

Proyecto Final de Ingeniería Mecánica

Rediseño y optimización de mecanismo porta volquetes

Joaquin Vidoret

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2025

Rediseño y optimización de mecanismo porta volquetes

Joaquin Vidoret

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

Ingeniero Mecánico

Directores:

Ing. Pedro Sismondi – Ing. Guillermo Rodríguez – Ing. Juan Sismondi

Universidad Nacional de Rosario

Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura

Escuela de Ingeniería Mecánica

Rosario, Argentina

Año 2025

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mis padres, cuyo amor y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental en mi vida y en mi formación académica. Su esfuerzo y sacrificio me han permitido alcanzar este logro, y por ello siempre les estaré agradecido.

A mis amigos, quienes han sido mi red de apoyo en los momentos más difíciles y con quienes he compartido innumerables momentos de alegría y aprendizaje. Su compañía y ánimo han sido esenciales para mantenerme motivado.

Finalmente, a mis maestros, quienes con su conocimiento y pasión por la enseñanza me han guiado y han cultivado en mí el amor por la ingeniería. Gracias por compartir su sabiduría y por inspirarme a dar siempre lo mejor de mí.

Resumen

El presente informe aborda el *diseño de un mecanismo porta volquetes con carga y vuelco lateral*, enfocado en mejorar el sistema actual utilizado en la ciudad de Rosario, Argentina, el cual funciona mediante un sistema hidráulico de elevación por la parte trasera del camión. dicho sistema presenta ineficiencias operativas debido a la necesidad de espacio libre frontal y trasero, lo cual complica la recolección en zonas urbanas congestionadas o con autos estacionados. El objetivo principal es desarrollar un sistema lateral que optimice el proceso de carga, reduzca el riesgo de vuelco del camión y mejore la eficiencia operativa. El diseño contempla brazos hidráulicos articulados capaces de adaptarse a volquetes de 5 m^3, 3 m^3 y 2m^3, y el uso de apoyos laterales estabilizadores para garantizar la seguridad durante el proceso de carga y descarga.

El estudio incluye cálculos de estabilidad al vuelco considerando una carga máxima de 8000 kg, y un análisis de materiales para la fabricación de los apoyos y brazos de elevación. El trabajo se realizó utilizando herramientas de diseño asistido por computadora (SolidWorks), con análisis estructural en el módulo CAE.

Palabras clave: Porta volquetes, carga lateral, estabilidad, diseño hidráulico, optimización de sistemas.

Abstract

This report addresses the *design of a tipper mechanism with loading and lateral tipping*, focusing on improving the current system used in the city of Rosario, Argentina, which operates through a rear hydraulic lifting system. This system presents operational inefficiencies due to the need for front and rear free space, which complicates collection in congested urban areas or zones with parked cars. The main objective is to develop a lateral system that optimizes the loading process, reduces the risk of truck tipping, and improves operational efficiency. The design includes articulated hydraulic arms capable of adapting to skips of 5 m^3, 3 m^3, and 2 m^3, as well as lateral stabilizing supports to ensure safety during the loading and unloading process.

The study includes tipping stability calculations considering a maximum load of 8000 kg, and a material analysis for the fabrication of the supports and lifting arms. The work was carried out using computer-aided design tools (SolidWorks), with structural analysis in the CAE module.

Keywords: Skip loader, side loading, stability, hydraulic design, system optimization.

Índice de contenido

Resumen ..... **IV**

Abstract ..... **V**

Índice de figuras ..... **VIII**

Índice de tablas ..... **XI**

Introducción **1**

Capítulo 1: Situación actual **3**
1.1 Residuos de la construcción y demolición (RCD) 3
1.2 Recolección y transporte de los RCD 4
1.2.1 Marco legal regulatorio 5
1.2.2 Vehículos porta volquetes actuales 9
1.3 Tránsito vehicular en Argentina 11
1.4 Justificación del proyecto 12

Capítulo 2: Propósitos y propuestas **13**
2.1 Propósitos generales y específicos 13
2.2 Planteo de posibles alternativas de solución 14
2.2.1 Alternativa 1 14
2.2.2 Alternativa 2 16
2.2.3 Alternativa 3 17
2.3 Selección de la mejor alternativa 18

Capítulo 3: Desarrollo **21**
3.1 Descripción general 21
3.2 Sistema de elevación 23
3.2.1 Posición de carga 1 23
3.2.2 Posición de carga 2 33
3.2.3 Dimensionamiento tramos sistema de elevación 34
3.2.4 Cilindros hidráulicos sistema de elevación 38
3.3 Estabilizadores laterales 42
3.3.1 Selección del camión 42
3.3.2 Análisis de estabilidad 43
3.3.3 Dimensionamiento y selección de componentes 45
3.3.4 Cilindros hidráulicos estabilizadores laterales 48
3.4 Sobre chasis 50
3.4.1 Regulación de distancia entre brazos de elevación 51
3.4.2 Ganchos de sujeción para el vuelco 53
3.4.3 Pernos de sujeción 55
3.5 Rediseño contenedores 57
3.6 Cadenas y elementos de izaje 59

Capítulo 4: Sistema hidráulico **61**
4.1 Cálculo de caudales de cilindros hidráulicos 61
4.1.1 Conjunto estabilizadores laterales 61
4.1.2 Conjunto Brazos de elevación 62

4.2 Selección de componentes 63
4.2.1 Bomba hidráulica 64
4.2.2 Depósito de aceite 65
4.2.3 Mangueras y tuberías 66
4.2.4 Aceite hidráulico 67
4.2.5 Válvulas direccionales 68
4.2.6 Válvulas divisoras de caudal 68
4.2.7 Filtros de aceite 69
4.2.8 Descripción del funcionamiento 69

Conclusiones y recomendaciones 71
Conclusiones 71
Recomendaciones 71

Bibliografía 72

Anexo 1: Planimetría 73

Anexo 2: Circuito Hidráulico 106

Índice de figuras

Figura 1-1: Composición potencial de residuos de obra. [1] 3
Figura 1-2: Ciclo óptimo de los desechos de construcción y demolición..... 4
Figura 1-3: Porta volquetes convencional..... 9
Figura 1-4: Porta volquetes telescópico..... 10
Figura 1-5: Ganchos de sujeción para el vaciado de la carga 10
Figura 1-6: Flota vehicular en argentina año 2023. [4]..... 11
Figura 2-1: Propuesta 1 - Ubicación del camión y sujeción del volquete 14
Figura 2-2: Propuesta 1 - Posición de transporte de carga..... 15
Figura 2-3: Propuesta 1 - Vuelco de los escombros 15
Figura 2-4: Propuesta 2 – Ubicación del camión y sujeción del volquete..... 16
Figura 2-5: Propuesta 2 - Posición de transporte de carga..... 16
Figura 2-6: Propuesta 2 - Vuelco de los escombros 17
Figura 2-7: Propuesta 3 – Ubicación del camión y sujeción del volquete..... 17
Figura 2-8: Propuesta 3 - Posición de transporte de carga..... 18
Figura 2-9: Propuesta 3 - Vuelco de los escombros 18
Figura 3-1: Operación de carga..... 21
Figura 3-2: Posición de transporte..... 22
Figura 3-3: Posición de vuelco 22
Figura 3-4: Brazo de elevación..... 23
Figura 3-5: Esquema posición de carga 1 23
Figura 3-6: Modelado tramo 1 24
Figura 3-7: Sección 1 – 1’, tramo 1..... 25
Figura 3-8: Sección 2 – 2’, tramo 1..... 25
Figura 3-9: Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 1..... 26
Figura 3-10: Diagrama distribución de momento flector, tramo 1 26
Figura 3-11: Modelado tramo 2..... 26
Figura 3-12: Sección 1 – 1’, tramo 2..... 27
Figura 3-13: Sección 2 – 2’, tramo 2..... 28
Figura 3-14: Sección 3 – 3’, tramo 2..... 28

Figura 3-15: Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 2 29
Figura 3-16: Diagrama distribución de momento flector, tramo 2 29
Figura 3-17: Modelado tramo 3 29
Figura 3-18: Sección 1 – 1', tramo 3 30
Figura 3-19: Sección 2 – 2', tramo 3 31
Figura 3-20: Sección 3 – 3', tramo 3 31
Figura 3-21: Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 3 32
Figura 3-22: Diagrama distribución de momento flector, tramo 3 32
Figura 3-23: Esquema posición de carga 2 33
Figura 3-24: Dimensionamiento tramo 1, sección B-B' 34
Figura 3-25: Vista en corte tramo 1, Sección B-B' 36
Figura 3-26: Área parcial A', Sección B-B' 36
Figura 3-27: Vista frontal tramo 1, perno de sujeción cadenas 37
Figura 3-28: Corte esquemático cilindro hidráulico 39
Figura 3-29: Selección cilindro hidráulico 1 40
Figura 3-30: Selección amarre de rótula para el cilindro hidráulico 1 40
Figura 3-31: Selección cilindro hidráulico 2 41
Figura 3-32: Selección amarre de horquilla para el cilindro hidráulico 2 42
Figura 3-33: Modelo de camión seleccionado 43
Figura 3-34: Esquema de fuerzas durante la carga 43
Figura 3-35: Esquema simplificado de fuerzas durante la carga 44
Figura 3-36: Ensamblaje estabilizador lateral 45
Figura 3-37: Esquema simplificado de fuerzas 45
Figura 3-38: Sección 2-2' 46
Figura 3-39: Tensiones de Von Mises tramo móvil 47
Figura 3-40: Tensiones de Von Mises tramo fijo 47
Figura 3-41: Selección cilindro hidráulico para extensión del estabilizador 48
Figura 3-42: Anclaje perforado para soldar 49
Figura 3-43: Rótula con rosca para extremo de vástago 49
Figura 3-44: Selección cilindro hidráulico para apoyo estabilizador 50
Figura 3-45: Sobre chasis 50

Figura 3-46: Separación entre brazos para volquete 5 m^3 51
Figura 3-47: Separación entre brazos para volquete 3 m^3 51
Figura 3-48: Cilindro hidráulico de ajuste de distancia entre brazos de elevación .. 52
Figura 3-49: Tensiones de Von Mises unión apernada 53
Figura 3-50: Barra y ganchos de sujeción 53
Figura 3-51: Fuerzas sobre el gancho de sujeción 54
Figura 3-52: Cilindro hidráulico de accionamiento de ganchos para vuelco..... 55
Figura 3-53: Tensiones de Von Mises barra de sujeción para vuelco..... 55
Figura 3-54: Esquema posición de carga para dimensionamiento de pernos 56
Figura 3-55: Dimensiones y puntos de sujeción contenedores convencionales..... 57
Figura 3-56: Posición de vuelco que garantiza el deslizamiento de la carga 58
Figura 3-57: Conjunto cadenas y pasadores en posición de trabajo..... 59
Figura 3-58: Cadena de sujeción seleccionada 59
Figura 3-59: Ganchos pasadores para cadenas de izaje..... 60
Figura 3-60: Tensiones de Von Mises gancho superior..... 60
Figura 3-61: Tensiones de Von Mises gancho inferior 60
Figura 4-1: Sistema hidráulico simple montado en camión..... 63
Figura 4-2: Bomba hidráulica de engranajes 65
Figura 4-3: Depósito de aceite 65
Figura 4-4: Tabla de selección del diámetro nominal de las tuberías 66
Figura 4-5: Manguera hidráulica..... 67
Figura 4-6: Válvula direccional 68
Figura 4-7: Válvula divisora de caudal..... 68

Índice de tablas

Tabla 1-1: Pesos máximos según configuración de ejes y tipo de suspensión 6
Tabla 1-2: Dimensiones y pesos máximos según configuración de ejes..... 6
Tabla 2-1: Matriz de decisión para selección de la mejor alternativa 19
Tabla 3-1: Resumen valores de momento flector posición de carga 1 32
Tabla 3-2: Resumen valores de momento flector posición de carga 2 33
Tabla 3-3: Resumen valores de carga y apertura cilindros hidráulicos..... 38
Tabla 3-4: Coeficientes de fricción..... 52
Tabla 3-5: Ángulo de fricción interna según tipo de terreno 58
Tabla 4-1: Propiedades aceite hidráulico Shell Tellus S2 MX 22..... 67

Introducción

El desarrollo de sistemas de carga y descarga de materiales en el ámbito urbano ha sido un factor clave en la evolución de la infraestructura de las ciudades modernas.

En particular, el transporte de volquetes para residuos de construcción y escombros, se ha vuelto una tarea indispensable en la gestión de residuos en áreas densamente pobladas.

La ciudad de Rosario, Santa Fe, Argentina, enfrenta esta problemática a diario debido a su constante crecimiento urbano y las limitaciones de espacio disponible en sus calles para maniobras complejas de vehículos pesados como los camiones porta volquetes.

Actualmente, el sistema predominante en la ciudad para la recolección y transporte de volquetes consiste en vehículos equipados con mecanismos de carga trasera. Si bien estos sistemas han demostrado ser funcionales, presentan varias limitaciones, especialmente en calles estrechas o con vehículos estacionados en las proximidades de los contenedores.

Este proyecto propone un rediseño y optimización de dichos sistemas con el objetivo de facilitar la tarea de carga y descarga de los volquetes.

Importancia del Estudio

La importancia de este proyecto radica en la necesidad de mejorar la eficiencia, seguridad y operatividad de los sistemas de transporte de volquetes. Los camiones con sistemas de carga trasera requieren una maniobrabilidad compleja, lo que genera interrupciones en el tráfico y puede dificultar su uso en áreas con estacionamiento vehicular denso.

El rediseño del mecanismo no solo tiene el propósito de reducir tiempos de operación, sino también de minimizar las interferencias con el entorno, evitando la necesidad de reubicar vehículos estacionados frente o detrás del volquete. Además, este diseño busca optimizar los recursos energéticos mediante un sistema hidráulico más eficiente, que permita realizar las tareas de manera más rápida y segura.

Objetivos del Proyecto

Este proyecto tiene como objetivo general diseñar un sistema de porta volquetes que optimice el proceso de recolección de escombros y materiales en la ciudad de Rosario. Entre los objetivos generales se destacan:

- Desarrollar un sistema hidráulico eficiente que permita la carga y descarga de los contenedores sin comprometer la estabilidad del vehículo ni del volquete.
- Reducir el tiempo de operación en la recolección de volquetes, mejorando la eficiencia del sistema y permitiendo un mayor número de ciclos de carga y descarga por día.
- Minimizar la interferencia con el tráfico y vehículos estacionados, contribuyendo a una mayor fluidez vehicular y reducción de riesgos en áreas urbanas densas.
- Cumplir con las normativas nacionales de pesos y dimensiones de vehículos de carga, asegurando que el diseño sea viable tanto desde un punto de vista legal como práctico.

Alcance

El presente estudio abarca el diseño mecánico y funcional del sistema de porta volquetes, incluyendo la selección de materiales, análisis estructural y cálculo de los componentes hidráulicos. Además, se consideran las normativas vigentes en Argentina respecto a las dimensiones máximas de vehículos y volquetes, así como los límites de peso permitidos para garantizar la seguridad y legalidad del sistema.

Significado del Estudio

Este estudio tiene un impacto significativo en la solución de la problemática planteada, ya que propone una innovación en el ámbito del transporte de residuos urbanos buscando reducir las dificultades asociadas al transporte en calles congestionadas, mejorar la eficiencia operativa y reducir los costos a largo plazo para las empresas dedicadas a la gestión de residuos.

