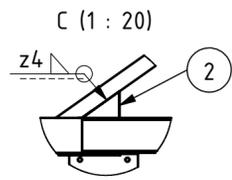
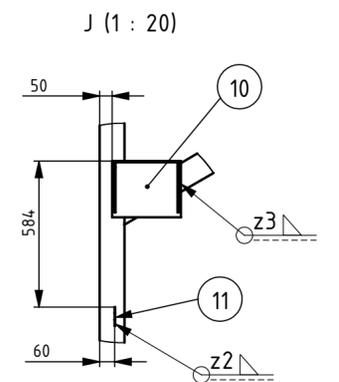
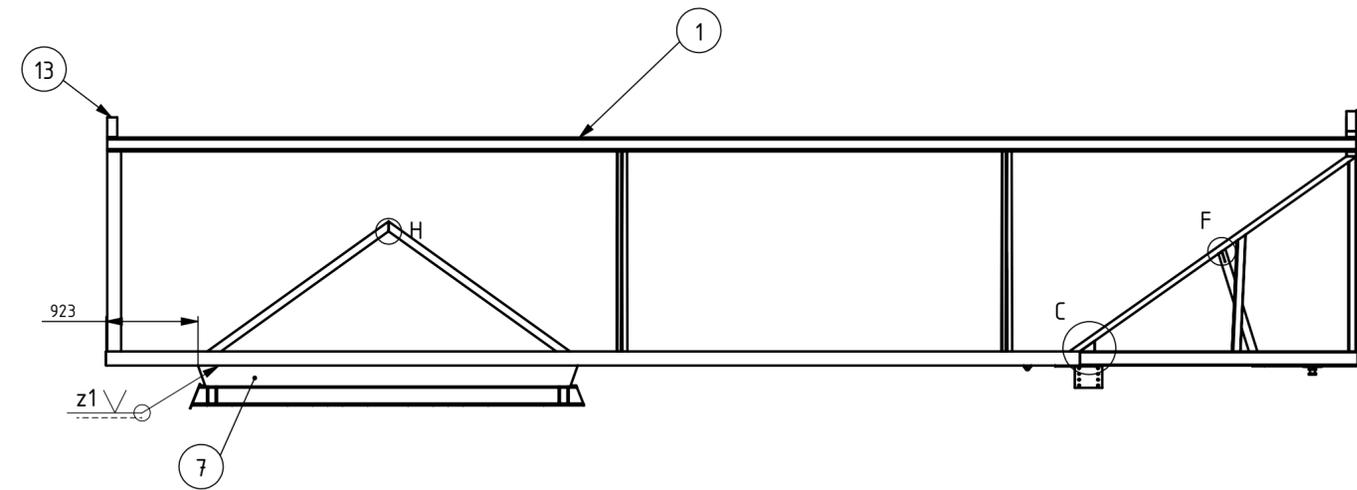
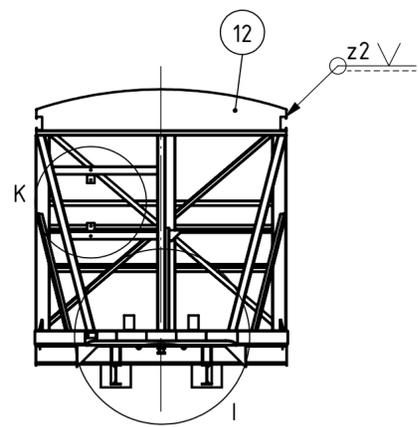
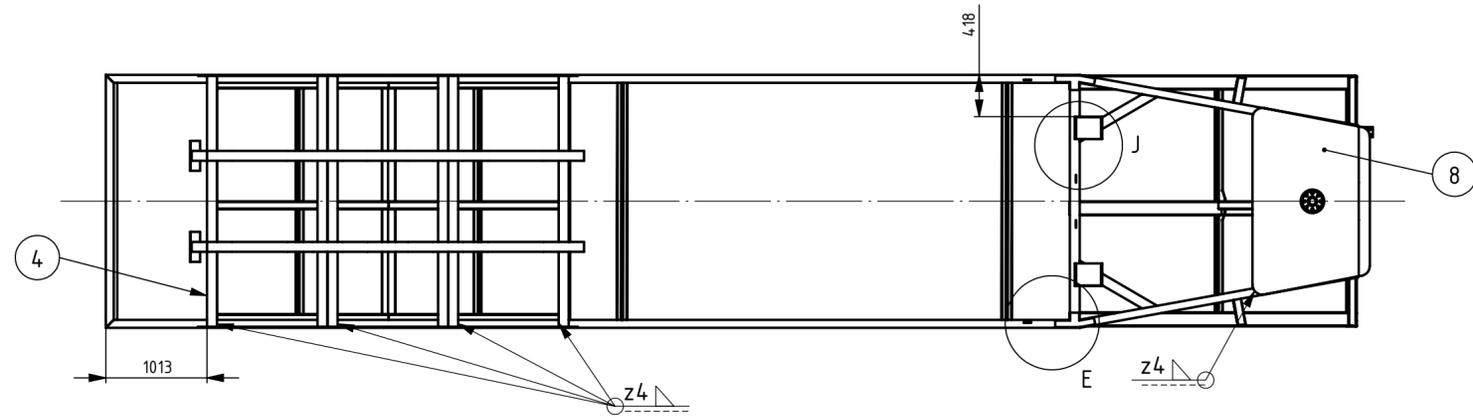
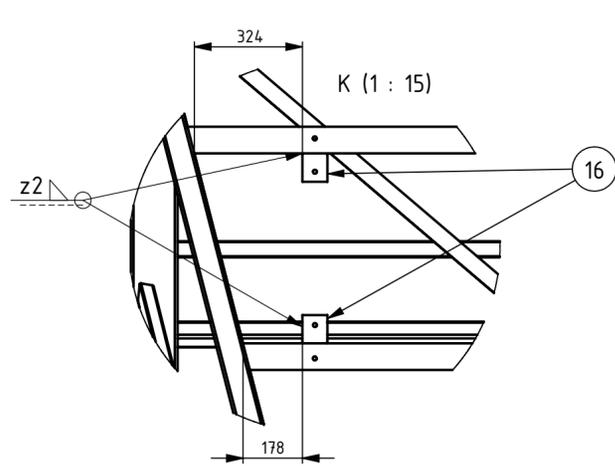
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA GENERAL CON CHAPAS TRAPEZOIDALES		
	Escala: 1:50 Formato: A2	Fecha: 15/8/2023 Proyecto: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: SR6-01 Tolerancias generales: ISO 2768 mK
			Rev.00 Pág. 7



NOTA: Se soldan todas las aristas de contacto perimetralmente z4

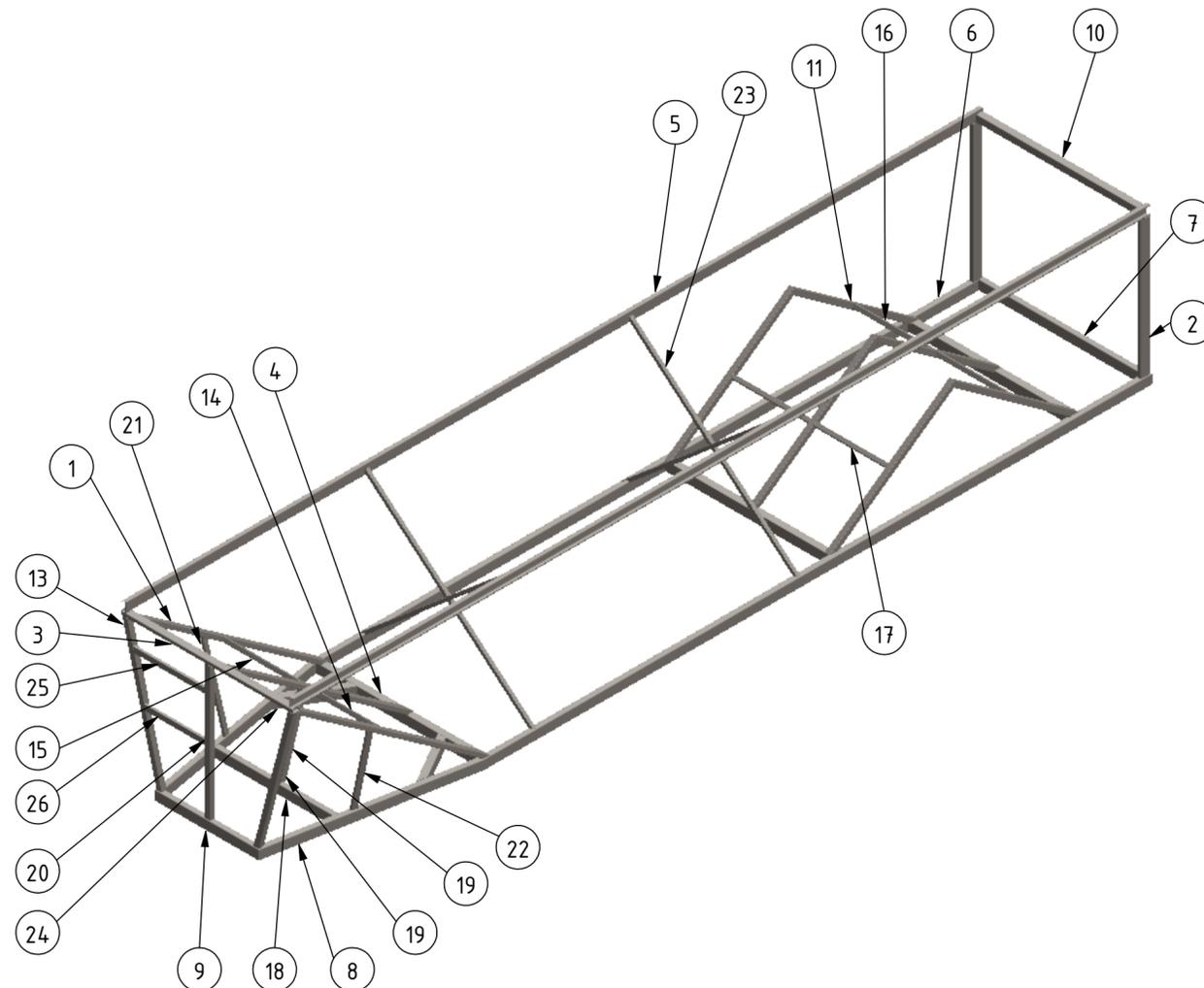
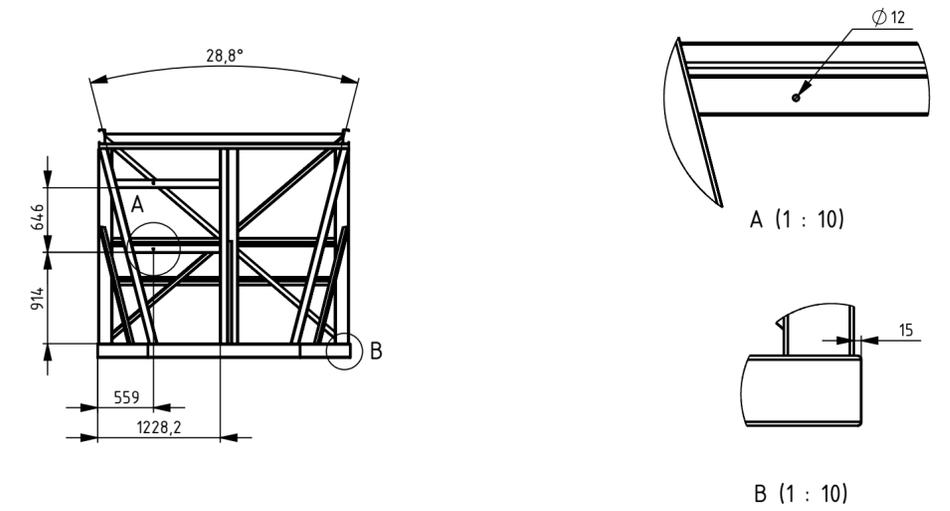
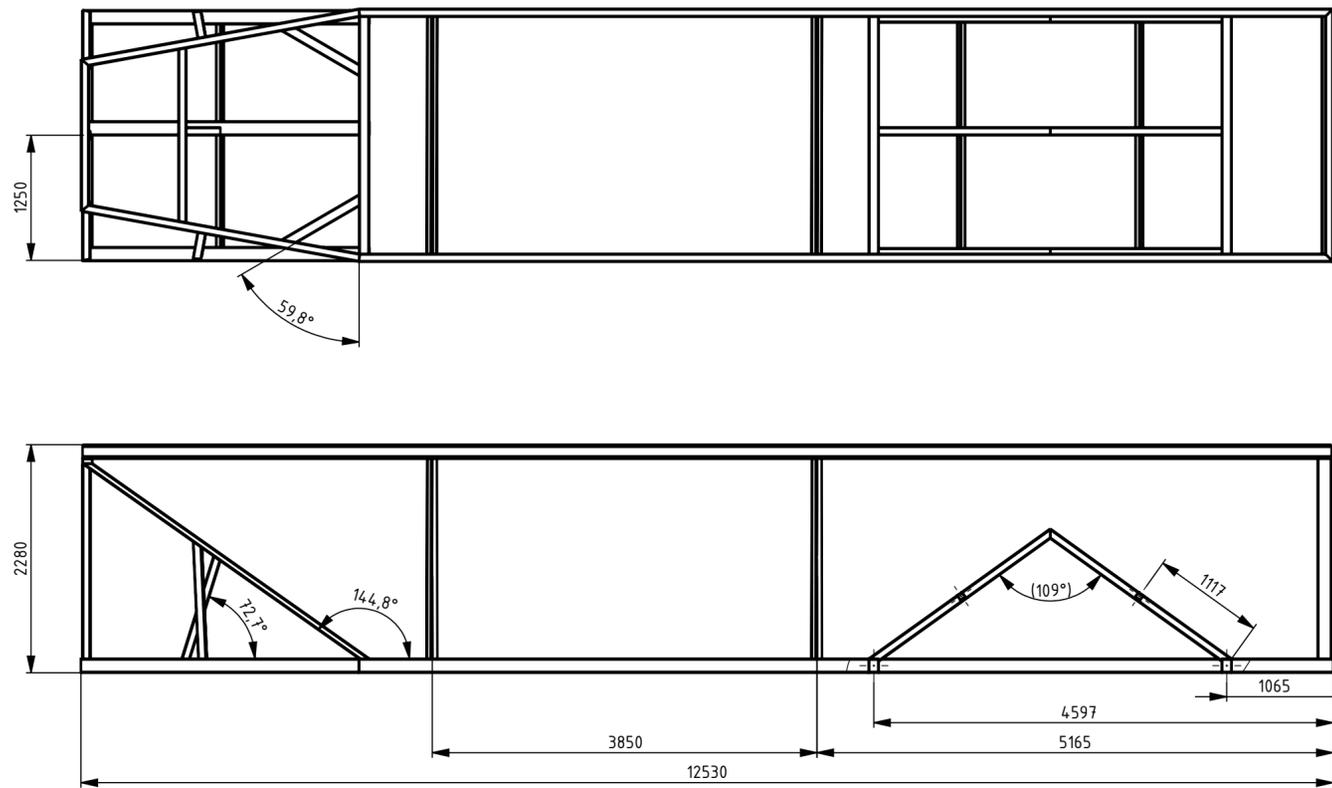
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
6	2	Soporte reforzado paragolpe trasero	SR8-05	-
5	2	Refuerzo dentro de tolva	-	IRAM F-24
4	1	Cono de descarga trasero	-	-
3	1	Cono de descarga central	-	-
2	1	Cono de descarga central	SR8-02	-
1	1	Estructura general	SR8-01	-

	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA CON TOLVAS		
	Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Plano N°: SR7-01
	Formato: A2	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	
Proyector: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			Rev.00



17	1	Chapa plegada para soporte trapezoidales	EG-06	IRAM F-24
16	2	Refuerzo superior de sistema de elevación	EG-15	-
15	1	Refuerzo inferior de sistema de elevación	EG-14	-
14	2	Refuerzo inferior de sistema de elevación	EG-14	-
13	1	Travesaño posterior	EG-13	-
12	1	Travesaño frontal	EG-12	-
11	4	Hojal para unir tirantes	EG-11	IRAM F-24
10	2	Soporte patas de apoyo	EG-10	-
9	4	Cartela superficie de giro	EG-09	IRAM F-24
8	1	Estructura base enganche	EG-08	-
7	2	Chapa lateral cobertora de soportes suspensión	EG-07	IRAM F-24
6	1	Chapa plegada para soporte trapezoidales	EG-06	IRAM F-24
5	2	Cartela perfil inclinado	EG-05	IRAM F-24
4	1	Ensamblaje soporte ruedas	EG-04	-
3	2	Refuerzo unión triple inferior	EG-03	IRAM F-24
2	2	Refuerzo triangular	EG-02	IRAM F-24
1	1	Estructura general	-	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

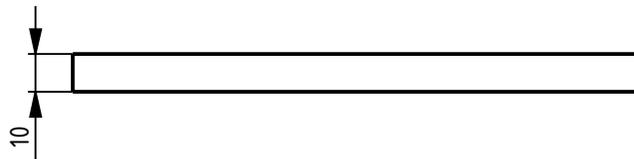
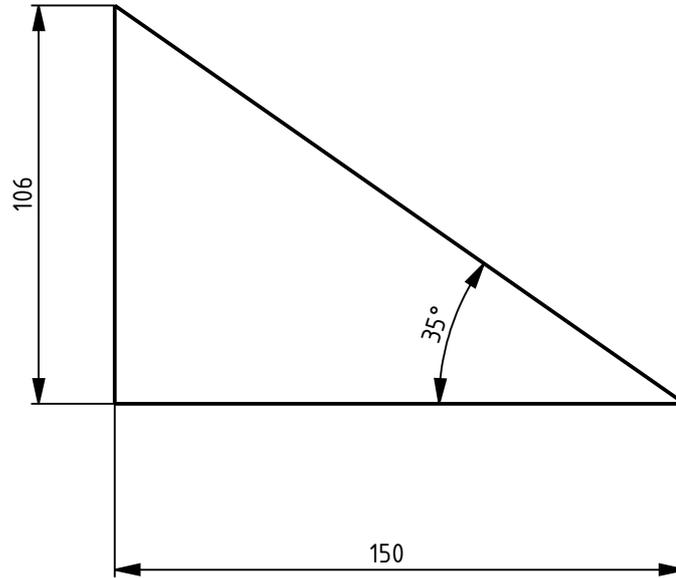
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			
	Denominación: ESTRUCTURA GENERAL		Plano N°: SR8-01	Rev.00
	Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
	Formato: A2	Proyctó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		9



NOTA: Se sueldan todas las aristas de contacto perimetralmente con z4

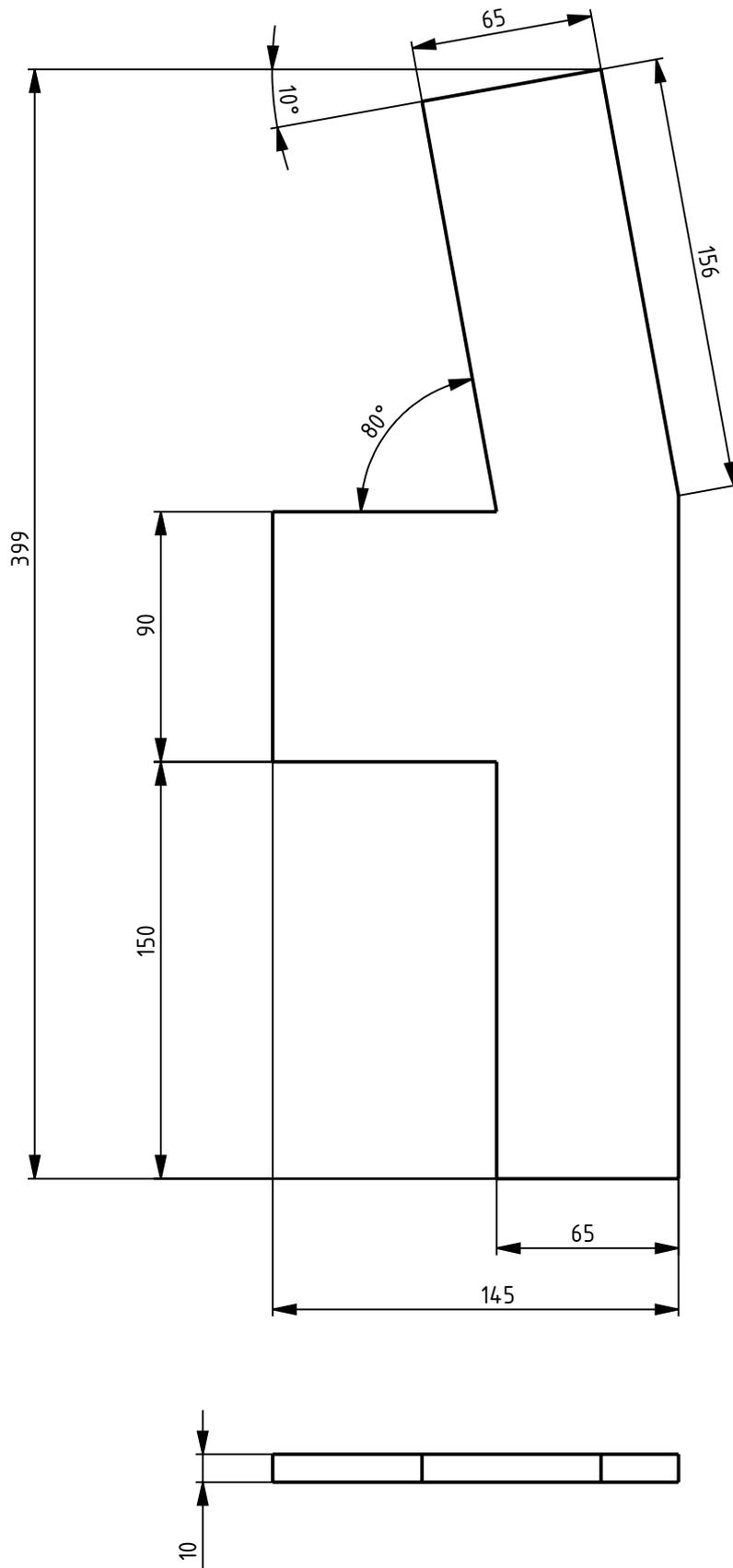
N.º	Cant.	Especificación	Longitud
1	3	140 x 60 x 4.75<5>	3471.374
2	2	140 x 60 x 4.75<7>	2000
3	1	100 x 50 x 3.2<1>	2500
4	3	Ivanar 140 x 100 x 4.75<1>	2370
5	2	Perfil plegado lona<1>	12500
6	2	140 x 80 x 4.75<1>	974.7985
7	1	140 x 80 x 4.75<2>	2530
8	2	140 x 80 x 4.75<3>	2827.026
9	1	140 x 80 x 4.75<4>	1525.067
10	1	100 x 100 x 4.75<2>	2380
11	6	80 x 80 x 3.2<2>	2233.205
12	1	80 x 80 x 3.2<4>	2031.893
13	1	80 x 80 x 3.2<5>	2031.902
14	1	60 x 60 x 3.2<2>	970
15	1	60 x 60 x 3.2<3>	1118
16	2	60 x 60 x 3.2<5>	1128
17	2	60 x 60 x 3.2<6>	1048
18	1	140 x 80 x 4.75<5>	1743.571
19	1	80 x 80 x 3.2<10>	1168.645
20	1	80 x 80 x 3.2<11>	1950
21	1	Elemento de lista de cortes1	1216.133
22	1	Elemento de lista de cortes2	1216.133
23	4	L2x2x0.25<1>	3205.521
24	2	Ivanar 140 x 100 x 4.75<2>	898.234
25	1	80 x 40 x 1.2<1>	104.7923
26	1	80 x 40 x 1.2<2>	881.257

 <b>UTN SANTA FE</b> INGENIERIA MECANICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA GENERAL		
 Escala: 1:50 Formato: A2	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-01	Rev.00
	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			10



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=10mm.

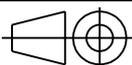
 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: REFUERZO TRIANGULAR		
	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-02	Rev.00
	Escala: 1:2	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		Pág. 11

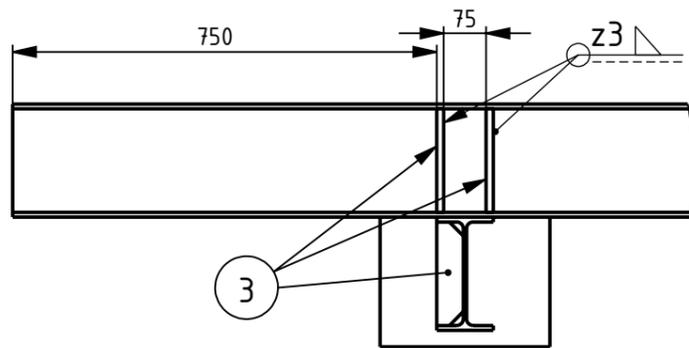
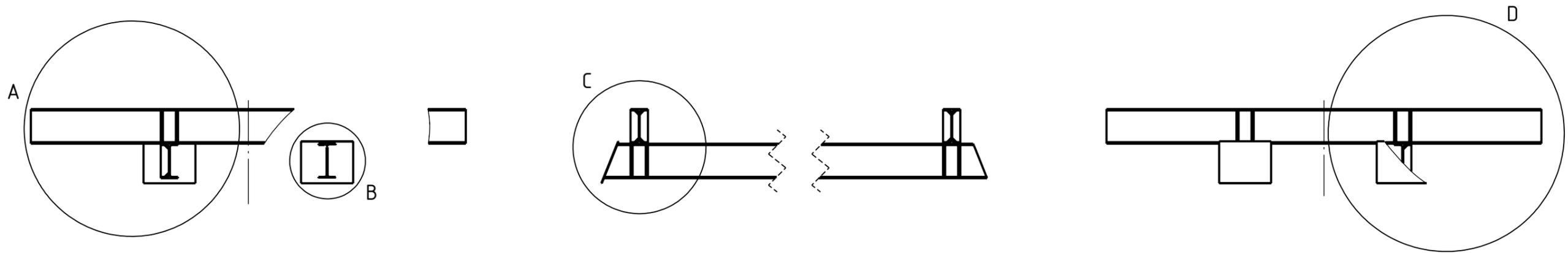


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=10mm.

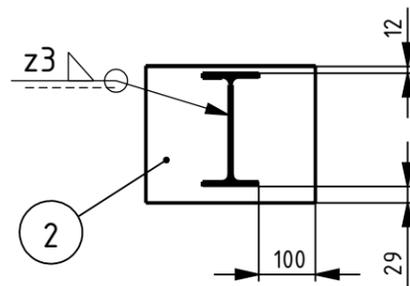


Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			
Denominación: REFUERZO UNIÓN TRIPLE INFERIOR			
Material: IRAM F-24		Plano N°: EG-03	
Escala: 1:2.5		Fecha: 8/8/2023	
Formato: A4		Tolerancias generales: ISO 2768 mK	
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			Rev.00
			Pág. 12

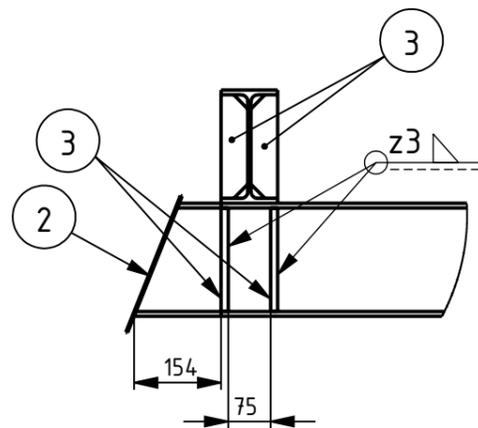




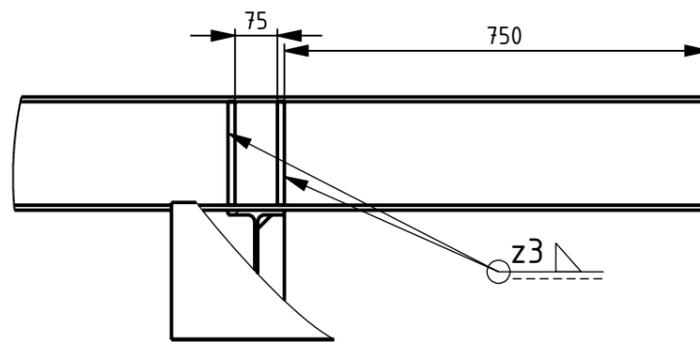
A (2 : 25)



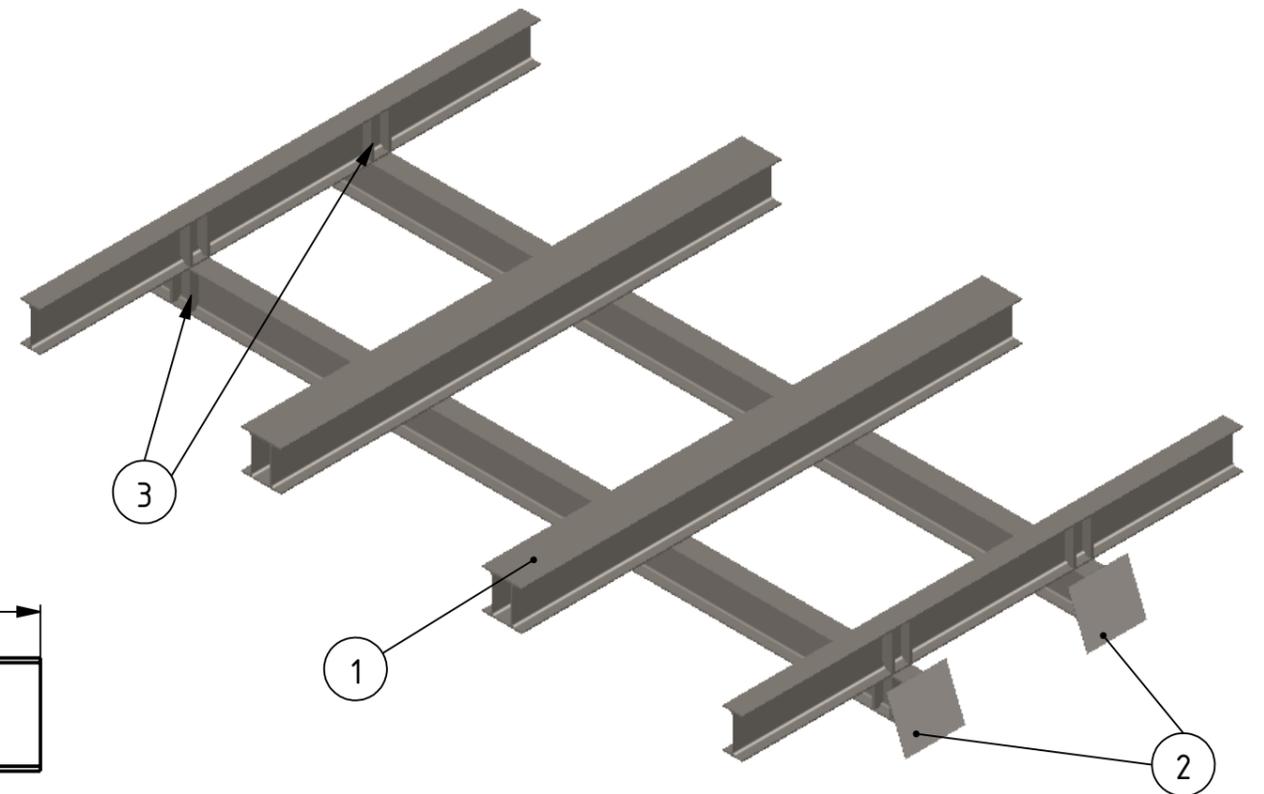
B (2 : 25)



C (2 : 25)

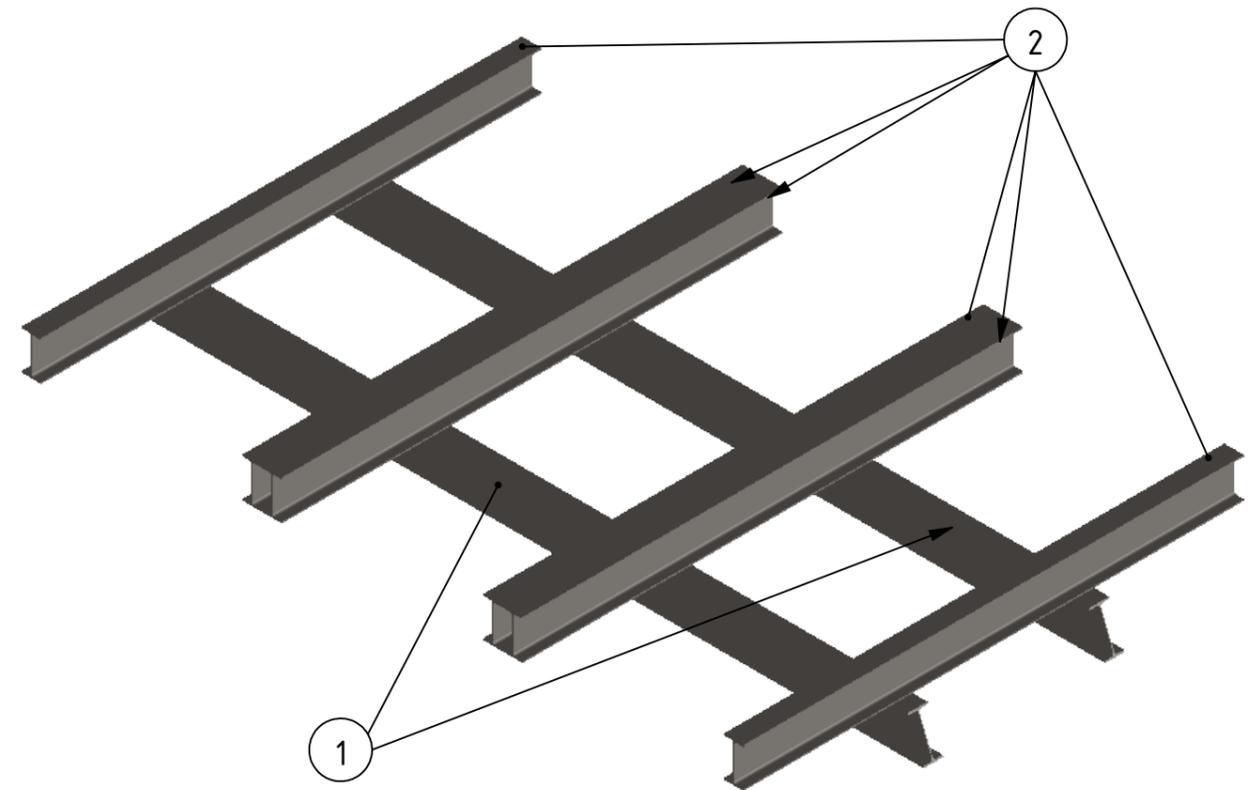
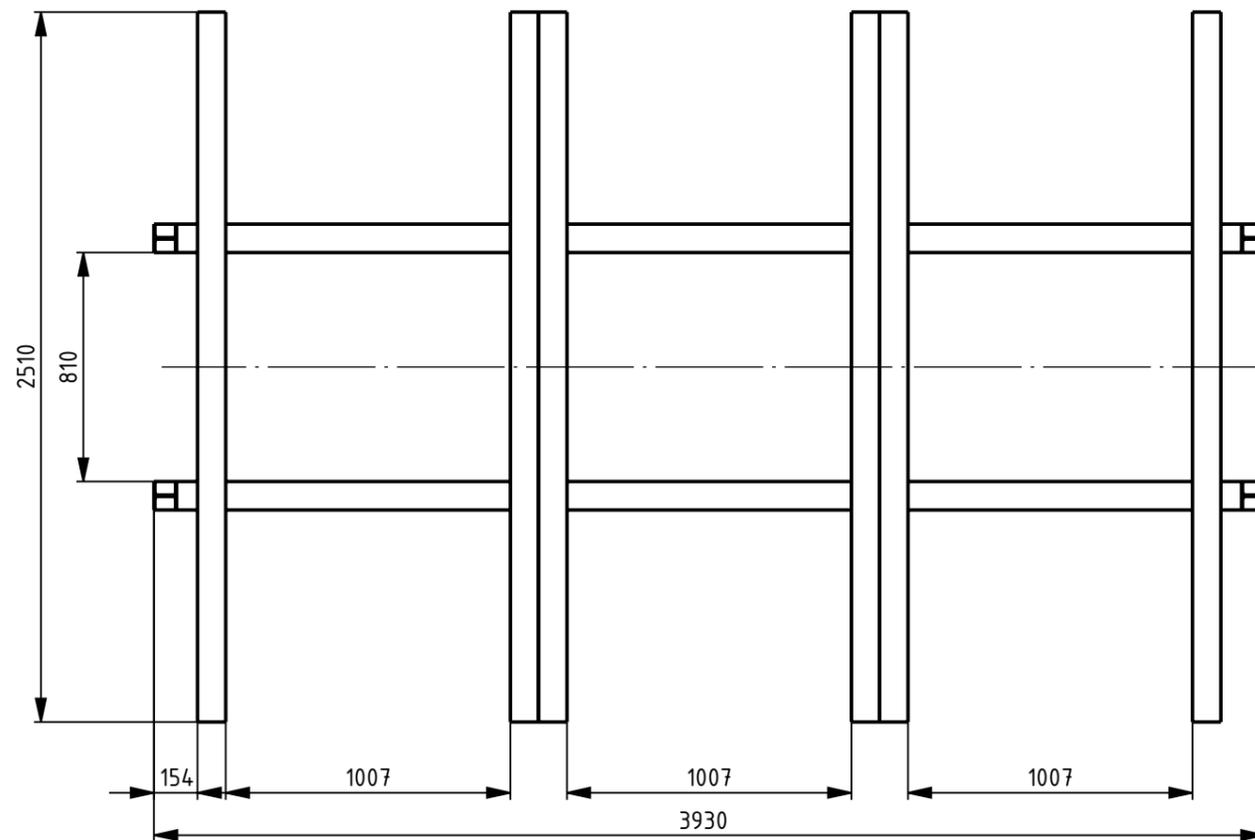
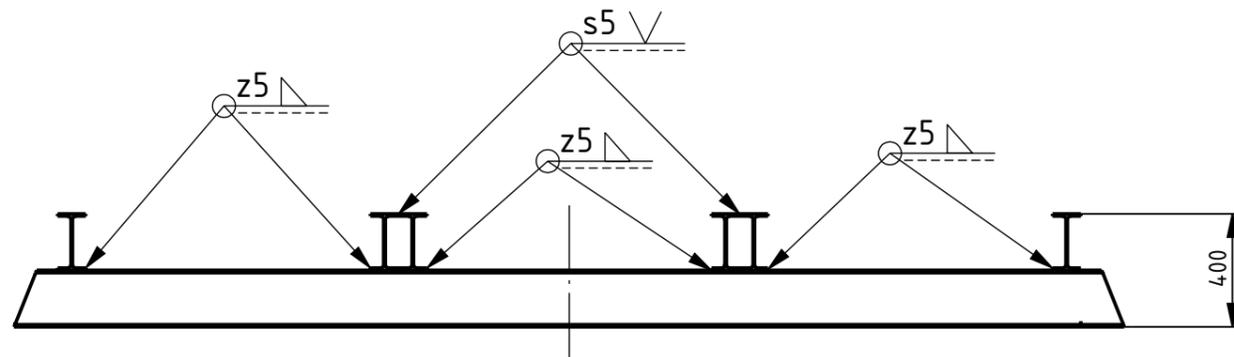