Asimismo, este proyecto puede servir como base para futuros desarrollos en el campo de la ingeniería mecánica aplicada a la gestión urbana, permitiendo adaptaciones y mejoras que sigan optimizando los procesos industriales y contribuyendo a una mayor sostenibilidad en las ciudades argentinas.

Capítulo 1: Situación actual

1.1 Residuos de la construcción y demolición (RCD)

La industria de la construcción es uno de los motores clave para el desarrollo de las grandes ciudades. No obstante, es también una de las actividades con mayor impacto ambiental debido a la gran cantidad de residuos que genera.

Los desechos derivados de la construcción de nuevas obras, así como de la demolición y remodelación de estructuras, están directamente vinculados al crecimiento urbano y a las demandas de una mejor calidad de vida. Este crecimiento constante provoca un aumento progresivo y no controlado en el volumen de residuos, lo que representa un desafío importante, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas, en términos de transporte, tratamiento y disposición final.

En nuestro País la clasificación y disposición final de los residuos están legislados por las leyes 25916/2004 y 24051/1991. En dichas leyes se clasifican los residuos en residuos no especiales, comúnmente denominados residuos sólidos urbanos (RSU), y residuos especiales, denominados comúnmente residuos peligrosos. Establecen, además, los organismos de control y aplicación y definen la responsabilidad de cada una de las partes intervinientes en la gestión y disposición final de los residuos.

Los residuos de la construcción y demolición (RCD) son desde el punto de vista legal RSU. Sin embargo, este tipo de residuos se encuentra excluido de la recolección formal y son ampliamente gestionados por empresas volqueteras y/o recuperadores urbanos. Consecuentemente, cada municipio es el encargado de la disposición de los RCD y de brindar el marco regulatorio para la operación de las empresas volqueteras y/o los recuperadores urbanos.

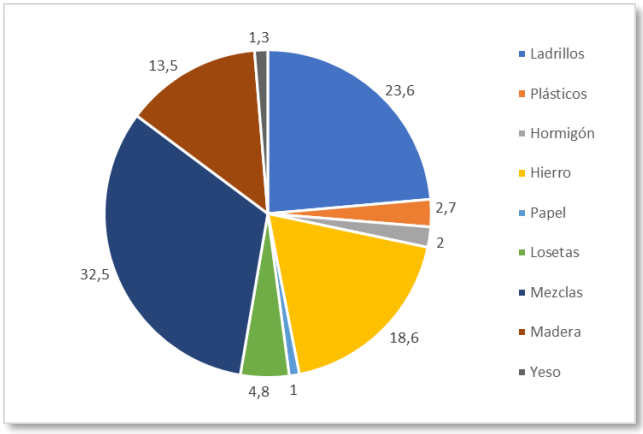


***Figura 1-1**: Composición potencial de residuos de obra.* [1]

Los RCD provienen mayormente de obras de demolición o construcción, incluyendo escombros, ladrillos, hormigón y otros materiales inertes.

Cuando los residuos de construcción y demolición son gestionados de manera responsable, las empresas contratistas suelen recurrir a transportistas especializados que aseguran su disposición en sitios adecuados, donde estos materiales pueden ser procesados para su reutilización. Esta gestión eficiente no solo reduce el impacto ambiental, sino que permite valorizar los desechos, integrándolos nuevamente en el ciclo productivo, ya sea para actividades de relleno, construcción de caminos, o incluso en la creación de nuevos productos.



***Figura 1-2**: Ciclo óptimo de los desechos de construcción y demolición*

Sin embargo, en Argentina, este tipo de gestión aún no está completamente desarrollada y la mayor parte de los RCD no recibe un tratamiento adecuado. La falta de información sistematizada, la escasez de bases de datos actualizadas sobre los volúmenes de RCD, y los altos costos económicos de implementar un sistema integral de gestión dificultan una correcta disposición de estos desechos.

1.2 Recolección y transporte de los RCD

La recolección y el transporte de los residuos de construcción y demolición son aspectos clave dentro del proceso de gestión de desechos en cualquier proyecto de edificación. Estos residuos, debido a su volumen y composición, requieren métodos específicos de recolección que aseguren un manejo eficiente y seguro, tanto para los trabajadores como para el entorno urbano.

En la mayoría de las ciudades, la recolección de los RCD es gestionada principalmente a través del uso de volquetes que se colocan en las cercanías de las obras. Estos recipientes permiten la acumulación de escombros y materiales inertes, los cuales son luego transportados a centros de disposición final.

1.2.1 Marco legal regulatorio

A nivel nacional, la **Ley Nacional de Tránsito y Seguridad Vial N° 24.449**, a través del Decreto Reglamentario 32/2018 [2], establece los principios que regulan el uso de la vía pública y su aplicación a la circulación de personas, animales y vehículos terrestres, así como también a las actividades vinculadas con el transporte, los vehículos, las personas, las concesiones viales, la estructura vial y el medio ambiente, en cuanto fueren con causa del tránsito, siendo su ámbito de aplicación la jurisdicción federal.

A continuación, se presentarán aquellos capítulos de la Ley que tienen relación directa con el proyecto en cuestión:

ARTÍCULO 27 - Sustitúyanse los apartados 1 al 2.6. del Anexo R del Decreto Nº 779 del 20 de noviembre de 1995, por los siguientes:

1. Las dimensiones máximas establecidas en el inciso c) del artículo 53 de la Ley Nº 24.449, se complementan con las siguientes:

1.2. Los vehículos especiales para transporte exclusivo de otros vehículos sobre sí, los vehículos portacontenedores y los carretones agrícolas o viales, no podrán exceder las siguientes dimensiones máximas (incluyendo la carga):

1.2.1. Ancho: DOS METROS CON SESENTA CENTÍMETROS (2,60 m);

1.2.2. Alto: CUATRO METROS CON TREINTA CENTÍMETROS (4,30 m);

1.2.3. Largo: VEINTIDOS METROS CON CUARENTA CENTÍMETROS (22,40 m), cuando se trate de carretones agrícolas o viales con la rampa trasera plegada (en sentido vertical) y hasta VEINTICINCO METROS (25 m) con la rampa posterior desplegada.

1.2.3.3 Cuando se trate de vehículos destinados al transporte de contenedores, cada contenedor debe considerarse “CARGA INDIVISIBLE”.

1.2.5 Señalamiento: Cada formación debe llevar en la parte posterior un cartel rígido retrorreflectivo de DOS METROS (2 m) de ancho por UN METRO CON CINCUENTA

CENTÍMETROS (1,50 m) de alto, como mínimo, con franjas rojas y blancas alternadas, oblicuas a CUARENTA Y CINCO GRADOS (45°), de DIEZ CENTÍMETROS (10 cm) de ancho y en el centro, sobre fondo blanco con letras negras indicando el largo, la leyenda:

PRECAUCIÓN DE SOBREPASO LARGO A PARTIR DE …. m.

El nivel de retrorreflexión del cartel rígido se ajustará, como mínimo, a los coeficientes de la norma IRAM 3952/84 o la que en su defecto la reemplace, según sus métodos de ensayo. La DIRECCIÓN NACIONAL DE VIALIDAD establecerá las distancias de sobre paso requeridas, según el tipo de configuración de vehículo.

2. Los pesos máximos, establecidos por la Ley, que los vehículos pueden transmitir a la calzada y las configuraciones que los complementan se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 1-1: Pesos máximos según configuración de ejes y tipo de suspensión

CONFIGURACIÓN		SUSPENSIÓN MECÁNICA [toneladas]	SUSPENSIÓN NEUMÁTICA [toneladas]
EJE SIMPLE. -Ruedas individuales, (neumáticos no superanchos)		6 SEIS	6,3 SEIS COMA TRES
EJE SIMPLE. -Ruedas superanchas		6 SEIS (8 ocho - maquinaria especial)	8 OCHO
EJE SIMPLE. -Ruedas dobles		10,5 DIEZ COMA CINCO	11 ONCE
CONJUNTO (TÁNDEM) DOBLE DE EJES. - Ruedas individuales		10 DIEZ (5 por eje)	10,5 DIEZ COMA CINCO (5,25 por eje)

Tabla 1-2: Dimensiones y pesos máximos según configuración de ejes

N°	Tipo de vehículo	Configuración N° de ejes	Dimensiones máximas			Peso máximo (t)	Relación POT/PESO (CV/t) mín.
			Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)		
1		S1-D1	13,20	2,60	4,30	16,50	4,25
2		S1-D2	13,20	2,60	4,30	24,00	4,25
3		S1-D3	13,20	2,60	4,30	31,50	4,25
4		S2-D2	13,20	2,60	4,30	28,00	4,25
5		S2-D3	13,20	2,60	4,30	35,50	4,25

En la ciudad Rosario, el estacionamiento de volquetes en la vía pública está regulado por la **Ordenanza Municipal N° 10025/2019** [3], que establece normas para el uso de contenedores en obras de construcción a la vez que modifica la ordenanza 7834/2005 debido a incumplimientos de ciertas pautas. Esta ordenanza obliga a las empresas de recolección de escombros a gestionar permisos para ubicar los volquetes en lugares específicos, siguiendo pautas como ubicación estratégica, señalización adecuada, tiempo de permanencia, entre otras.

Artículo 1.- DEFINICION DEL RUBRO: Entiéndase por "Servicio de Contenedores" el que se presta con cajas metálicas de características convencionales, en las cuales se deposita transitoriamente - para su posterior retiro - materiales no orgánicos provenientes de obras de construcción o de demoliciones, como también elementos y enseres de descarte cuyo retiro no es obligatorio por parte del servicio domiciliario de recolección de residuos.

Artículo 3.- DE LAS CARÁCTERISTICAS DE LOS ARTEFACTOS A UTILIZAR: Cada caja metálica denominada "contenedor" deberá cumplir con los siguientes requisitos:

a) Sus medidas no excederán de 3,30 m en su lado mayor y de 1.70 m en su lado menor.

b) Cada contenedor deberá estar pintado, en las caras externas de su borde superior, con franjas oblicuas a 45" y de un ancho de 0.10 m cada una, en colores alternados rojo y blanco. Y con pintura roja o similar en sus cuatro ángulos, con un largo de 0.20 m de cada lado del ángulo. El resto de la caja estará pintado con los colores que cada empresa elija para identificar los contenedores de su propiedad.

C) Cada contenedor deberá consignar en ambos lados del artefacto -en caracteres bien visibles- el nombre de la empresa, el número de habilitación otorgada a la misma, su dirección, el número del contenedor y el número de teléfono.

d) Cada contenedor deberá poseer 8 adhesivos especiales refractantes, circulares de 0.10 m de diámetro de color rojo, colocados dos por lado a 0.10 m de sus vértices superiores. Los mismos deberán ser provistos por el Registro Único de Volquetes de la Municipalidad de Rosario, a efectos de su unificación y el costo solventado por las empresas que prestan el servicio.

e) En ambos laterales mayores del contenedor, deberá incluirse la siguiente leyenda: "Sr. Vecino: Cargar al ras. Evite multas".

Artículo 5.- A los efectos de evitar la caída o derrame de la carga, finalizada la misma, los contenedores deberán ser cubiertos en el mismo lugar con una lona u otro elemento que se asegure en la base de los mismos con grampas u otros elementos que se consideren convenientes hasta el sitio de depósito o descarga.

Artículo 6.- Los contenedores no podrán superar la carga al ras y ni ser depositados por un lapso superior a las 24 horas, en el sector delimitado por las calles Av. Pellegrini, Bv. Oroño, Río Paraná, y un lapso superior a las 48 hs. en el resto del ejido urbano de la ciudad, bajo apercibimiento de aplicar multas y sanciones establecidas en la presente ordenanza. Para comprobar el cumplimiento de esta disposición cada vez que se deposite un contenedor, la empresa deberá proveer al solicitante del servicio un comprobante en el que se especifique el día, mes y año del emplazamiento del contenedor.

Artículo 7.- DEL EMPLAZAMIENTO DE LOS CONTENEDORES PARA SU USO: Los contenedores podrán emplazarse en cualquier zona de la ciudad siempre y cuando cumplan con los siguientes requisitos:

a) Frente a obras en construcción: se ubicarán dentro de los Imites del vallado de obra.

b) Frente a inmuebles en general y obras en construcción donde no existiere vallado: podrán ubicarse en las calzadas únicamente, en los lugares, horarios y modalidades que a continuación se indican:

1.- En la zona de estacionamiento prohibido: en el lado derecho de la circulación en forma paralela al cordón de la vereda, lo más próximo posible al mismo y únicamente en el horario de carga y descarga.

2.- En la zona de libre estacionamiento: en las mismas condiciones que en el punto 1, sin topes de horario, con la limitación del art. 6

c) Frente a inmuebles u obras en construcción donde no exista vallado, situado sobre el lado izquierdo de la circulación vehicular, únicamente sobre la vereda:

1-Si ésta tiene un ancho no menor de 3.50m sólo podrán depositarse los contenedores por el lapso previsto en el artículo 6.

2-Si esta tiene un ancho inferior a 3.50m sólo podrán emplazarse en el horario de 5 a 8 horas, dejando como mínimo 0,90 m entre el borde más ancho del contenedor y la línea de edificación y, sin que el borde superior del contenedor pueda sobresalir del cordón de la vereda.

Cuando el ancho de vereda no permita la colocación del volquete, deberá estacionarse en la mano derecha de la calzada, dejando 0,30 m del cordón.

d) Frente a inmuebles u obras en construcción situadas en arterias peatonales: se ubicarán a partir de 1,50 m del eje imaginario de la calle y únicamente en el horario de 01:00 a 08:00 hs.

1.2.2 Vehículos porta volquetes actuales

Los camiones porta volquetes son vehículos diseñados para el manejo de contenedores de diversos tamaños, utilizados principalmente en la recolección y transporte de escombros y otros residuos de la construcción.

Es común encontrar en el mercado dos tipos principales de sistemas de elevación: los convencionales y los telescópicos.

El sistema convencional utiliza cilindros hidráulicos de un solo tramo, volviéndolos más simples en términos de construcción y mantenimiento. Este tipo de camión es adecuado para cargar volquetes de menor altura o cuando no se necesita una gran extensión para levantar el contenedor.



***Figura 1-3**: Porta volquetes convencional*

Por otro lado, el sistema telescópico se caracteriza por el uso de dos pares de cilindros hidráulicos, los cuales se extienden de manera secuencial, permitiendo un mayor rango de elevación.

Este tipo de mecanismo es ideal para cargar volquetes más grandes o en situaciones donde se requiere levantar el contenedor a mayor altura. La principal diferencia radica en la capacidad de extensión.



***Figura 1-4**: Porta volquetes telescópico*

El proceso de vaciado de los contenedores comienza con la sujeción del volquete al camión mediante ganchos accionados hidráulicamente. Estos ganchos toman el volquete desde los puntos de sujeción en su base, garantizando que quede firmemente acoplado al sistema de levantamiento del camión.

Una vez asegurado el volquete, el operador activa los cilindros hidráulicos que se encargan de elevar y bascular el volquete, permitiendo su vaciado.



***Figura 1-5**: Ganchos de sujeción para el vaciado de la carga*

Para mantener la estabilidad del camión durante el proceso de carga, descarga y vaciado, se despliegan puntos de apoyo o estabilizadores, accionados de forma hidráulica. Estos estabilizadores ayudan a equilibrar el peso, previniendo el riesgo de vuelco del vehículo.