D (2 : 25)



N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
3	24	Refuerzo para IPN	EG-04.02	IRAM F-24
2	2	Pañuelo 300x260x3,2mm	-	IRAM F-24
1	1	Estructura soporte suspensión	EG-04.01	IRAM F-24

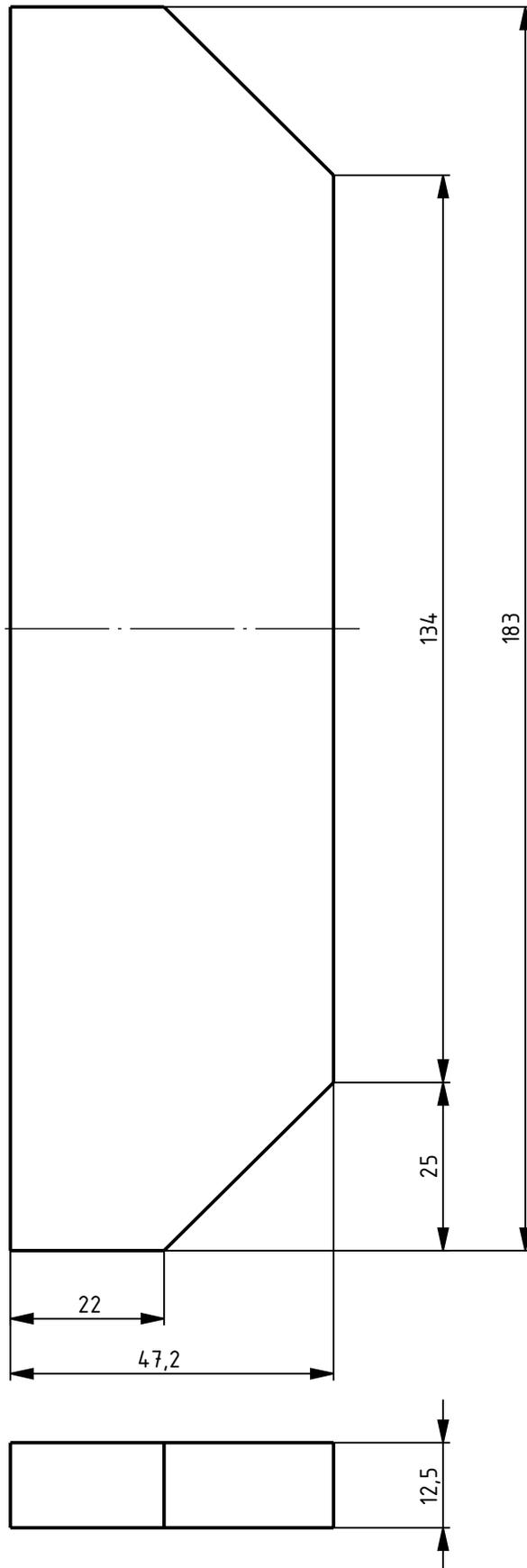
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ENSAMBLAJE SOPORTE RUEDAS		
	Material: -	Plano N°: EG-04	Rev.00
	Escala: 1:25	Fecha: 13/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		Pág. 13



N.º	Cant.	Especificación	Longitud
1	2	IPN 200	3.930
2	6	IPN 200	2.510

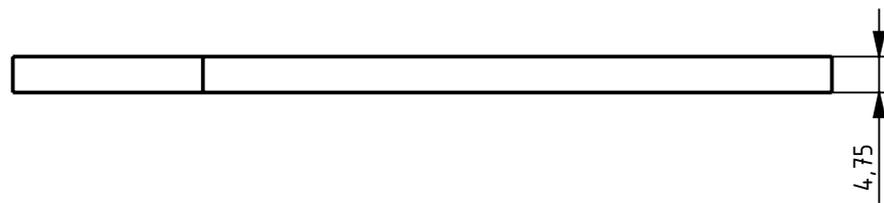
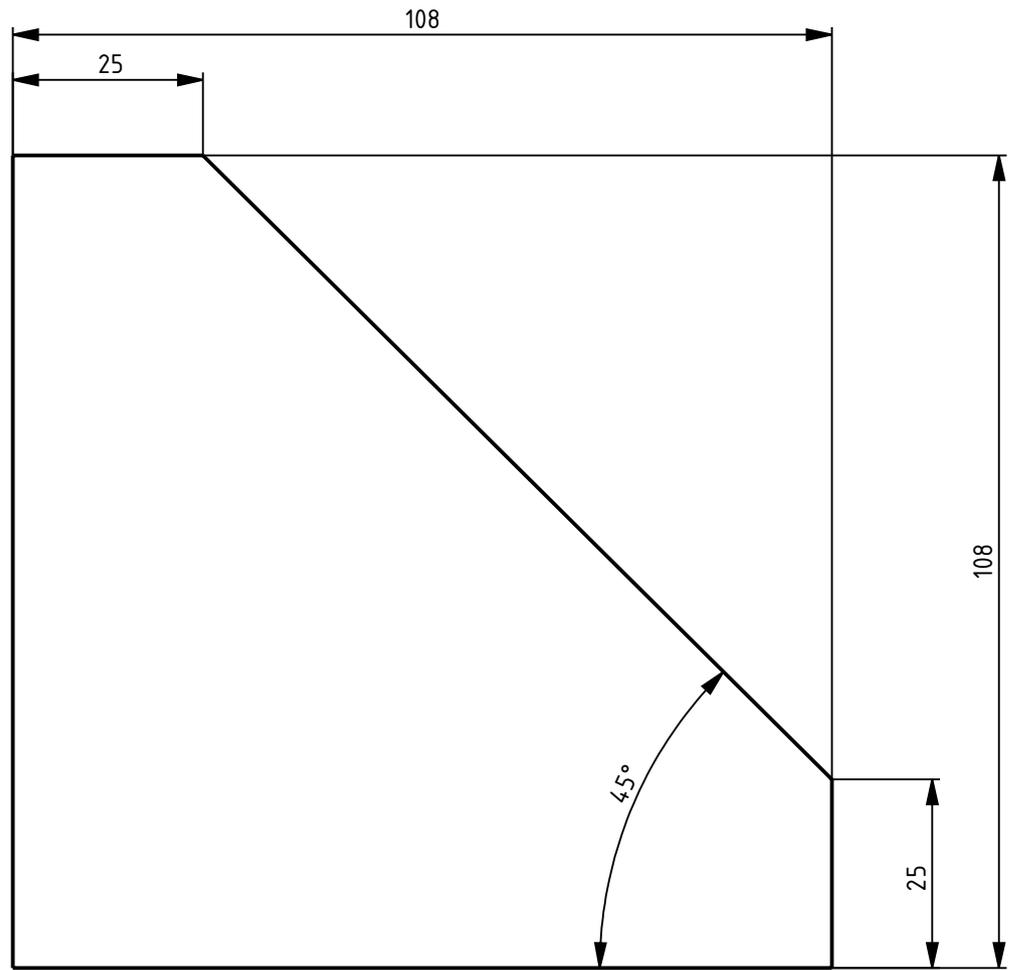
  

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA SOPORTE SUSPENSIÓN		
 Escala: 1:25 Formato: A3	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-04.01	Rev.00
	Fecha: 13/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 14
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=12,5mm.

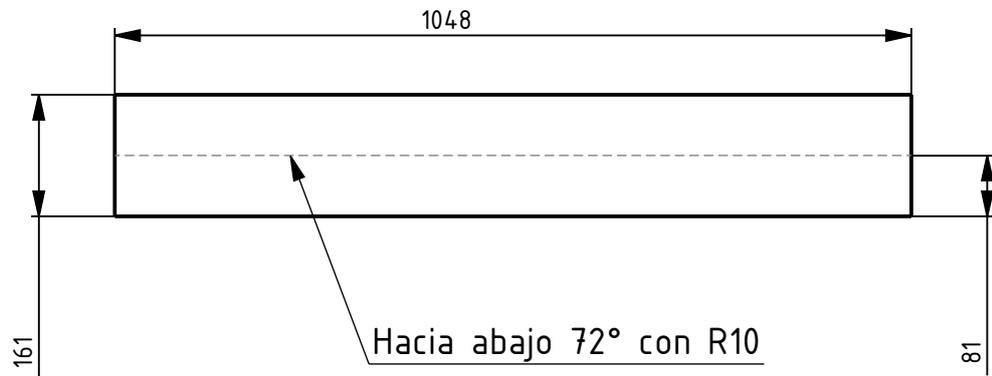
 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: REFUERZO PARA IPN		
	Escala: 1:1	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-04.02
	Formato: A4	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			Rev.00 Pág. 15



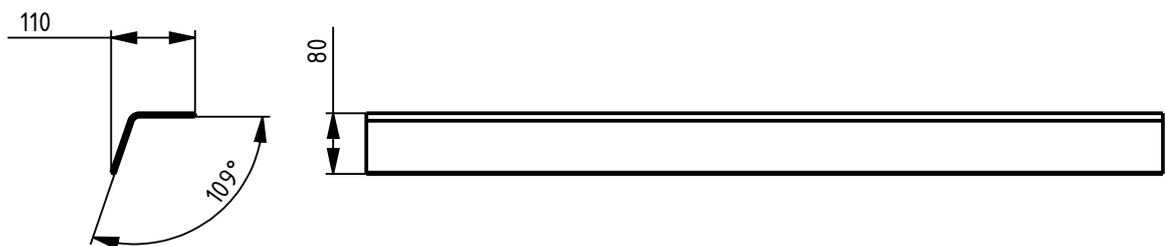
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=4,75mm.

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CARTELA PERFIL INCLINADO		
	Escala: 1:1	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 16

## DESPLEGADO



## PLEGADO



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=4,75mm.



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE

Denominación: CHAPA PLEGADA PARA SOPORTE TRAPEZOIDALES

Material: IRAM F-24

Plano N°: EG-06

Rev.00



Escala: 1:20

Fecha: 14/8/2023

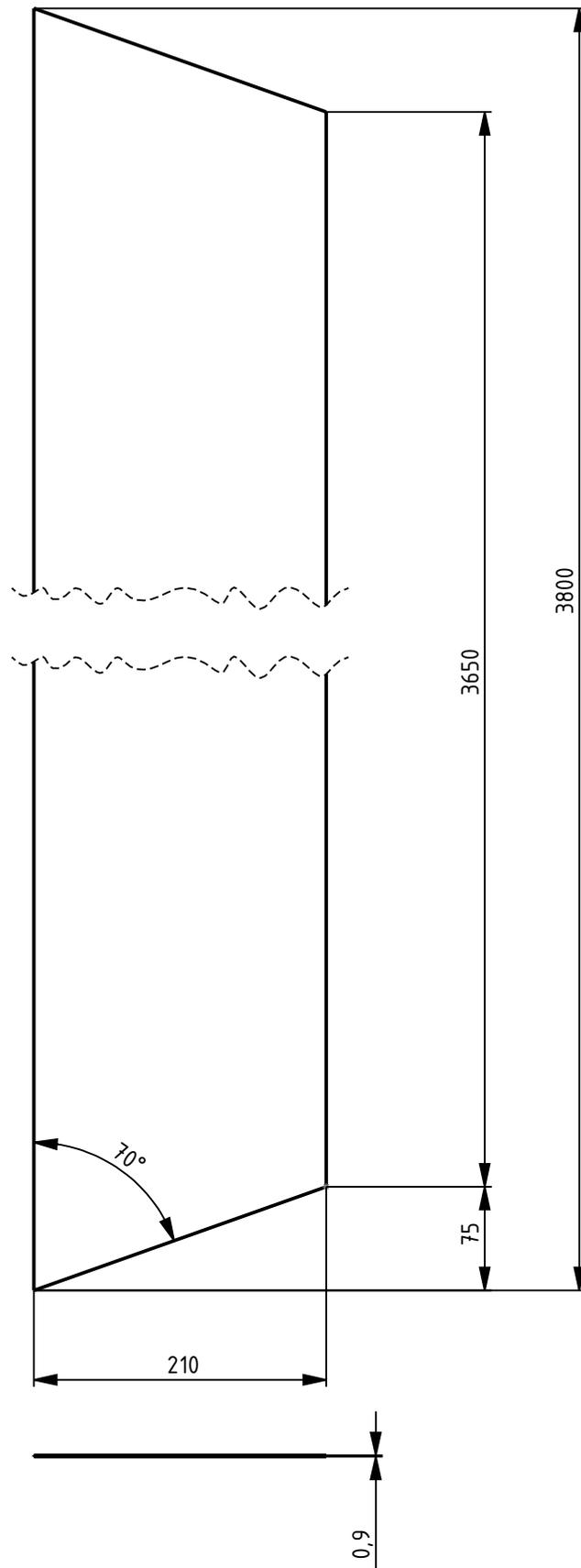
Tolerancias generales: ISO 2768 mK

Pág.

Formato: A4

Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán

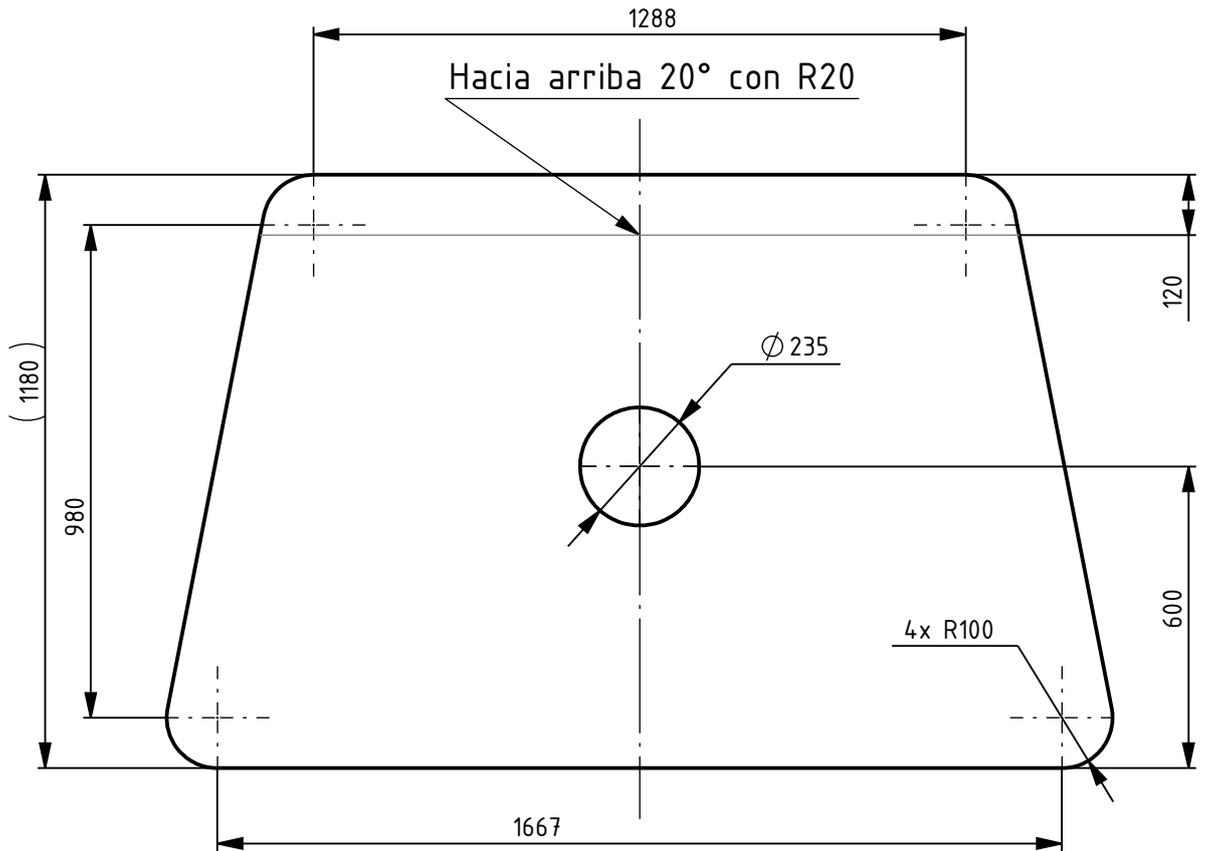
17



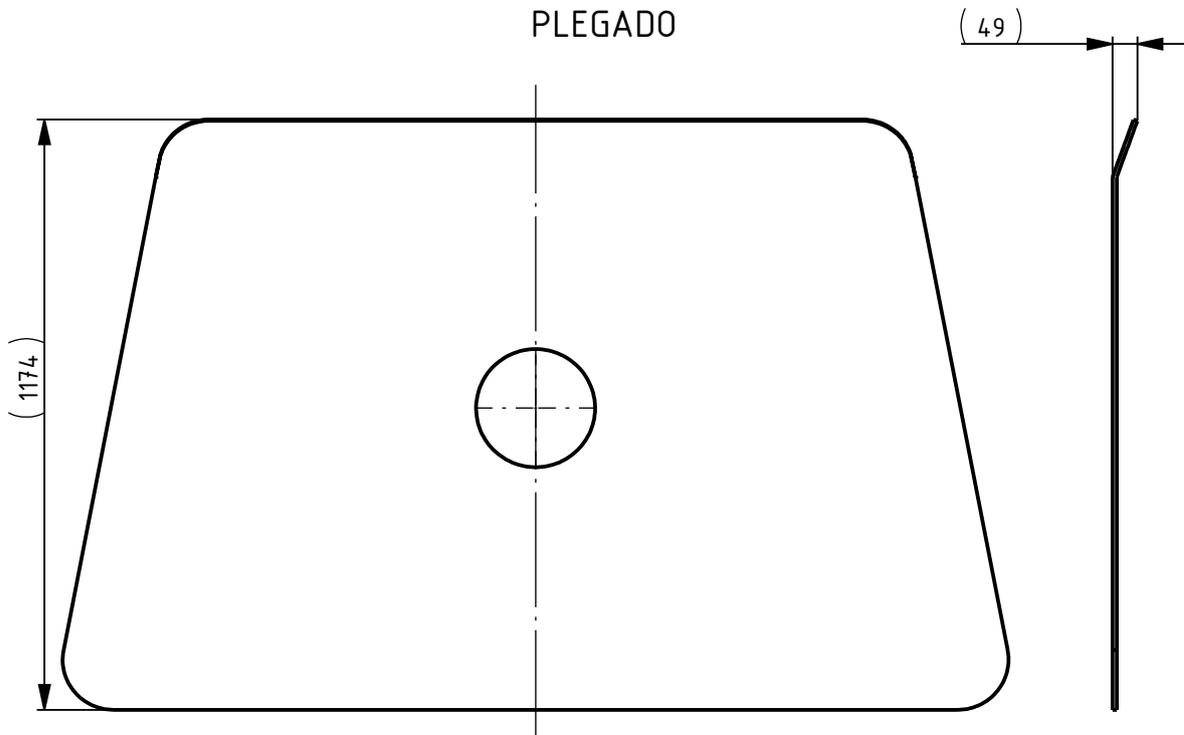
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=0,9mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA LATERAL COBERTORA DE SOPORTES SUSPENSIÓN		
	Escala: 1:5	Fecha: 8/8/2023	Plano N°: EG-07
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
			Rev.00
			Pág. 18

DESPLEGADO



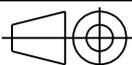
PLEGADO



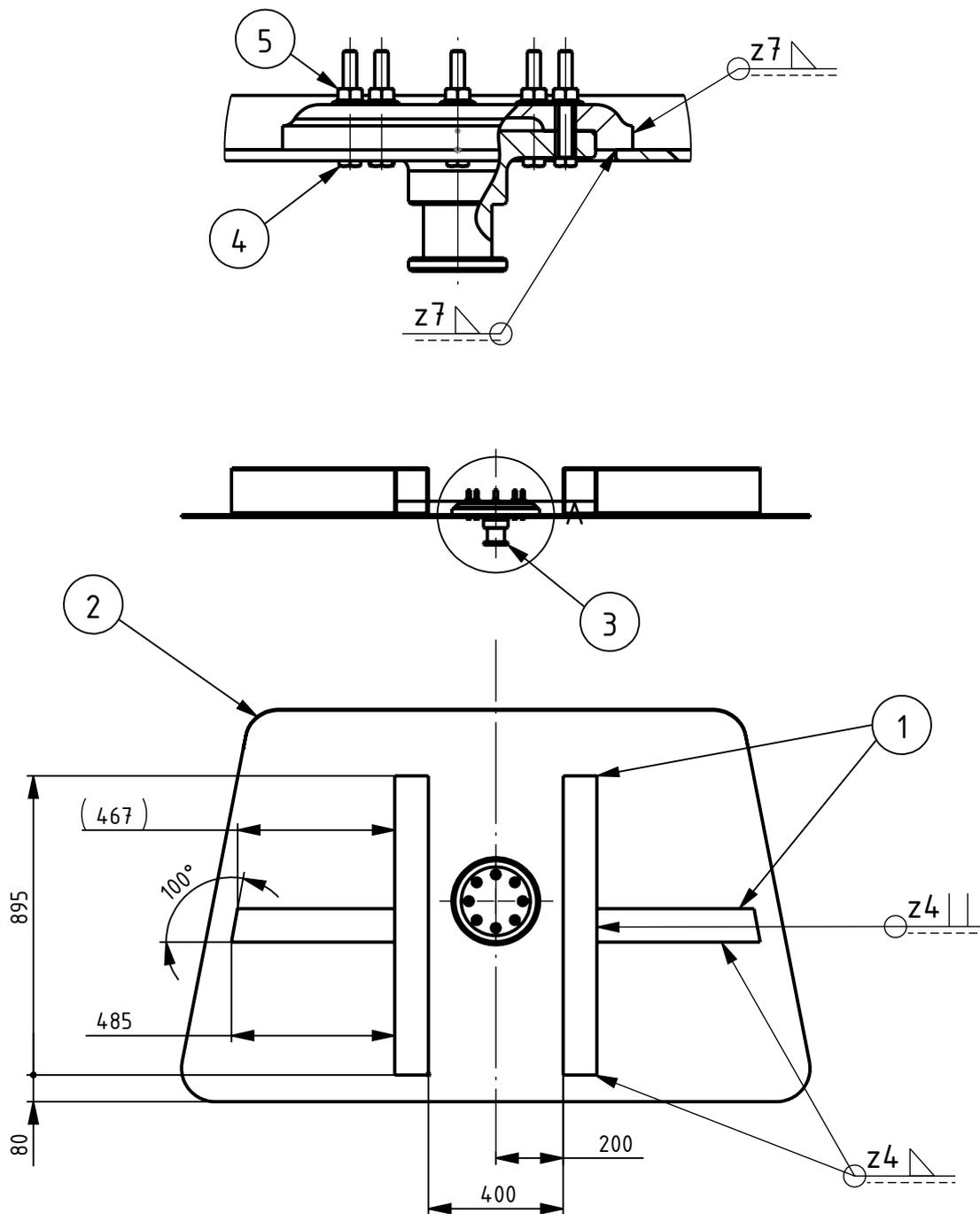
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=10mm.



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			
Denominación: CHAPA DE GIRO			
Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-08.01	Rev.00	
Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		19

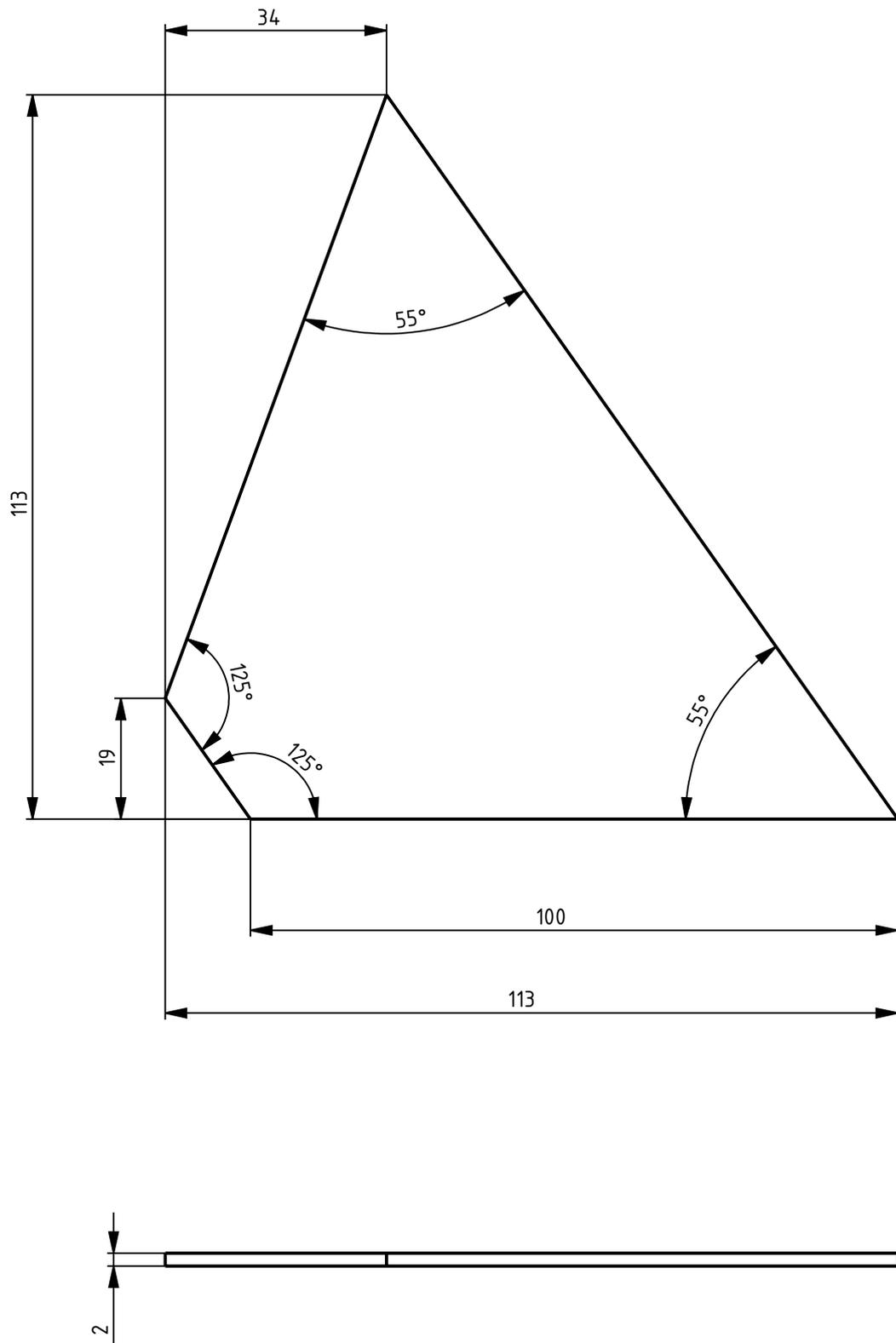


A (1 : 5)



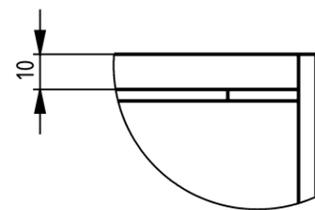
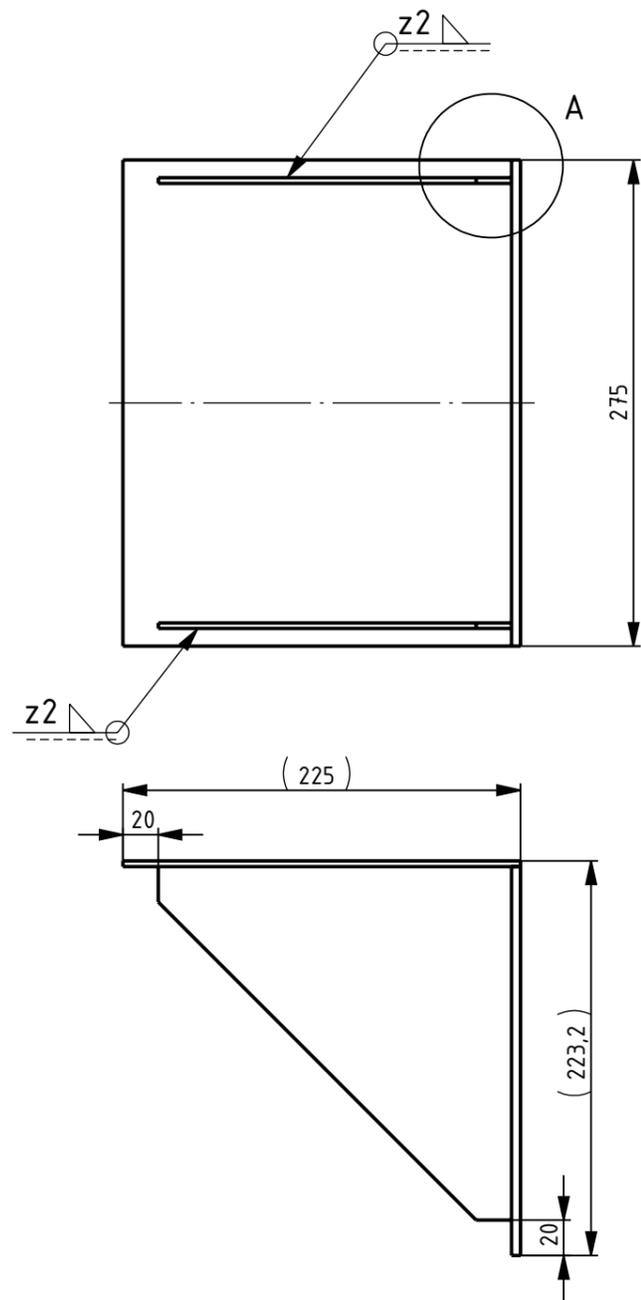
5	8	Tuerca arandela M12	-	-
4	8	Bulón M12 x 55mm	-	-
3	1	Perno rey - Jost 2" - 8 tornillos - 260000086	-	-
2	1	Chapa de giro	EG-08.01	IRAM F-24
1	1	Tubo estructural 140x100x4,75mm	-	-
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ESTRUCTURA BASE ENGANCHE		
 Escala: 1:50 Formato: A4	Material: -	Plano N°: EG-08	Rev.00
	Fecha: 8/9/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 19
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			

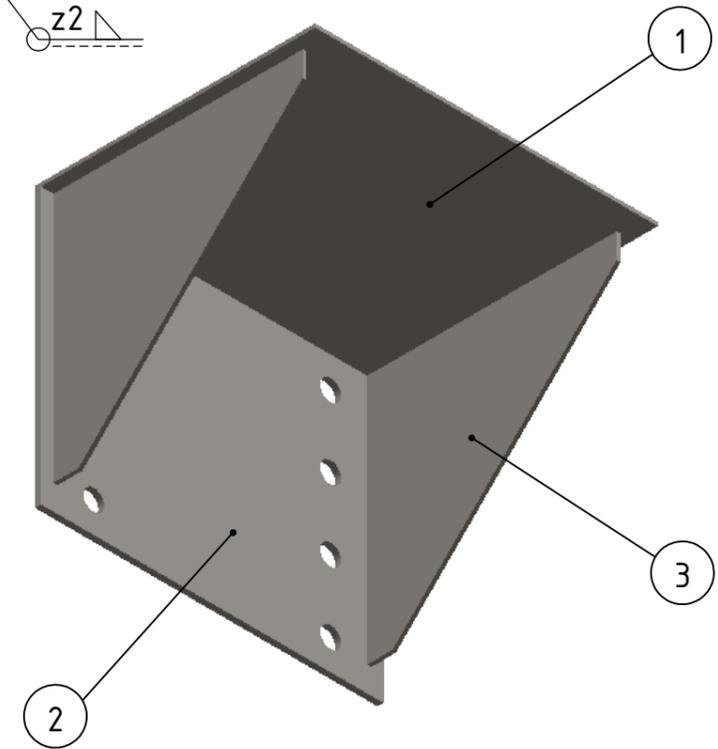
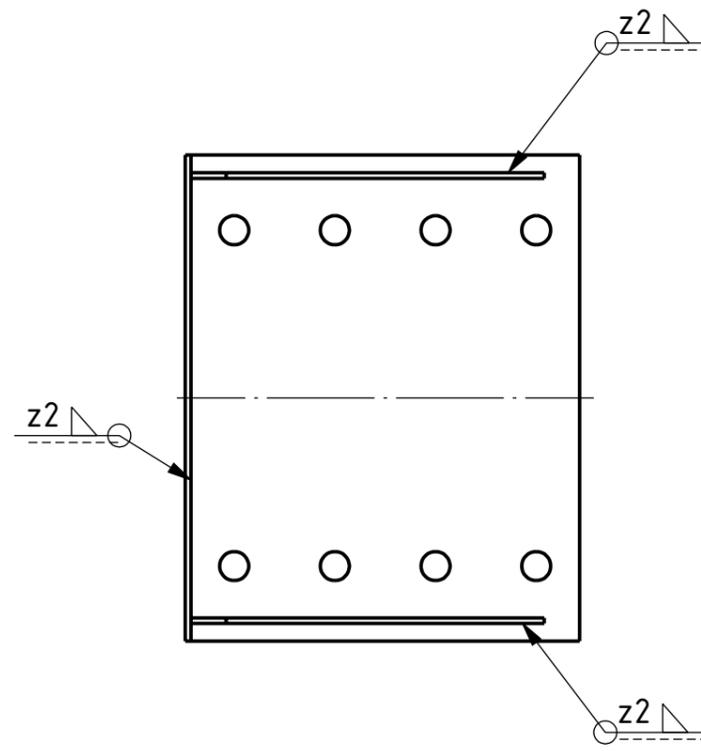


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CARTELA SUPERFICIE DE GIRO		
	Escala: 1:1	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 20