1.3 Tránsito vehicular en Argentina

El parque automotor en Argentina continúa creciendo de manera sostenida, alcanzando cifras récord año tras año. Según las últimas estadísticas disponibles, a fines de 2023, el número de vehículos en circulación, compuesto por autos de pasajeros, utilitarios livianos y pesados, llegó a 15.299.751 de unidades, lo que refleja un incremento respecto a años anteriores. Este aumento ha llevado a una proporción de un vehículo por cada 3,11 habitantes en el país.

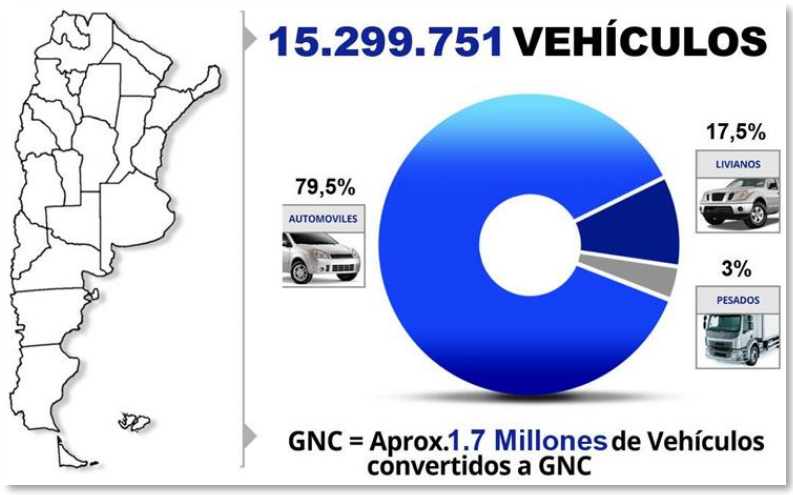


***Figura 1-6**: Flota vehicular en argentina año 2023.* [4]

El congestionamiento vial en las grandes ciudades se ha convertido en un problema recurrente, especialmente en horas pico. Rosario, con una población de un millón de habitantes, enfrenta desafíos significativos en términos de movilidad urbana, debido al creciente parque automotor y la infraestructura vial que, en muchos casos, no ha sido actualizada para absorber este volumen de tráfico.

Según datos de la Municipalidad de Rosario, la ciudad cuenta con 641.615 vehículos registrados. Esta cifra incluye automóviles, motos y vehículos comerciales. El alto volumen de circulación, especialmente en el microcentro y zonas residenciales, ha generado una relación de aproximadamente un vehículo por cada 1.6 habitantes, lo que exacerba los problemas de congestión y demanda de estacionamiento.

Este aumento en la flota vehicular ha llevado al colapso de tráfico en horarios clave, afectando tanto la circulación como la calidad de vida de los ciudadanos. Los esfuerzos locales, como la implementación de ciclovías y restricciones en áreas de alta congestión, aún no logran contrarrestar el impacto del crecimiento desmesurado del parque automotor en la ciudad de Rosario.

1.4 Justificación del proyecto

En apartados anteriores, se ha expuesto el crecimiento acelerado de la flota vehicular y los desafíos que enfrenta la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) en áreas urbanas densamente pobladas.

En este contexto, la contratación de servicios para el alquiler de contenedores de obra se vuelve una tarea compleja. La falta de espacios adecuados para estacionar tanto los vehículos como los volquetes, sumado a la costumbre de los conductores de aparcar próximos a los contenedores, tanto delante como detrás, dificulta considerablemente las operaciones de carga y descarga. Para los equipos convencionales de porta volquetes, el proceso de izado del contenedor exige espacio frontal y alineación precisa, una condición difícil de cumplir en áreas donde el estacionamiento es limitado o inexistente.

Por esta razón, se pretende proponer un rediseño viable y eficiente del mecanismo porta volquete que permita al operario realizar la carga y descarga ubicando el vehículo de forma lateral al contenedor, evitando así los problemas causados por los vehículos estacionados alrededor. Además de mejorar la operatividad en espacios reducidos, esta solución incrementa la seguridad para los operarios y los peatones, y minimiza la interferencia en el flujo de tránsito.

En resumen, la propuesta de este proyecto busca resolver las dificultades actuales en la manipulación de volquetes en zonas congestionadas, ofreciendo una alternativa más versátil, segura y eficiente para la gestión de los RCD en áreas urbanas. La búsqueda y desarrollo de la solución a la problemática será detallada en profundidad en los siguientes capítulos del informe, con un enfoque particular en la mejora de las condiciones operativas y de tránsito.

Capítulo 2: Propósitos y propuestas

En este capítulo se desarrollan los propósitos generales y operativos que se buscan satisfacer con el diseño del nuevo mecanismo porta volquetes y se analizan distintas propuestas de diseño.

2.1 Propósitos generales y específicos

1- Eliminar la necesidad de efectuar maniobras complejas con el vehículo de carga: cargar al camión o depositar los contenedores en la calzada de forma más simple y rápida en comparación con el método actual.

2- Reducir el tiempo de carga: Realizar la operación de posicionamiento del porta volquetes y carga del contenedor en un tiempo de entre 2 a 3 minutos, (actualmente toma entre 5 y 6 minutos).

3- Capacidad de adaptarse a distintos pesos y medidas de volquetes: Variando las distancias a los puntos de sujeción, adaptándose a volquetes grandes y medianos.

4- Aumentar la estabilidad del vehículo durante la carga del contenedor: Cálculo y diseño de puntos de apoyo auxiliares que compensen desbalances de carga y eviten el vuelco.

5- Rediseño de los contenedores: Atendiendo las necesidades de resistencia, estabilidad, seguridad y adaptabilidad con los puntos de sujeción del nuevo sistema porta volquetes.

6- Reducir el balanceo del volquete: Evitando golpes a la estructura del vehículo de carga y posibles accidentes laborales durante la carga y descarga.

7- Compatibilidad con chasis de diferentes medidas y modelos de camiones: Se seleccionarán algunos de los modelos más comúnmente utilizados para la tarea de transporte y recolección de volquetes en entornos urbanos en Argentina.

8- Capacidad de apilado de contenedores vacíos sobre el camión: Posibilidad de transportar hasta 3 contenedores vacíos sobre el camión para optimizar el proceso de entrega de volquetes a obras.

9- Facilitar mantenimientos y reparaciones: Teniendo en cuenta disponibilidad en el mercado de partes y accesorios.

Teniendo en cuenta lo expuesto en el capítulo 1 y considerando los propósitos del proyecto, resulta conveniente orientar el rediseño del sistema porta volquetes hacia un sistema que permita la carga y descarga de los contenedores de forma lateral al vehículo. De esta forma, se reduce enormemente la necesidad de realizar maniobras complejas y se minimizan los tiempos operativos.

2.2 Planteo de posibles alternativas de solución

Se presentan a continuación, tres alternativas conceptuales, mostrando el funcionamiento pretendido y sus componentes principales. Para la elaboración de los bocetos preliminares se utiliza el módulo de diseño asistido por computadora (CAD) del software SolidWorks (Dassault Systèmes, 2022).

2.2.1 Alternativa 1

Se propone un sistema basado en los porta volquetes actuales, con la modificación de que la carga se realice de forma lateral al vehículo.

Para ello, se diseña un sistema con dos brazos hidráulicos basculantes extensibles que trabajen en forma simultánea y permitan cargar el volquete al camión mediante el uso de cadenas de sujeción.

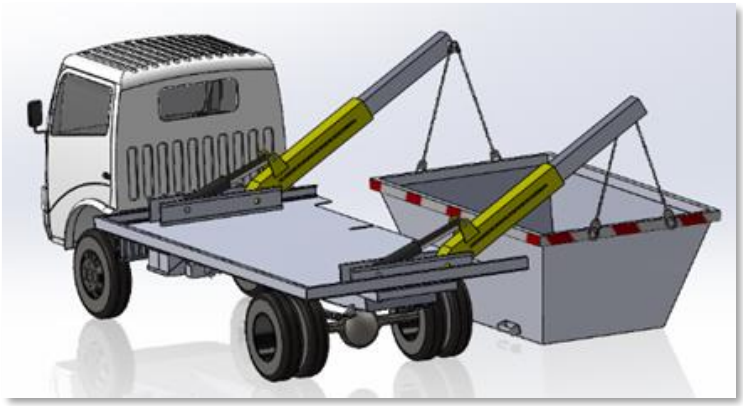


Figura 2-1: *Propuesta 1 - Ubicación del camión y sujeción del volquete*

Como se observa en la imagen 2-1, el camión sujeta el contenedor mediante cadenas, sin necesidad de posicionarse por delante del mismo, lo cual elimina la necesidad de maniobras complejas y reduce los tiempos operativos.

A su vez, para aquellos volquetes de menores dimensiones, se podrá ajustar la separación entre ambos brazos, brindando adaptabilidad al sistema.

El sistema extensible permite realizar la carga sin interferencia con el chasis del camión.

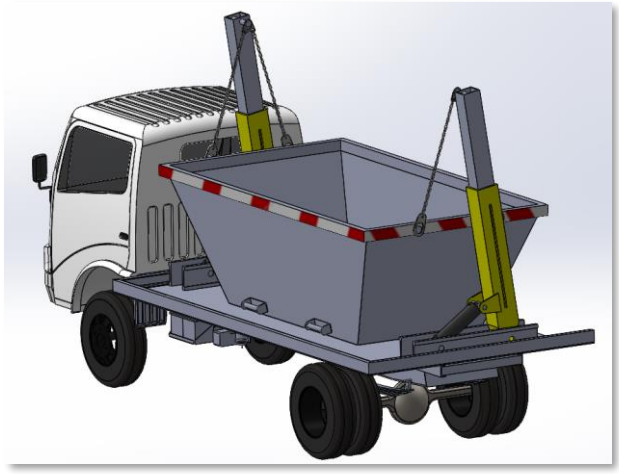


***Figura 2-2**: Propuesta 1 - Posición de transporte de carga*

Para realizar la descarga o vuelco de los escombros en el sitio de disposición final, un par de ganchos, accionados hidráulicamente, sujetan la base del volquete, y los brazos hidráulicos lo hacen pivotar generando la descarga por el lateral.

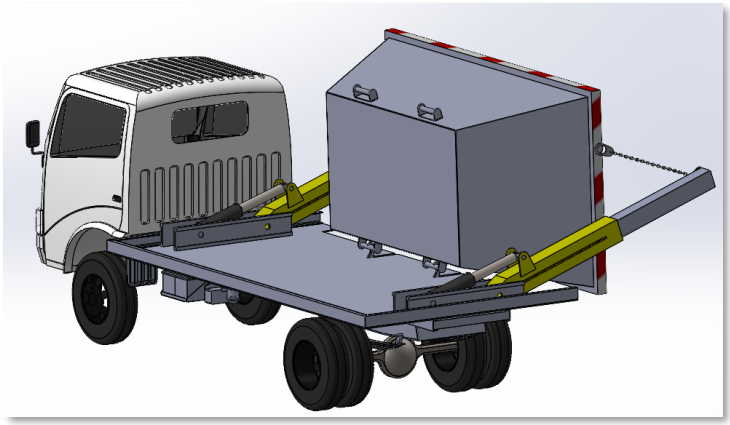


***Figura 2-3**: Propuesta 1 - Vuelco de los escombros*

Al analizar en profundidad los parámetros operativos y funcionales de esta opción vemos que aporta ventajas respecto al sistema convencional en cuanto a reducción de tiempos y de maniobras complejas.

Sin embargo, debido a su diseño no logra una gran extensión a la hora de apilar volquetes vacíos sobre el camión, además de requerir tramos largos de cadenas para la sujeción lo cual aumenta la inestabilidad. Esta alternativa requiere además la modificación de los puntos de sujeción superiores e inferiores de los contenedores convencionales.

2.2.2 Alternativa 2

Con el objetivo de reducir la cantidad componentes se propone un diseño con un único brazo hidráulico articulado, que permite sujetar y cargar el contenedor por el lateral del camión.

A diferencia de la alternativa anterior, no es necesario que el contenedor esté correctamente alineado con el vehículo, ya que el brazo tiene gran extensión y posee una base giratoria que permite absorber desalineaciones.

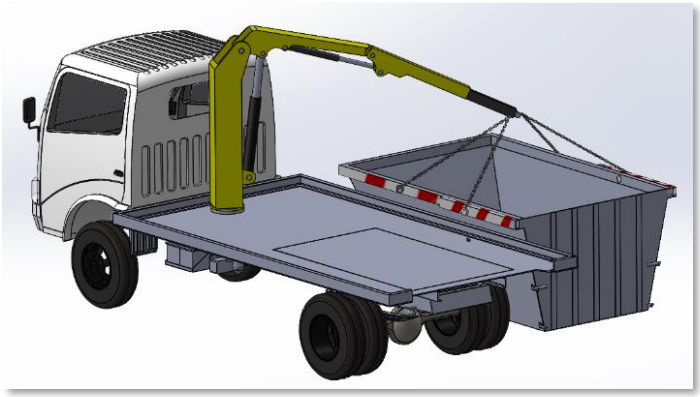


***Figura 2-4**: Propuesta 2 – Ubicación del camión y sujeción del volquete*

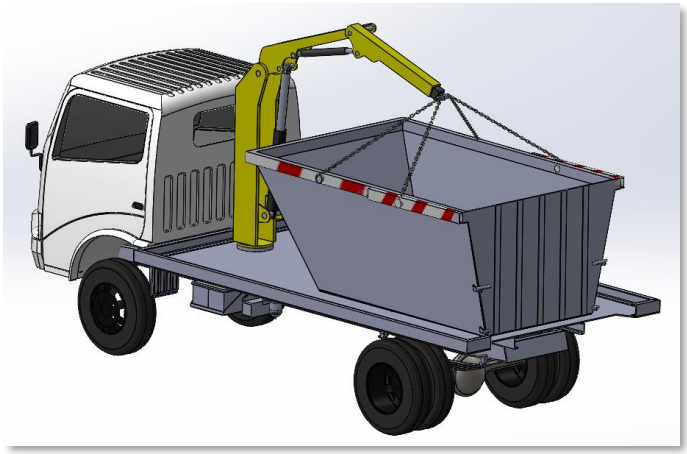


***Figura 2-5**: Propuesta 2 - Posición de transporte de carga*

A su vez se propone una modificación del contenedor, incorporando una tapa rebatible que permita la descarga de los escombros por la parte trasera del camión, mediante la elevación del mismo con un sistema hidráulico en la plataforma del vehículo. Esto es útil en ciertos sitios donde la disposición final se deba realizar en zonas angostas.

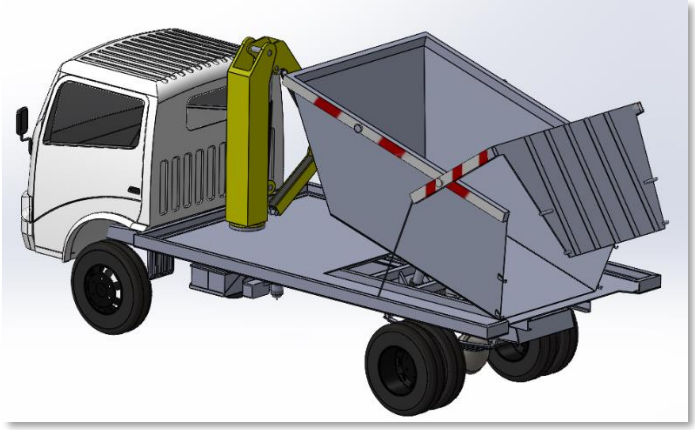


***Figura 2-6**: Propuesta 2 - Vuelco de los escombros*

Esta alternativa es compatible con diferentes medidas de volquetes, sin embargo la insetabilidad durante la carga es una desventaja y si bien la carga trasera es útil en ciertas situaciones, el hecho de tener un solo brazo grúa requiere mayor robustez ya que deberá soportar la totalidad de la carga.

2.2.3 Alternativa 3

Combinando características de las alternativas anteriores, se propone un sistema de carga lateral con dos brazos hidráulicos, formados por tres segmentos articulados entre sí.

Ambos brazos trabajan en forma simultánea y se puede variar la separación entre los mismos, permitiendo al mecanismo adaptarse a diferentes dimensiones de contenedores.

Esta alternativa también requiere de la modificación de los puntos de sujeción de los contenedores actuales.

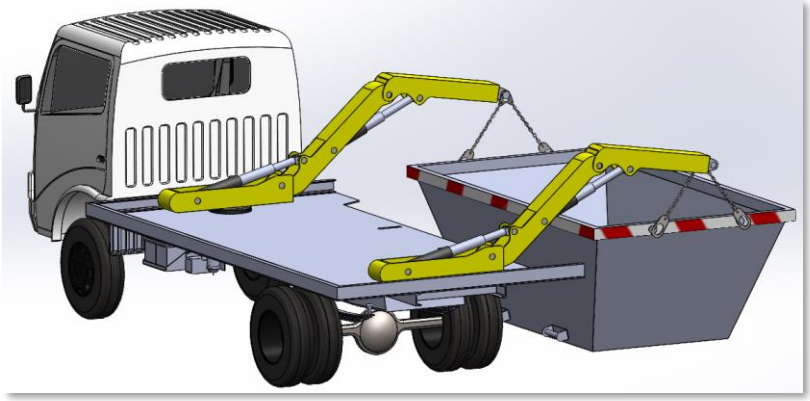


***Figura 2-7**: Propuesta 3 – Ubicación del camión y sujeción del volquete*

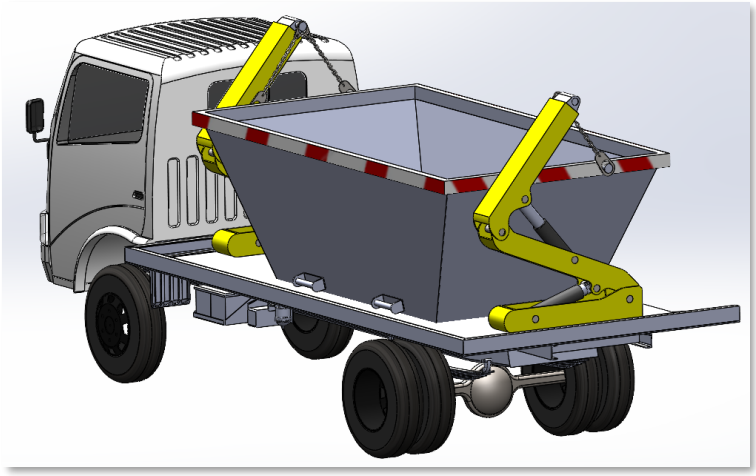


***Figura 2-8**: Propuesta 3 - Posición de transporte de carga*

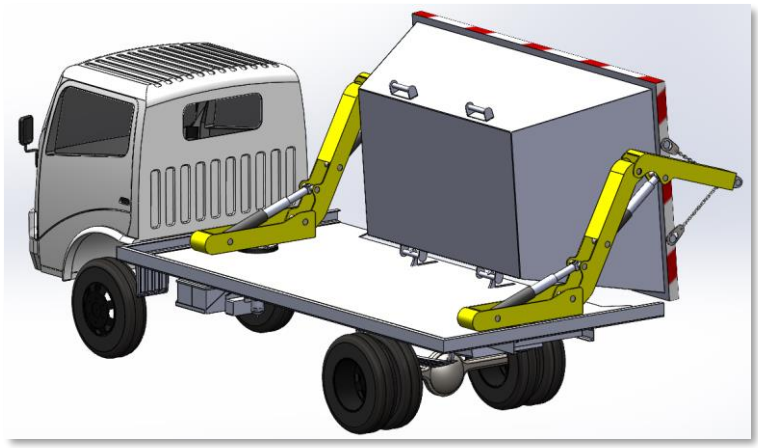


***Figura 2-9**: Propuesta 3 - Vuelco de los escombros*

La descarga o vuelco de los escombros en el sitio de disposición final se realiza de manera similar a la propuesta 1. Un par de ganchos, accionados hidráulicamente, sujetan la base del volquete, y los brazos hidráulicos lo hacen pivotar generando la descarga por el lateral del vehículo.

La mayor extensión del mecanismo permite acortar la longitud de las cadenas de sujeción, disminuyendo el balanceo del volquete durante la carga.

2.3 Selección de la mejor alternativa

Considerando las fortalezas y debilidades de cada alternativa, se propone una matriz de decisión para seleccionar aquella que cumpla con los propósitos previamente definidos.

Esta tabla de doble entrada combina la metodología de Pugh, comparando las alternativas planteadas respecto al mecanismo porta volquetes convencional, a la

vez que pondera las alternativas asignando valores entre 1 a 3 según el grado de mejora de cada criterio respecto al sistema actual.

Cada alternativa se muestra en una columna y las filas representan los propósitos. Los valores pueden variar entre -1 a 3. El valor -1 indica que la alternativa planteada empeora la situación actual, el valor 0 representa que satisface las mismas necesidades que la situación actual, sin generar mejoras y los valores 1 a 3 indican el grado en que mejoran la situación actual.

Tabla 2-1: Matriz de decisión para selección de la mejor alternativa

		ALTERNATIVAS		
		OPCIÓN 1	OPCIÓN 2	OPCIÓN 3
PROPÓSITOS	Minimizar maniobras complejas	2	3	3
	Reducir el tiempo de carga	3	3	3
	Adaptación a distintos tamaños de contenedores	0	1	1
	Compatibilidad con distintos chasis de camiones	2	1	2
	Reducción del balanceo del contenedor	0	-1	2
	Facilidad de mantenimiento y reparaciones	0	1	0
	Capacidad de apilado de volquetes vacíos	1	2	3
	TOTAL	**8**	**10**	**14**

Finalmente, la alternativa 3 es la que presenta un mayor nivel de cumplimiento de los objetivos propuestos a la vez que supone grandes ventajas en comparación al sistema actual.

Análisis de estabilidad:

Uno de los objetivos que persigue el rediseño del mecanismo es aumentar la estabilidad del vehículo durante la carga de los contenedores. Este propósito no fue tenido en cuenta en la tabla 2-1 ya que al ser un importante parámetro operativo se analizará con mayor detalle en el capítulo 3.

Capítulo 3: Desarrollo

En este capítulo se describe el funcionamiento del mecanismo junto con las variables operativas y se desarrolla el procedimiento de diseño y verificación de los distintos componentes.

3.1 Descripción general

La figura 3-1 representa la operación de carga del contenedor. En primer lugar, se posiciona el camión de modo que el mecanismo de carga quede alineado con el contenedor y a una distancia máxima de 60 cm. Una vez colocado el camión en posición, se extienden los estabilizadores laterales y los brazos de elevación comienzan a desplegarse.

En ese momento el operario coloca manualmente las cadenas de sujeción y el contenedor se eleva hasta depositarse en el sobre chasis del camión para su transporte.



Figura 3-1: *Operación de carga*

En el caso de la carga de un contenedor de menor tamaño se acciona el mecanismo hidráulico de regulación de distancia entre los brazos de elevación permitiendo que el brazo móvil deslice sobre la plataforma adaptándose a distintos largos de volquetes.



Figura 3-2: *Posición de transporte*

Durante el transporte del contenedor los estabilizadores laterales se encuentran retraídos, como se muestra en la figura 3-2

Una vez en el sitio de disposición final de los RCD, el contenedor se sujeta por su punto de sujeción inferior mediante un sistema de ganchos retráctiles accionados hidráulicamente, permitiendo su giro hasta el punto en que el contenido comience a deslizar y caiga por gravedad.



Figura 3-3: *Posición de vuelco*

Durante la operación del vuelco, los estabilizadores laterales nuevamente se despliegan para contrarrestar desbalances.

3.2 Sistema de elevación

El sistema de elevación es el componente principal del mecanismo. Consta de dos brazos hidráulicos articulados que trabajan en simultáneo, permitiendo la carga, descarga y vuelco del contenedor.

Mediante la utilización del módulo de diseño asistido por computadora (CAD) del software SolidWorks (Dassault Systèmes, 2022), se realiza un diseño preliminar del conjunto, para establecer dimensiones y verificar el correcto movimiento de las partes.



Figura 3-4: *Brazo de elevación*

Para el dimensionamiento de los distintos tramos de los brazos hidráulicos, se plantean dos posiciones que el mecanismo adopta durante la carga del contenedor.

3.2.1 Posición de carga 1

La primera posición, se da al momento en que el contenedor comienza a ser elevado desde el suelo. Esta posición es la más desfavorable ya que la extensión lateral del mecanismo y la separación volquete – vehículo son máximas.

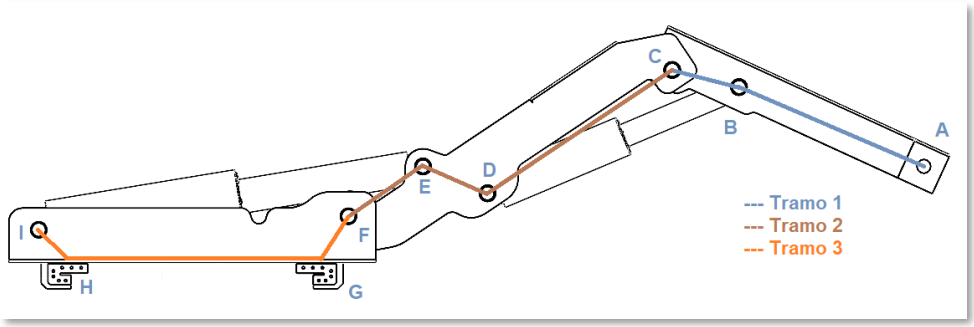


Figura 3-5: *Esquema posición de carga 1*

La figura 3-5 indica la simplificación realizada para el modelado de los tres tramos, junto con los puntos de vinculación entre ellos.

Los puntos G y H son los soportes que vinculan los brazos con la plataforma del camión.

TRAMO 1:

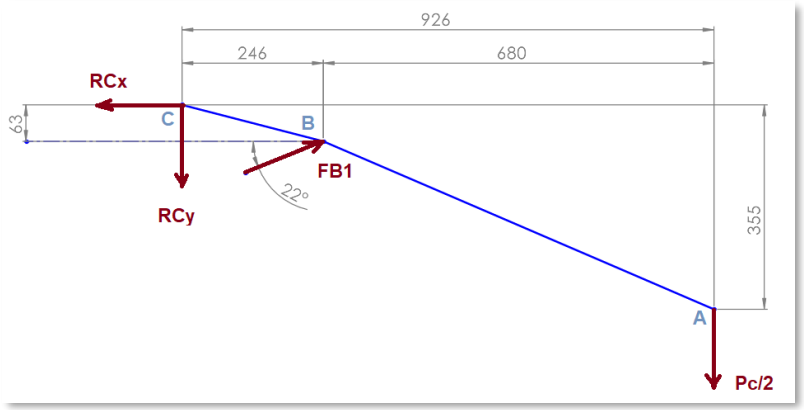


Figura 3-6: *Modelado tramo 1*

La figura 3-6 indica las dimensiones y fuerzas actuantes sobre dicho tramo en la posición de carga especificada. La carga Pc/2 corresponde a la mitad del peso del contenedor con carga (4000 Kg), ya que el mismo se reparte entre los dos brazos.

Se plantean las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum Fx = 0 \quad \{1\}$$

$$FB1 \,.\, Cos\,(22°) \; - RCx \; = 0$$

$$\sum Fy = 0 \quad \{2\}$$

$$FB1 \,.\, Sen\,(22°) - Pc/2 - RCy = 0$$

$$\sum Mc = 0 \quad \{3\}$$

$$FB1 \,.\, Cos\,(22°) \,.\, 0{,}063\; m + \; FB1 \,.\, Sen\,(22°) \,.\, 0{,}246\; m - Pc/2 \,.\; 0{,}926\; m = 0$$

Despejando FB1 de {3}:

$$FB1 = 241.331\; N$$

Reemplazando en {1}:

$$RCx = 223.758\; N$$

Reemplazando en {2}:

$$RCy = 51.164\ N$$

Conocidas las reacciones en los puntos de unión entre componentes, se calculan los esfuerzos internos. Para ello se aplica el método de secciones.

Sección 1 – 1':

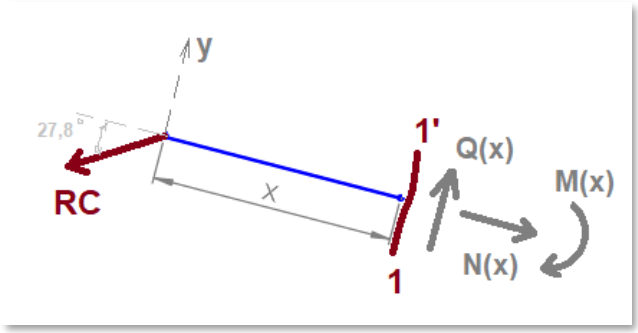


Figura 3-7: *Sección 1 – 1', tramo 1*

$$\sum Fx = 0 = N(x) - RC\ .Cos\ (27{,}8°)$$

$$N(x) = 203.039\ N$$

$$\sum Fy = 0 = Q(x) - RC\ .Sen\ (27{,}8°)$$

$$Q(x) = 107.050\ N$$

$$\sum M = 0\ =\ RC\ .Sen\ (27{,}8°)\ .x$$

Sección 2 – 2':

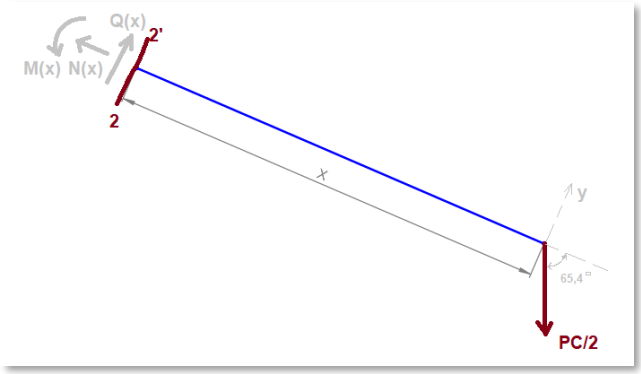


Figura 3-8: *Sección 2 – 2', tramo 1*

$$\sum Fx = 0 = N(x) - Pc/2.Cos\ (65{,}4°)$$

$$N(x) = 16.334\ N$$

$$\sum Fy = 0 = Q(x) - Pc/2\ .\ Sen\ (65.4°)$$

$$Q(x) = 35.678\ N$$

$$\sum M = 0\ =\ \ Pc/2\ .Sen\ (65.4°)\ .x$$

Diagramas de esfuerzos internos:

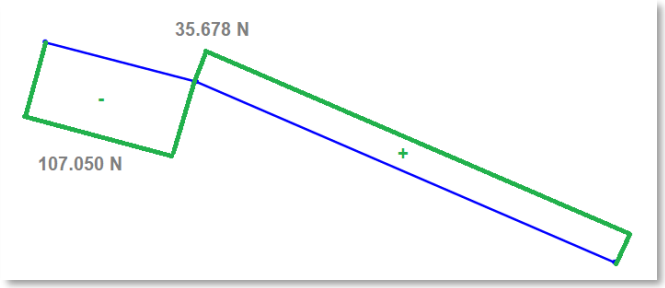


Figura 3-9: *Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 1*

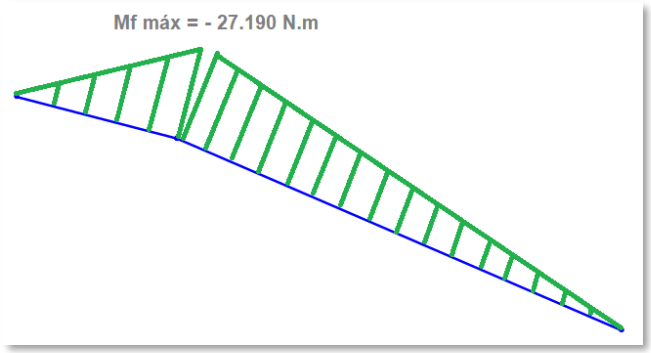


Figura 3-10: *Diagrama distribución de momento flector, tramo 1*

TRAMO 2:

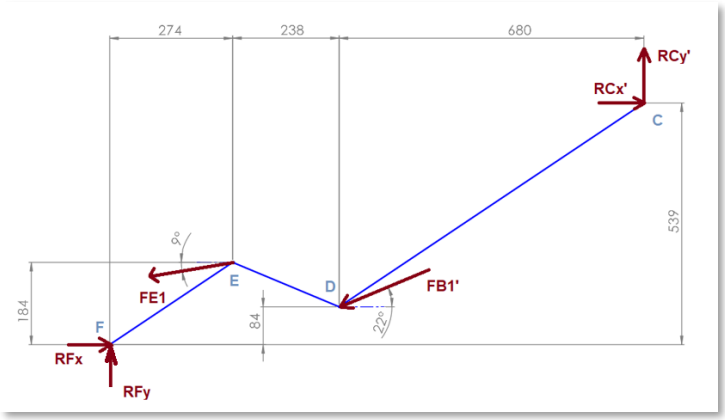


Figura 3-11: *Modelado tramo 2*

$$\sum Fx = 0 \quad \{1\}$$

$$RCx' - FB1'.\ Cos\,(22°) - FE1\ .\ Cos\,(9°) + RFx = 0$$

$$\sum Fy = 0 \quad \{2\}$$

$$RCy' - FB1'.\ Sen\,(22°) - FE1\ .\ Sen\,(9°) + RFy = 0$$

$$\sum MF = 0 \quad \{3\}$$

$$\left(FE1\ .\ Cos\,(9°)\right).\ 0{,}184\ m\ - \left(FE1\ .\ Sen\,(9°)\right).\ 0{,}274\ m\ + \left(FB1'.\ Cos\,(22°)\right).\ 0{,}084\ m$$

$$- \left(FB1'.\ Sen\,(22°)\right).\ 0{,}512\ m + RCy'.\ 1{,}191\ m - RCx'.\ 0{,}539\ m = 0$$

Despejando FE1 de {3}:

$$FE1 = 627.630\ N$$

Reemplazando en {1}:

$$RFx = 618.095\ N$$

Reemplazando en {2}:

$$RFy = 137.423\ N$$

Sección 1 – 1':

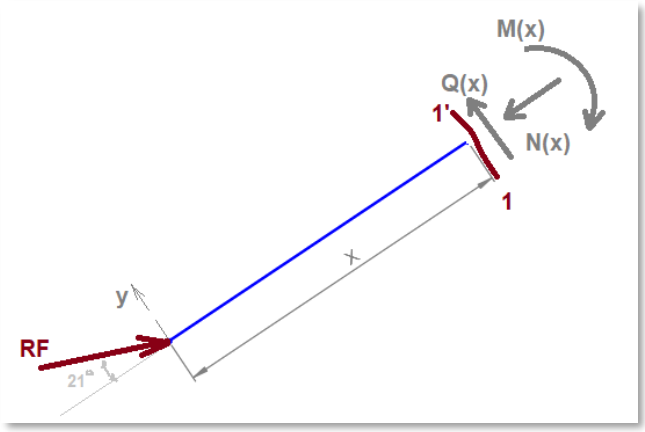


Figura 3-12: *Sección 1 – 1', tramo 2*

$$\sum Fx = 0 = RF\ .Cos\,(21°) - N(x)$$

$$N(x) = 591.130\ N$$

$$\sum Fy = 0 = RF\,.Sen\,(21°) - Q(x)$$

$$Q(x) = 226.913\,N$$

$$\sum M = 0 = \; RF\,.Sen\,(21°)\,.x$$

Sección 2 – 2':

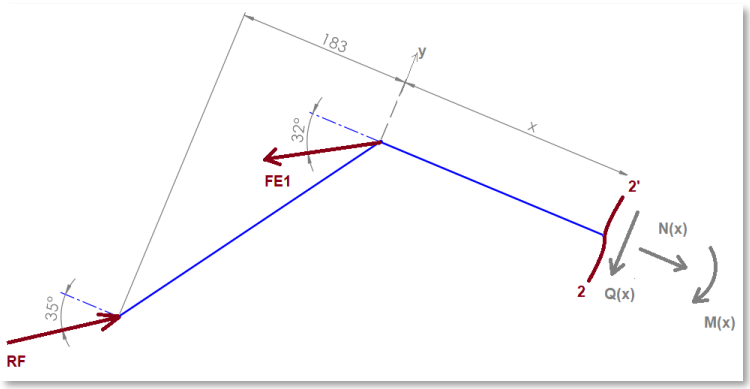


Figura 3-13: *Sección 2 – 2', tramo 2*

$$\sum Fx = 0 = N(x) + RF\,.\;Cos\,(35°) - FE1\,.\;Sen\,(32°)$$

$$N(x) = 13.584\,N$$

$$\sum Fy = 0 = RF\,.Sen\,(35°) - FE1\,.Sen\,(32°) - Q(x)$$

$$Q(x) = 30.587\,N$$

$$\sum M = 0 \; = \; -M(x) + FE1\,.Sen\,(32°)\,.x \; + RF\,.Cos\,(35°)\,.0.275\,m$$
$$- RF\,.Sen\,(35°)\,.(0.183\,m + x)$$

Sección 3 – 3':

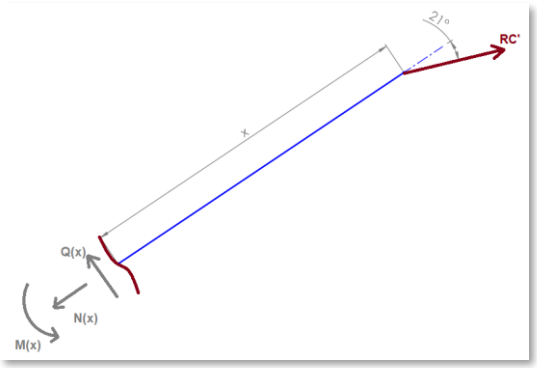


Figura 3-14: *Sección 3 – 3', tramo 2*

$$\sum Fx = 0 = RC'\,.Cos(21°) - N(x)$$

$$N(x) = 214.286\ N$$

$$\sum Fy = 0 = RC'.Sen\ (21°) - Q(x)$$

$$Q(x) = 82.256\ N$$

$$\sum M = 0 = \ M(x) - RC'.Sen\ (21°)\ .x$$

Diagramas de esfuerzos internos:

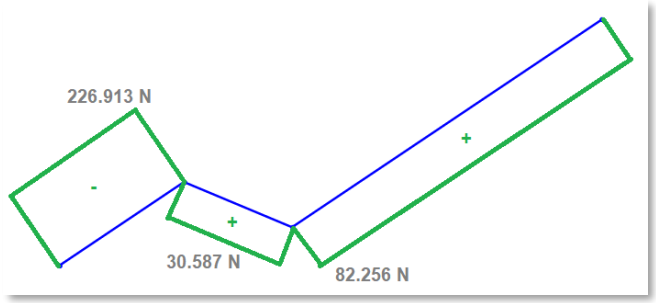


Figura 3-15: *Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 2*

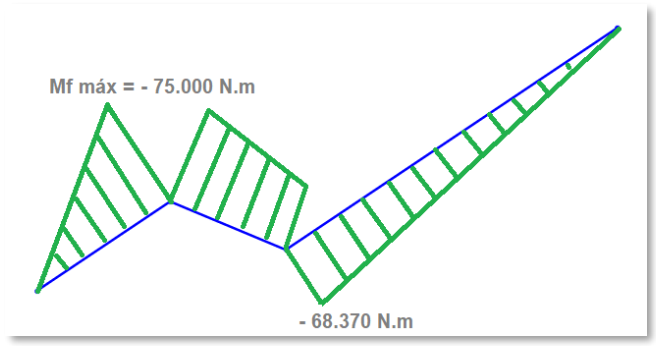


Figura 3-16: *Diagrama distribución de momento flector, tramo 2*

TRAMO 3:

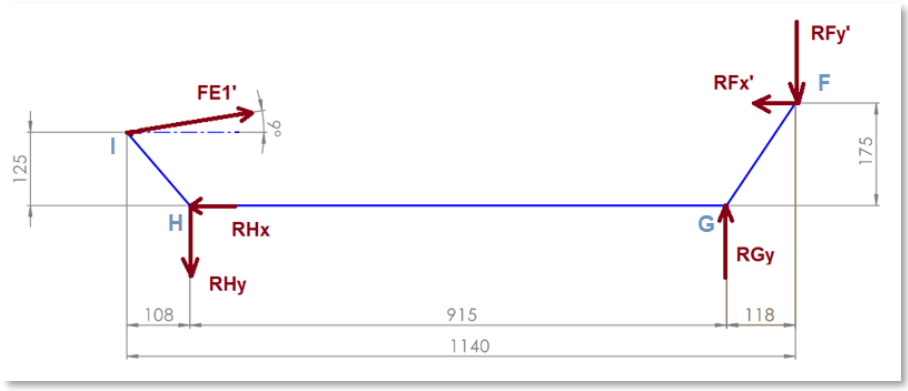


Figura 3-17: *Modelado tramo 3*

$$\sum Fx = 0 \quad \{1\}$$

$$FE1'.Cos\,(9°) - RHx - RFx' = 0$$

$$\sum Fy = 0 \quad \{2\}$$

$$FE1'.Sen\,(9°) - RHy + RGy - RFy' = 0$$

$$\sum MH = 0 \quad \{3\}$$

$$RGy\,.0{,}915\,m - FE1'.Cos\,(9°)\,.0{,}125\,m - FE1\,.Sen\,(9°)\,.0{,}108\,m$$

$$-RFy'.1{,}032\,m + RFx'.0{,}175\,m = 0$$

Despejando RGy de {3}:

$$RGy = 133.055\,N$$

Reemplazando en {1}:

$$RHx = 1.800\,N$$

Reemplazando en {2}:

$$RHy = 93.814\,N$$

Sección 1 – 1':

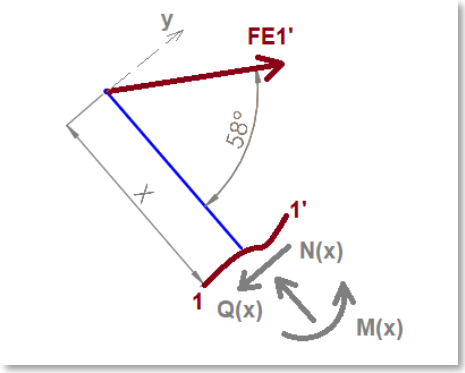


Figura 3-18: *Sección 1 – 1', tramo 3*

$$\sum Fx = 0 = FE1'.Cos\,(58°) - N(x)$$

$$N(x) = 332.593\,N$$

$$\sum Fy = 0 = FE1'.Sen\,(58°) - Q(x)$$

$$Q(x) = 532.260\,N$$

$$\sum M = 0 = \ FE1'.Sen\ (58°)\ .x$$

Sección 2 – 2':

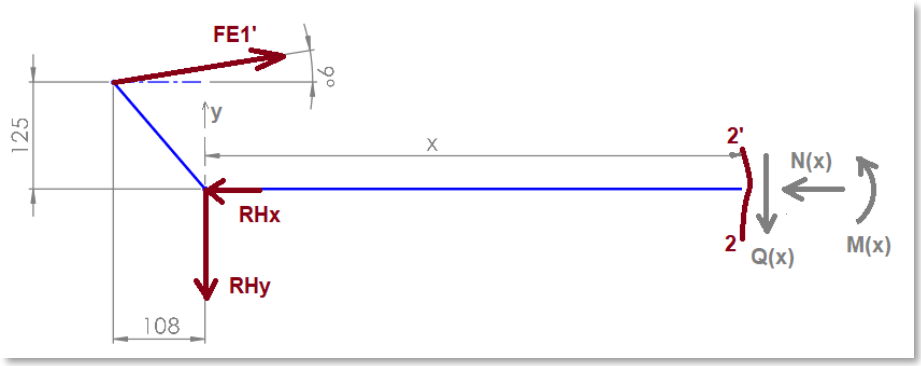


Figura 3-19: *Sección 2 – 2', tramo 3*

$$\sum Fx = 0 = FE1'.Cos(9°) - RHx - N(x)$$

$$N(x) = 618.102\ N$$

$$\sum Fy = 0 = FE1'.Sen\ (9°) - RHy - Q(x)$$

$$Q(x) = 4368\ N$$

$$\sum M = 0\ =\ M(x) - FE1'.Cos\ (9°)\ .0{,}125\ m - FE1'.Sen\ (9°).(0.108\ m + x) + RHy\ .x$$

$$M(x) = 88.090\ N.m + 4.368\ N\ .x$$

Sección 3 – 3':

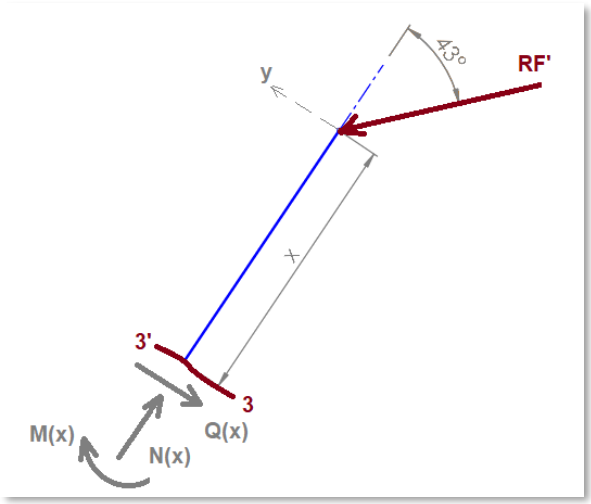


Figura 3-20: *Sección 3 – 3', tramo 3*

$$\sum Fx = 0 = RF'.Cos\ (43°) - N(x)$$

$$N(x) = 463.083\ N$$

$$\sum Fy = 0 = RF'.Sen\ (43°) - Q(x)$$

$$Q(x) = 431.832\ N$$

$$\sum M = 0 = \ RF'.Sen\ (43°)\ .x\ - M(x)$$

Diagramas de esfuerzos internos:

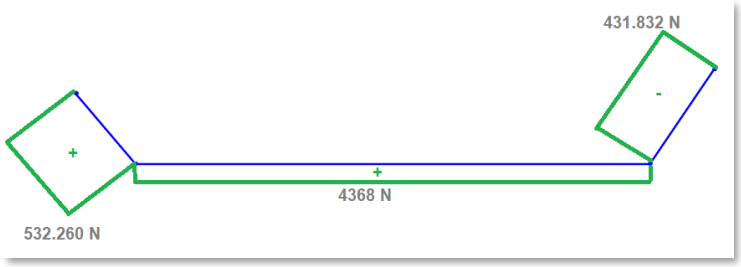


Figura 3-21: *Diagrama distribución de esfuerzo cortante, tramo 3*

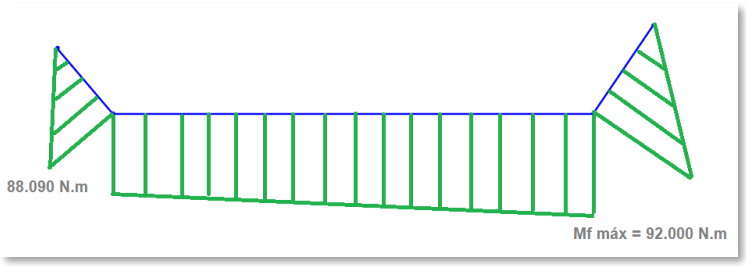


Figura 3-22: *Diagrama distribución de momento flector, tramo 3*

A continuación, se muestra un resumen de los distintos valores de momento flector máximo para cada tramo:

Tabla 3-1: Resumen valores de momento flector posición de carga 1

		Nodo	Esfuerzo cortante [N]	Momento Flector [N.m]
Posición de carga 1	Tramo 1	A	35.678	0
		B	107.050	27.190
		C	107.050	0
	Tramo 2	C	82.256	0
		D	82.256	68.370
		E	226.913	75.000
		F	226.913	0
	Tramo 3	F	431.832	0
		G	431.832	92.000
		H	532.260	88.090
		I	532.260	0

3.2.2 Posición de carga 2

Se considera como segunda posición aquella en la cual la altura de elevación del contenedor respecto del suelo es máxima.