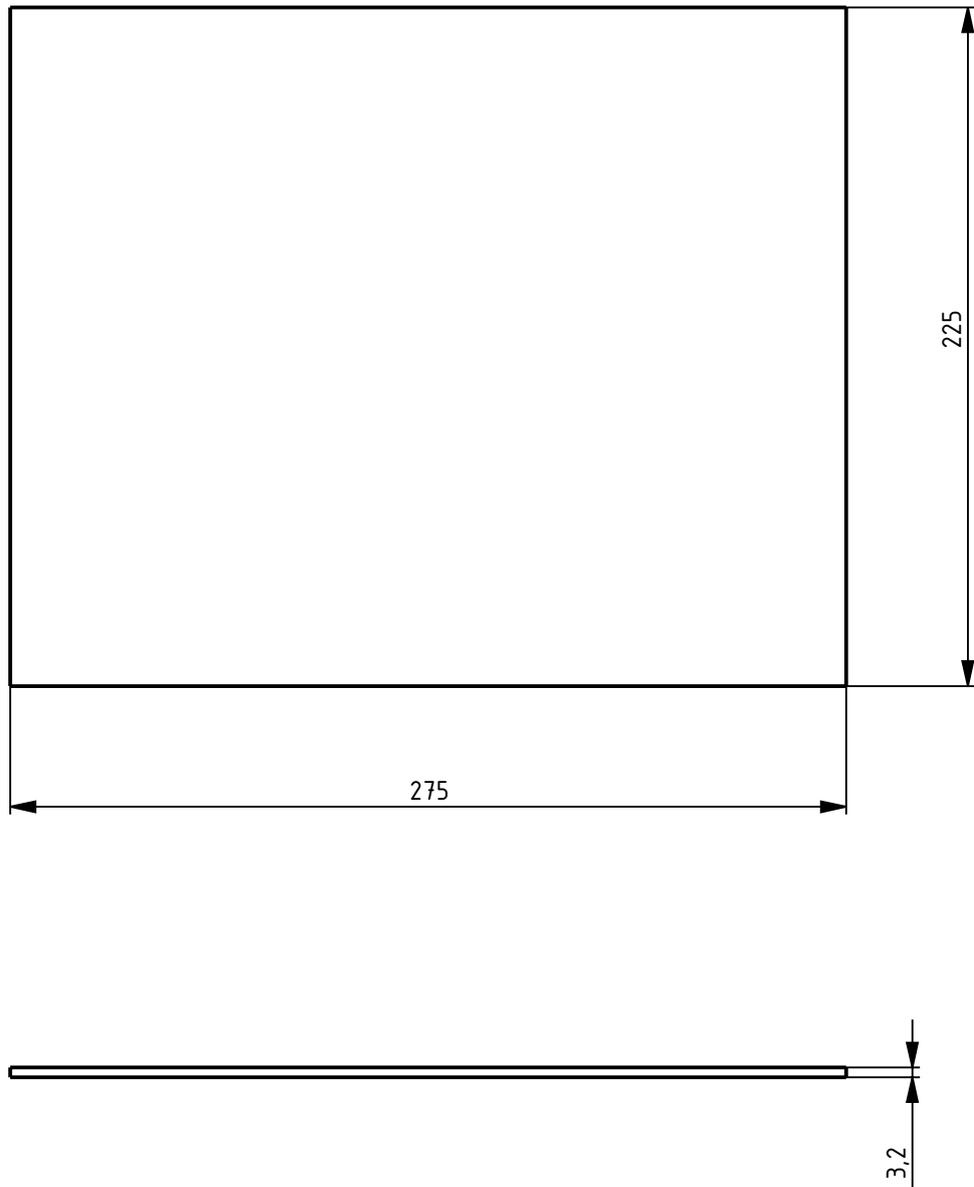


A (1 : 2)



3	2	Cartela lateral	EG-10.03	IRAM F-24
2	1	Placa de fijación	EG-10.02	IRAM F-24
1	1	Placa superior	EG-10.01	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

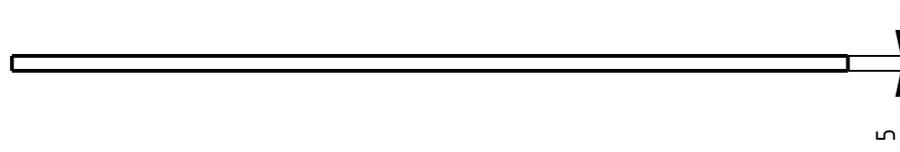
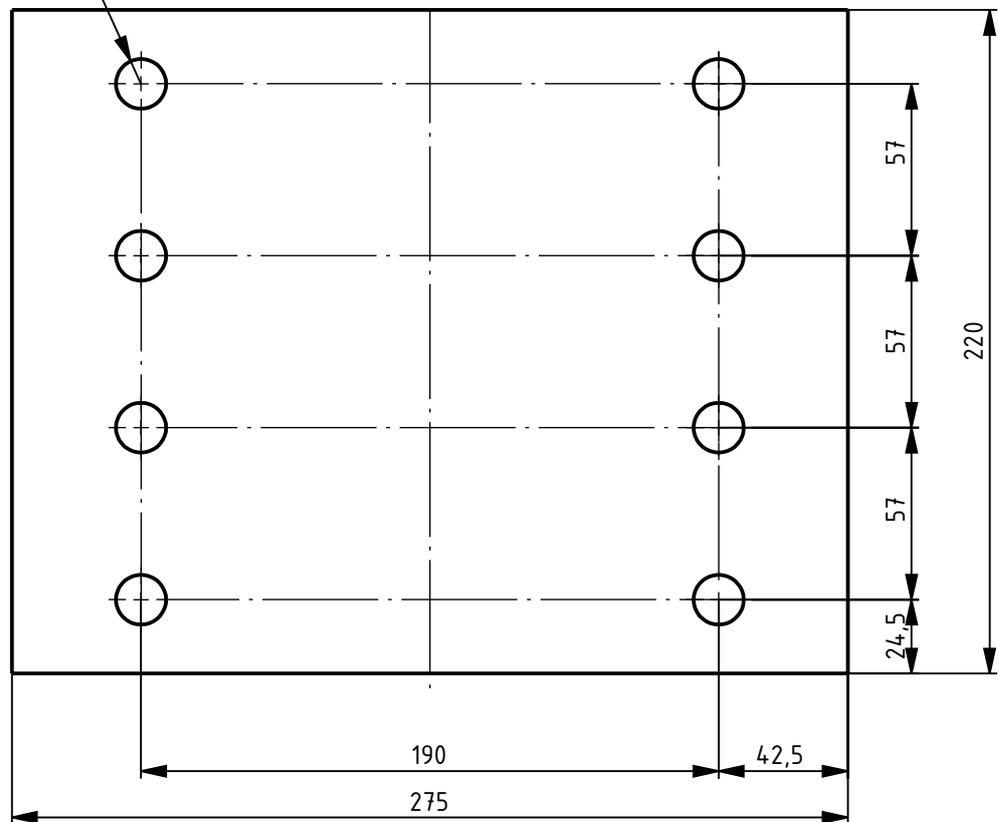
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: SOPORTE PATAS DE APOYO		
	Escala: 1:4 Formato: A3	Fecha: 8/8/2023 Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: EG-10 Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Rev.00 Pág. 21



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=3,2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: PLACA SUPERIOR		
	Escala: 1:2.5 Formato: A4	Fecha: 8/8/2023 Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: EG-10.01 Tolerancias generales: ISO 2768 mK
			Rev.00 Pág. 22

8x  $\varnothing 16,5$



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=5mm.



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE

Denominación: PLACA DE FIJACIÓN

Material: IRAM F-24

Plano N°: EG-10.02

Rev.00



Escala: 1:2.5

Fecha: 15/8/2023

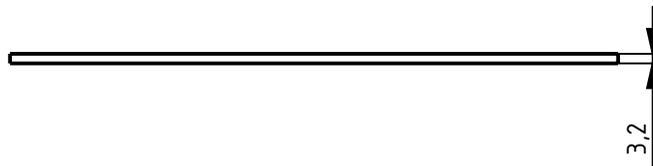
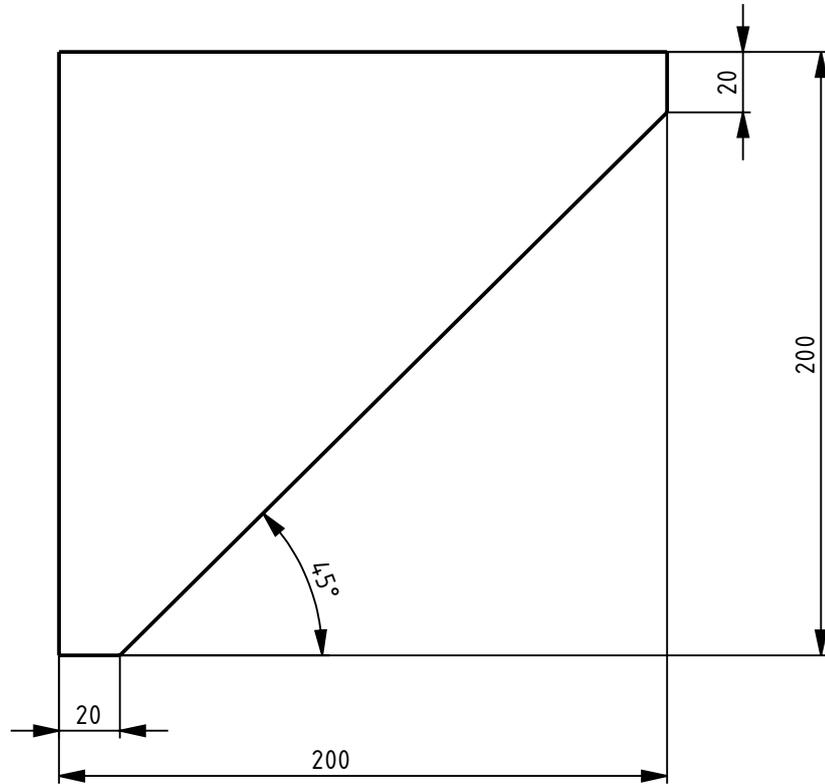
Tolerancias generales: ISO 2768 mK

Pág.

Formato: A4

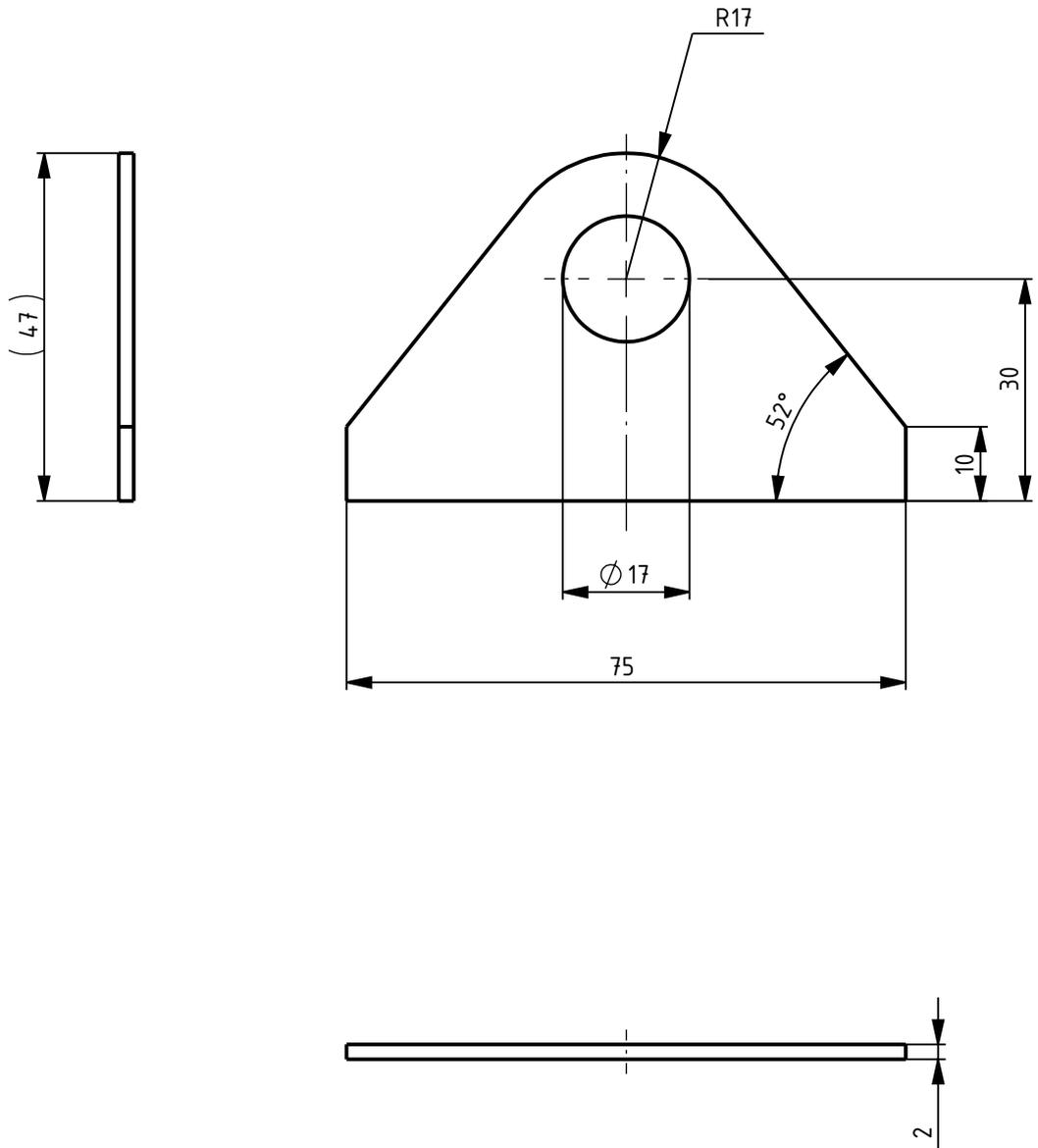
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán

23



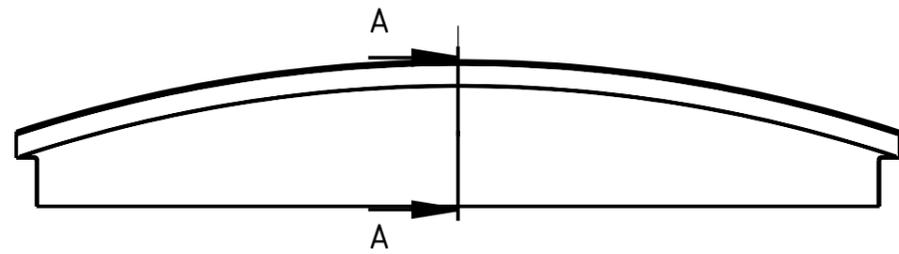
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=3,2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CARTELA LATERAL		
	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-10.03	Rev.00
	Escala: 1:2.5	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Pág. 24

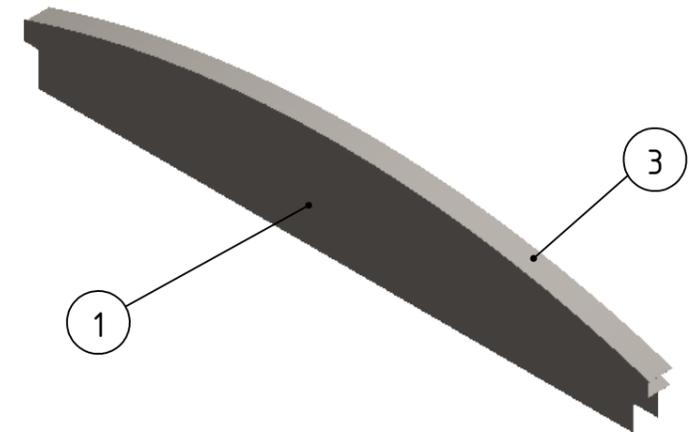
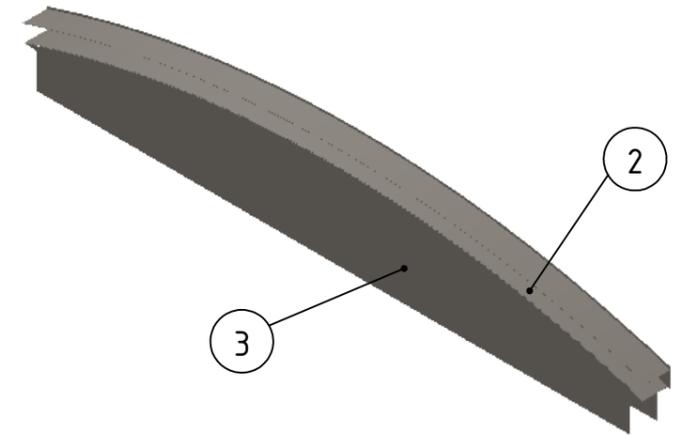


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			
	Denominación: HOJAL PARA UNIR TIRANTES			
	Escala: 1:1	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-11	Rev.00
	Formato: A4	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			25

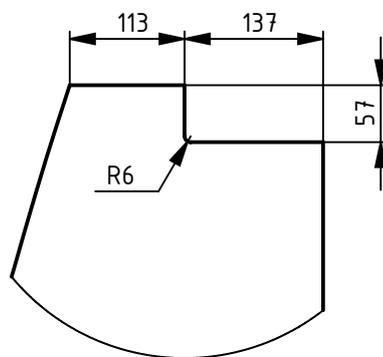
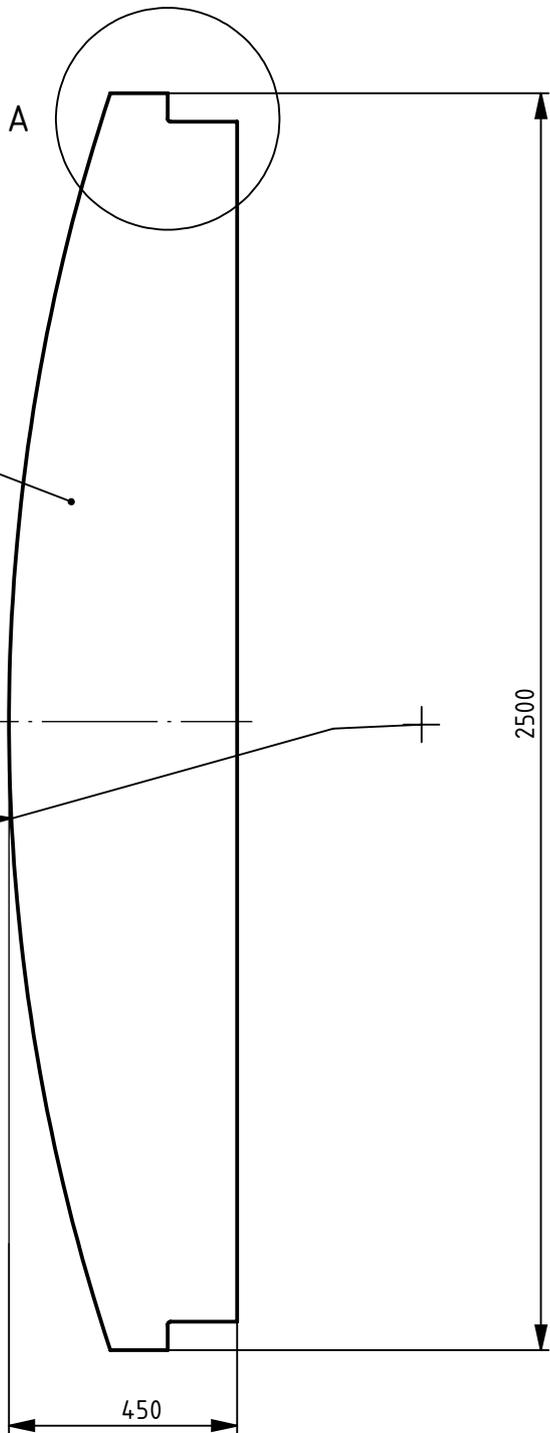


A-A



3	1	Chapa frontal interna	EG-12.03	IRAM F-24
2	2	Arco rolado	EG-12.02	IRAM F-24
1	1	Chapa frontal externa	EG-12.01	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: TRAVESAÑO FRONTAL		
		Material: -	Plano N°: EG-12	Rev.00
		Escala: 1:20	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	

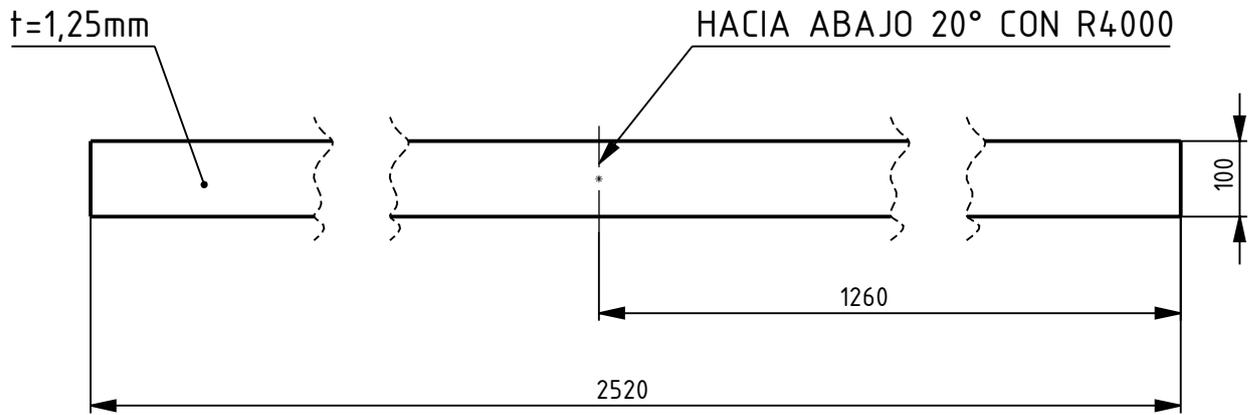
t=2mm



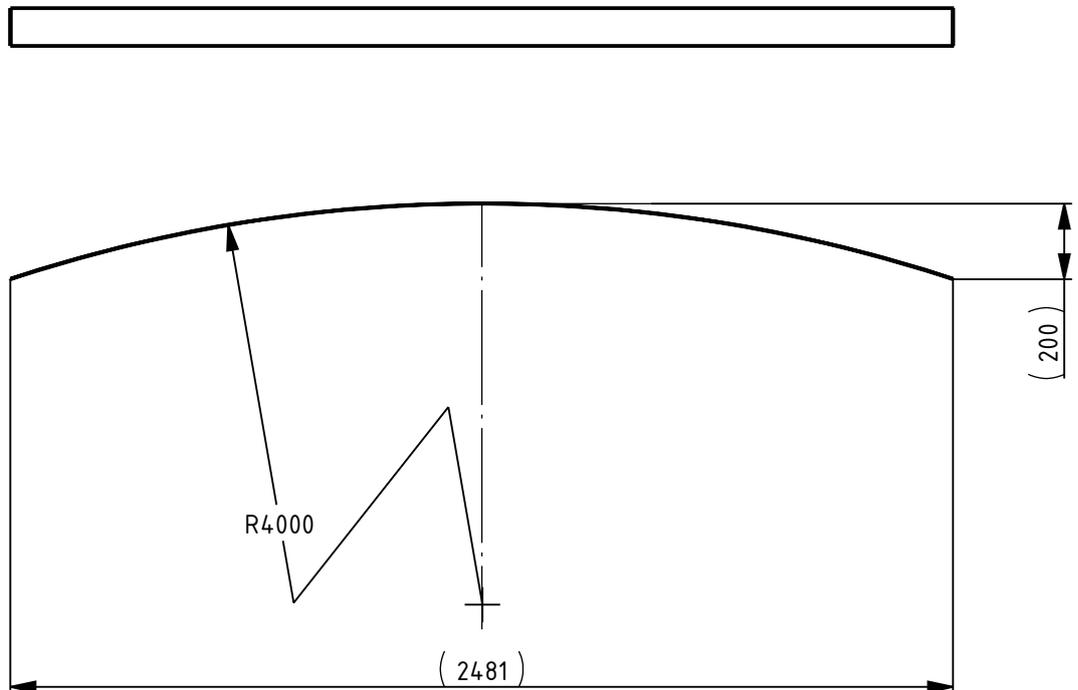
A (2 : 15)

(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

CHAPA DESPLEGADA:

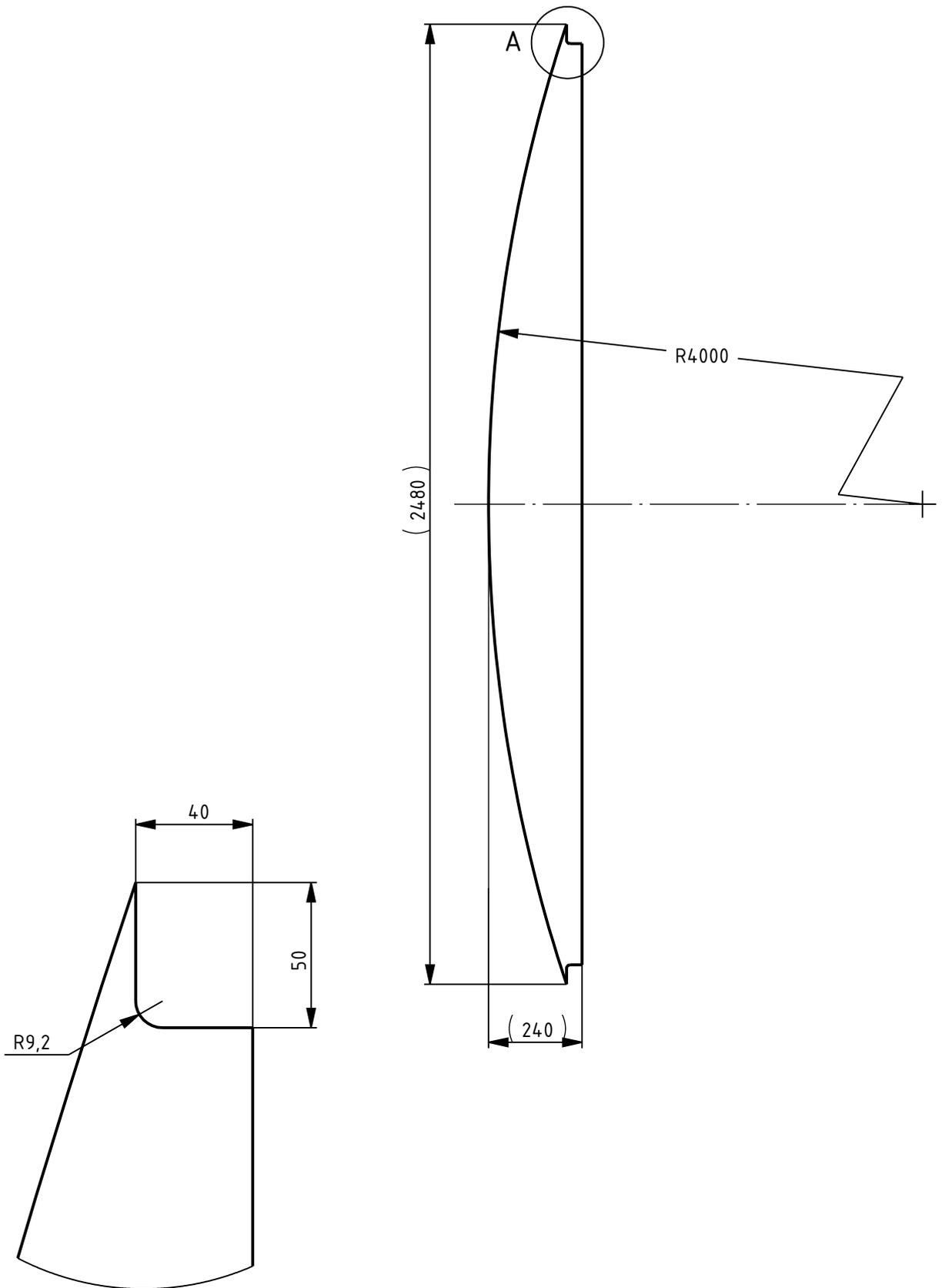


CHAPA PLEGADA:



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=1,25mm.

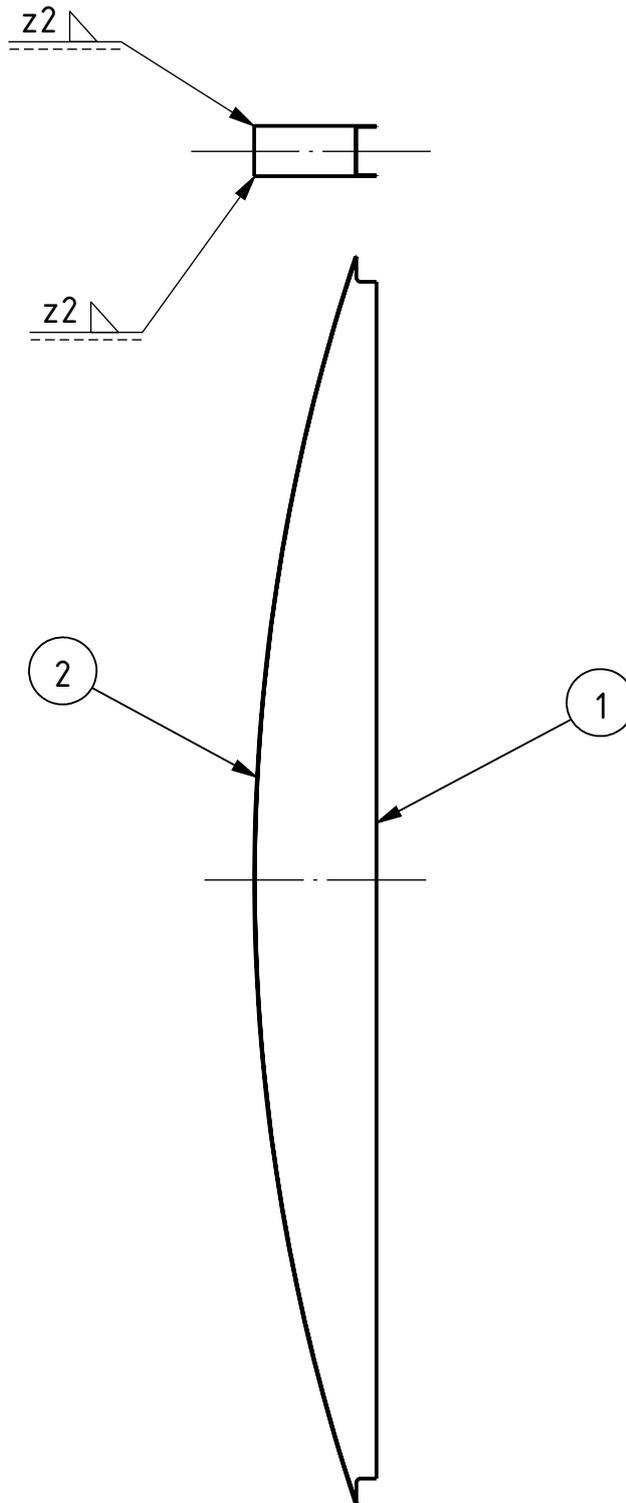
 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: ARCO ROLADO		
	Escala: 1:20	Fecha: 9/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 28



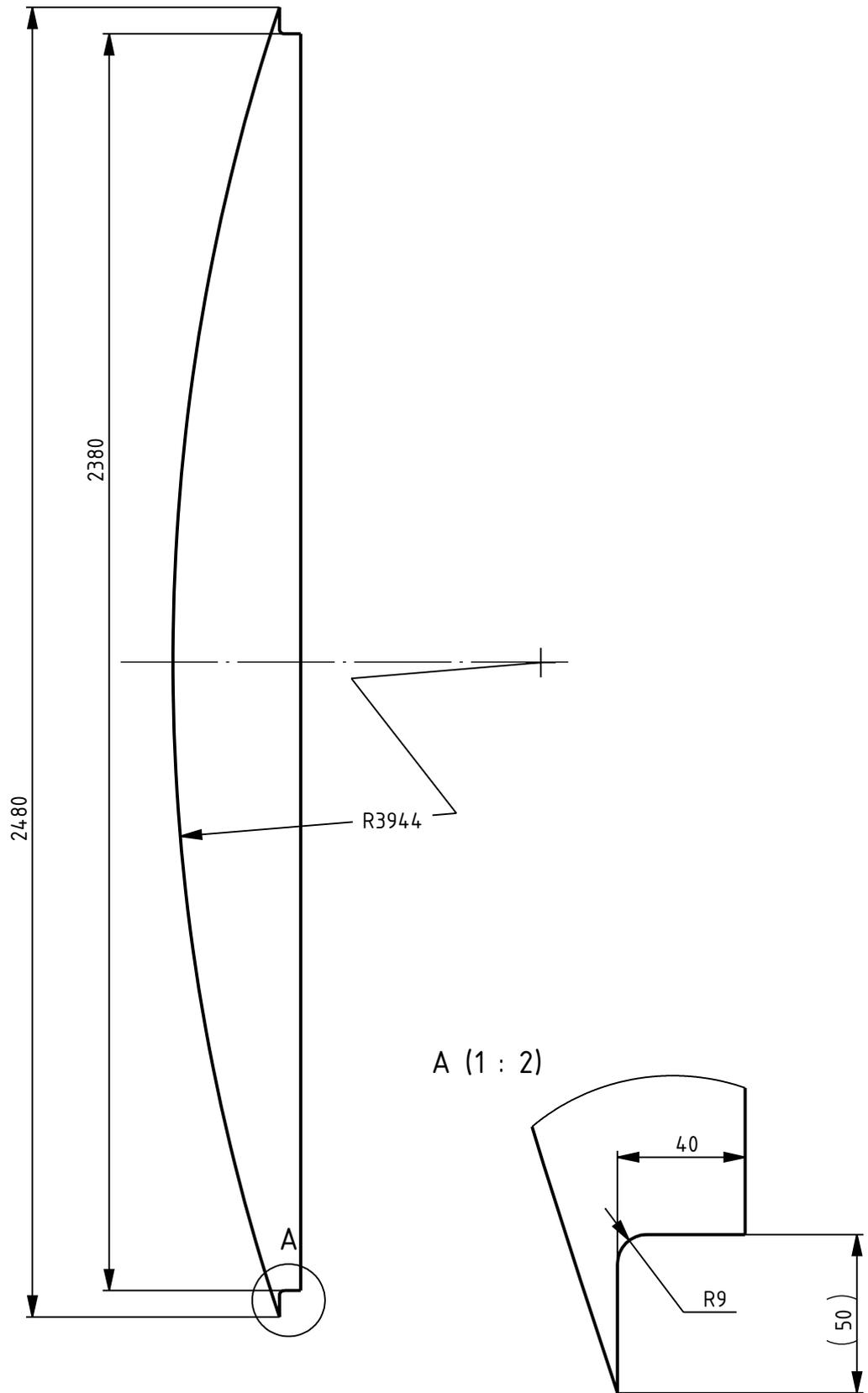
A (1 : 2)

(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA FRONTAL INTERNA		
	Escala: 1:15	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 29