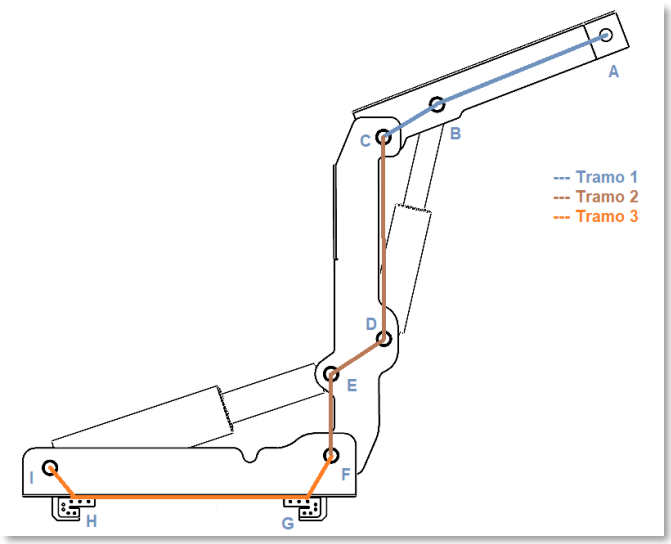


Figura 3-23: *Esquema posición de carga 2*

El procedimiento de cálculo para la posición de carga 2 se omite ya que es similar al desarrollado anteriormente. Se muestra a continuación una tabla con los valores de momento flector máximo obtenidos en los distintos tramos para esta segunda posición de carga:

Tabla 3-2: Resumen valores de momento flector posición de carga 2

		Nodo	Esfuerzo cortante [N]	Momento Flector [N.m]
Posición de carga 1	Tramo 1	A	106.764	0
		B	106.764	27.120
		C	36.382	0
	Tramo 2	C	43.149	0
		D	43.149	44.195
		E	133.917	36.000
		F	133.917	0
	Tramo 3	F	64.028	0
		G	64.028	20.990
		H	129.615	13.318
		I	129.615	0

3.2.3 Dimensionamiento tramos sistema de elevación

Se consideran para el dimensionamiento los valores de esfuerzos internos obtenidos en la posición 1 ya que, como se observa en las tablas 3-1 y 3-2, ésta es la posición más desfavorable.

Dado el diseño y longitudes de los tramos, los esfuerzos predominantes son el corte y la flexión.

Por ello se utiliza el criterio de Von Mises para el dimensionamiento del conjunto ya que permite considerar el efecto combinado de ambas tensiones (Ver ecuación 3.1)

De acuerdo a la tabla 3-1, podemos dimensionar las distintas secciones de los tramos. Siendo el peso del mecanismo un factor limitante, tanto por cuestiones legales (pesos máximos vehiculares establecidos en la Ley 24.449) como por cuestiones técnicas (carga máxima del camión), se piensa en un diseño resistente y liviano.

Los tramos se fabrican en acero ASTM A514 grado B [5], que posee un alto límite elástico (690 MPa) y buena soldabilidad, permitiendo reducir espesores sin comprometer la resistencia. Aun así, se agregan placas de refuerzo soldadas en aquellas secciones críticas.

TRAMO 1:

Se desarrolla a continuación, el procedimiento de cálculo aplicado a la sección B-B' del tramo 1 ya que es la sección más solicitada del mismo.

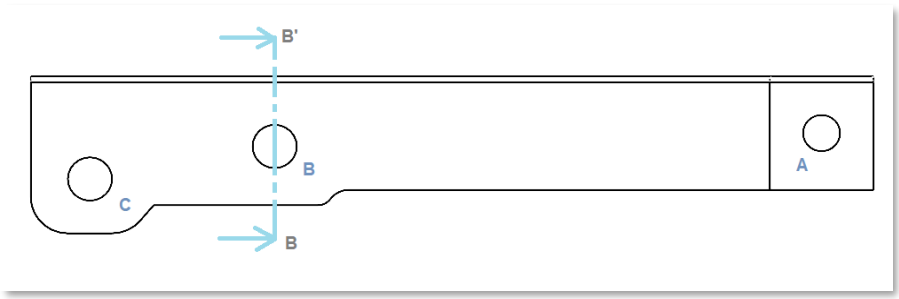


Figura 3-24: *Dimensionamiento tramo 1, sección B-B'*

El criterio de Von Mises establece que la falla ocurre cuando la tensión equivalente ($\sigma_{Von\ Mises}$) alcanza el límite elástico del material.

Se considera que para el acero ASTM A 514 Grado B tenemos:

$$\sigma_y = 690\ \text{MPa} = 69.000\ \text{N/cm}^2$$

Consideramos un factor global de seguridad para los distintos tramos:

$$\text{FOS} = 2{,}5$$

De donde obtenemos el valor de la tensión admisible de trabajo:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma y}{\text{FOS}} = 27.600\ N/cm^2$$

La tensión equivalente de Von Mises viene dada por:

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = \sqrt{\sigma_{flexion}^2 + 3 \cdot \tau_{cortante}^2} \qquad (Ec.3.1)$$

El primer término de la raíz representa las tensiones por flexión y vienen dadas por:

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{\text{M} \cdot \text{ymax}}{\text{I}} \qquad (Ec.3.2)$$

Donde:

- M: Momento flector máximo en la sección (N·cm).
- y_{max}: Distancia desde el eje neutro al borde más lejano de la sección (cm).
- I: Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro (cm⁴).

El segundo término de la raíz representa las tensiones de corte máximas en la sección, y vienen dadas por:

$$\tau_{\text{cortante}} = \frac{\text{V} \cdot \text{Q}}{\text{I} \cdot \text{t}} \qquad (Ec.3.3)$$

Donde:

- V: Esfuerzo cortante máximo (N).
- Q: Es el producto entre el área (A') de la sección parcial por encima (o debajo) del eje neutro (cm²) y la distancia (Y') desde el eje neutro al centroide de esa área parcial (cm).
- I: Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro (cm⁴).
- t: Espesor de la sección (cm).

Teniendo en cuenta los objetivos de diseño tratados anteriormente y considerando que el acero ASTM A514 Grado B viene en formato de chapa en los siguientes espesores: 3/16", ¼ ", 3/8", 1/2", se fabrica el tramo 1 de chapa plegada de 3/16" y se suelda una placa de refuerzo de 3/16" entre los nodos B y C que son los más solicitados.

Para verificar la resistencia del componente se calculan las tensiones de Von Mises en la sección indicada en la figura 3-25.

Los valores de momento de inercia y distancia al eje neutro de la sección son calculados automáticamente mediante SolidWorks.

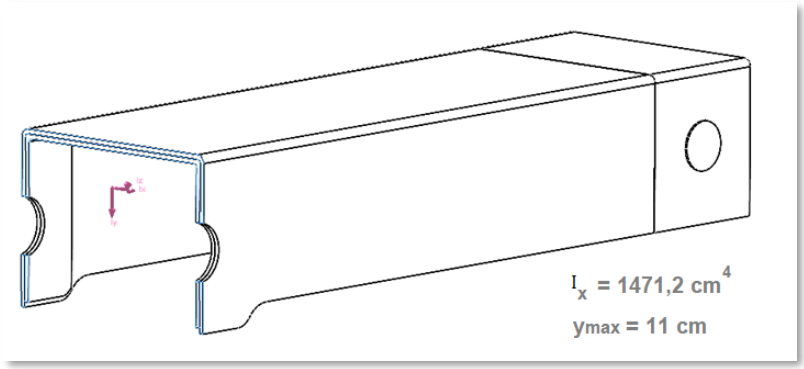


Figura 3-25: *Vista en corte tramo 1, Sección B-B'*

Así:

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{2.719.000\ \text{N.cm}\ .\ 11\ \text{cm}}{1471{,}2\ \text{cm}^4} = 20.329{,}6\ N/cm^2$$

Para el cálculo de las tensiones de corte se evalúa el área parcial A' representada en amarillo en la figura 3-26:

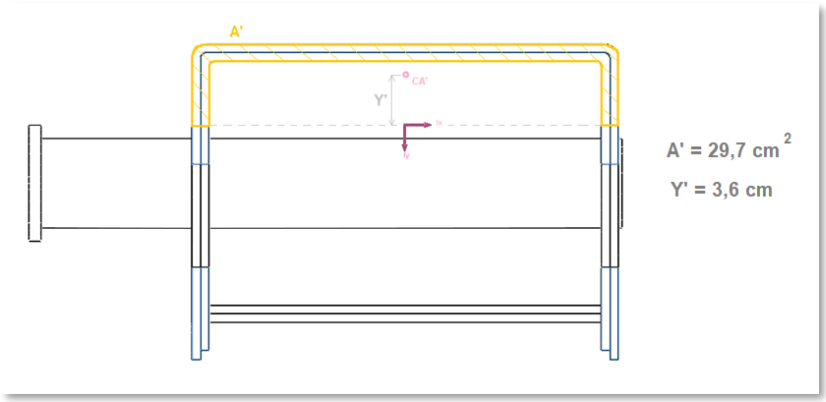


Figura 3-26: *Área parcial A', Sección B-B'*

Así:

$$\tau_{\text{cortante}} = \frac{107.050\ \text{N}\ .\ (29{,}7\ \text{cm}^2\ .\ 3{,}6\ cm)}{1471{,}2\ \text{cm}^4\ .\ 0{,}952\ \text{cm}} = 8.172{,}1\ N/cm^2$$

Finalmente:

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = \sqrt{(20.329{,}6\ N/cm^2)^2 + 3 \cdot (8.172{,}1\ N/cm^2)^2}$$

$$\sigma_{\text{Von Mises}} = 24.772\ N/cm^2$$

Verificándose: $\sigma_{\text{Von Mises}} < \sigma_{\text{adm}}$

Por último, se calcula el diámetro del perno colocado en el extremo del tramo 1, el cual sirve de punto de sujeción de las cadenas de izaje. Este perno es pasante y está soldado en ambos lados, con lo cual no tiene movimiento. El esquema de fuerzas se muestra en la figura 3-27.

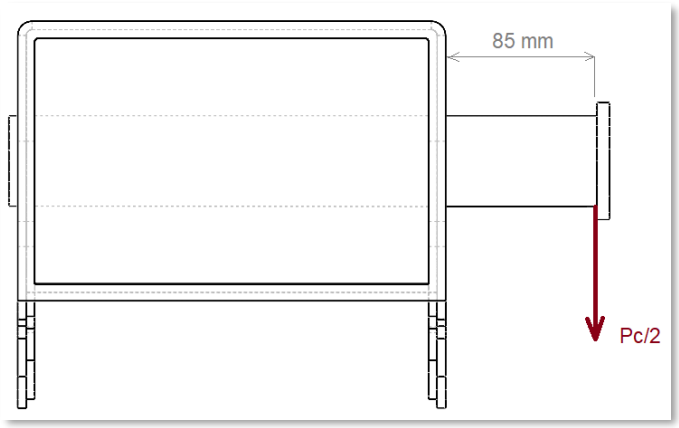


Figura 3-27: *Vista frontal tramo 1, perno de sujeción cadenas*

Considerando un empotramiento, se plantean las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum Fx = 0 => \ N(x) = 0$$

$$\sum Fy = 0 => \ Q(x) = \frac{Pc}{2} = 39.240\ N$$

$$\sum M = 0 => \ M(x) = \frac{Pc}{2} \ . \ x$$

El perno se fabrica en acero SAE 1020, trefilado, cuyo límite de fluencia es:

$$\sigma_y = \ 370\ \text{MPa} = \ 37.000\ \text{N/cm}^2$$

Considerando un factor de seguridad:

$$\text{FOS} = \ 2{,}5$$

De donde obtenemos el valor de la tensión admisible de trabajo:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma y}{\text{FOS}} = 14.800\ N/cm^2$$

Se propone un diámetro de 65 mm, el cual se verifica a continuación:

Se calcula $\sigma_{flexion}$ con la ecuación 3.2, que por ser una sección circular resulta:

$$\sigma_{flexion} = \frac{32 \,.\, Mmáx}{\pi \,.\, D^3} = \frac{32 \,.\, (39.240\ N \,.\, 8{,}5\ cm)}{\pi \,.\, (6{,}5\ cm)^3} = 12.371\ N/cm^2$$

Y el esfuerzo cortante promedio como:

$$\tau_{cortante} = \frac{4 \,.\, F}{\pi \,.\, D^2} = \frac{4 \,.\, 39.240\ N}{\pi \,.\, (6{,}5\ cm)^2} = 1.182{,}5\ N/cm^2$$

Finalmente:

$$\sigma_{Von\ Mises} = \sqrt{(12.371\ N/cm^2)^2 + 3 \cdot (1.185{,}5\ N/cm^2)^2}$$

$$\sigma_{Von\ Mises} = 12.539\ N/cm^2$$

Verificándose: $\sigma_{Von\ Mises} < \sigma_{adm}$

Se omite en este informe el desarrollo del procedimiento de cálculo de los tramos restantes ya que son similares al tramo 1. Para ver dimensiones adoptadas en los tramos 2 y 3 consultar el Anexo 1 – Planimetría.

3.2.4 Cilindros hidráulicos sistema de elevación

El sistema de elevación está compuesto por tres tramos articulados entre sí, accionados mediante dos cilindros hidráulicos.