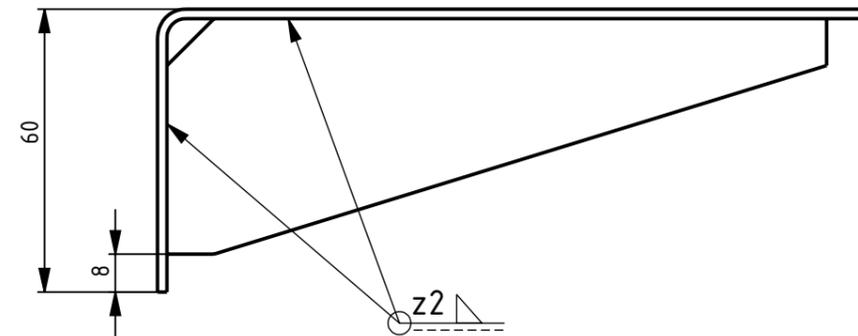
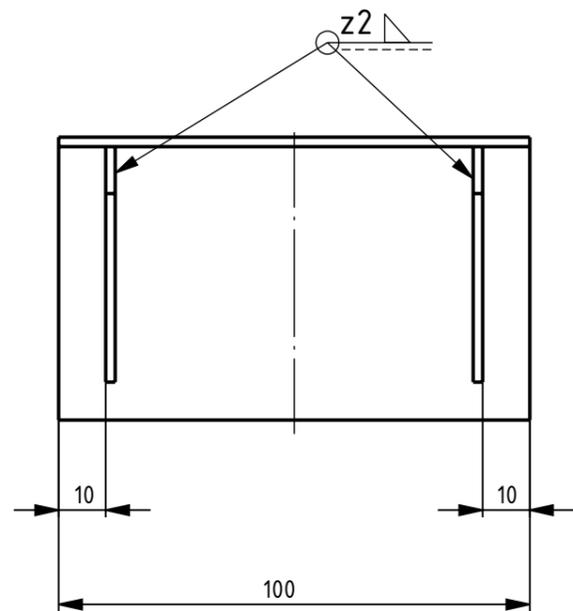
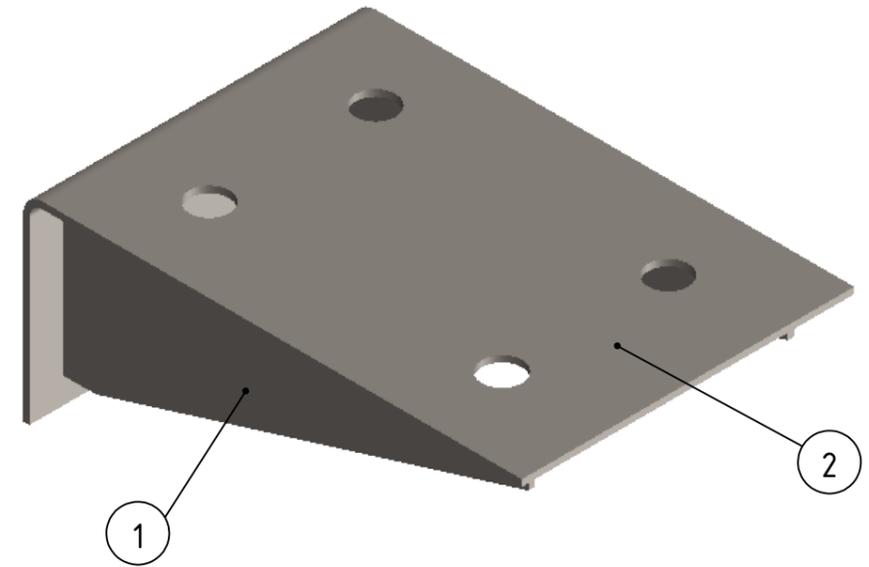
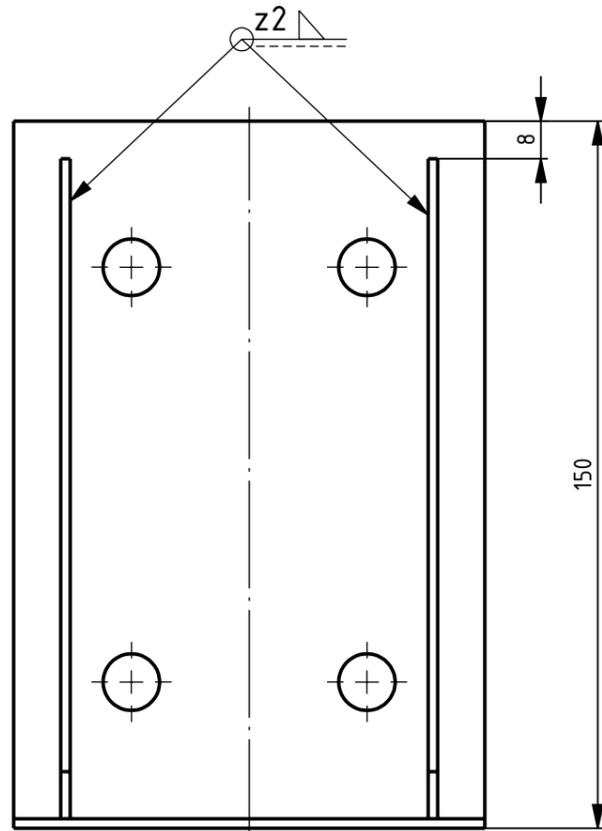


3	1	Chapa posterior externa	EG-13.01	IRAM F-24
2	1	Arco rolado	EG-12.02	IRAM F-24
1	2	Chapa frontal interna	EG-12.03	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: TRAVESAÑO POSTERIOR		
		Material: -	Plano N°: EG-13	Rev.00
		Escala: 1:50	Fecha: 14/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
				Pág. 30

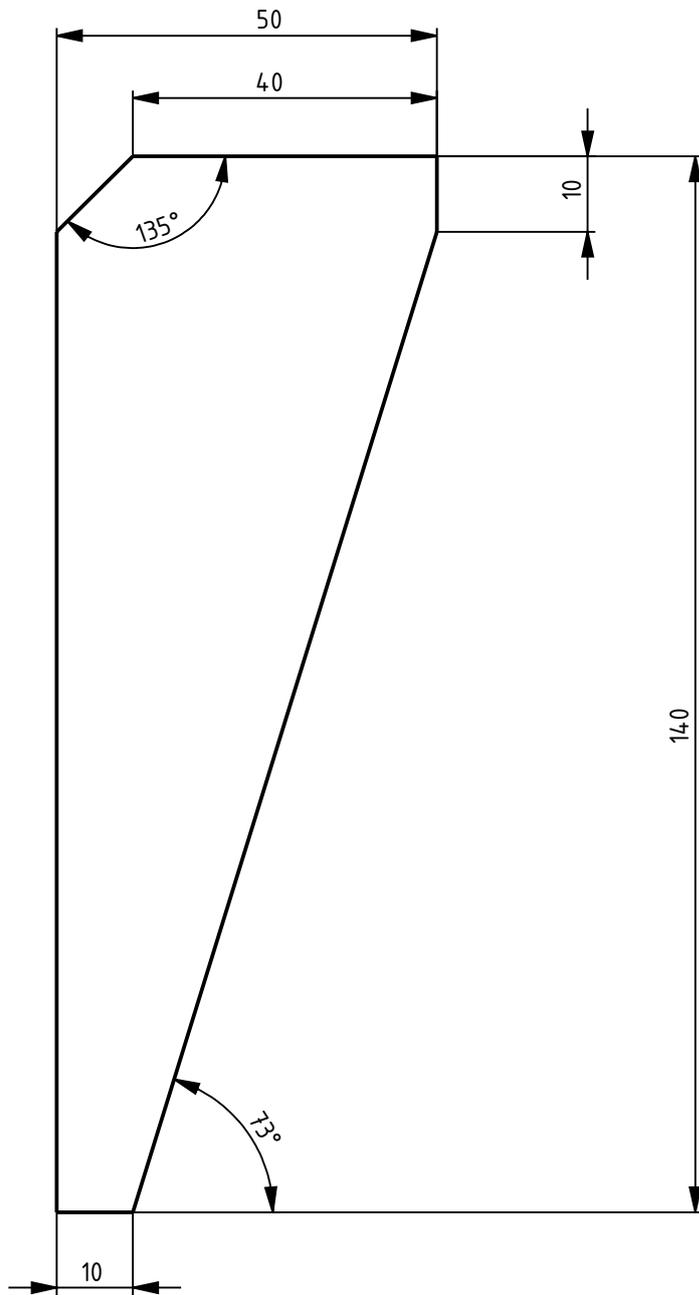


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 <b>UTN SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA POSTERIOR EXTERNA		
	Escala: 1:50	Fecha: 14/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: EG-13.01
			Rev.00
			Pág. 31



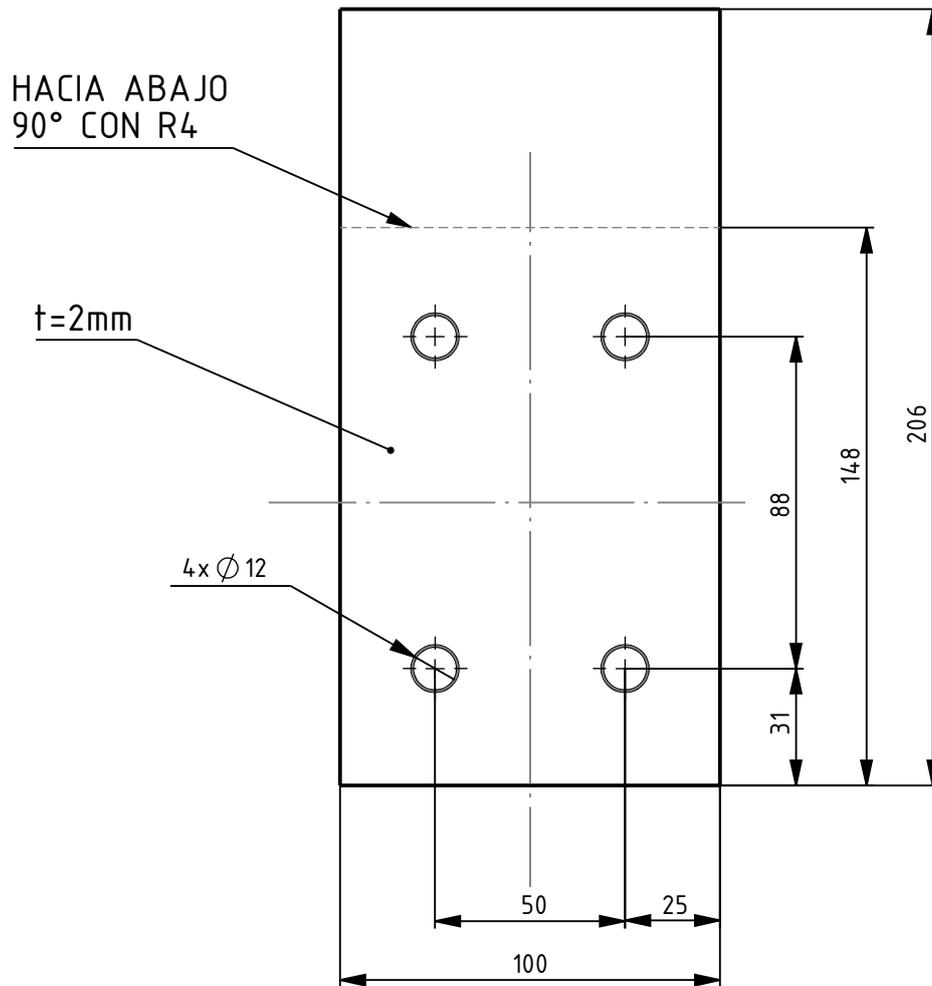
2	1	Chapa plegada	EG-14.02	IRAM F-24
1	2	Cartela de refuerzo	EG-14.01	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: REFUERZO INFERIOR DE SISTEMA DE ELEVACIÓN		
		Material: -	Plano N°: EG-14	Rev.00
		Escala: 1:1.5	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Pág. 33



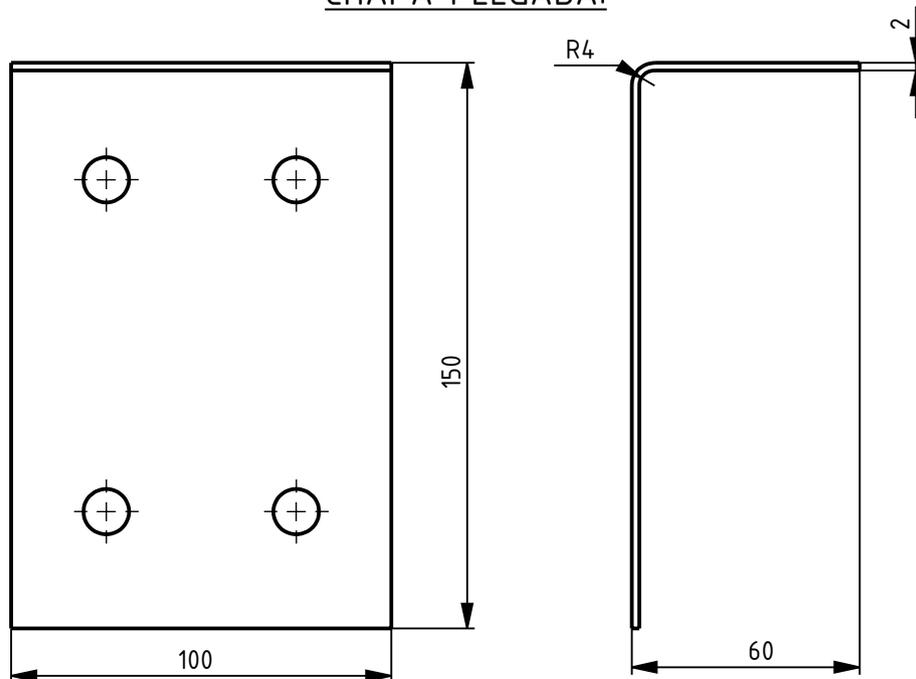
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			
	Denominación: CARTELA DE REFUERZO			
	Escala: 1:1	Material: IRAM F-24	Plano N°: EG-14.01	Rev.00
	Formato: A4	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 34
		Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		

CHAPA DESPLEGADA:

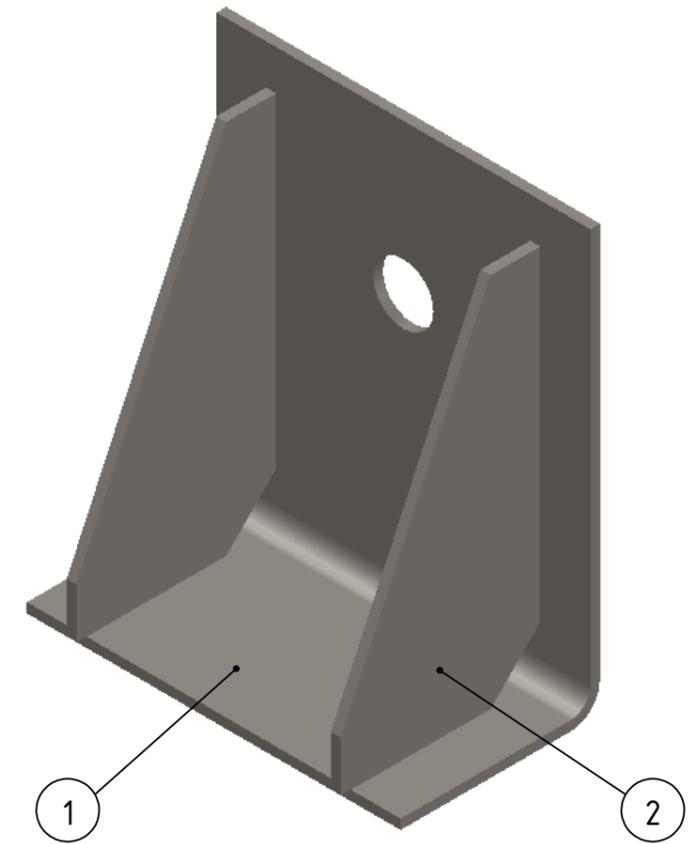
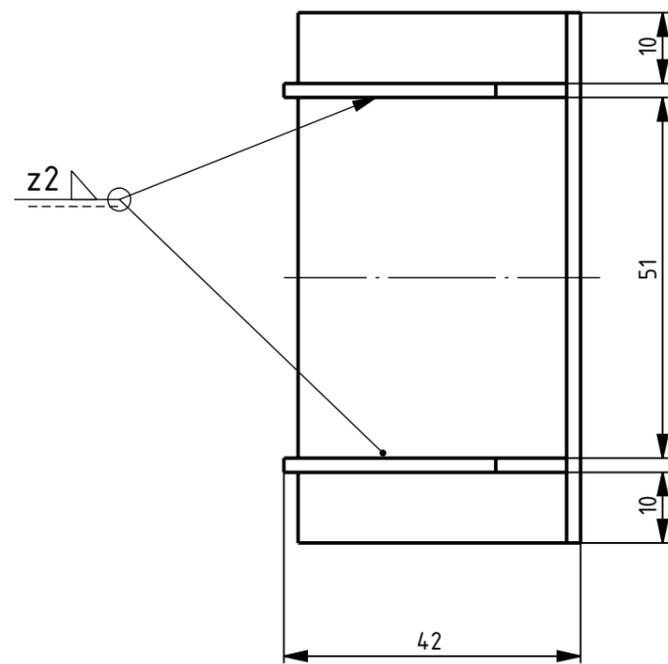
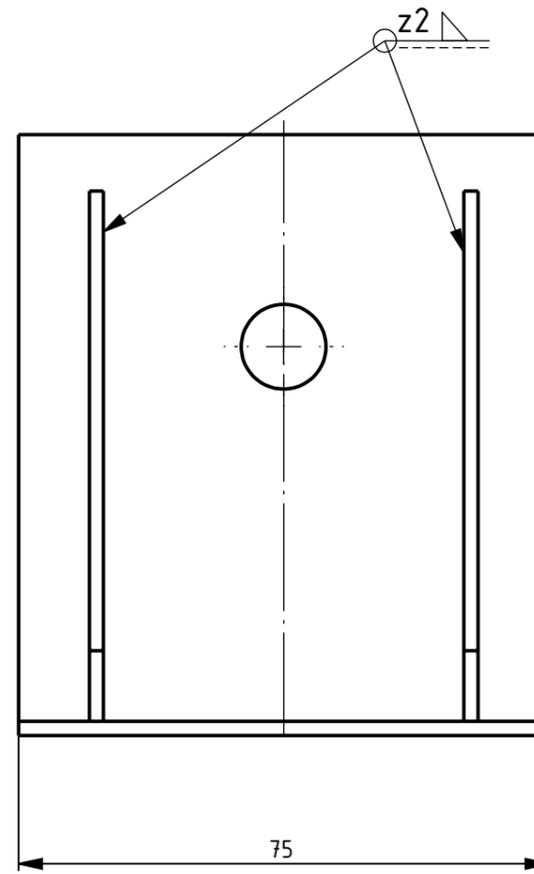
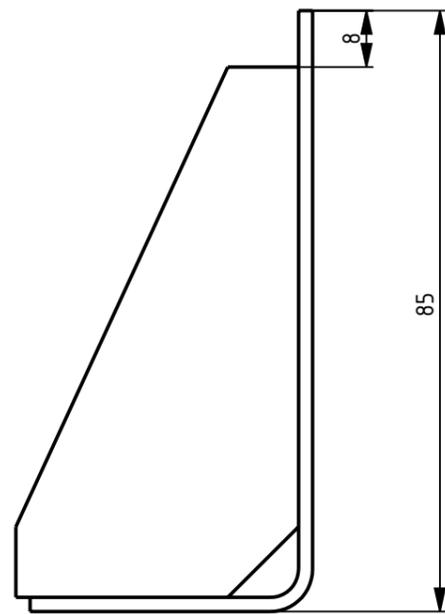


CHAPA PLEGADA:



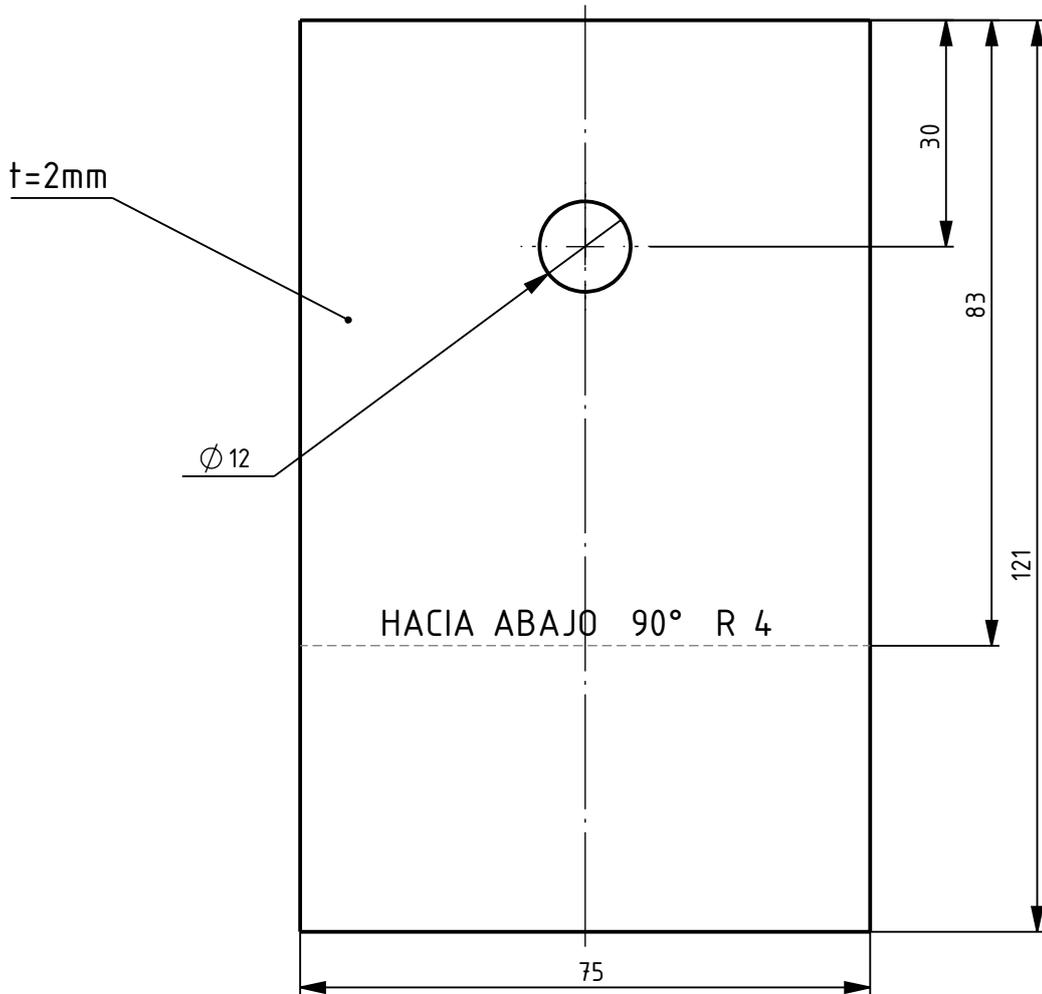
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA PLEGADA		
	Escala: 1:2	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 35

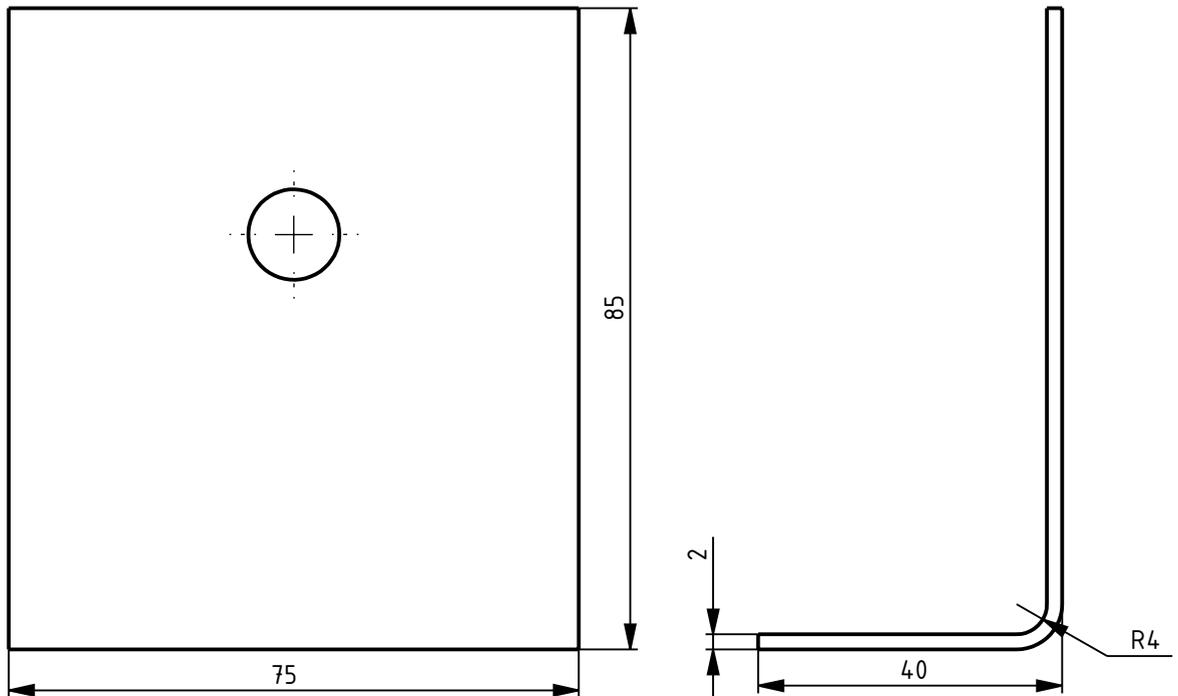


2	2	Cartela de refuerzo	EG-15.02	IRAM F-24
1	1	Chapa plegada	EG-15.01	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: REFUERZO SUPERIOR DE SISTEMA DE ELEVACIÓN		
		Material: -	Plano N°: EG-15	Rev.00
		Escala: 1:1	Fecha: 9/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Pág. 36

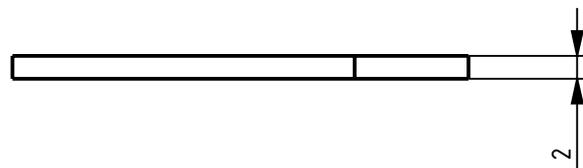
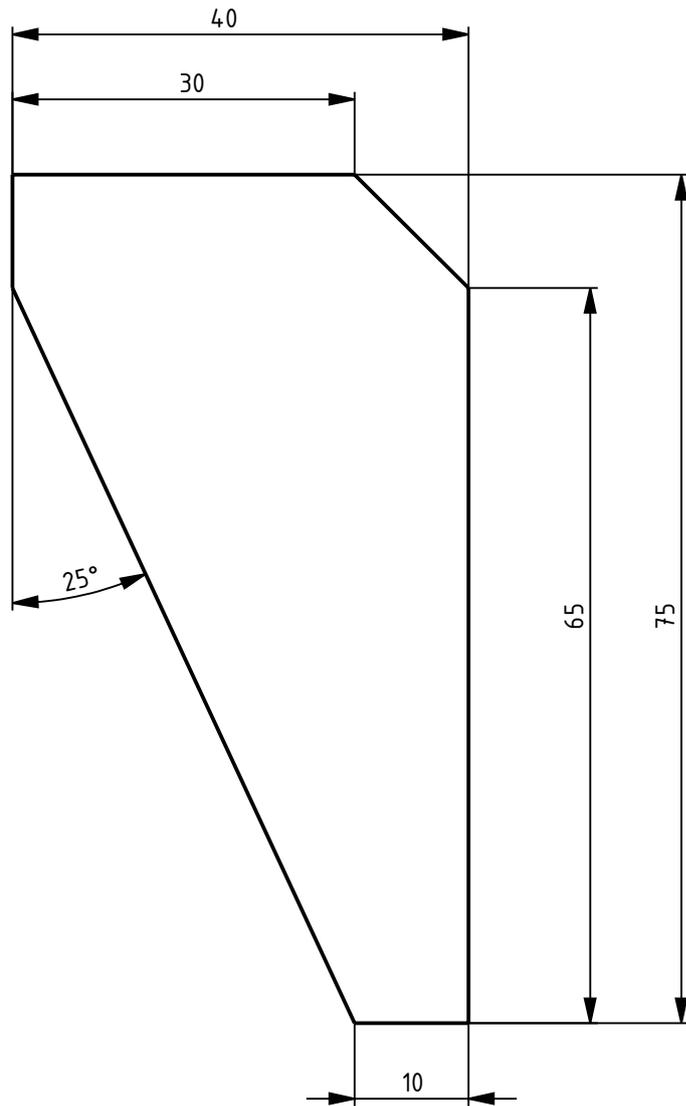
CHAPA DESPLEGADA:



CHAPA PLEGADA:

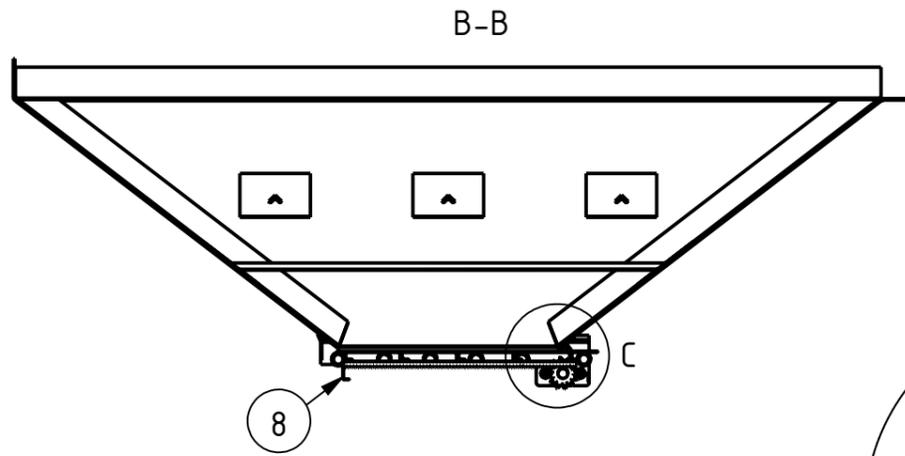


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

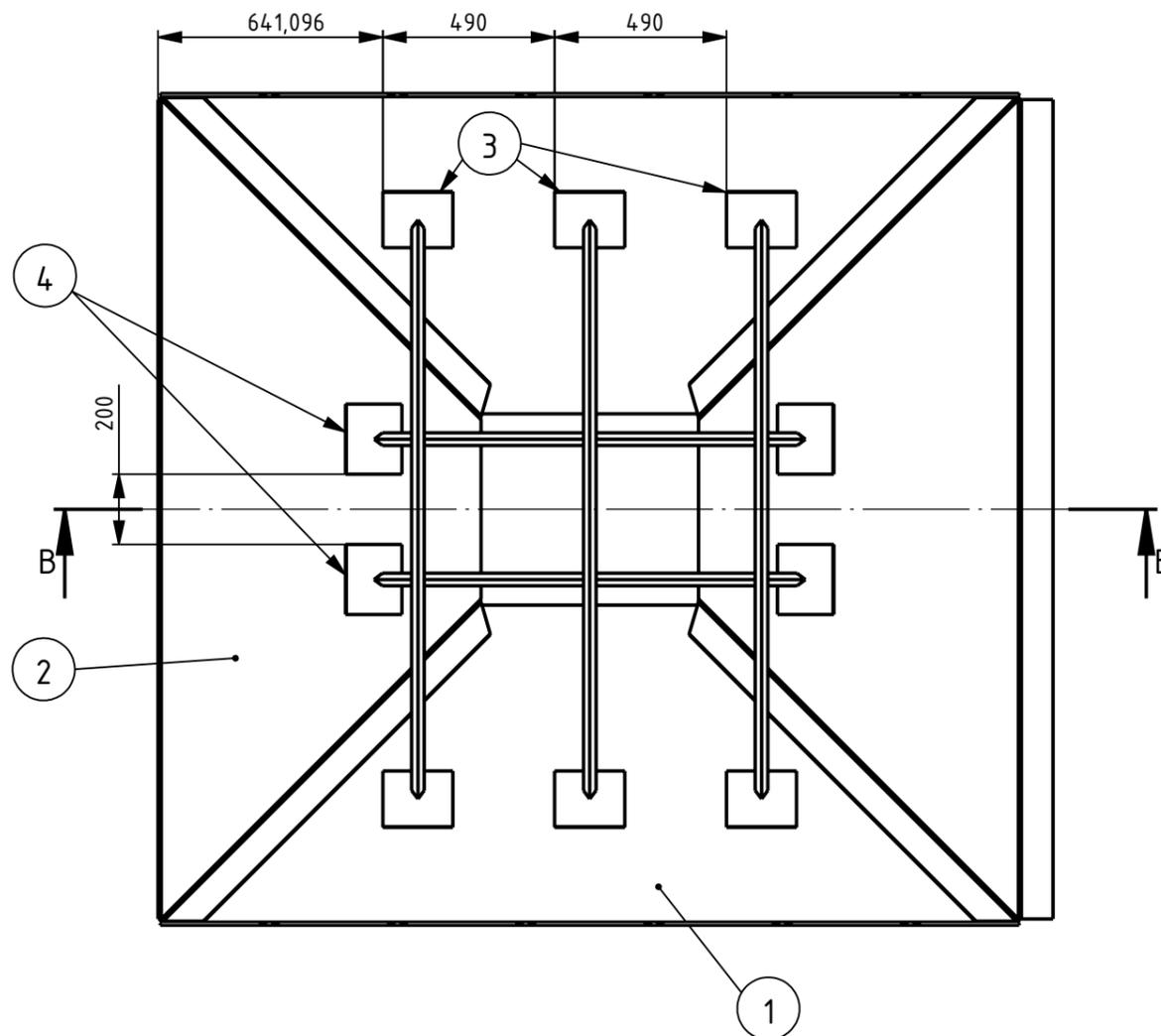
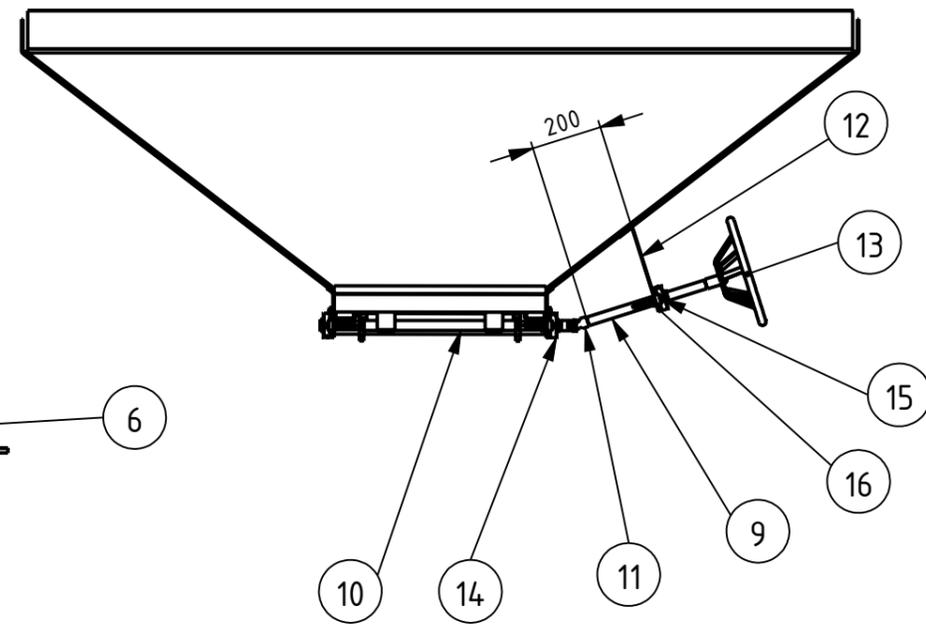
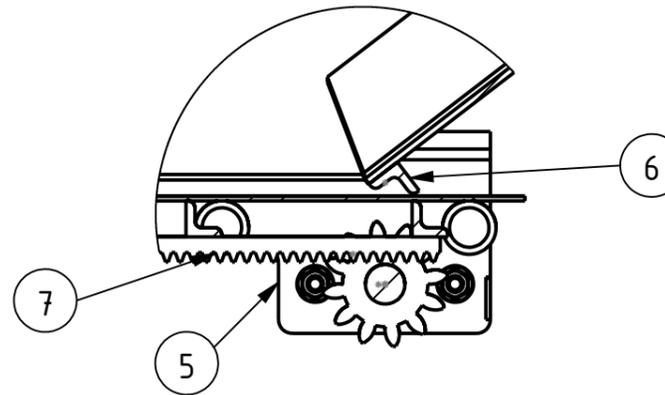


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CARTELA DE REFUERZO		
	Escala: 1.5:1	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 38



C (1 : 5)



NOTA: Se sueldan perimetralmente las aristas en contacto con z2.

16	6	Tuerca M12 con arandela	-	-
15	6	Bulón M12 x 50 mm	-	-
14	3	SKF UCFL 205	-	-
13	1	Volante de apertura - Ø300mm	-	Fundición
12	1	Sostén de manivela	SR8-02.G	IRAM F-24
11	1	Junta universal	-	-
10	1	Eje de mecanismo de tolva con piñones	SR8-02.F	-
9	1	Eje de mecanismo de tolva	SR8-02.E	Barra redonda SAE 1010
8	1	Compuerta inferior	SR8-02.D	-
7	12	Rodillo Ø38x60mm	-	Varios
6	1	Perfil ángulo 25.4x25.4x6.35mm - Largo:530mm	-	IRAM F-24
5	1	Conjunto inferior	SR8-02.C	-
4	2	Tirante corto	-	-
3	3	Tirante largo	-	-
2	1	Chapa transversal	SR8-02.B	IRAM F-24
1	2	Chapa lateral	SR8-02.A	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material



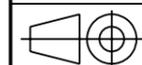
Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE

Denominación: CONO DE DESCARGA CENTRAL

Material: -

Plano N°: SR8-02

Rev.00



Escala: 1:20

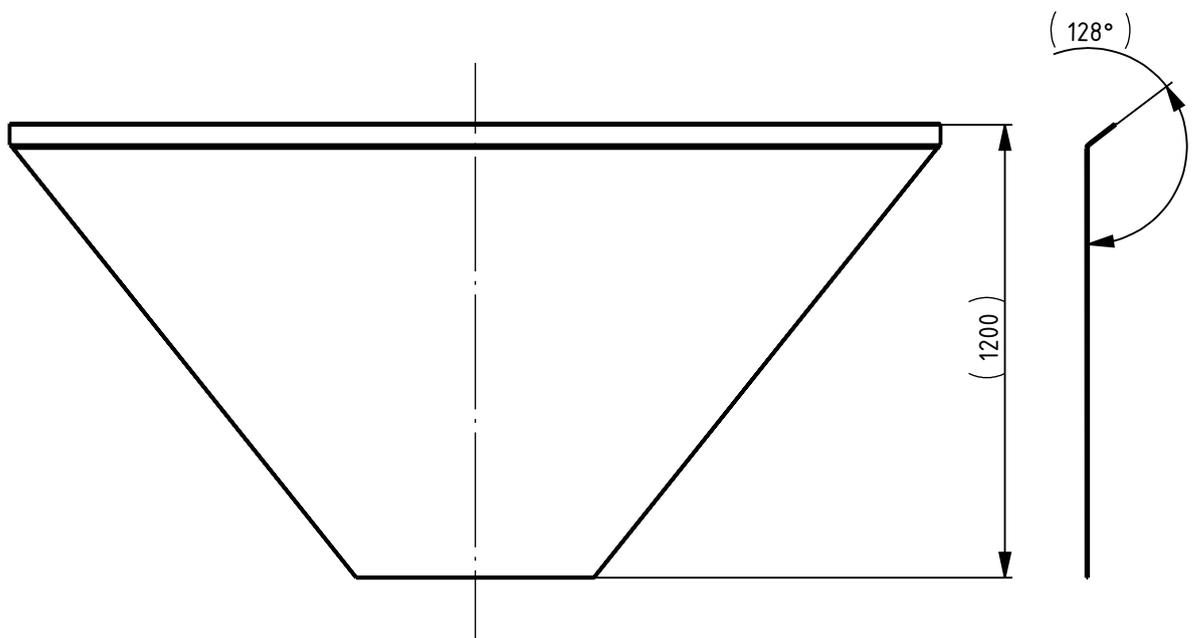
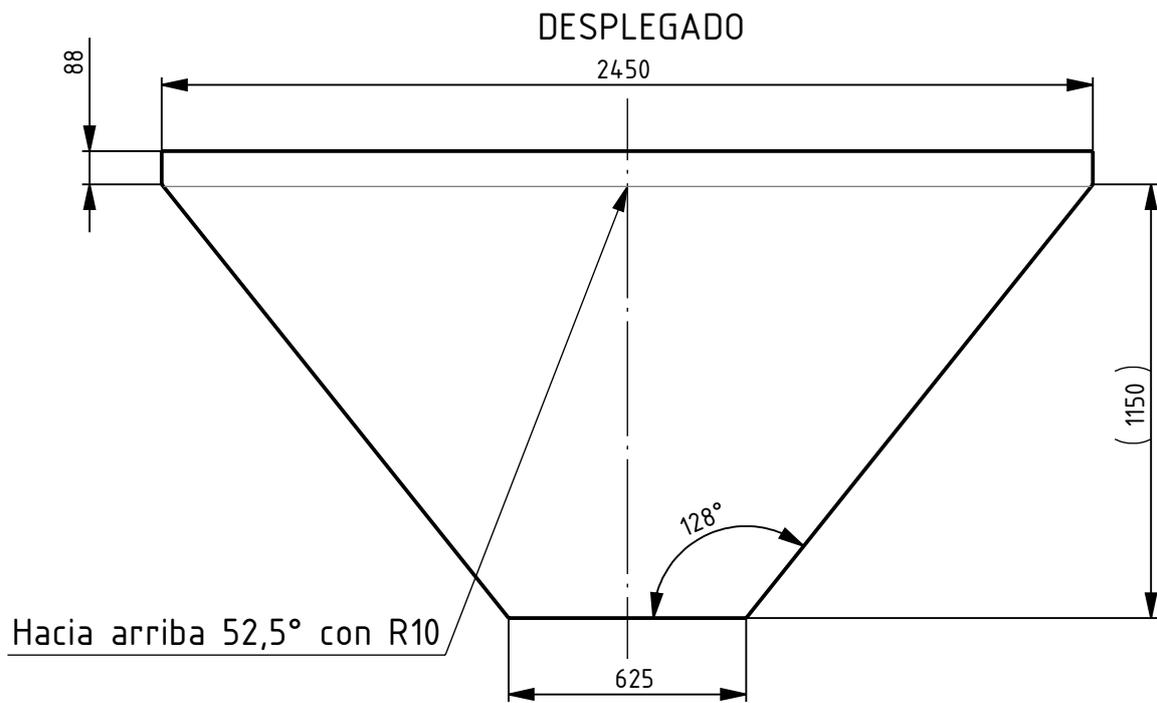
Fecha: 15/8/2023

Tolerancias generales: ISO 2768 mK

P39.

Formato: A3

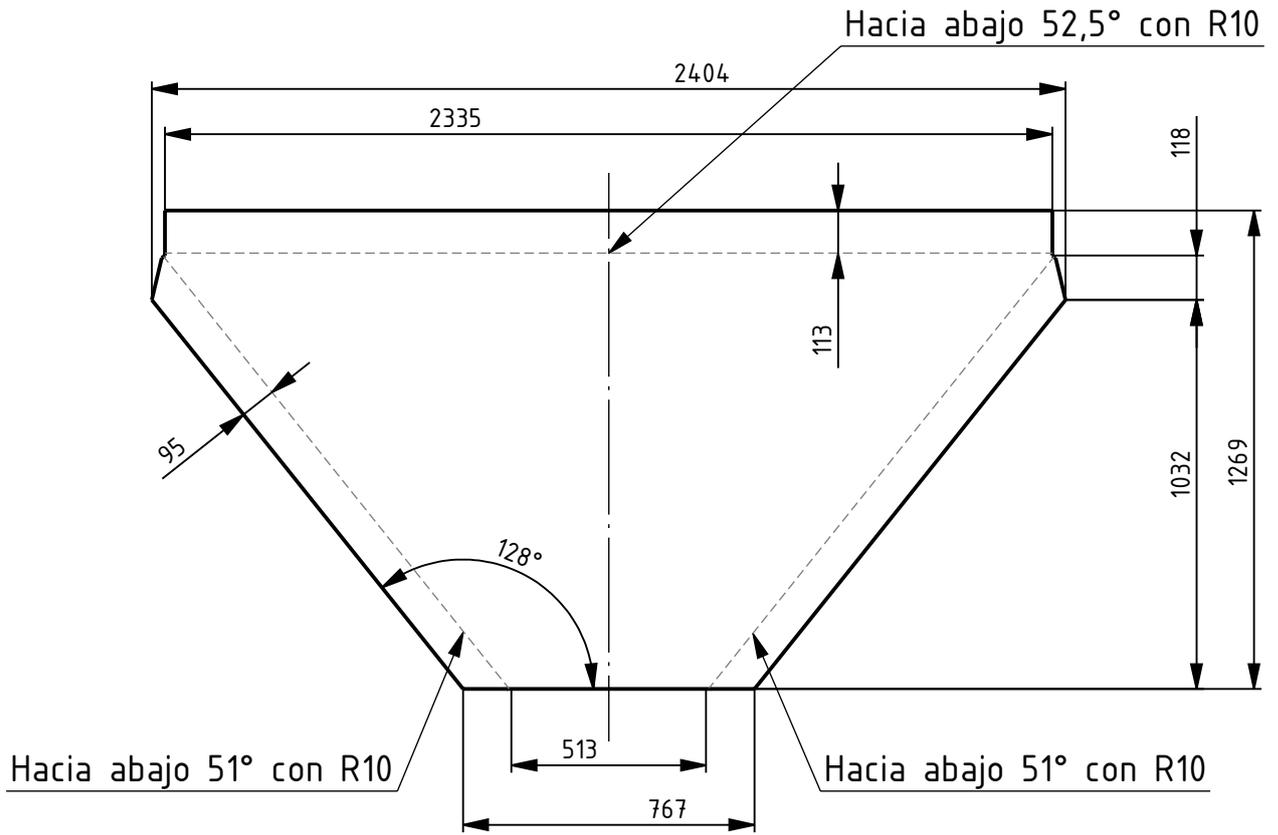
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán



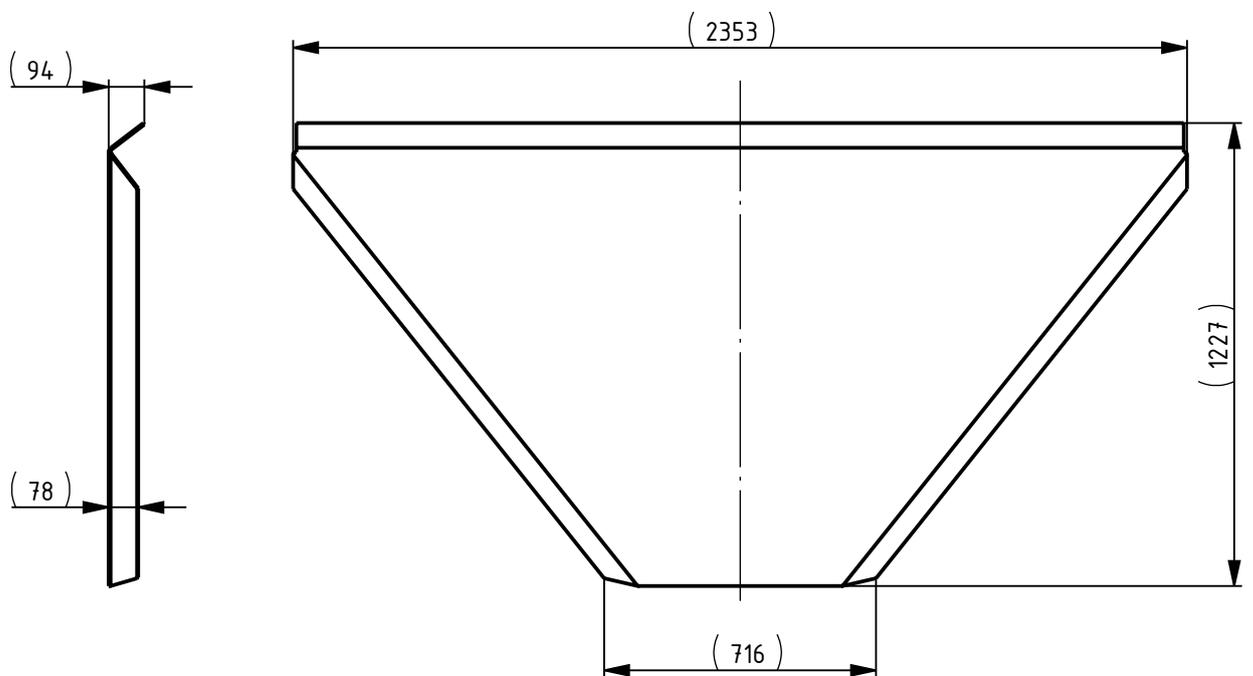
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=4,75mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA LATERAL		
	Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 40

DESPLEGADO



PLEGADO



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=4,75.



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE

Denominación: CHAPA TRANSVERSAL

Material: IRAM F-24

Plano N°: SR8-02.B

Rev.00



Escala: 1:50

Fecha: 10/8/2023

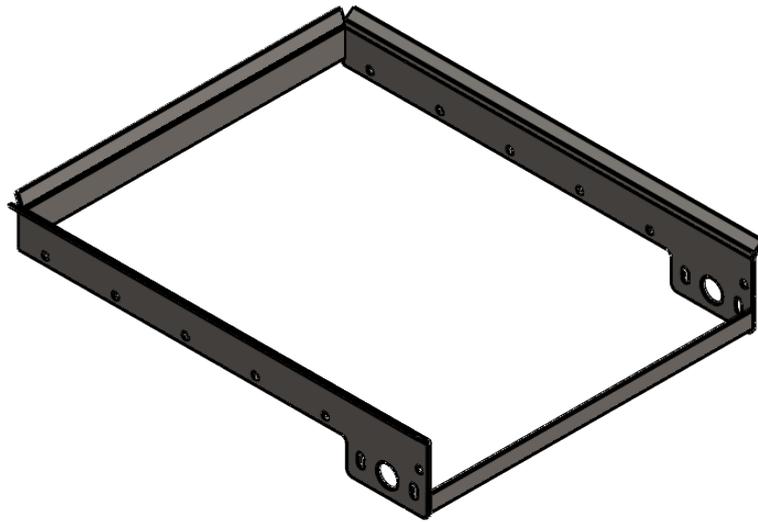
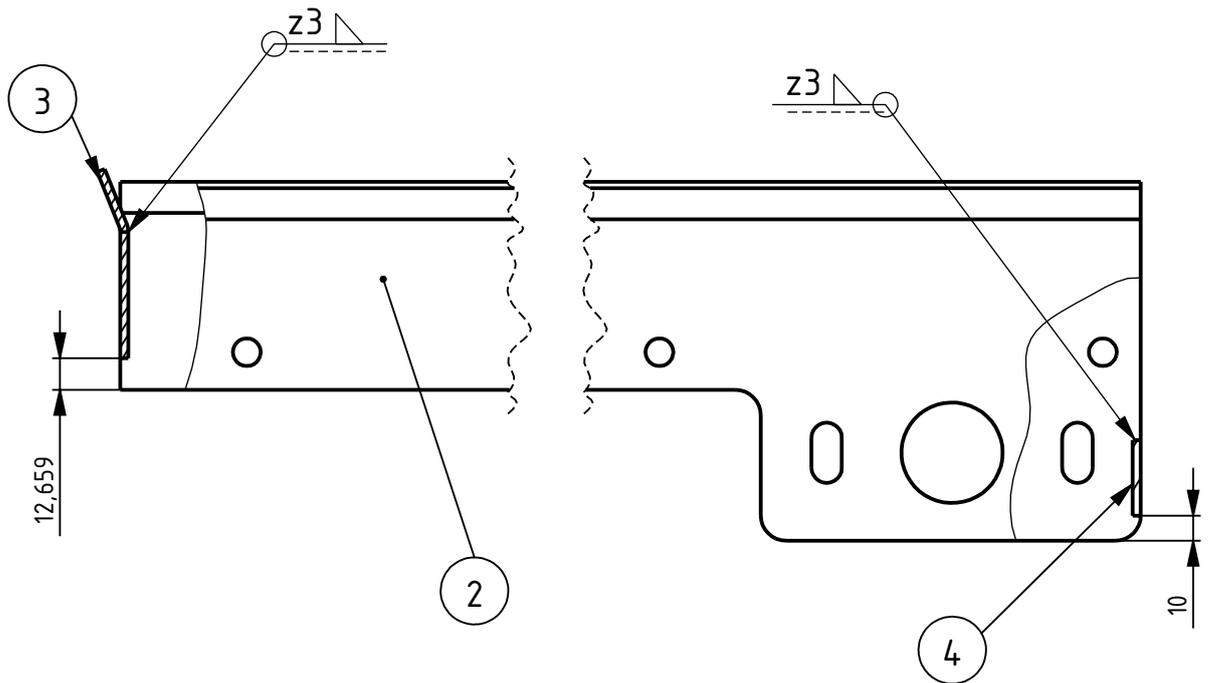
Tolerancias generales: ISO 2768 mK

Pág.

Formato: A4

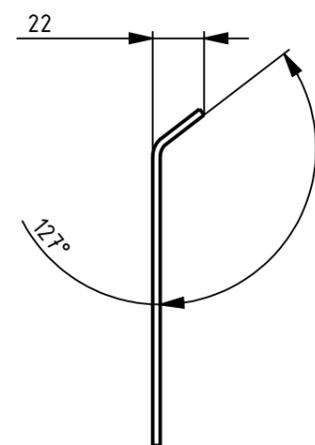
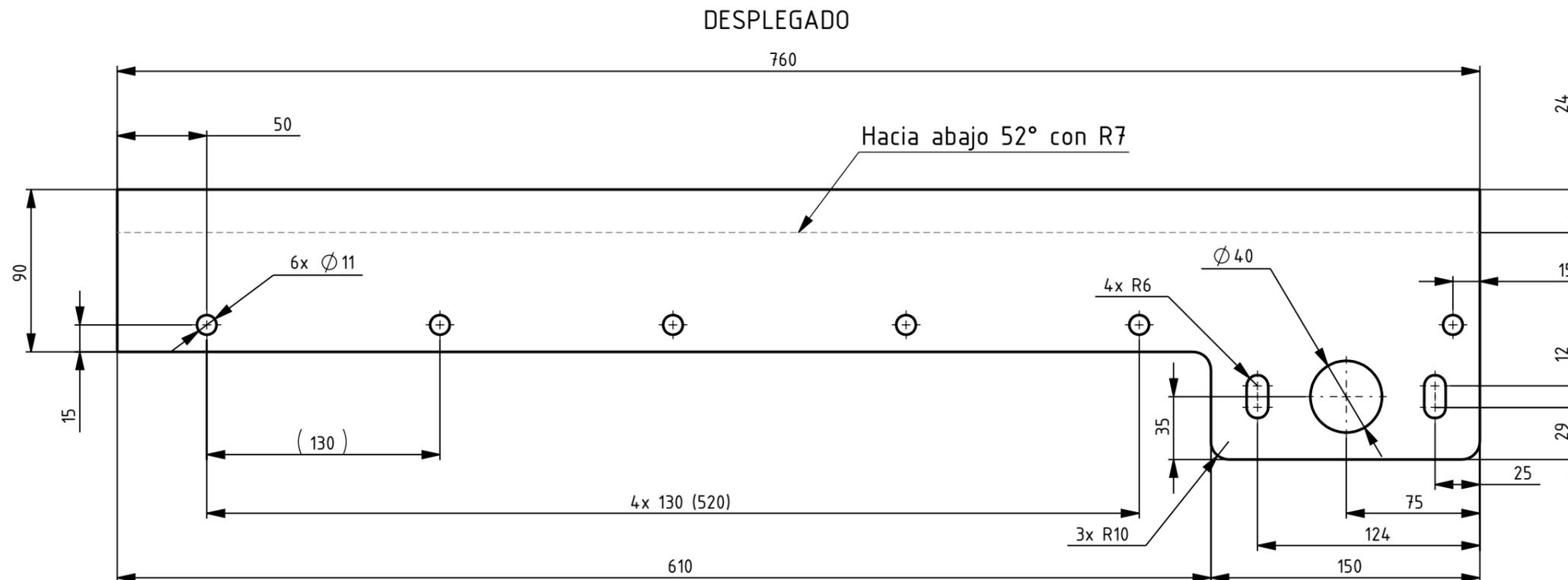
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán

41

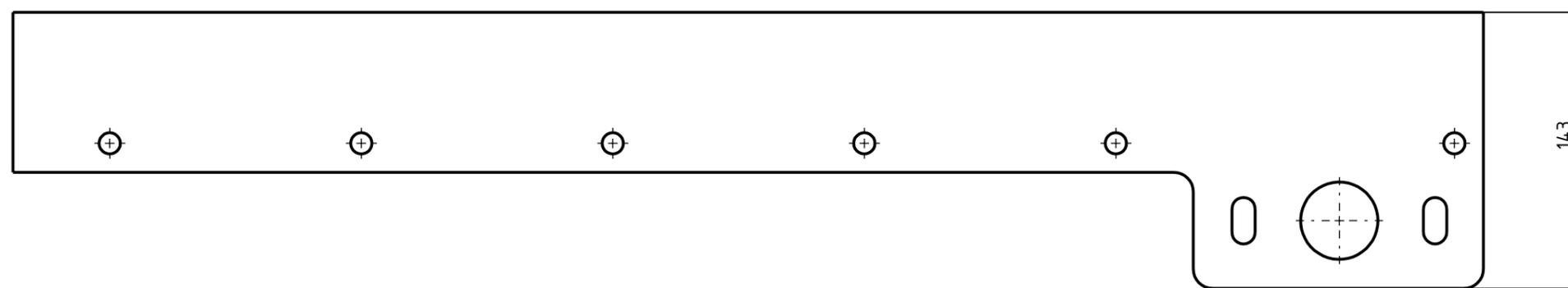


4	1	Unión transversal corta	SR8-02.C.3	IRAM F-24
3	1	Unión transversal alta	SR8-02.C.2	IRAM F-24
2	1	Chapa lateral	SR8-02.C.1	IRAM F-24
1	1	Chapa lateral	SR8-02.C.1	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CONJUNTO INFERIOR		
	Material: -	Plano N°: SR8-02.C	Rev.00
	Escala: 1:20	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Pág. 42



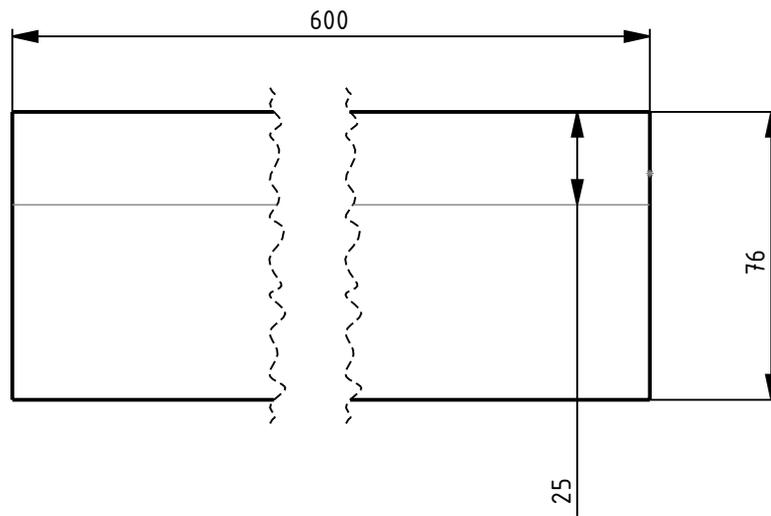
PLEGADO



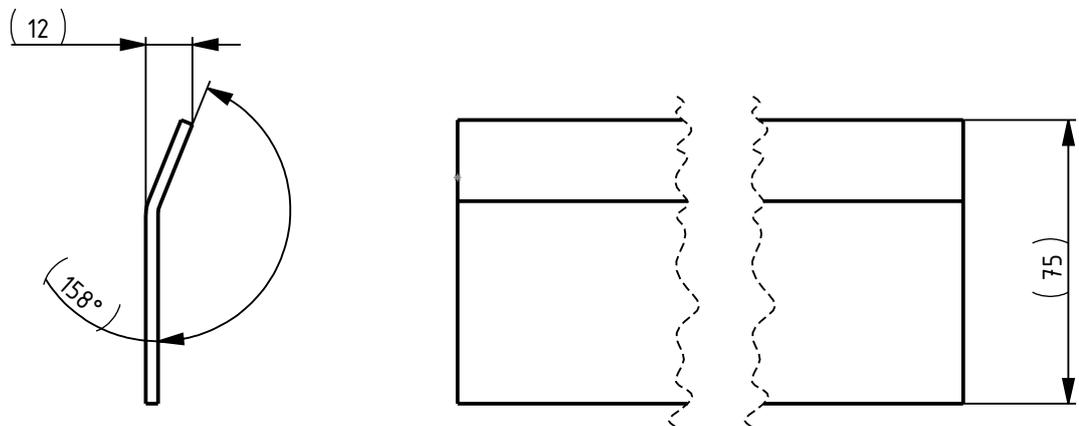
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=3,2mm.

		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: CHAPA LATERAL		
	Escala: 1:5 Formato: A3	Material: IRAM F-24 Fecha: 12/8/2023	Plano N°: SR8-02.C.1 Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Rev.00 Pág. 43
	Projectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			

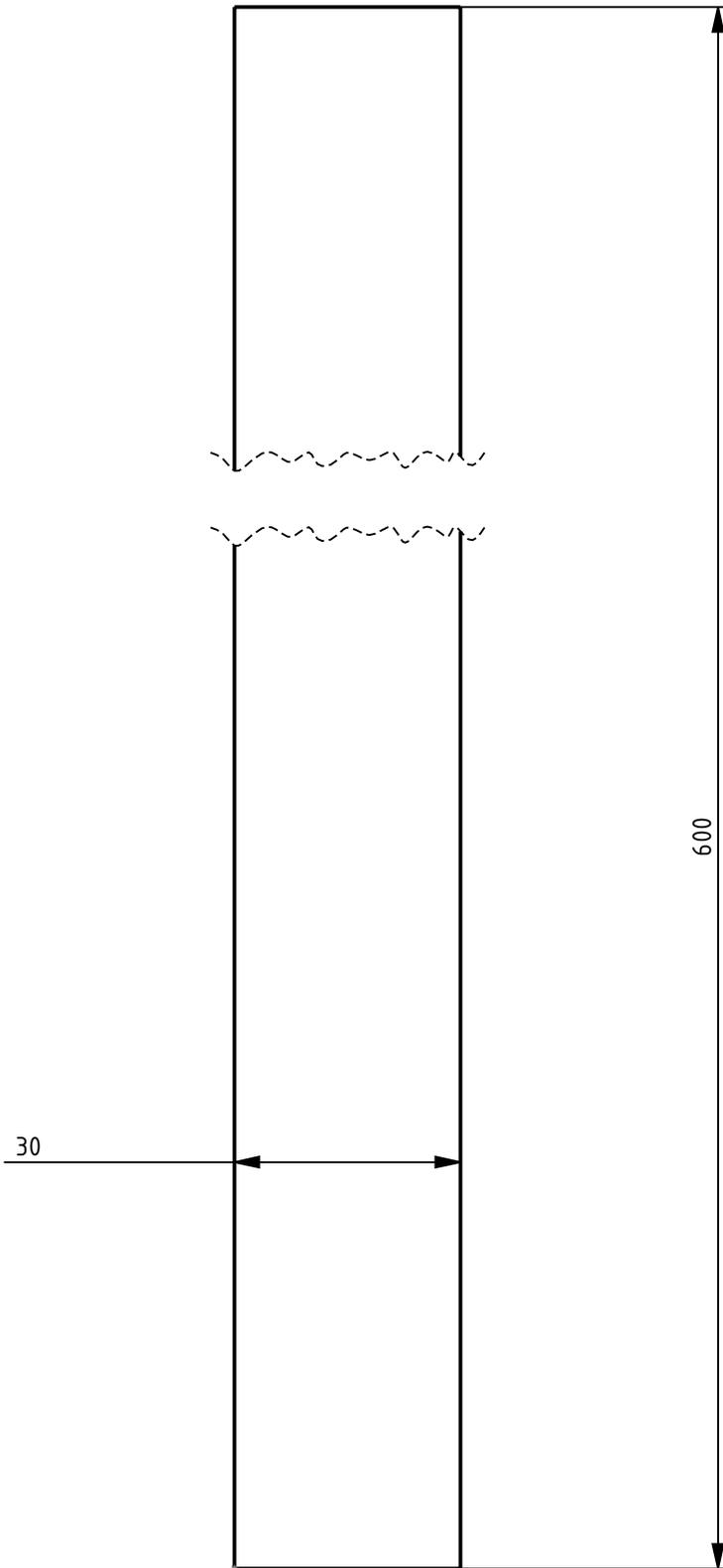
## DESPLEGADO



## PLEGADO

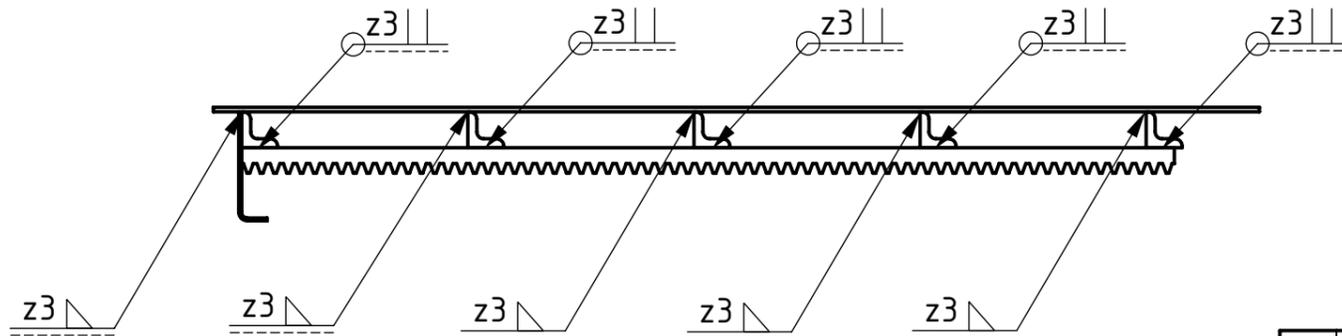
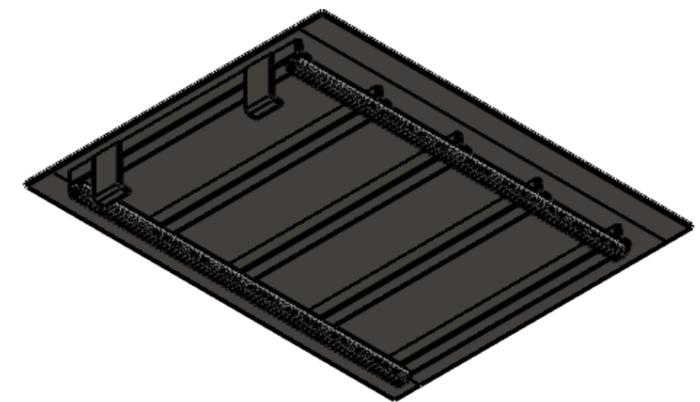
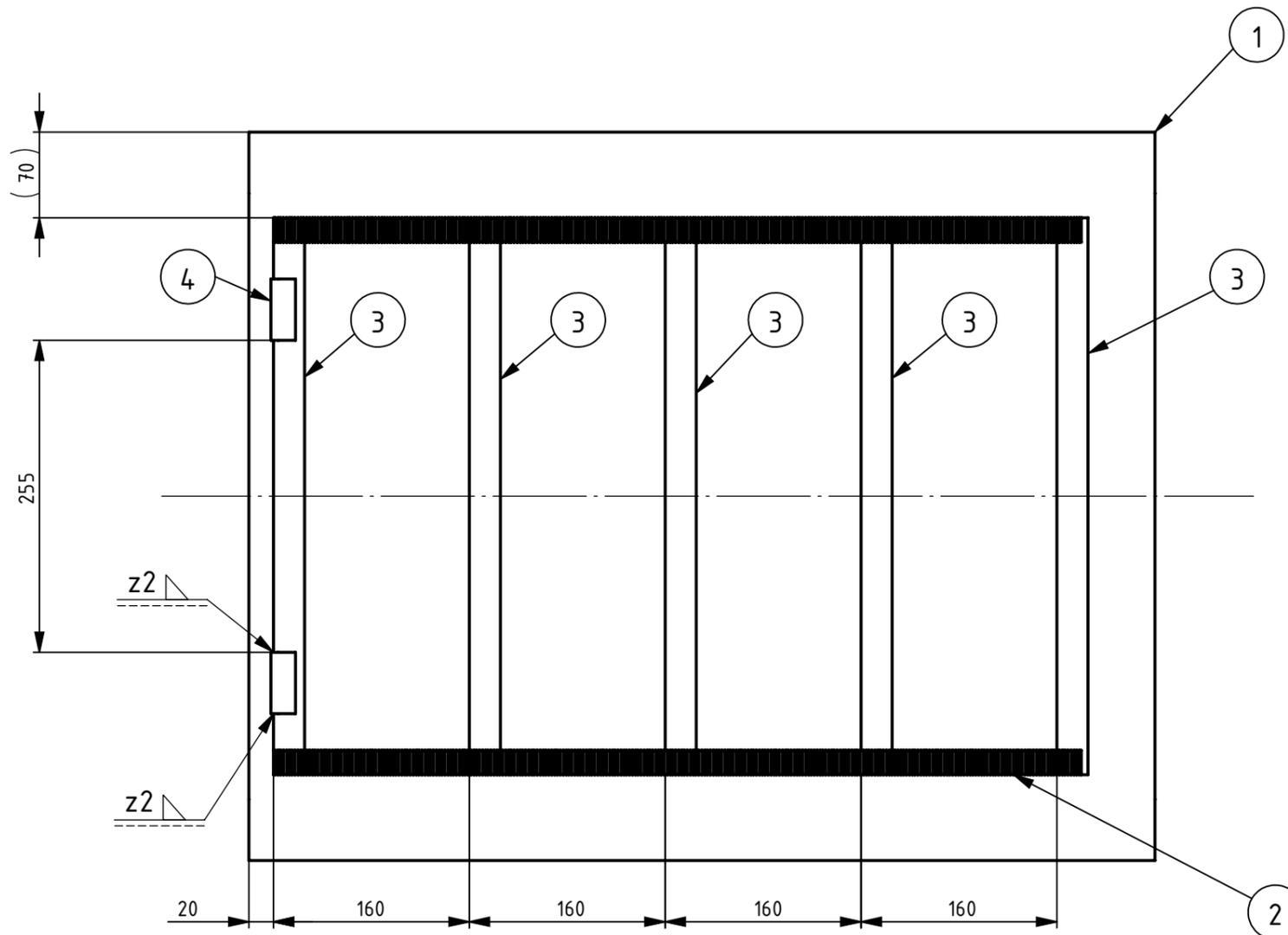


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=3,2mm.