Ambos cilindros deben tener longitudes de apertura y cierre específicas para asegurar el correcto movimiento de las partes sin generar interferencias durante la elevación y descarga del volquete.

Se resumen, a continuación, los valores de apertura y cierre de cada cilindro:

Tabla 3-3: Resumen valores de carga y apertura cilindros hidráulicos

	Carga máxima (N)	Apertura mínima (mm)	Apertura máxima (mm)	Carrera (mm)
Cilindro 1	241.331	700	960	271
Cilindro 2	627.630	850	1100	249

El denominado cilindro 1 es el cilindro superior del brazo de elevación, siendo el cilindro 2 el de la parte inferior del conjunto (ver figura 3-4).

Se seleccionan cilindros comerciales, fabricados por la empresa española CICROSA [6]. Este fabricante cuenta con una gran variedad de cilindros y accesorios y además fabrican cilindros a medida.

Antes de seleccionar los cilindros del catálogo de la empresa se realiza un primer dimensionamiento considerando cargas máximas y presiones de trabajo del sistema.

Como presión de trabajo para todos los componentes hidráulicos se toman 200 bar.

CILINDRO 1:

Este cilindro debe realizar carga de empuje máxima de 241.331 N.

Para calcular el diámetro interior del cilindro, partimos de la relación:

$$P = \frac{Fmáx}{A} \qquad (Ec. 3.4)$$

Siendo que el cilindro trabaja a empuje, se calcula el diámetro D, de la cámara llena del cilindro.

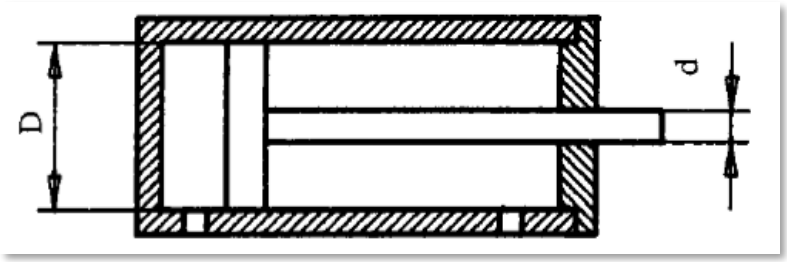


Figura 3-28: *Corte esquemático cilindro hidráulico*

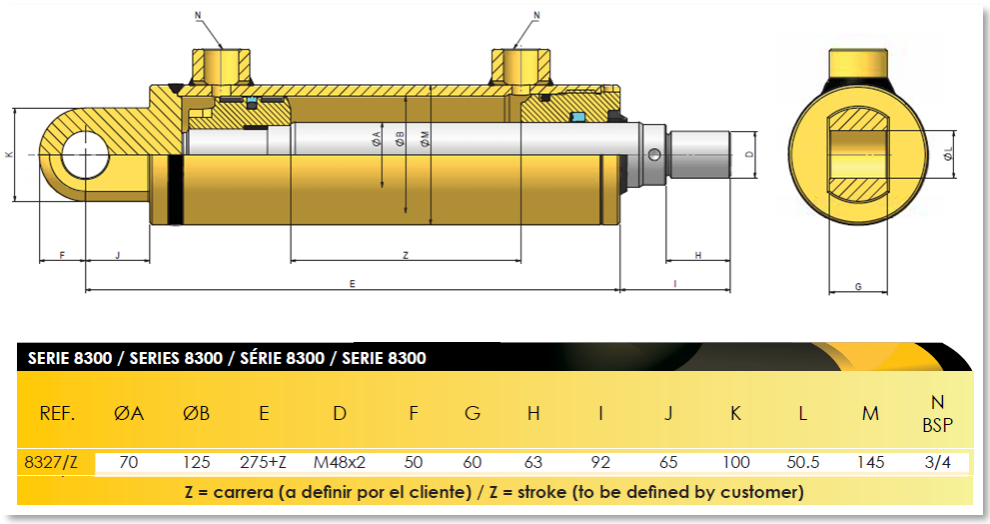
Al tratarse de una sección circular tendremos:

$$D = \sqrt{\frac{4 \,.\, Fa}{\pi \,.\, P}} = \sqrt{\frac{4 \,.\, 241.331\ N}{\pi \,.\, 20\ MPa}} = 123{,}95\ mm$$

Donde:

- Fa: Fuerza de avance (N)
- P: Presión de trabajo (MPa)

Entonces del catálogo de CICROSA, se selecciona el cilindro hidráulico semiestándar modelo 8327/Z, de doble efecto que tiene un diámetro interior de 125 mm:



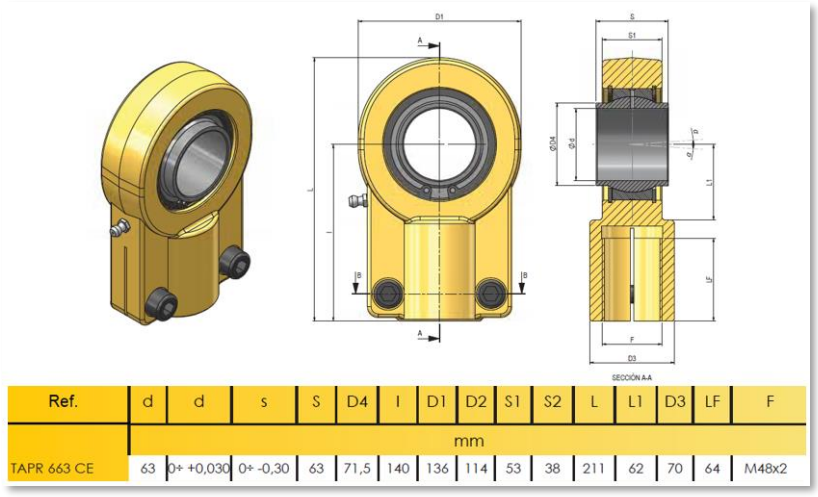
SERIE 8300 / SERIES 8300 / SÉRIE 8300 / SERIE 8300

REF.	ØA	ØB	E	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8327/Z	70	125	275+Z	M48x2	50	60	63	92	65	100	50.5	145	3/4

Z = carrera (a definir por el cliente) / Z = stroke (to be defined by customer)

Figura 3-29: *Selección cilindro hidráulico 1*

Para el extremo del vástago se selecciona, del mismo fabricante, un amarre de rótula.



Ref.	d	d	s	S	D4	l	D1	D2	S1	S2	L	L1	D3	LF	F
	mm														
TAPR 663 CE	63	0+ +0,030	0+ -0,30	63	71,5	140	136	114	53	38	211	62	70	64	M48x2

Figura 3-30: *Selección amarre de rótula para el cilindro hidráulico 1*

CILINDRO 2:

Este cilindro, a diferencia del anterior, trabaja en su posición más desfavorable bajo una carga de tracción de 627.630 N. En este caso se calcula el diámetro interior del cilindro considerando el área anular:

$$D = \sqrt{\frac{4 \,.\, Fr}{\pi \,.\, P} + d^2}$$

Donde:

- Fr: Fuerza de retroceso (N)

- P: Presión de trabajo (MPa)
- d: Diámetro del vástago (mm)

Para seleccionar un modelo del catálogo se debe conocer el diámetro del vástago, d, entonces se realiza una verificación al pandeo para determinar el diámetro mínimo:

Se considera que existe pandeo si se cumple la siguiente desigualdad:

$$\frac{L}{\sqrt{\frac{I}{A}}} \geq 40 \qquad (Ec. 3.5)$$

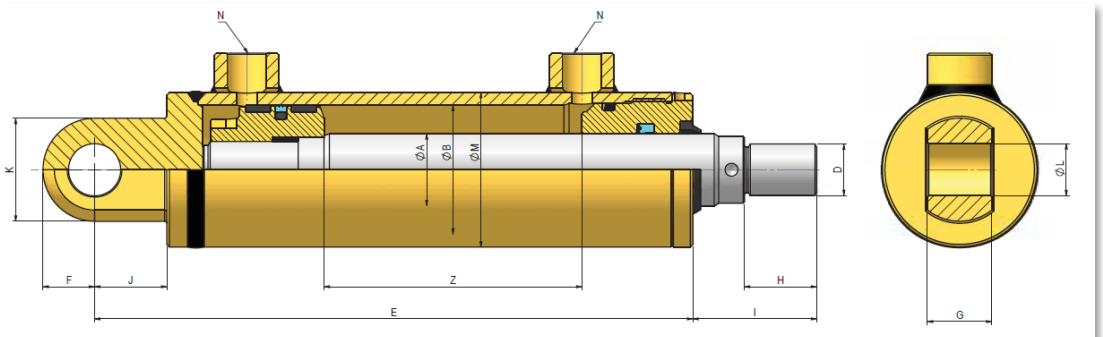
Donde:

- L: longitud del vástago (cm)
- I: Momento de inercia de la sección (cm^4)
- A: Área de la sección transversal (cm^2)

Considerando el modelo 8332/Z del catálogo de CICROSA, el cual tiene un vástago de 90 mm de diámetro y 657 mm de longitud (E + Z + I - J), como se muestra en la figura 3-31, tenemos:

$$\frac{65{,}7\ cm}{\sqrt{\frac{322{,}06\ cm^4}{63{,}62\ cm^2}}} = 29{,}2 \leq 40$$

Con lo cual verifica al pandeo.



SERIE 8300 / SERIES 8300 / SÉRIE 8300 / SERIE 8300

REF.	ØA	ØB	E	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N BSP
8332/Z	90	220	373+Z	M80x3	80	100	95	130	95	160	80.5	230	1

Z = carrera (a definir por el cliente) / Z = stroke (to be defined by customer)

Figura 3-31: *Selección cilindro hidráulico 2*

Así, podemos calcular el diámetro interior del tubo como:

$$D = \sqrt{\frac{4 \,.\, 627.630\ N}{\pi \,.\, 20\ Mpa} + (90\ mm)^2} = 219{,}5\ mm$$

Con lo cual se selecciona el cilindro 8332/Z ya que cumple con las dimensiones calculadas.

Para el extremo del vástago, en este caso, se selecciona un amarre de horquilla. Las dimensiones del mismo se muestran en la figura 3-32.

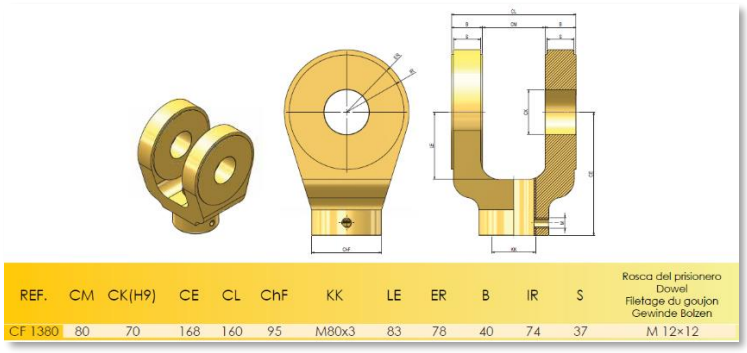


Figura 3-32: *Selección amarre de horquilla para el cilindro hidráulico 2*

3.3 Estabilizadores laterales

Los estabilizadores laterales se accionan durante la carga, descarga y vuelco del contenedor y funcionan como puntos de apoyo adicionales para compensar el desbalance de peso y evitar el vuelco del camión.

Como se mencionó en el apartado 2.3, uno de los objetivos del mecanismo es garantizar la estabilidad, brindando seguridad durante la operación. Por ello, se realiza un análisis de estabilidad para conocer las cargas intervinientes, las distribuciones de pesos y la posición en la que deben trabajar los apoyos estabilizadores.

3.3.1 Selección del camión

En el mercado hay gran variedad de camiones utilizados normalmente para la recolección de residuos de construcción y demolición. Sin embargo, se deben tener en cuenta las dimensiones máximas permitidas para circular en entornos urbanos, el peso máximo que el conjunto transmite a la calzada y el peso máximo admisible por el propio camión, considerando el peso del contenedor cargado y el peso del mecanismo de carga junto con la totalidad de componentes hidráulicos, mecánicos, etc.

Se selecciona del catálogo de IVECO el modelo TECTOR EVO 170E28 [7], que cuenta con una potencia de 280 CV y configuración de ejes S1-D1.



Figura 3-33: *Modelo de camión seleccionado*

Este modelo pesa 5.250 Kg y admite una carga útil de 11.629 Kg.

3.3.2 Análisis de estabilidad

Algunos datos y consideraciones tenidas en cuenta:

- Carga máxima de trabajo ($C_{máx}$): 10.000 kg (8.000 Kg volquete cargado + 2000 Kg peso mecanismo de carga)
- Centro de gravedad del contenedor: Se considera una situación donde la carga no esté repartida homogéneamente, actuando la fuerza peso a 2/3 de su ancho.
- Trocha trasera del camión: 1832 mm
- Separación máxima camión – contenedor: 60 cm

Se muestra a continuación un esquema del camión durante la carga del contenedor:

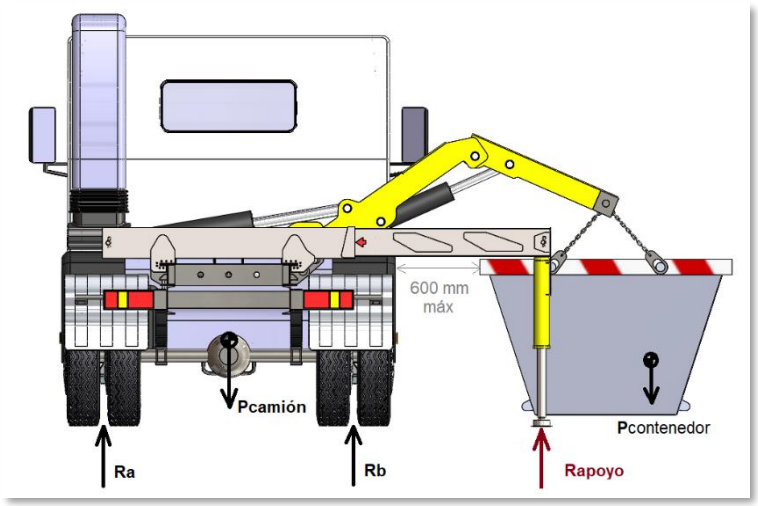


Figura 3-34: *Esquema de fuerzas durante la carga*

El esquema simplificado de la posición de carga indicada en la figura 3-34 resulta:

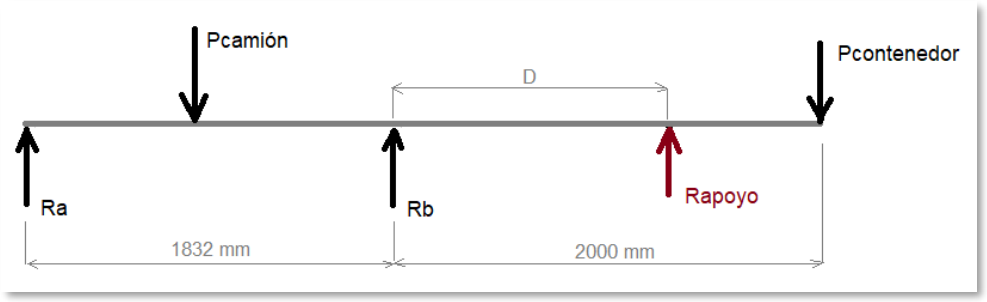


Figura 3-35: *Esquema simplificado de fuerzas durante la carga*

Con lo cual se debe determinar la longitud de apertura de los estabilizadores, es decir la distancia D, medida desde la rueda derecha del vehículo.