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=3,2mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: UNIÓN TRANSVERSAL CORTA		
	Material: IRAM F-24	Plano N°: SR8-02.C.3	Rev.00
	Escala: 1:10	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Pág. 45

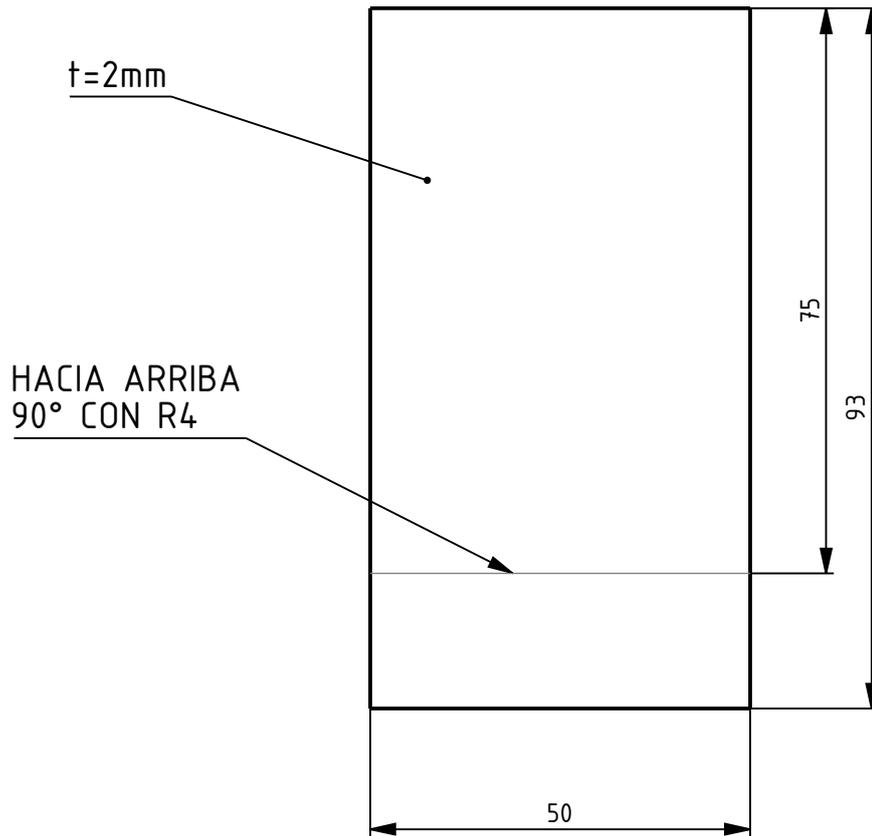


4	2	Gancho tope	SR8-02.D.1	IRAM F-24
3	5	Perfil ángulo 25,4x25,4x6,35 - Largo: 450mm	-	IRAM F-24
2	2	Cremallera Modulo 3 Ancho 20 Largo 660	-	-
1	1	Chapa inferior - 740X595X6,2mm	-	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

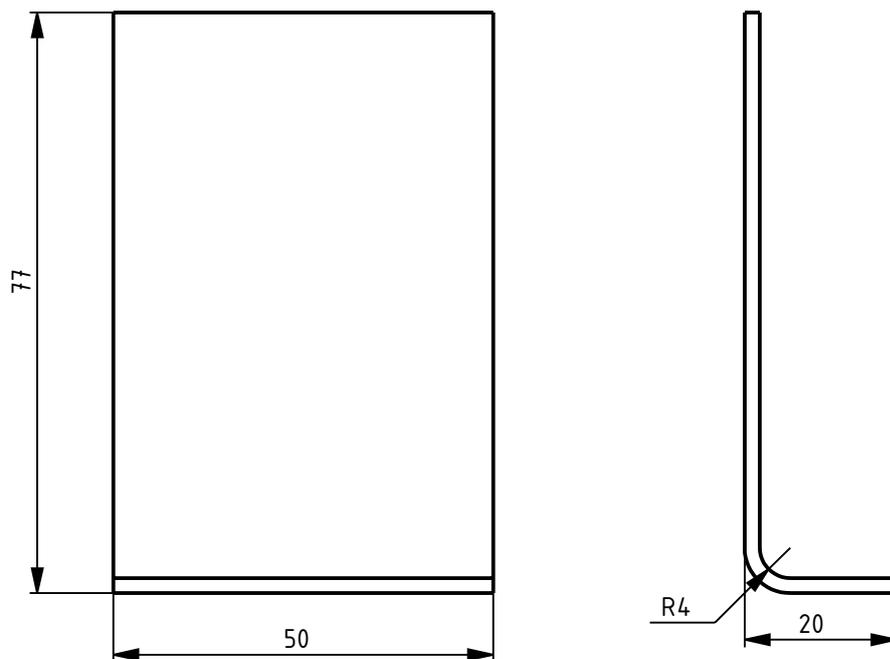
NOTA: Soldar ambas cremalleras de manera que los dientes de ambas coincidan en sus posiciones transversales para asegurar engrane con el eje de apertura. Maxima desviación = 1mm

	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: COMPUERTA INFERIOR		
	Material: -	Plano N°: SR8-02.D	Rev.00
Escala: 1:1	Fecha: 8/9/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		46

CHAPA DESPLEGADA:

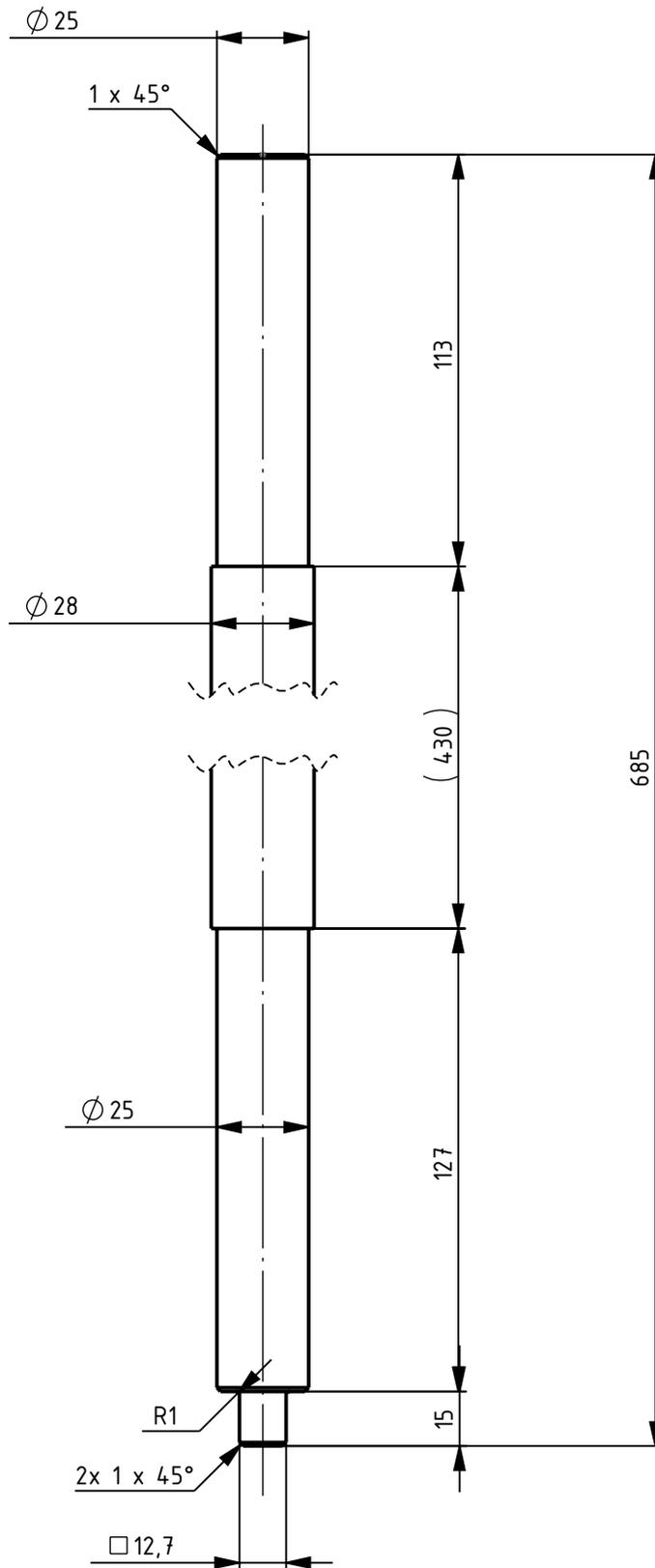


CHAPA PLEGADA:



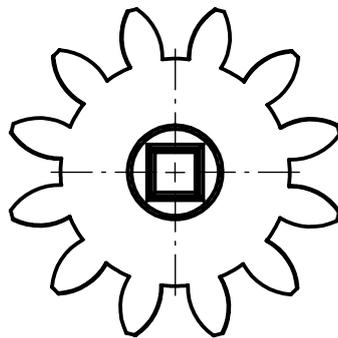
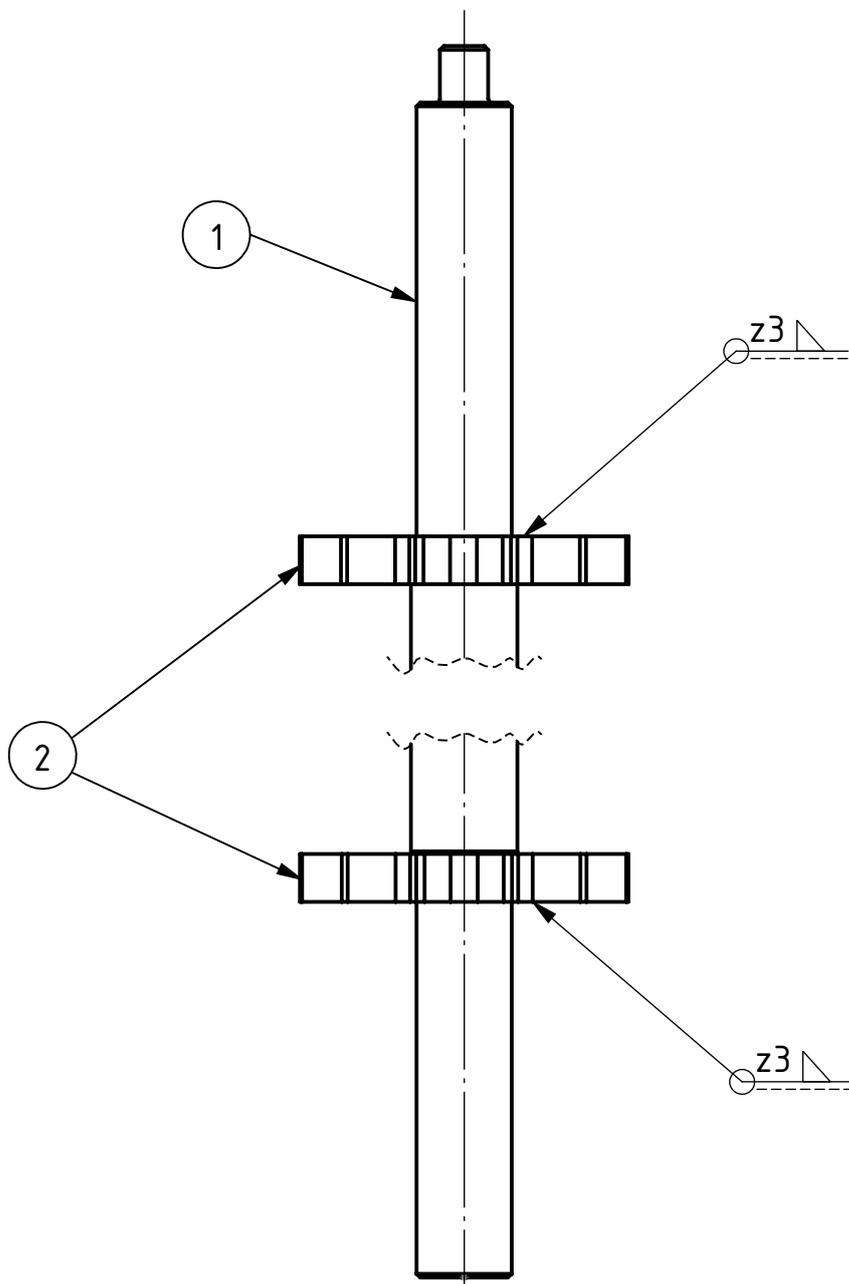
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: GANCHO TOPE		
	Escala: 1:1	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 47



(x) Fabricado con Barra redonda SAE 1010 .

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: EJE DE MECANISMO DE TOLVA		
	Escala: 1:10	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 48



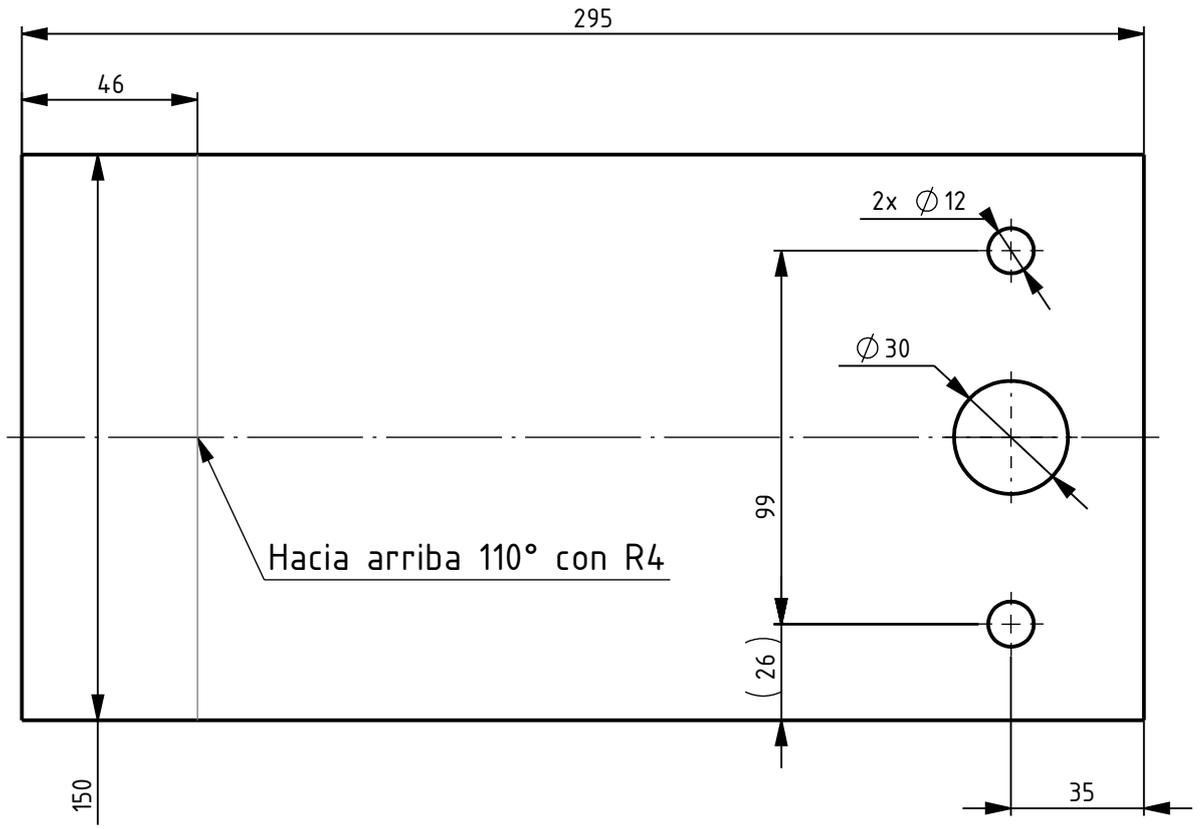
NOTA:

Soldar ambos engranajes en iguales posiciones angulares respecto al eje para evitar interferencia con la cremallera.

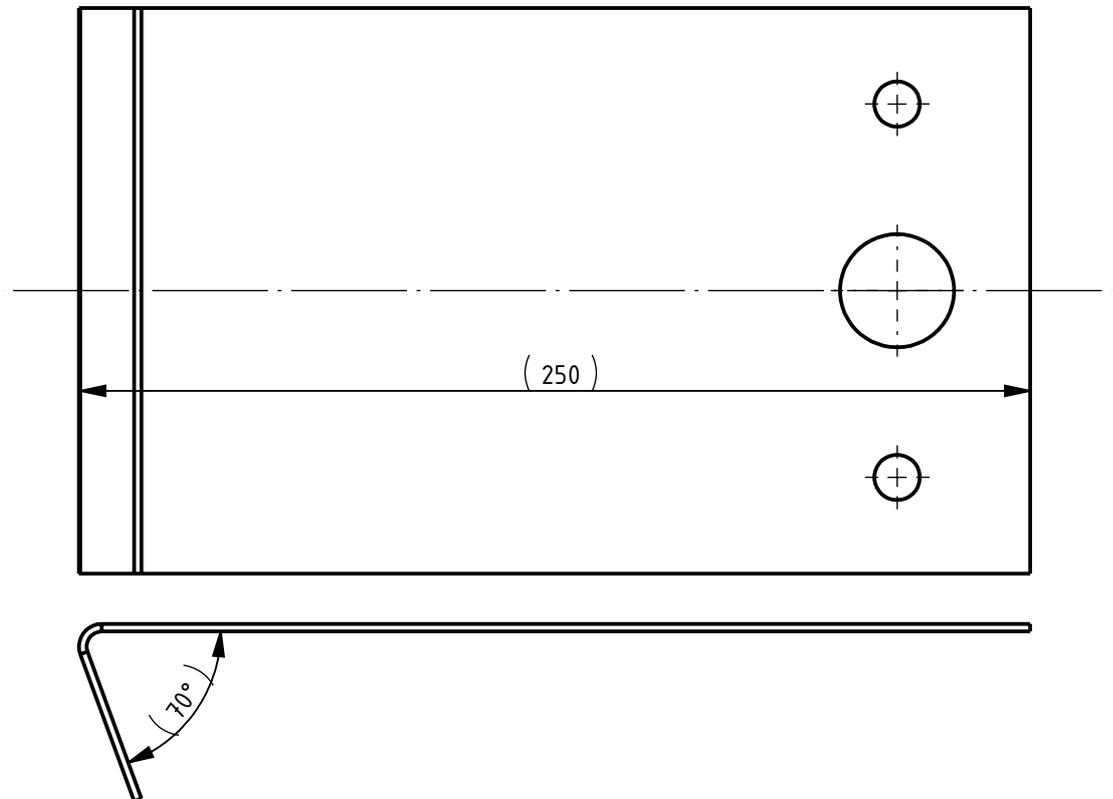
Maxima desviación angular = 1°

2	2	Piñón - Módulo 3 - z=12 - Ancho 20mm	-	-
1	1	Eje de mecanismo de tolva	SR8-02.E	Barra redonda SAE 1010
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
		Denominación: EJE DE MECANISMO DE TOLVA CON PIÑONES		
		Material: -	Plano N°: SR8-02.F	Rev.00
		Escala: 1:10	Fecha: 8/9/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
		Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Pág. 49

DESPLEGADO

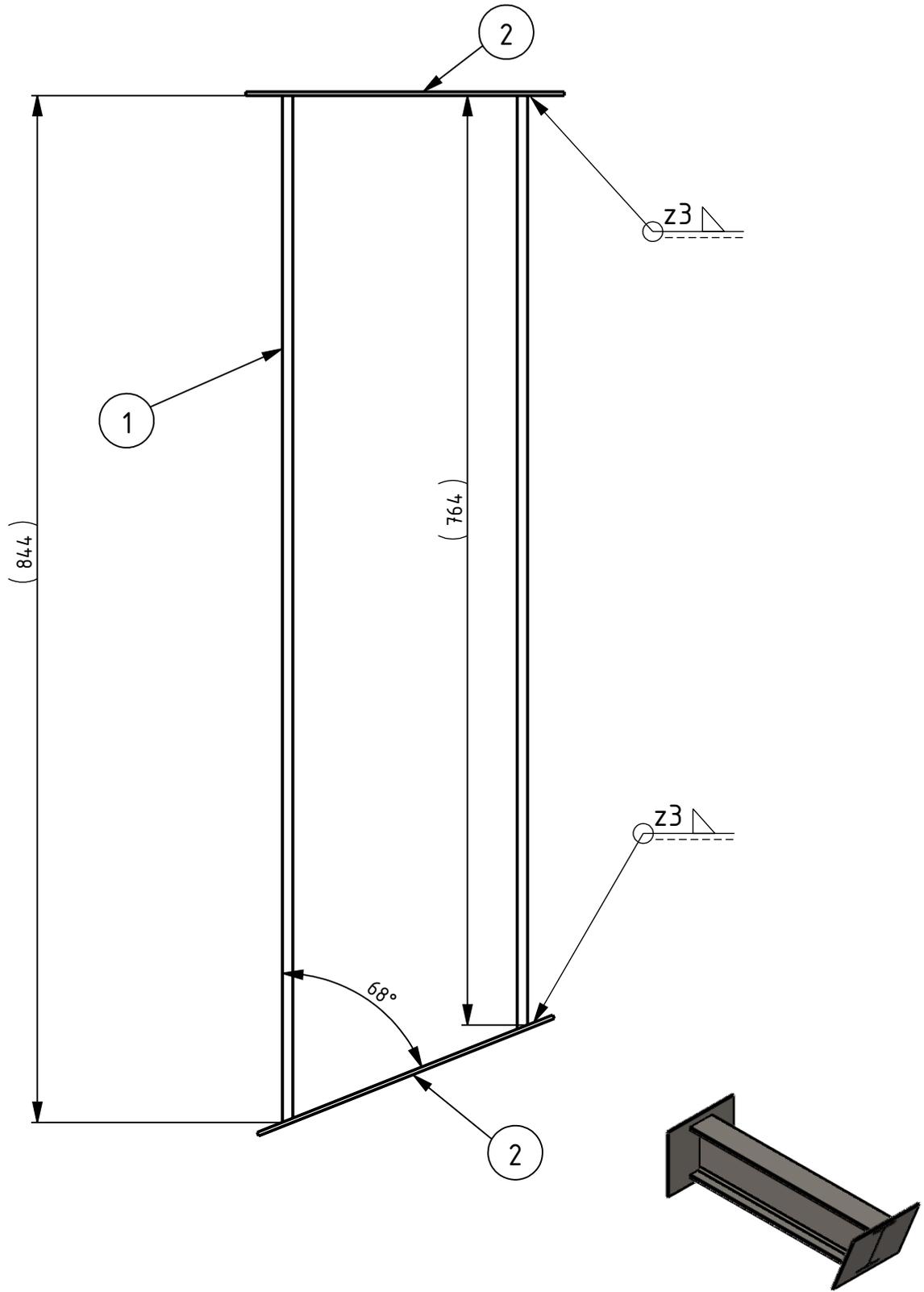


PLEGADO



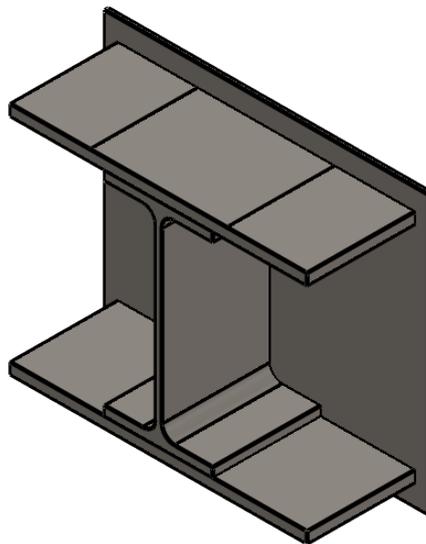
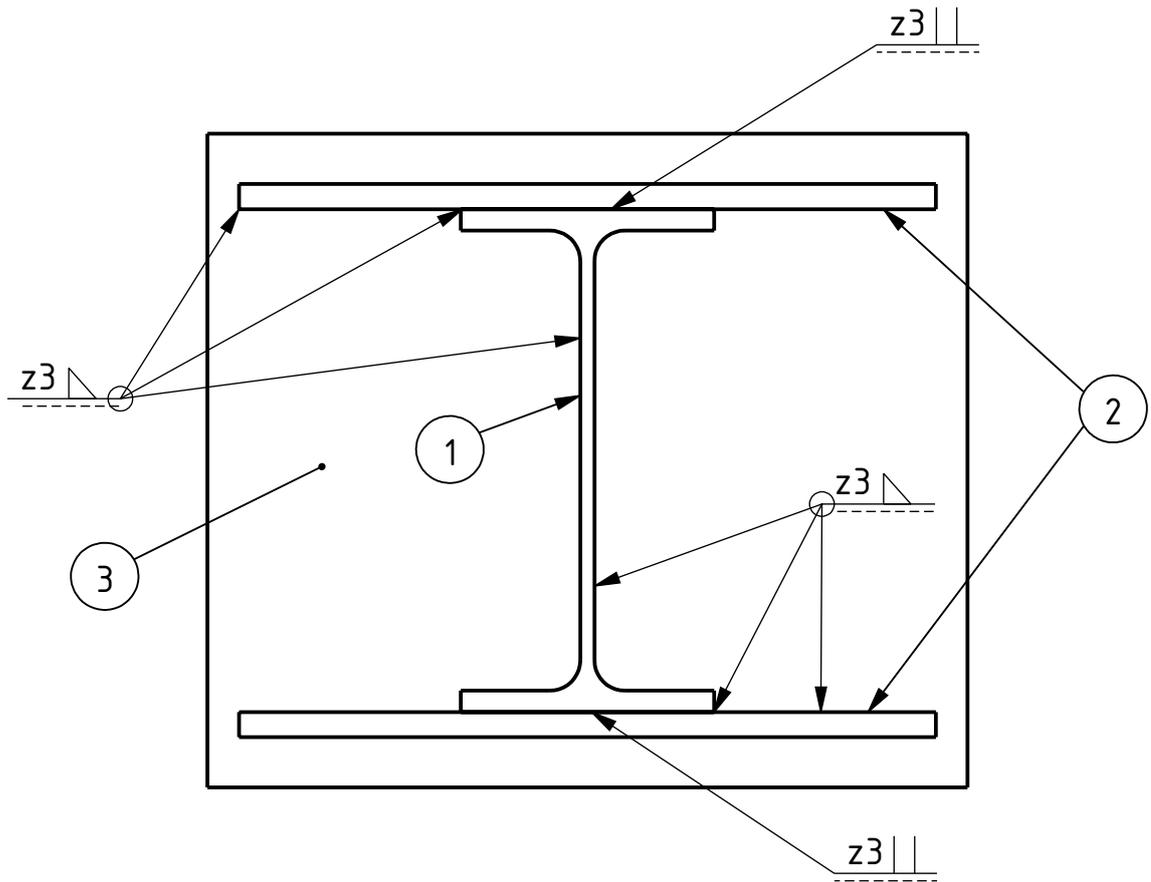
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 UTN * SANTA FE INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: SOSTÉN DE MANIVELA		
	Escala: 1:2	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 50



2	2	Pañuelo 300x260x3,2mm	-	IRAM F-24
1	1	IPN 200 - Largo: 844mm	-	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

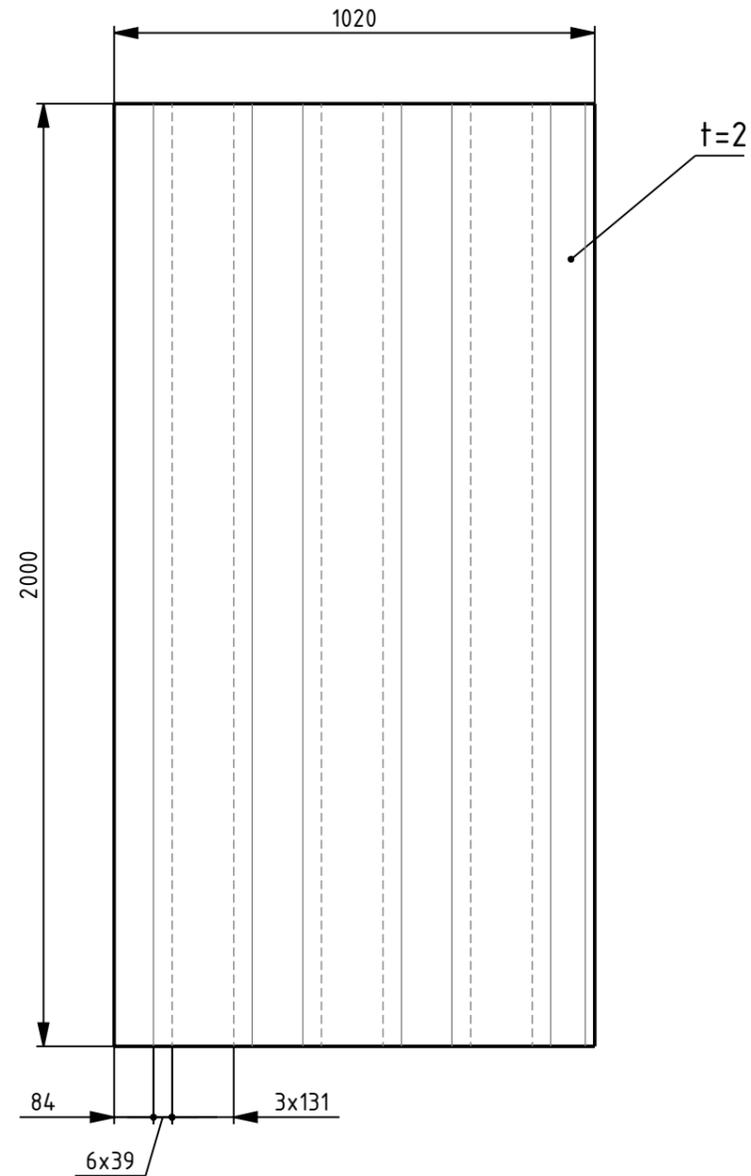
 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			Rev.00
	Denominación: REFUERZO DENTRO DE TOLVA			
	Escala: 1:20	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		



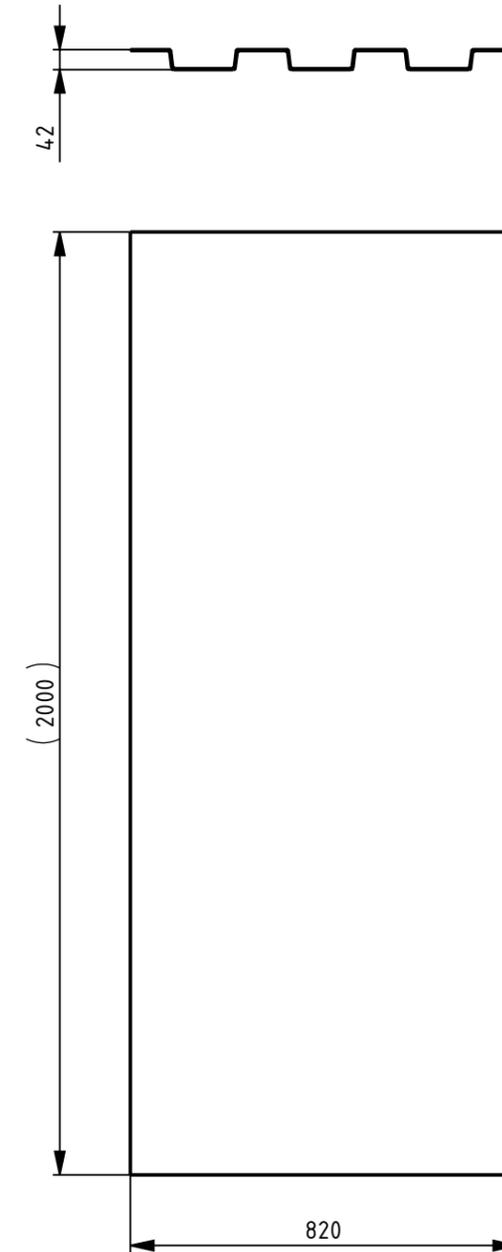
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
3	1	Pañuelo 300x260x3,2mm	-	IRAM F-24
2	2	Chapa de refuerzo - 275x100x10	-	IRAM F-24
1	1	IPN200 - Largo: 100mm	-	IRAM F-24

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE			Rev.00
	Denominación: SOPORTE REFORZADO PARAGOLPE TRASERO			
 Escala: 1:5 Formato: A4	Material: -		Plano N°: SR8-05	Pág. 53
	Fecha: 10/8/2023		Tolerancias generales: ISO 2768 mK	
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán				

Chapa desplegada



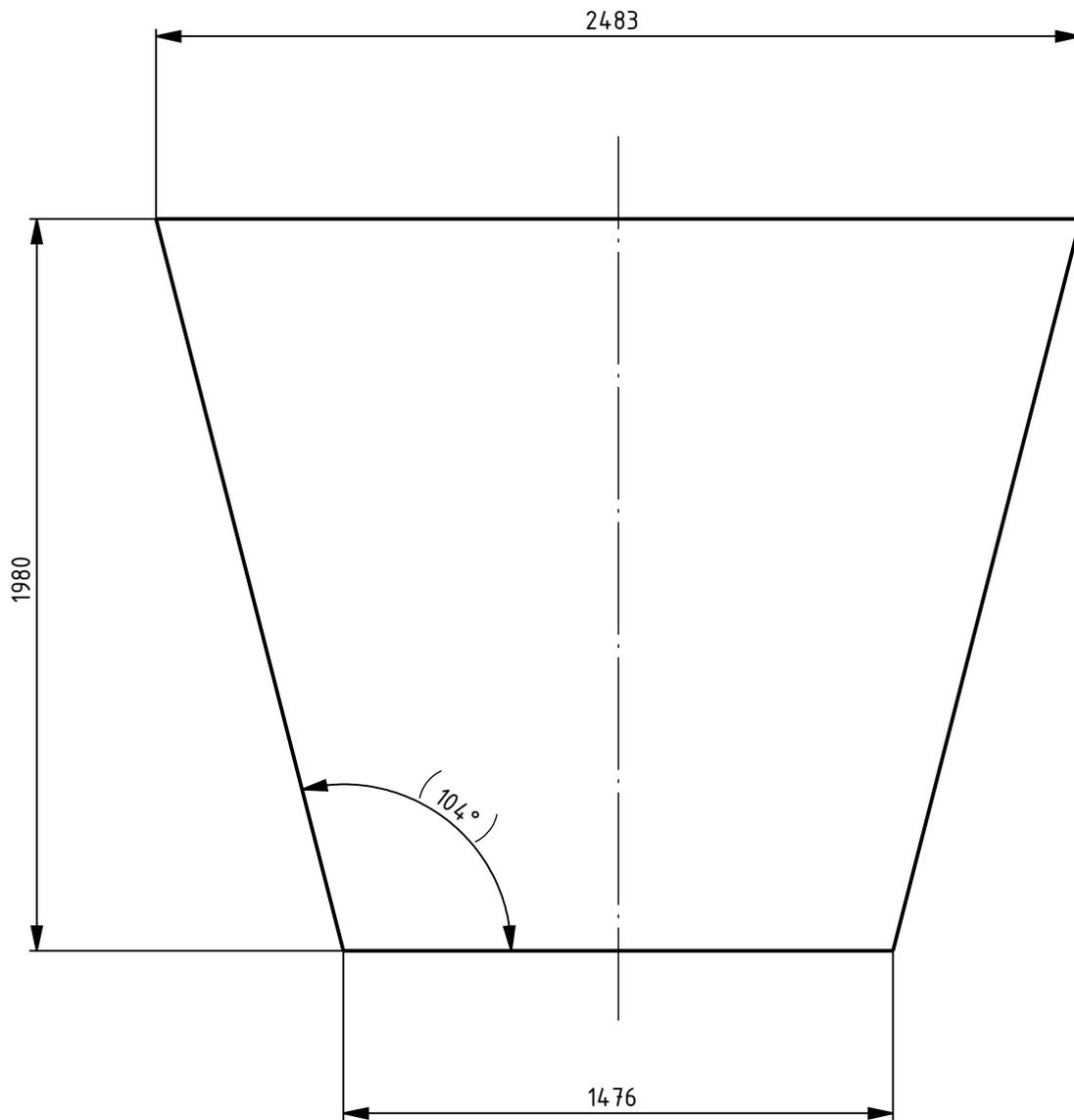
Chapa plegada



Lineas de pliegue continuas: Plegar hacia abajo 83° R2

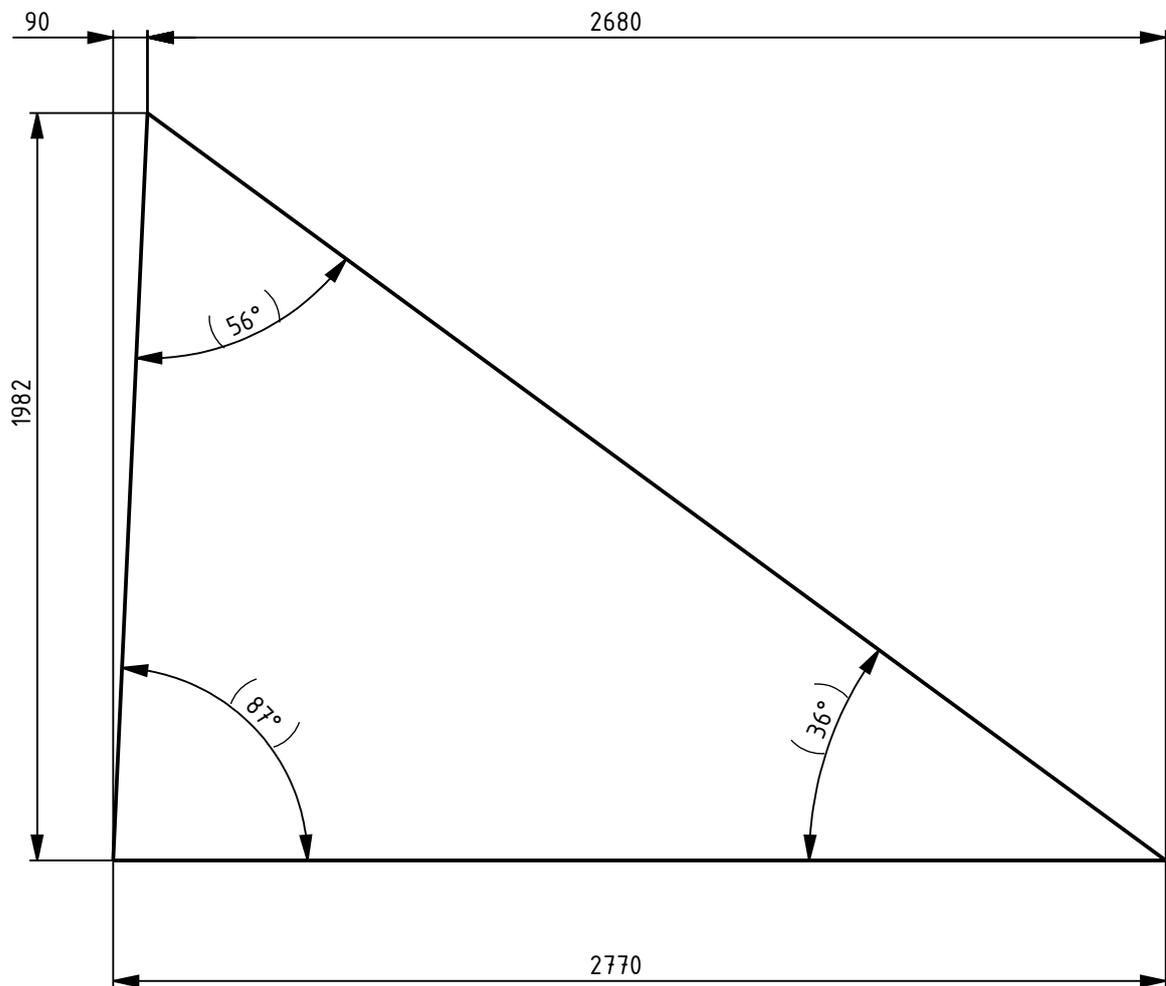
Lineas de pliegue discontinuas: Plegar hacia arriba 83° R2

 UTN * SANTA FE INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA PLEGADA		
	Escala: 1:15 Formato: A3	Fecha: 15/8/2023 Proyecto: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: SR7-02 Tolerancias generales: ISO 2768 mK
			Rev.00 Pág. 52



(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=1mm.

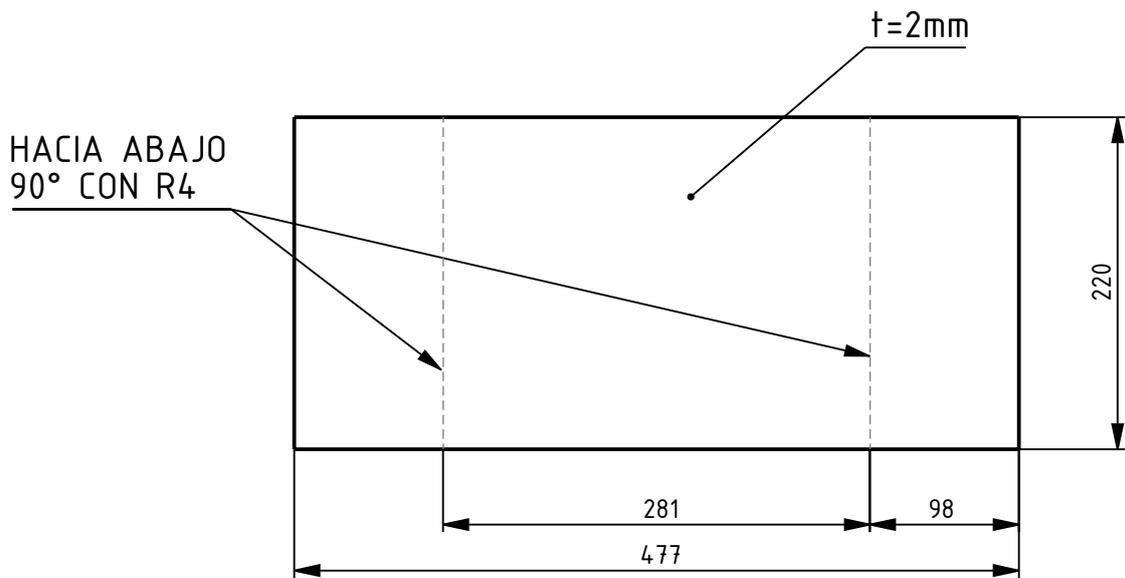
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA FRONTAL		
	Escala: 1:50	Material: IRAM F-24	Plano N°: SR7-03.A
	Formato: A4	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			Rev.00 Pág. 55



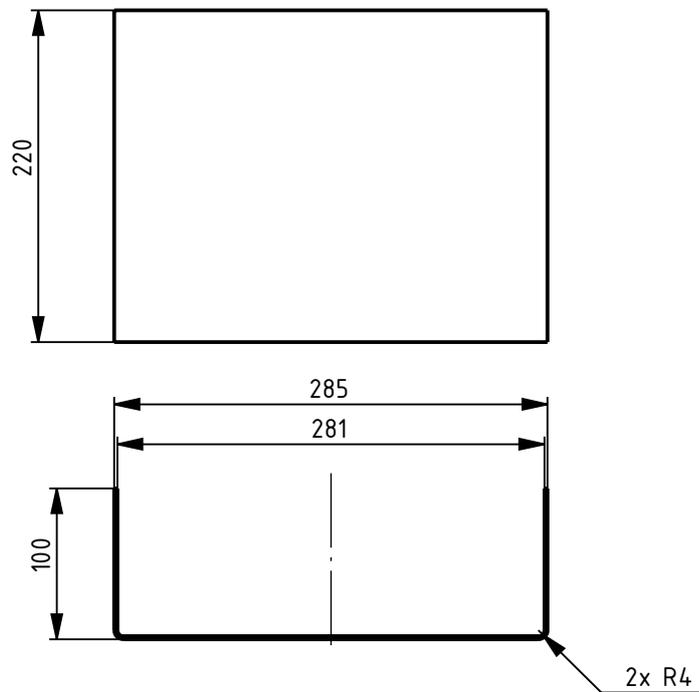
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=1mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA FRONTAL - LATERAL		
	Escala: 1:50	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 55

CHAPA DESPLEGADA:



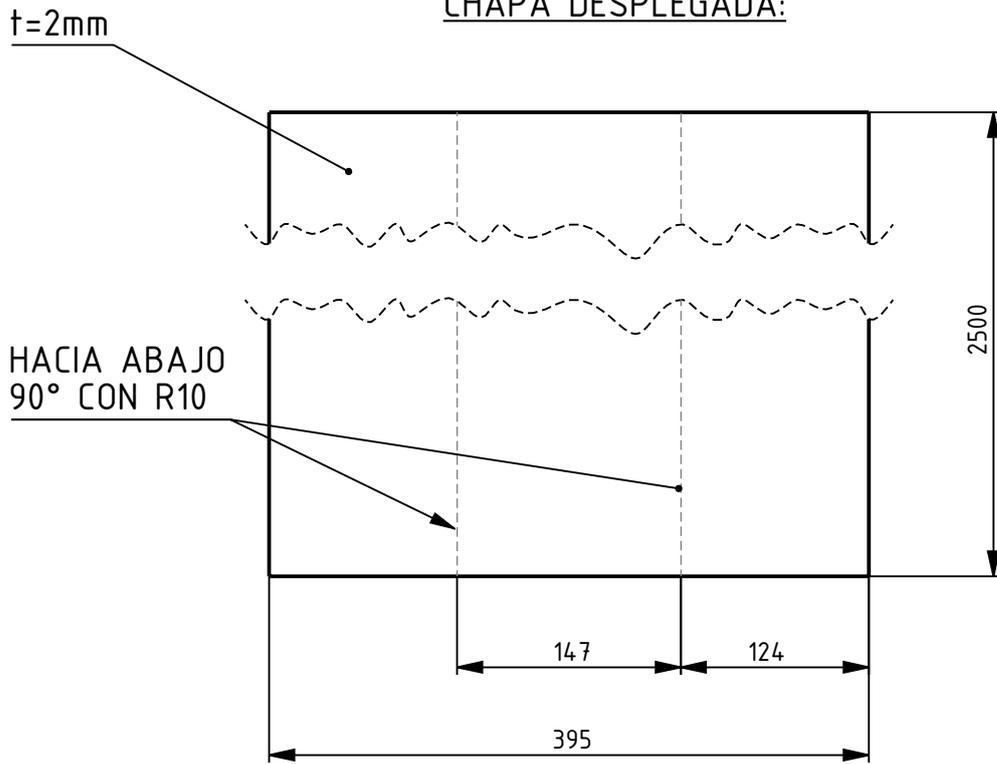
CHAPA PLEGADA:



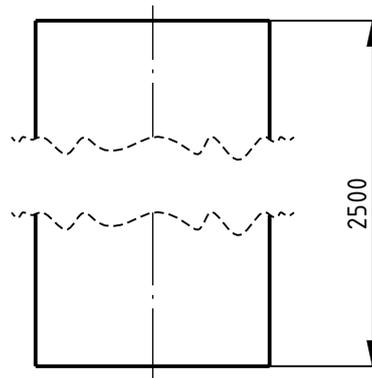
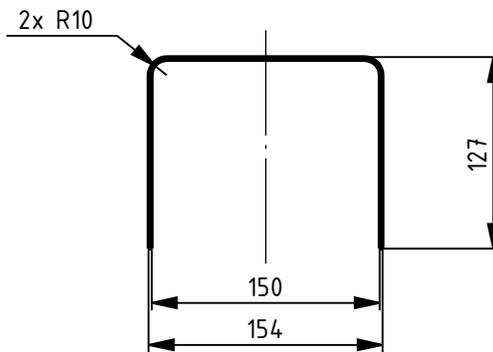
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 UTN * SANTA FE INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: COBERTOR DE PERFIL SOPORTE		
 Escala: 1:5 Formato: A4	Material: IRAM F-24	Plano N°: SR7-04	Rev.00
	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág. 56
Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán			

CHAPA DESPLEGADA:

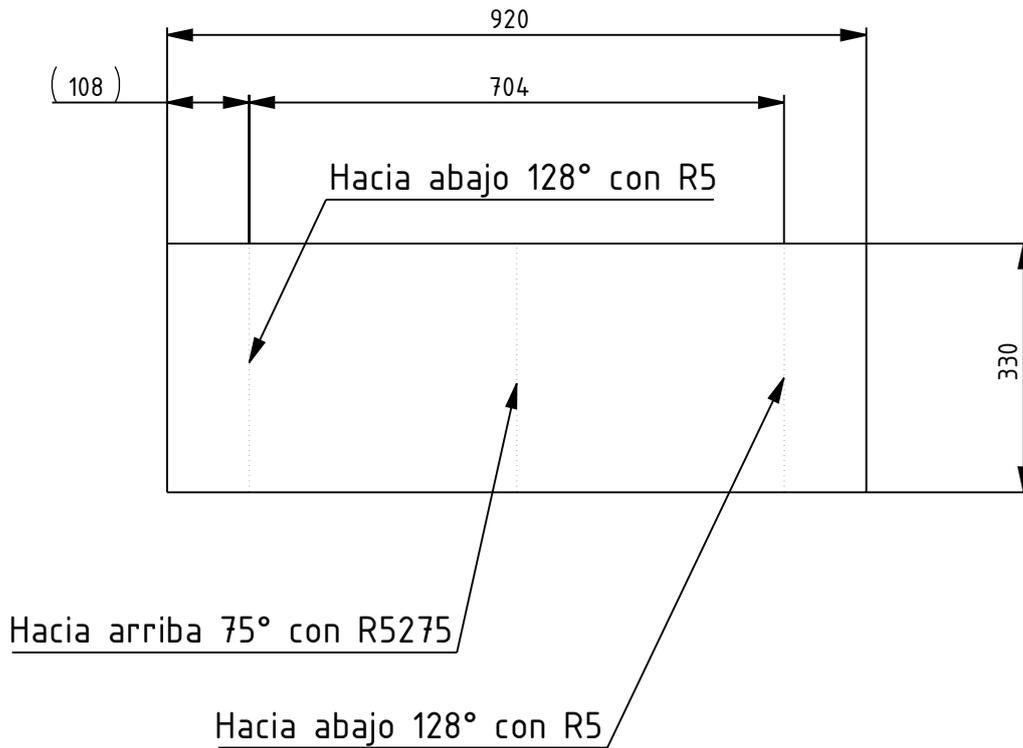


CHAPA PLEGADA:

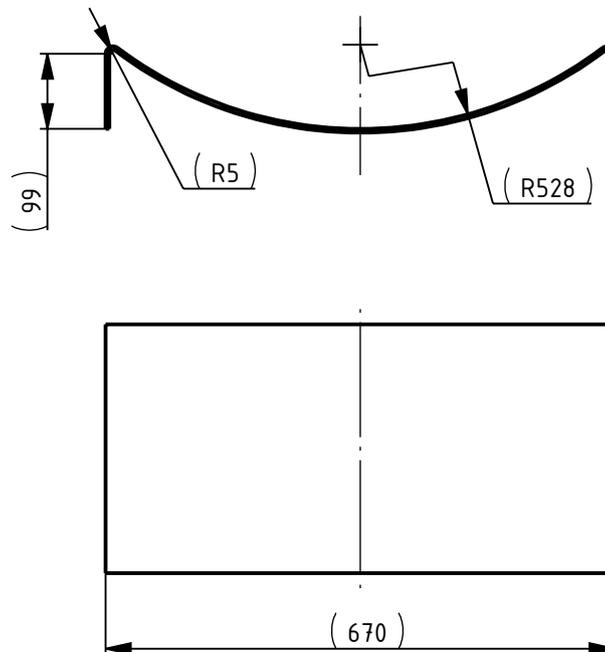


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

## DESPLEGADO



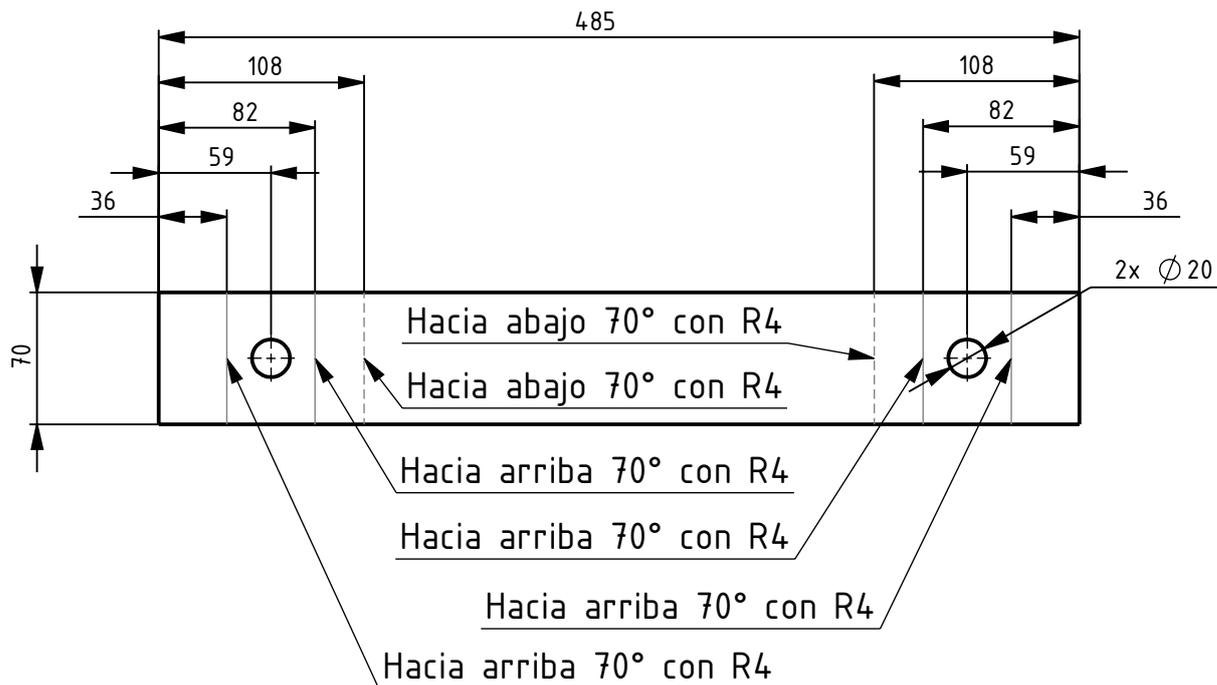
## PLEGADO



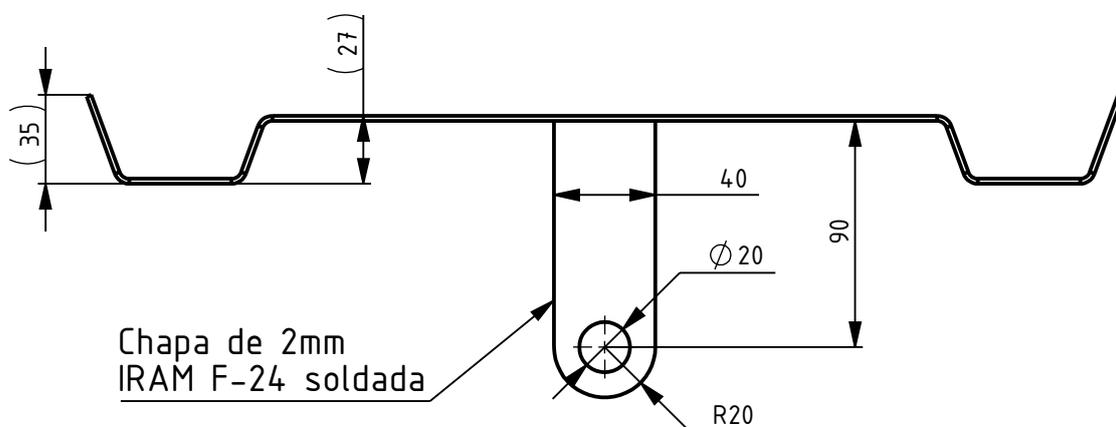
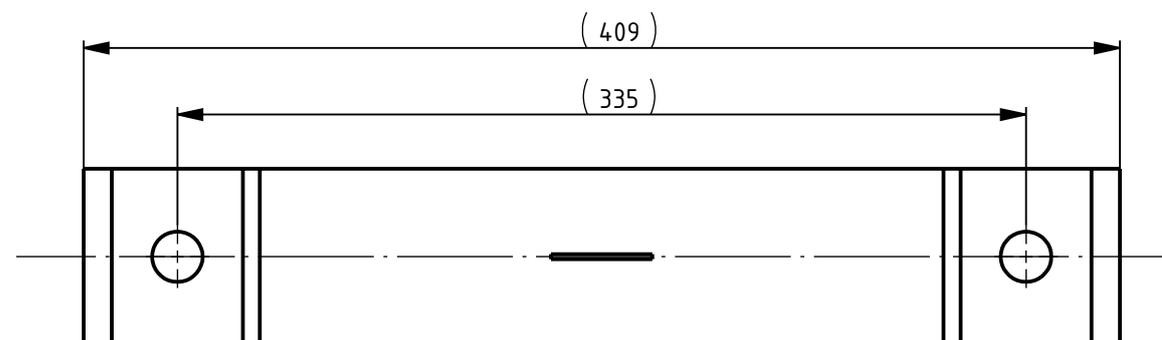
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=5mm.

 UTN * SANTA FE INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: SOPORTE INFERIOR RUEDA AUXILIAR		
	Material: IRAM F-24	Plano N°: SR5-02	Rev.00
	Escala: 1:10	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		Pág. 56

## DESPLEGADO

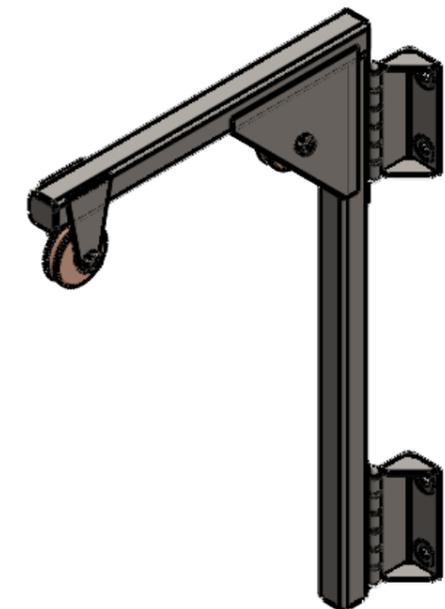
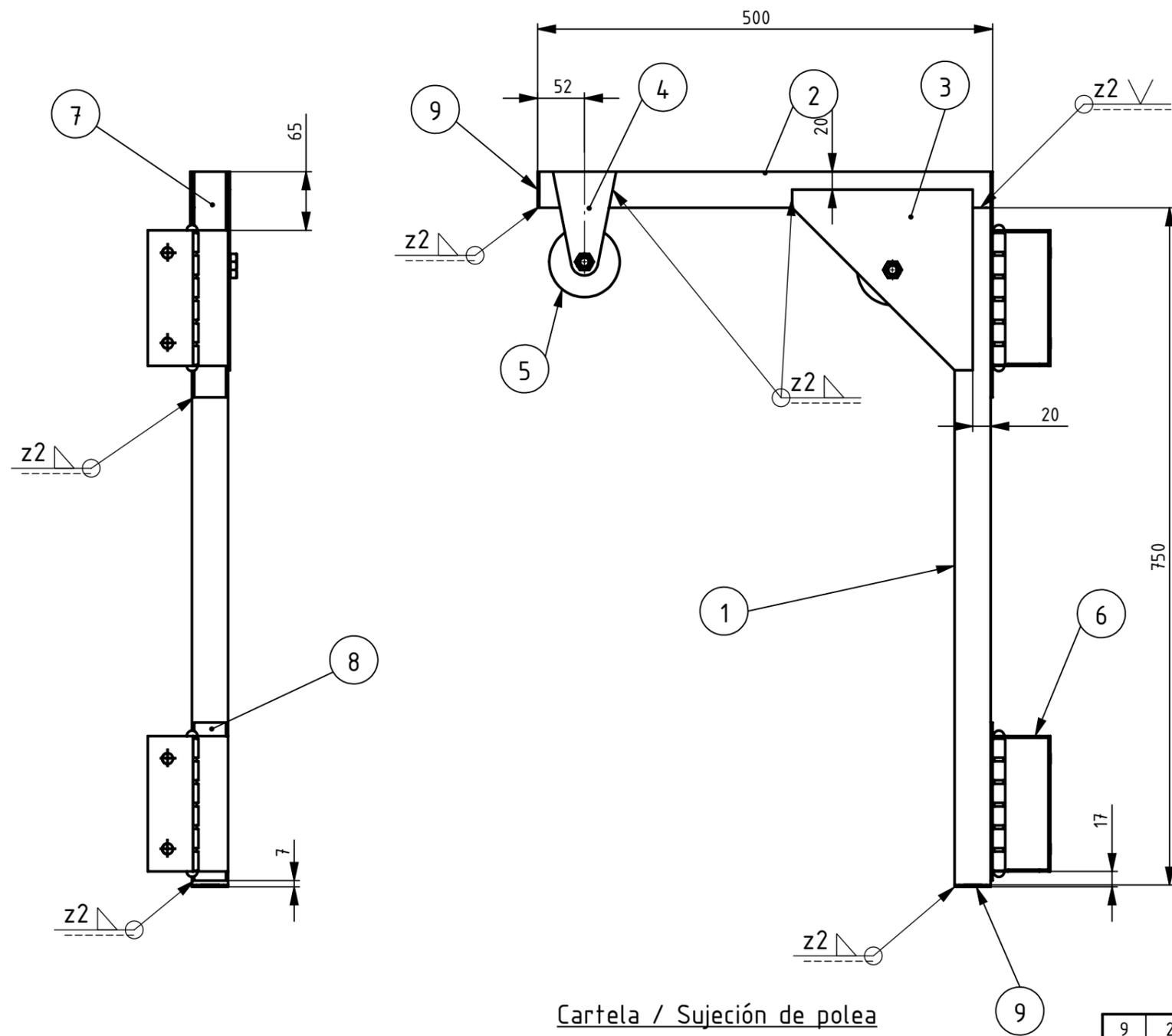


## PLEGADO (1:3)

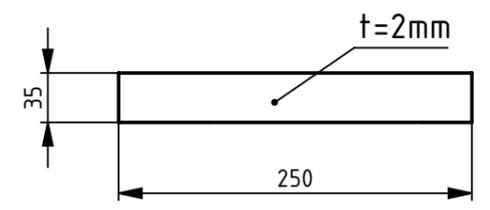


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

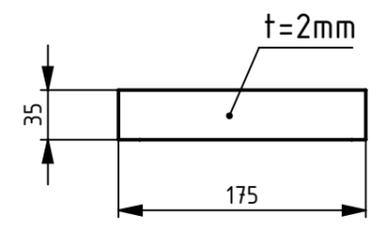
 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: SOPORTE CENTRAL RUEDA INFERIOR		
	Escala: 1:5	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 8



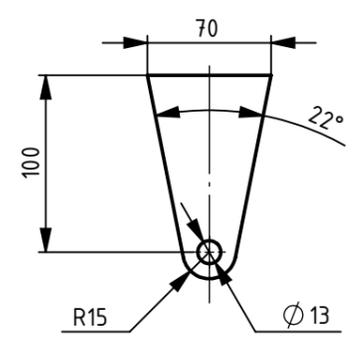
Pañuelo superior de bisagra  
(1:5)



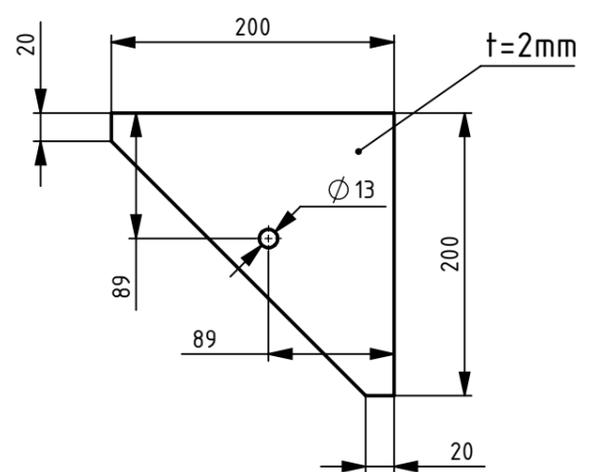
Pañuelo inferior de bisagra  
(1:5)



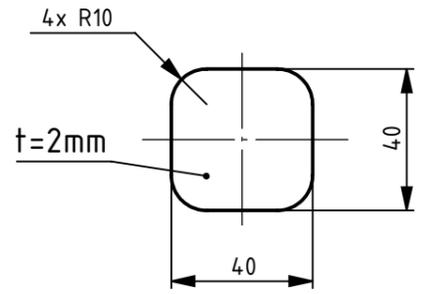
Sujeción de polea  
(1:5)



Cartela / Sujeción de polea  
(1:5)

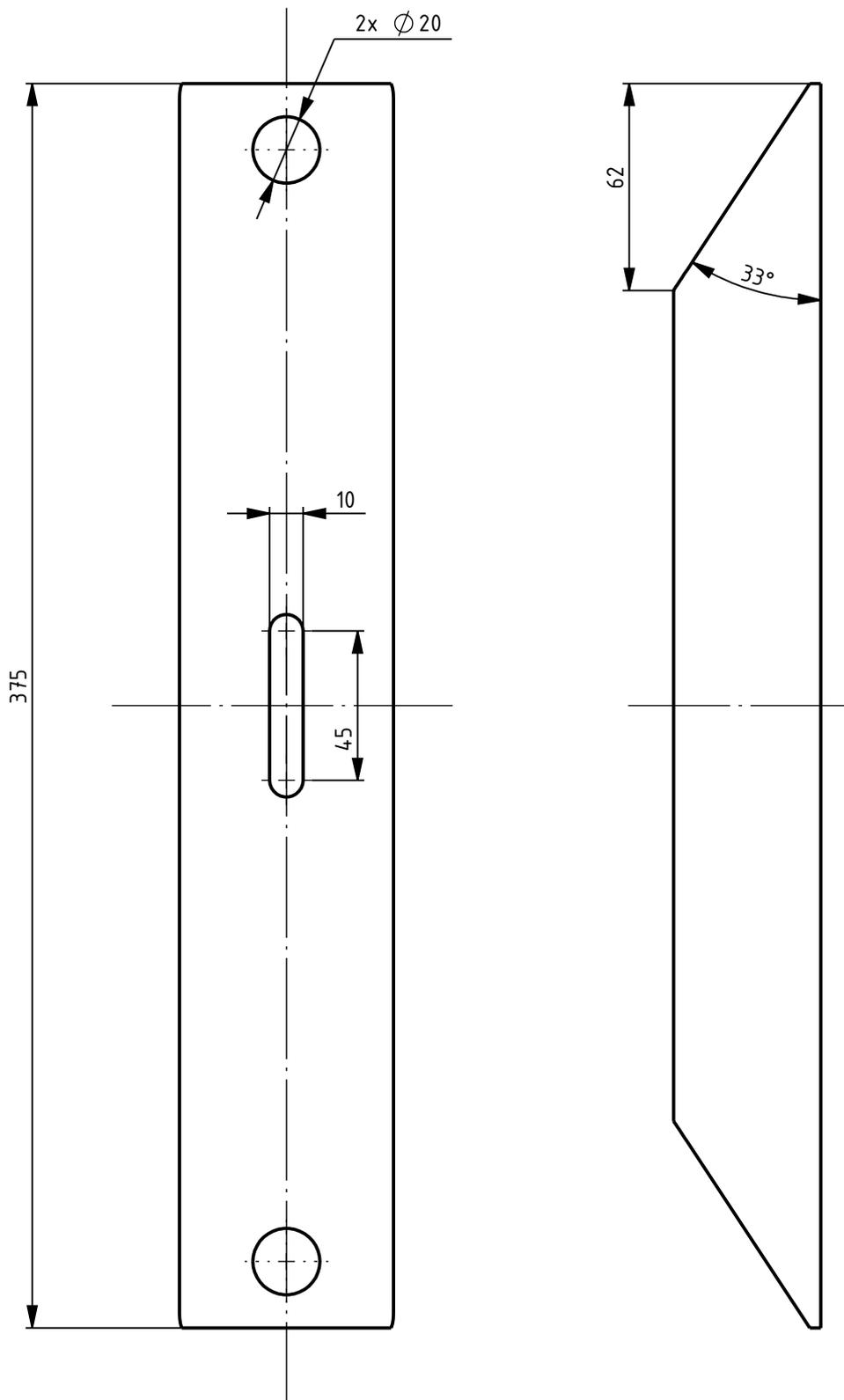


Tapa fin de tubos  
(1:2)



N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
9	2	Tapa fin de tubos	-	IRAM F-24
8	1	Pañuelo inferior de bisagra	-	IRAM F-24
7	1	Pañuelo superior de bisagra	-	IRAM F-24
6	2	Sub-conjunto de bisagra	-	-
5	2	Sub-conjunto Polea HCU-80 con elementos de fijación	-	-
4	2	Sujeción de polea	-	IRAM F-24
3	2	Cartela / Sujeción de polea	-	IRAM F-24
2	1	Tubo estructural 40 x 40 x 3,6 mm - Largo: 500mm	-	-
1	1	Tubo Estructural 40 x 40 x 3,6 mm - Largo: 750mm	-	-

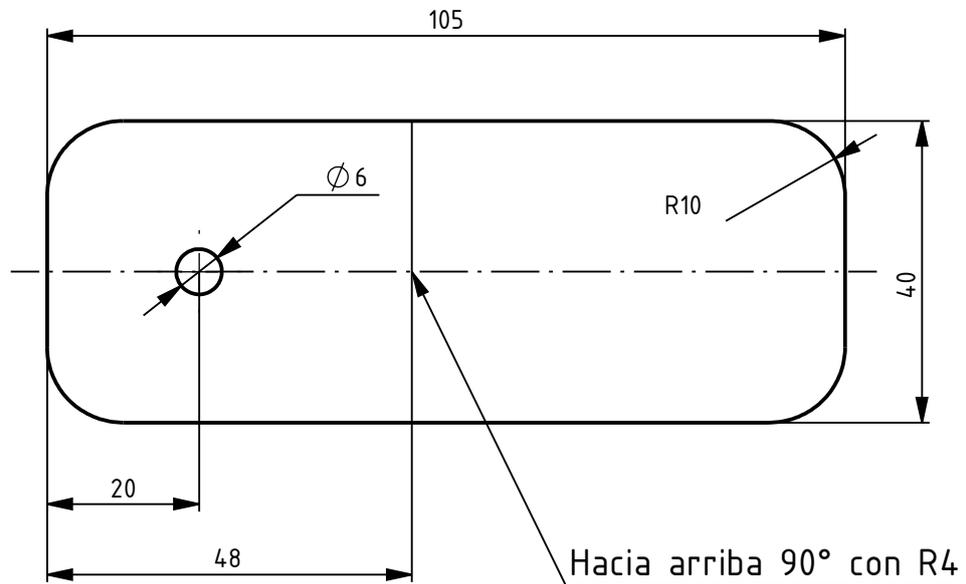
	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: BRAZO ELEVADOR RUEDA		
Material: -	Plano N°: SR5-04	Rev.00	
Escala: 1:1	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		58



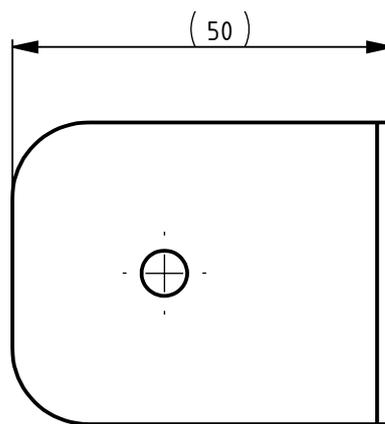
(x) Fabricado con perfil U 60 x 40 x 2 mm de chapa negra

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: TRABA RUEDA AUXILIAR		
	Material:	Plano N°: SR4-02	Rev.00
	Escala: 1:5	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		Pág. 59

## DESPLEGADO

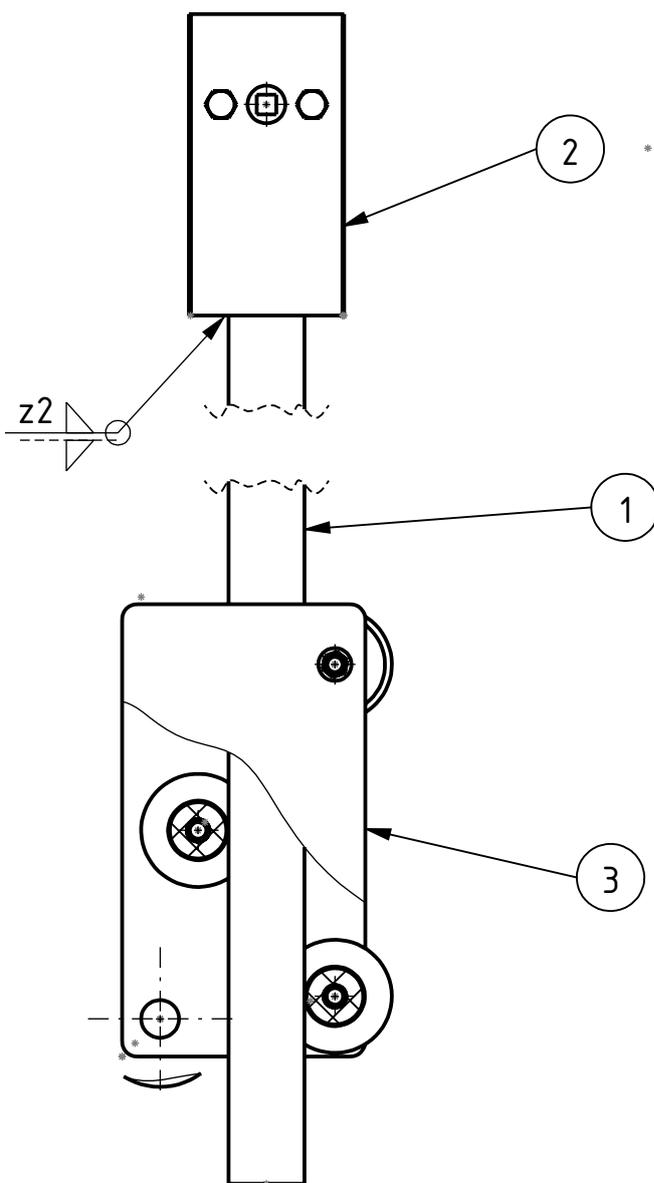


## PLEGADO

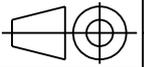


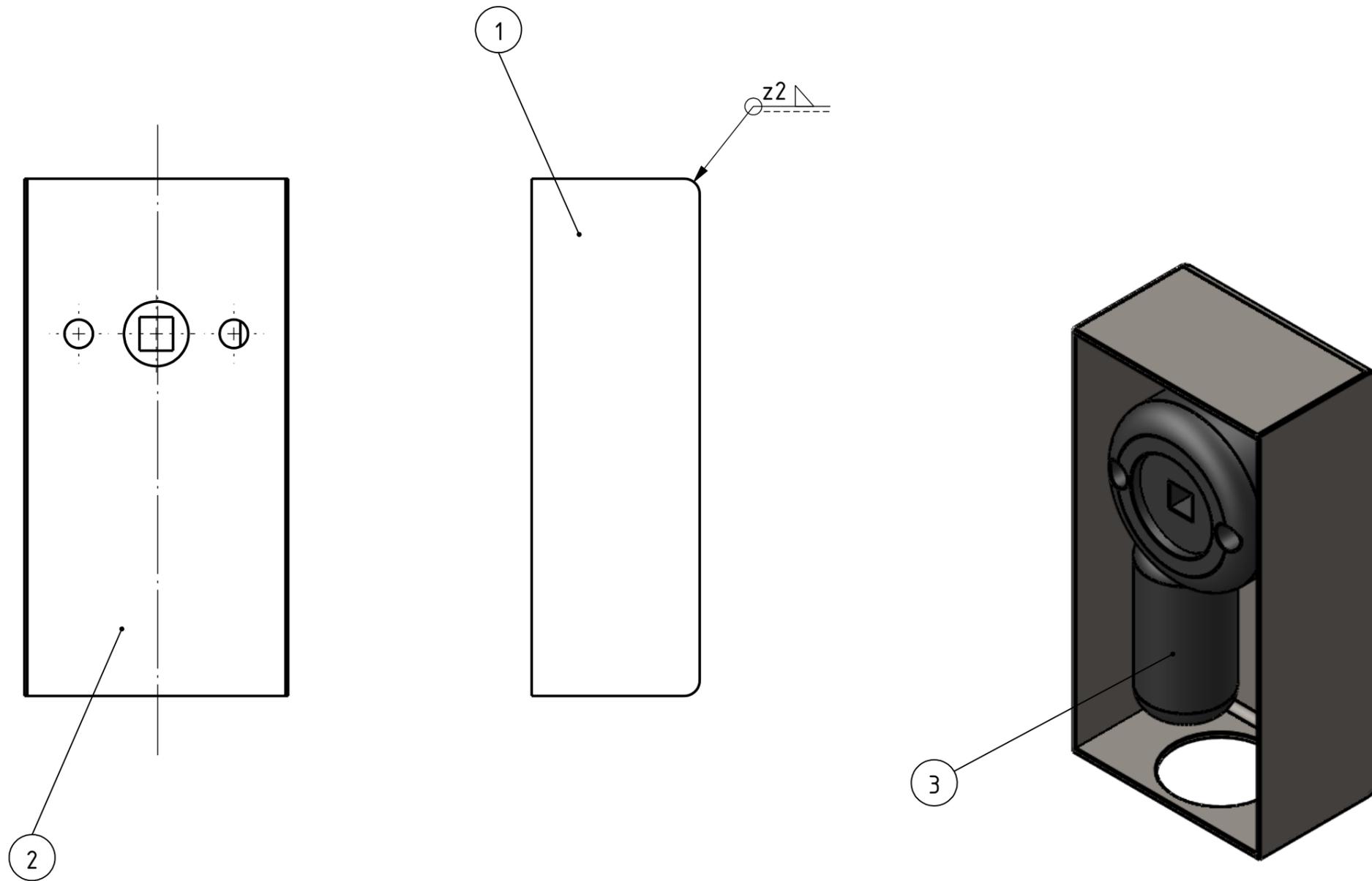
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.

 UTN * SANTA FE INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: TOPE DE LONA		
	Escala: 1:1	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 60

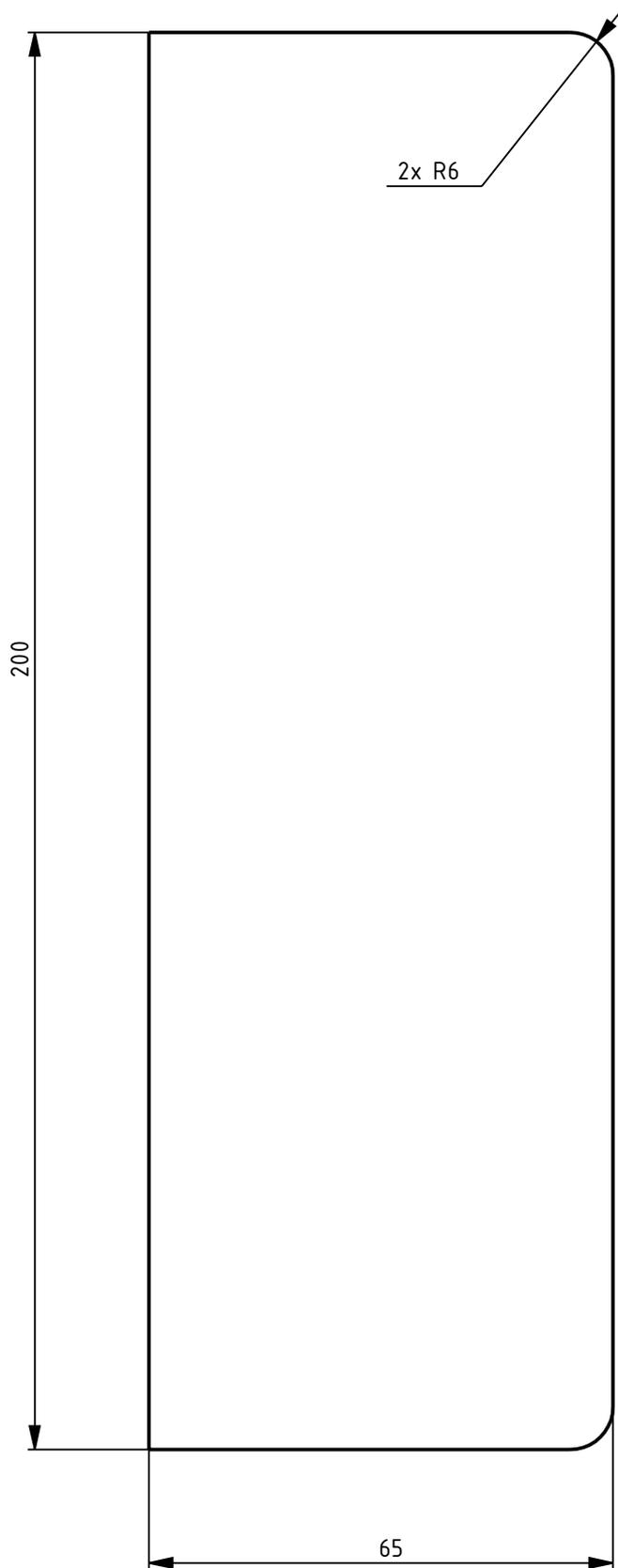


5	2	Tuerca con arandela M12	-	-
4	2	Bulón M12 x 70	-	-
3	1	Conjunto guia caño pivotante	SR-01.01.02.02	-
2	1	Conjunto motor	SR-01.01.02.01	-
1	1	Caño guia - Ø2" - Schedule 40 - Largo: 1.600mm	-	SAE 1010
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

 INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CONJUNTO CAÑO PIVOTANTE		
	Escala: 1:20	Fecha: 9/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 6



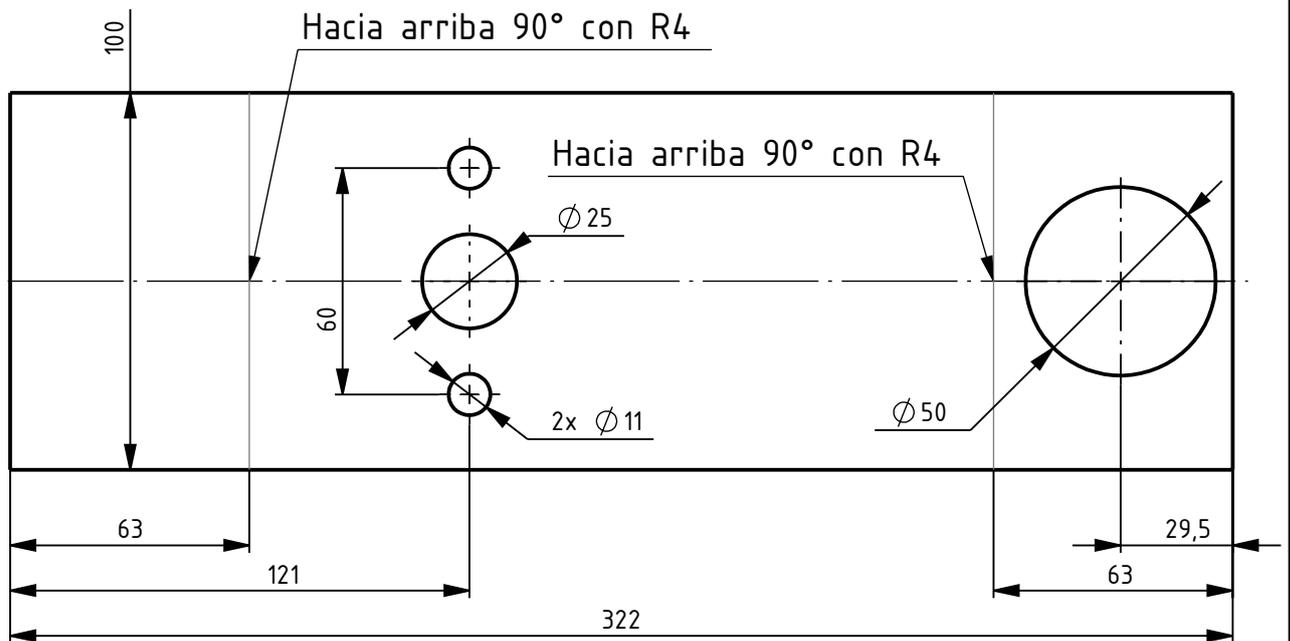
3	1	Circusplay Motor con motorreductor - 12v - 50w - 50 RPM	-	-
2	1	Chapa soporte motor	SR3-03.01.B	IRAM F-24
1	2	Chapa lateral soporte motor	SR3-03.01.A	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material
		Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
INGENIERÍA MECÁNICA		Denominación: CONJUNTO MOTOR		
		Material: -	Plano N°: SR-01.01.02.01	Rev.00
Escala: 1:2		Fecha: 9/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK	Pág.
Formato: A3		Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán		7



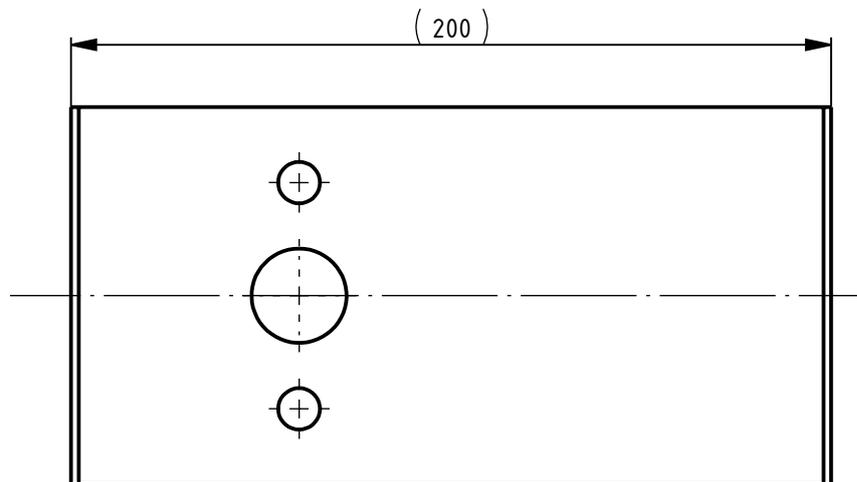
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=1mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CHAPA LATERAL SOPORTE MOTOR		
	Escala: 1:2	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 63

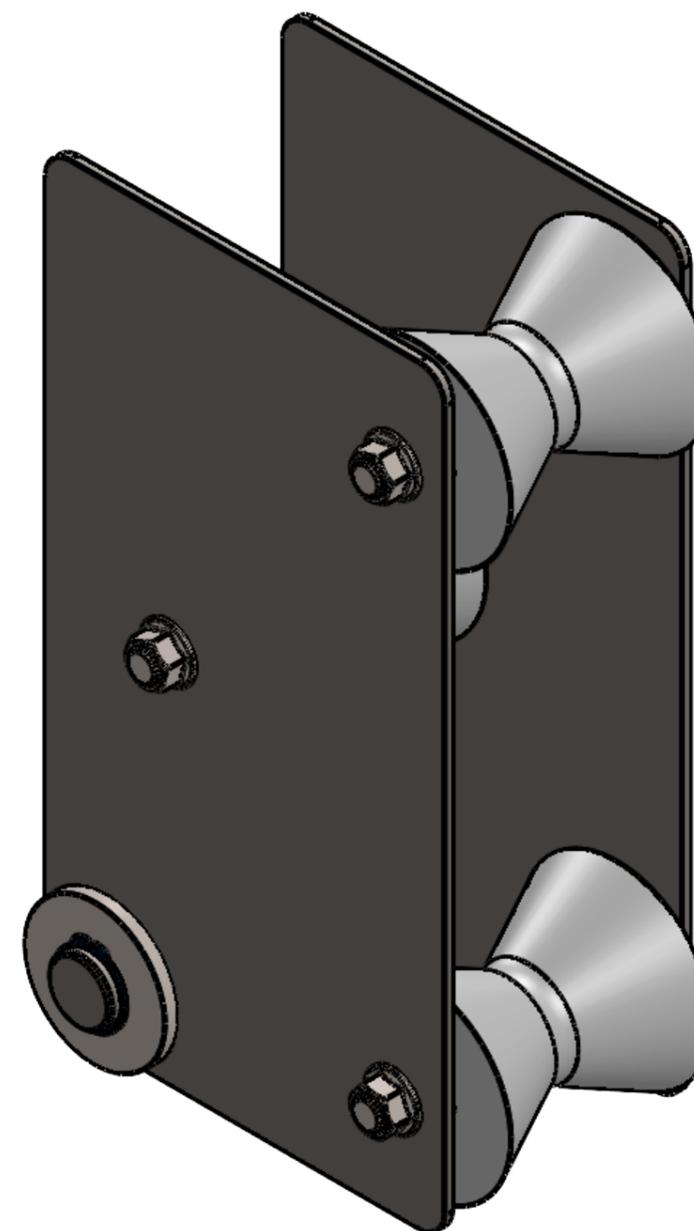
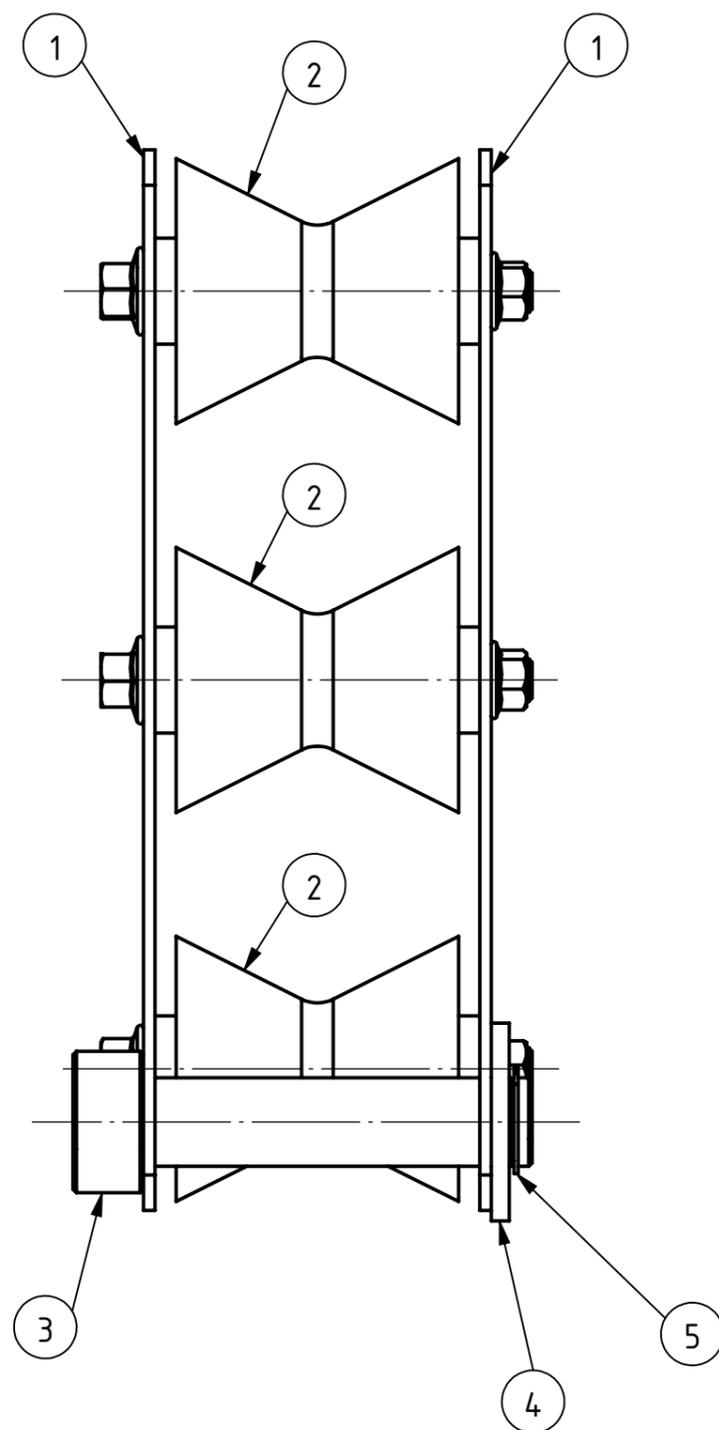
## DESPLEGADA



## PLEGADO

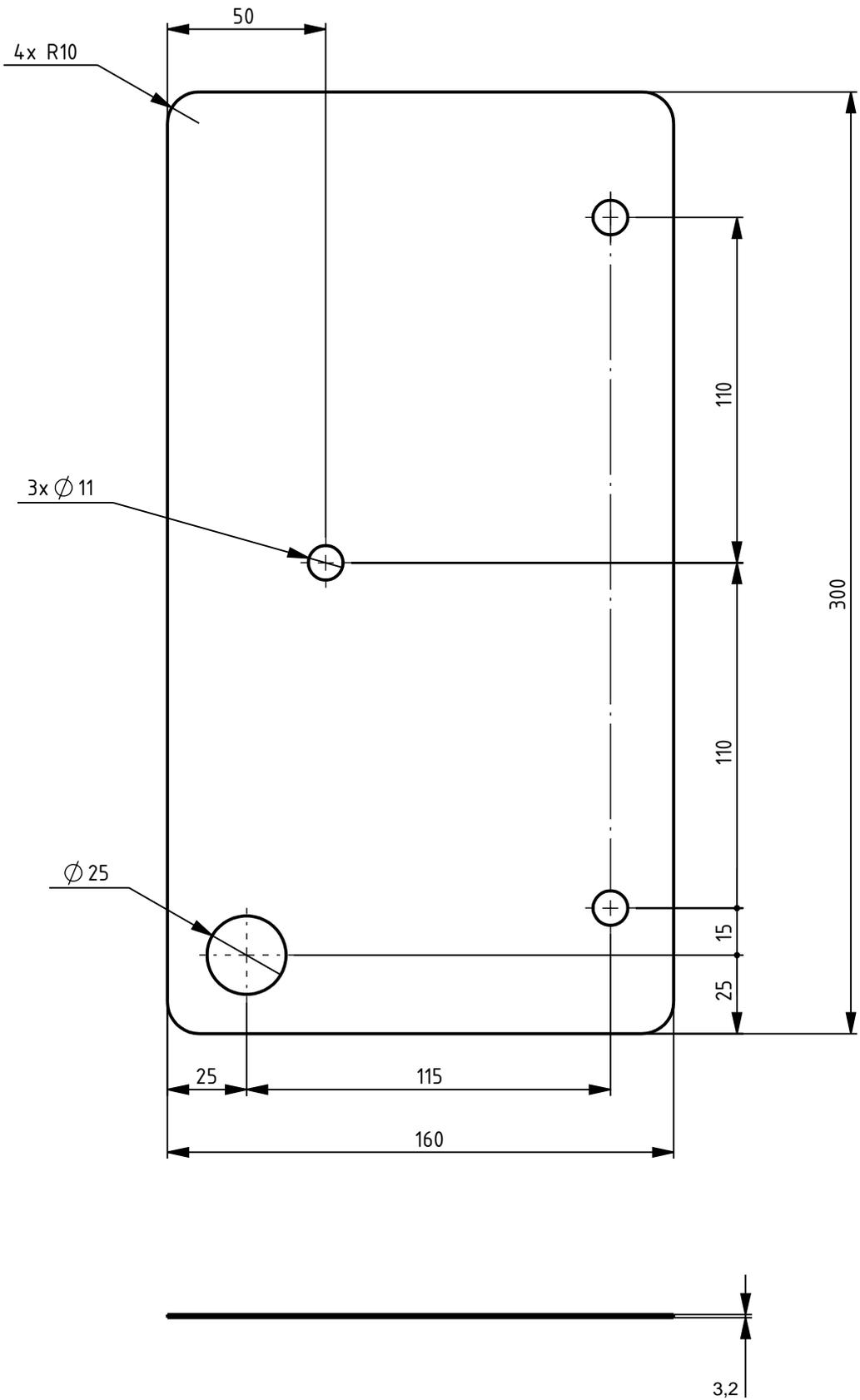


(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24 e=2mm.



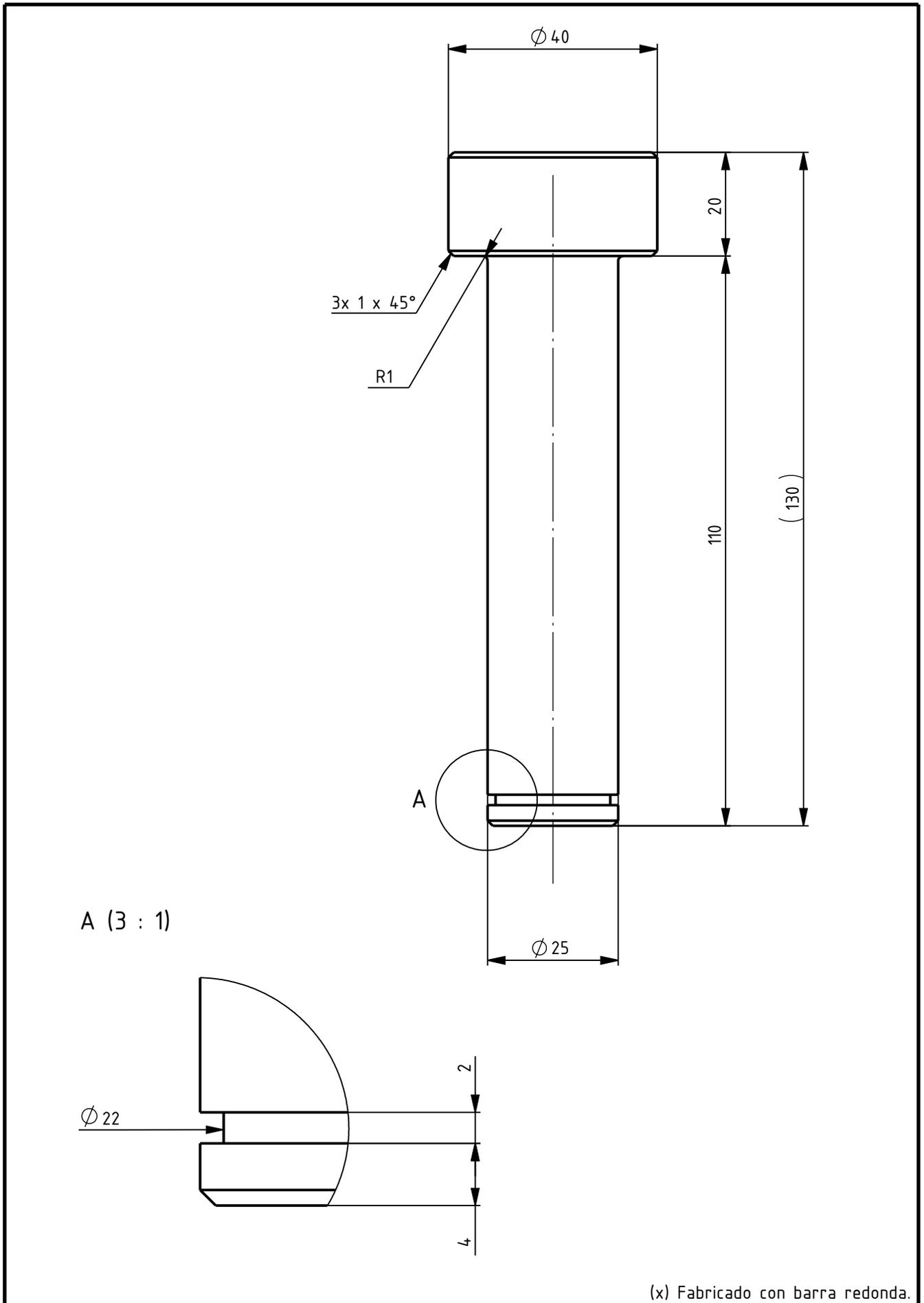
5	1	Anillo Seeger DIN 471 25 mm	-	-
4	1	Arandela DI25	-	-
3	1	Eje soporte pivot	SR-01.01.02.02.02	SAE 1010
2	3	Rodillo doblecono - Ø75mm	-	-
1	2	Placa soporte	SR3-03.02.A	IRAM F-24
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CONJUNTO GUIA CAÑO PIVOTANTE		
	Escala: 1:5 Formato: A3	Fecha: 8/9/2023 Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	Plano N°: SR-01.01.02.02 Tolerancias generales: ISO 2768 mK
			Rev.00 Pág. 65



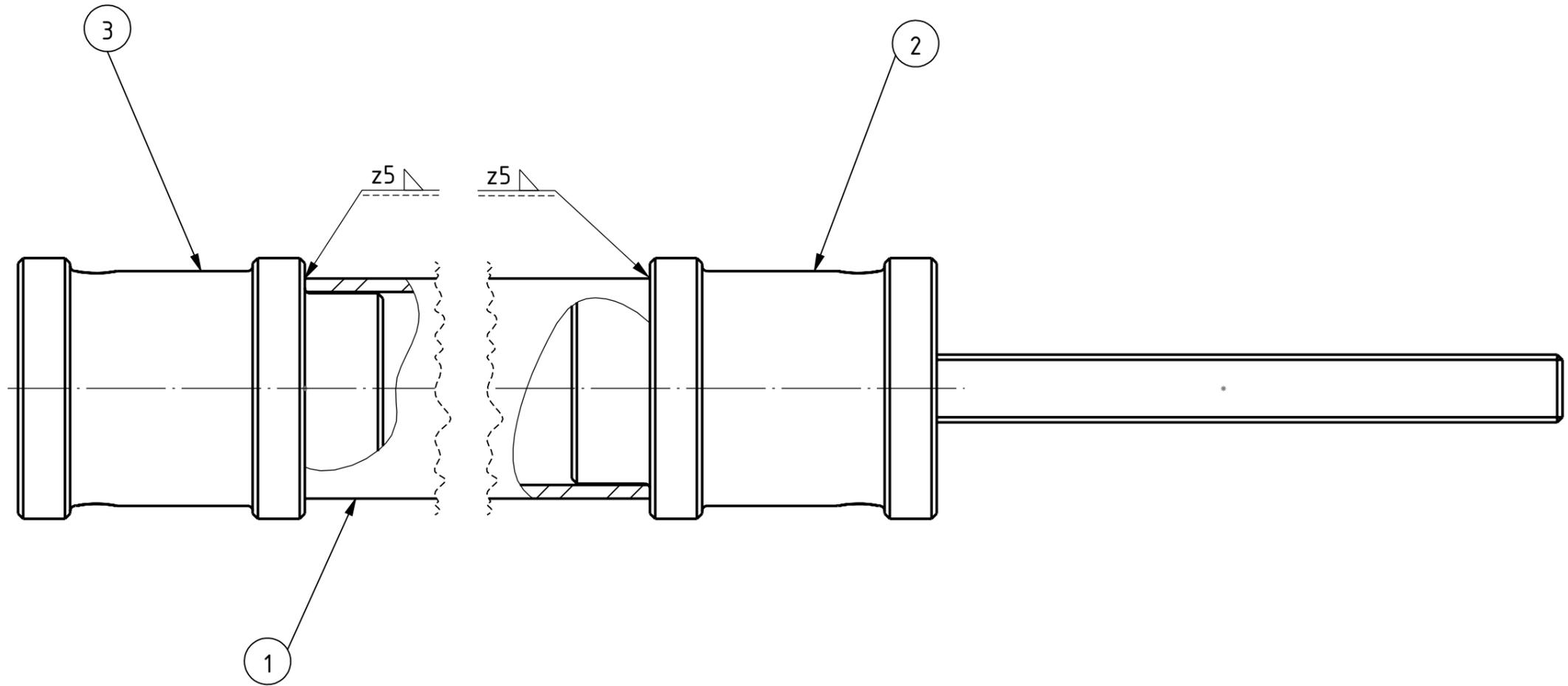
(x) Fabricado con chapa de Acero IRAM F-24e=3,2mm

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: PLACA SOPORTE		
	Escala: 1:2	Fecha: 8/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00 Pág. 66



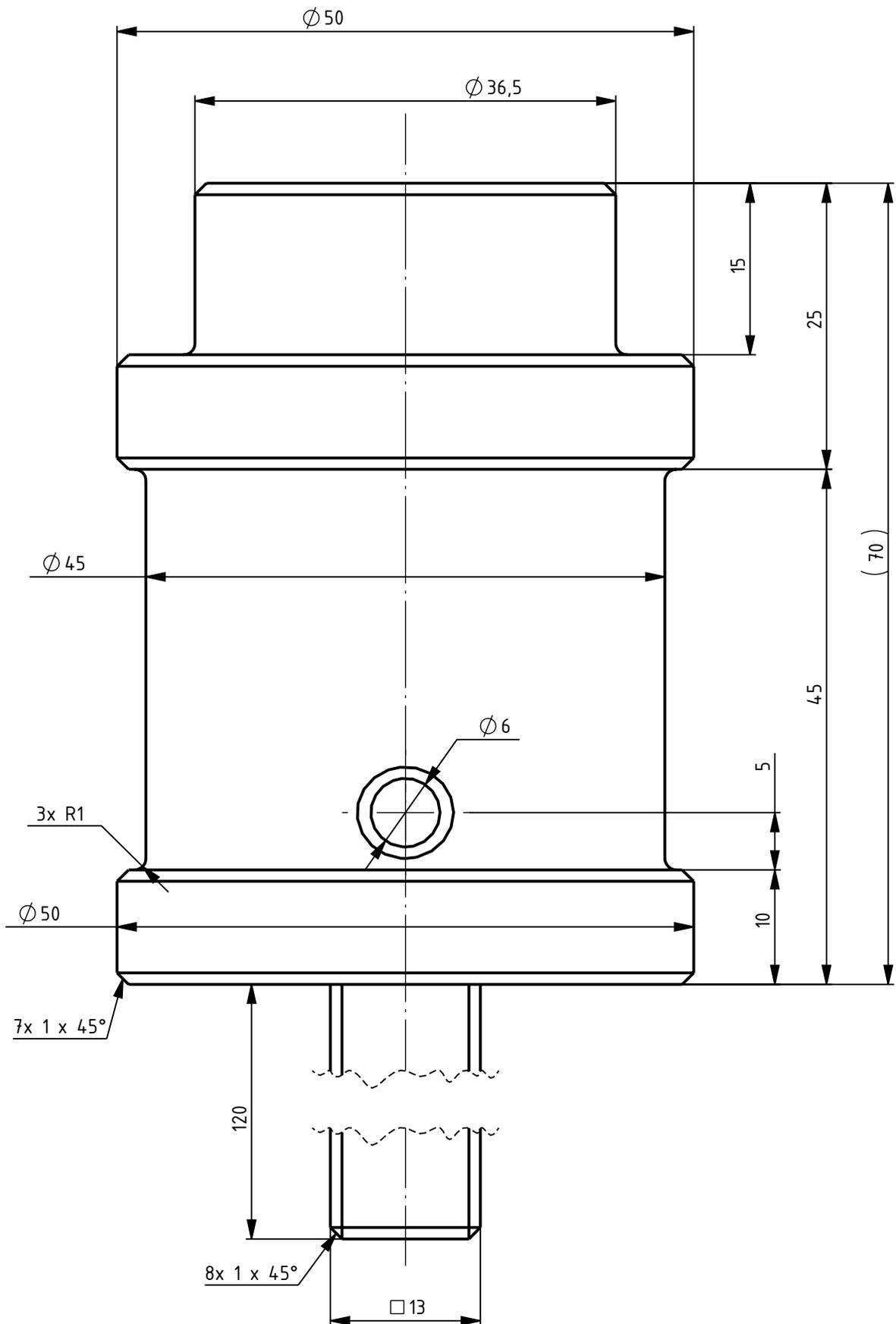
(x) Fabricado con barra redonda.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: EJE SOPORTE PIVOT		
	Escala: 1:2	Fecha: 10/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 12



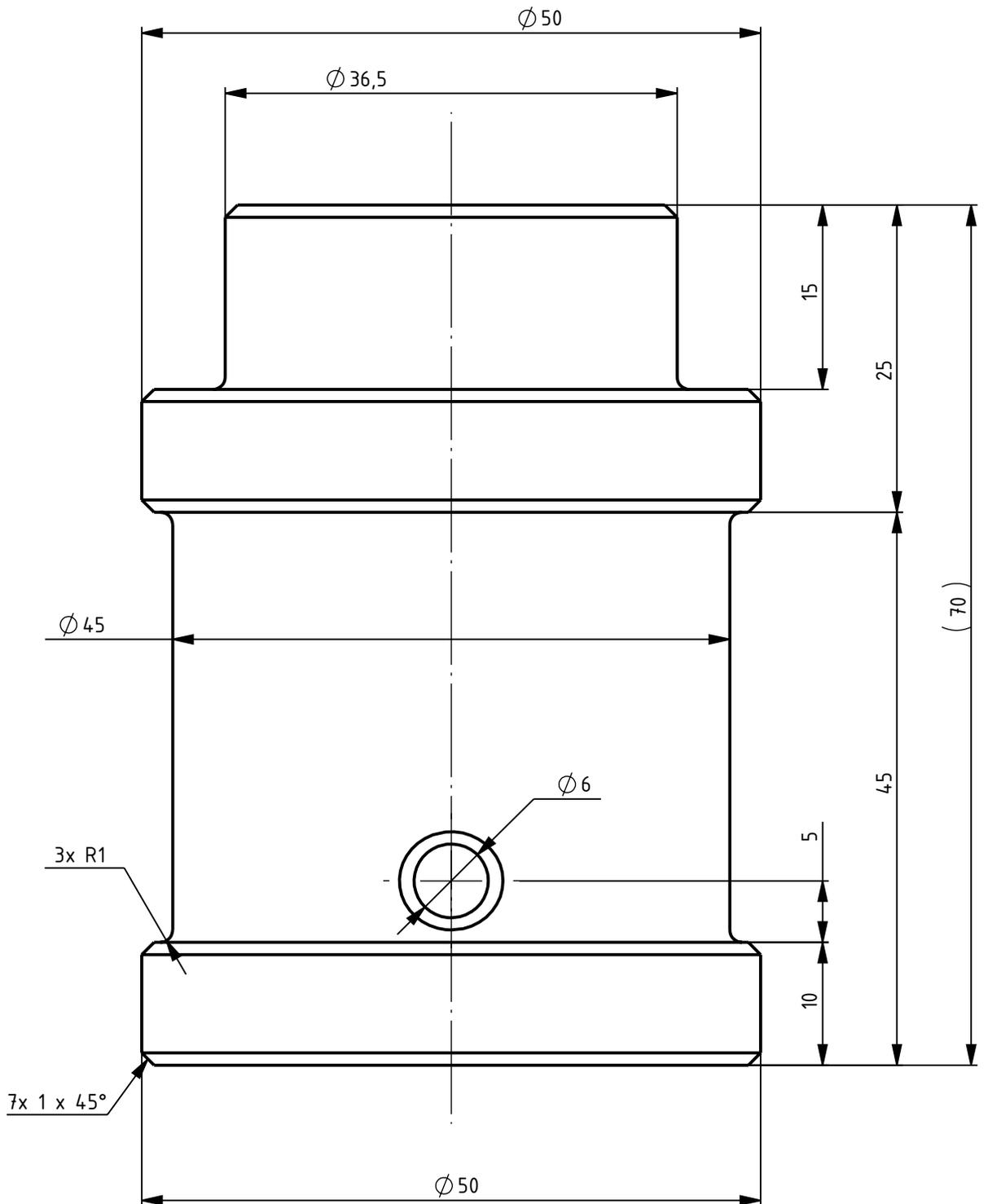
3	1	Punta de caño trasera - Con punta prismática	SR3-03.03.B	SAE 1010
2	1	Punta de caño trasera - Con punta prismática	SR3-03.03.B	SAE 1010
1	1	Caño longitudinal - Ø1-1/4" - Largo: 12.380mm	-	SAE 1010
N.º	Cant.	Denominación	Nº plano	Material

	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: CONJUNTO CAÑO LONGITUDINAL DE LONA		
Material: -	Plano N°: SR3-03.03	Rev.00	
	Escala: 1:100	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A3	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Pág. 68

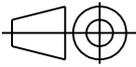


(x) Fabricado con hierro redondo SAE 1010 de 50,8 mm .

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: TOPE ENROLLADOR DE CABLE		
	Escala: 1:2	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 69



(x) Fabricado con hierro redondo SAE 1010 de 50,8 mm.

 <b>UTN * SANTA FE</b> INGENIERÍA MECÁNICA	Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE SEMIREMOLQUE TOLVA AUTODESCARGABLE		
	Denominación: PUNTA DE CAÑO TRASERA - CON PUNTA PRISMÁTICA		
	Escala: 1:2	Fecha: 15/8/2023	Tolerancias generales: ISO 2768 mK
	Formato: A4	Proyectó: Baruffato, Gianluca; Caloia, Agustín; Roncoroni Hernán	
			Rev.00
			Pág. 68