Se plantean las ecuaciones de equilibrio:

$$\sum Fy = 0 \quad => \quad Ra + Rb + Rapoyo = Pcamión + Pcontenedor$$

Se considera que, en el momento de la carga, la fuerza de reacción de las ruedas izquierdas es nula, distribuyéndose todo el peso sobre las ruedas derechas y los estabilizadores laterales.

A su vez, la fuerza de reacción Rb será como máximo la mitad del valor de carga máxima de trabajo $C_{máx}$.

Así, considerando que el peso se distribuye entre dos estabilizadores:

$$24.525\ N + Rapoyo = 25.751\ N + 39.240\ N$$

$$Rapoyo = 40.466\ N$$

Luego, se plantea la sumatoria de momentos respecto al punto b:

$$\sum Mb = 0 \quad => \quad Pc\ .\frac{1832\ mm}{2} + Rapoyo\ .D\ -\ Pv\ .2000\ mm = 0$$

$$D = \frac{Pv\ .2000\ mm - Pc\ .\frac{1832\ mm}{2}}{Rapoyo} = \frac{39.240\ N\ .2000\ mm - 25.751\ N\ .\frac{1832\ mm}{2}}{40.466\ N}$$

$$D = 1356\ mm$$

3.3.3 Dimensionamiento y selección de componentes

Conocida la extensión necesaria para el apoyo estabilizador, se modela en SolidWorks el ensamblaje del conjunto, como se indica en la figura 3-36:



Figura 3-36: *Ensamblaje estabilizador lateral*

El conjunto consta de un primer componente solidario al sobre chasis del camión, dentro del cual se desplaza otro tramo accionado por un cilindro hidráulico. En el extremo derecho se observa, en color amarillo, el cilindro hidráulico principal, el cual una vez en posición, se extiende hasta hacer contacto con el suelo.

Para el dimensionamiento del tramo móvil, se considera la situación indicada en la figura 3-37.

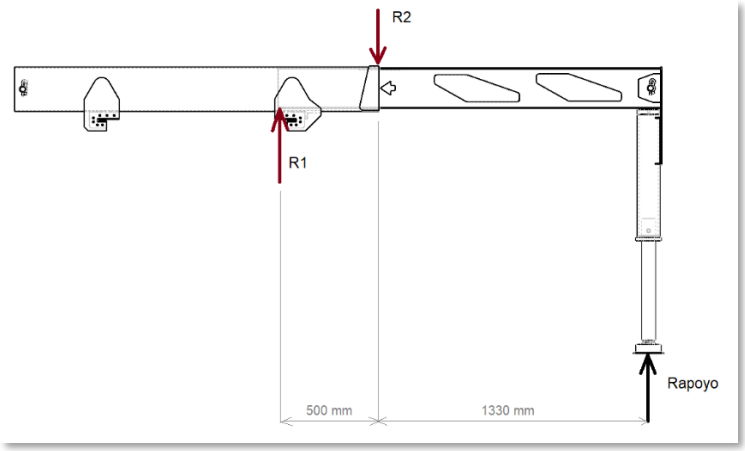


Figura 3-37: *Esquema simplificado de fuerzas*

El momento flector es el esfuerzo predominante, siendo R_{apoyo} la carga aplicada en el extremo derecho que actúa a 1330 mm de R_2.

Por lo tanto:

$$Mmáx = 40.466\,N\,.133\,cm = 5.381.978\,N.cm$$

Para dimensionar la sección se considera solamente el esfuerzo flector, entonces se debe verificar:

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{\text{M}\,.\,\text{ymax}}{\text{I}} \leq \sigma_{\text{adm}}$$

Donde:

- M: Momento flector máximo en la sección (N.cm).
- y_{max}: Distancia desde el eje neutro al borde más lejano de la sección (cm).
- I: Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro (cm^4).

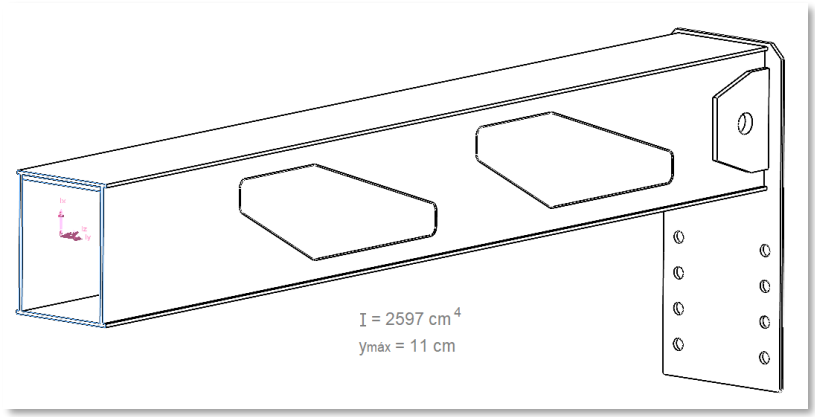


Figura 3-38: *Sección 2-2'*

Se fabrica, al igual que los tramos del sistema de elevación, en chapa soldada de acero ASTM A514 Grado B de 3/16" de espesor, con una placa de refuerzo soldada en la sección más solicitada de ¼" de espesor.

Nuevamente, tenemos:

$$\sigma_{\text{adm}} = 690\ \text{MPa} = 69.000\ \text{N/cm}^2$$

Consideramos un factor global de seguridad para los distintos tramos:

$$\text{FOS} = 2{,}5$$

De donde obtenemos el valor de la tensión admisible de trabajo:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma y}{\text{FOS}} = 27.600\ N/cm^2$$

Finalmente:

$$\sigma_{\text{flexion}} = \frac{5.381.978\ N.cm\ .\ 11\ \text{cm}}{2597\ \text{cm}^4} = 22.800\ N/cm^2$$

Con lo cual se verifica:

$$\sigma_{\text{flexion}} \leq \sigma_{\text{adm}}$$

A modo de verificación, se muestra la distribución de tensiones de Von Mises, obtenida mediante análisis de elementos finitos, realizada con el módulo CAE del software SolidWorks.

Se considera la fuerza R_{apoyo} actuando sobre la placa de sujeción del cilindro hidráulico, y los puntos de contacto con el tramo fijo como apoyos fijos.

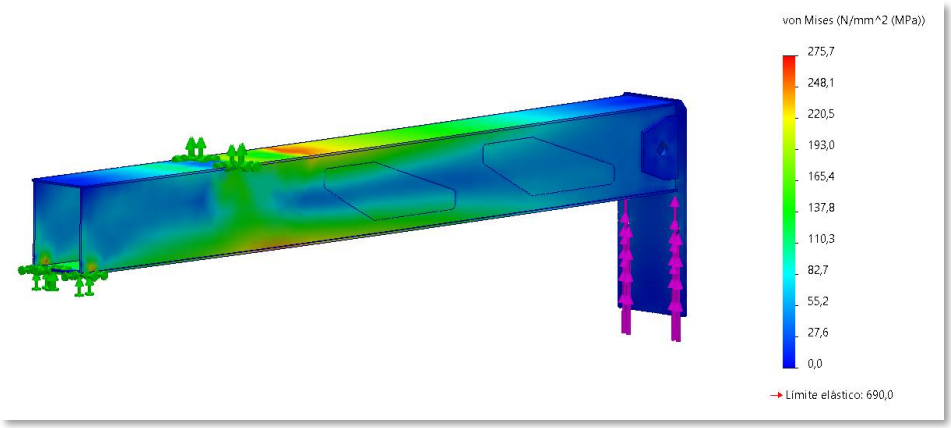


Figura 3-39: *Tensiones de Von Mises tramo móvil*

Se observa una concentración de tensiones alrededor del punto de apoyo superior debido al alto momento flector, sin embargo, aún por debajo de σ_{adm}.

Para el dimensionamiento del tramo fijo del conjunto estabilizador se verifica mediante simulación por elemento finito:

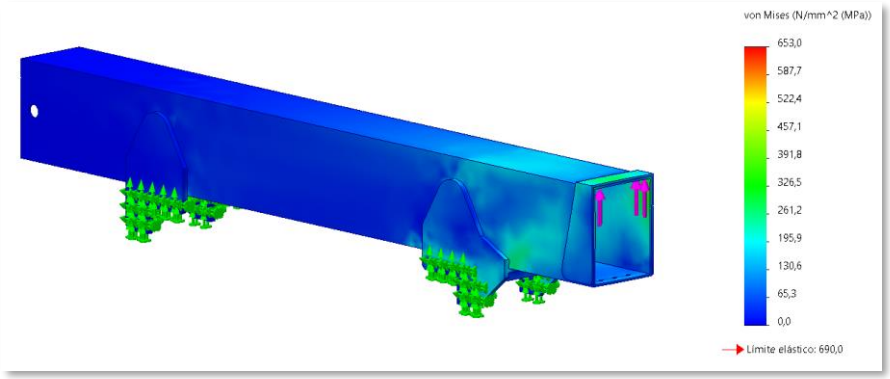


Figura 3-40: *Tensiones de Von Mises tramo fijo*

Este tramo se fabrica en chapa soldada de acero ASTM A514 Grado B de 3/16” de espesor, con placas de soporte que se abulonan al sobre chasis de ¾” de espesor.

Se observa que la tensión de Von Mises máxima es cercana al límite elástico. Esto se debe a una concentración de tensiones localizada en una de las perforaciones para la unión por bulones. Omitiendo ese valor puntual, las tensiones están por debajo de la tensión admisible de diseño.

3.3.4 Cilindros hidráulicos estabilizadores laterales

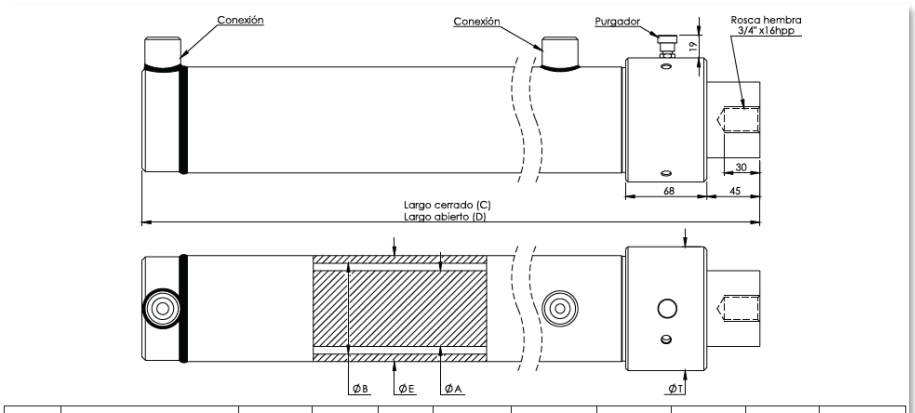
El sistema de apoyos estabilizadores cuenta con dos cilindros hidráulicos. Uno de ellos es el encargado de extender y contraer según se requiera el tramo móvil del conjunto. El otro cilindro tiene la función de garantizar el apoyo, soportando la fuerza R_{apoyo} para evitar el vuelco del vehículo durante la carga

Se seleccionan ambos cilindros hidráulicos de la marca MORO HIDRÁULICA [8].

CILINDRO 1:

Este cilindro trabaja bajo poca carga ya que sólo debe ejercer una fuerza tal que permita el desplazamiento del tramo móvil, existiendo solamente rozamiento con el tramo fijo. Sí se requiere en cambio, que tenga una gran extensión de apertura, desde un valor mínimo de 1833 mm hasta 3100 mm (posición de máxima apertura del apoyo estabilizador).

Se selecciona el modelo 70068, como se muestra en la imagen 3-41.



Código	Descripción	(B) Diámetro vástago (mm)	Carrera (mm)	Carga (kg)	(A) Diámetro interno tubo (mm)	(E) Diámetro externo tubo (mm)	(C) Longitud Cerrado (mm)	(D) Longitud Abierto (mm)	(T) Diámetro Tuerca (mm)	Conexiónes
70068	CIL. HCO. BUZO 38,1 X 1500 - 1000 KG	38,10	1500	1000	50,80	60,30	1800	3300	77	1/4"NPT

Figura 3-41: *Selección cilindro hidráulico para extensión del estabilizador*

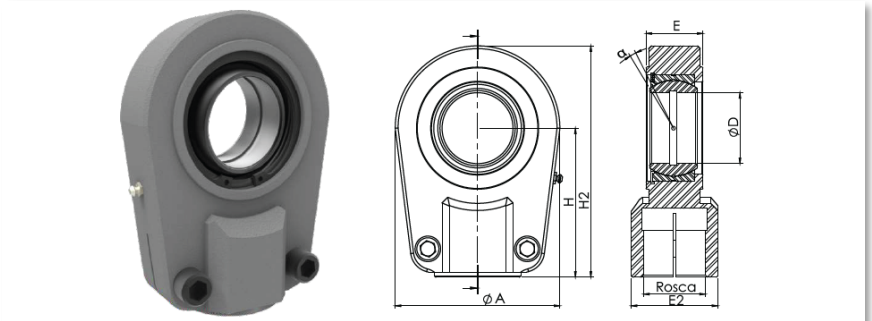
Se deben especificar además las sujeciones en ambos extremos, para el caso del extremo izquierdo de la imagen 3-41 se suelda un anclaje perforado, que el mismo fabricante provee para tal fin.



Código	Dimensiones (mm)			
	(A)	(B)	(C)	(D)
71104	50,80	45,00	25,70	15,87
71105	63,50	45,00	30,20	19,05
71106	63,50	45,00	32,20	19,05
71107	50,80	45,00	25,70	25,40

Figura 3-42: *Anclaje perforado para soldar*

Para el extremo del vástago, se selecciona un extremo roscado con rótula. El mismo se conecta al vástago mediante una varilla roscada.



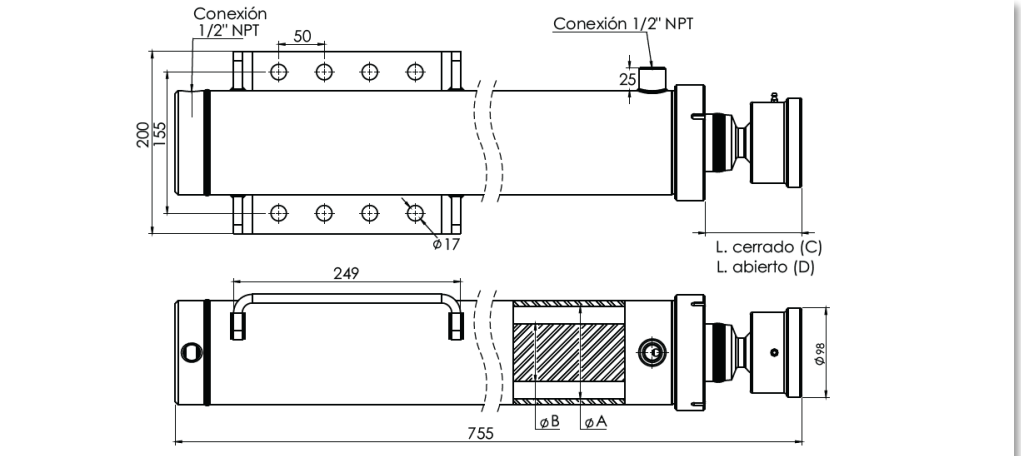
Código	Número	Dimensiones (mm)								Clasificaciones por carga (kn)		Peso (kg)
		D	Rosca	E2	E	A	H	H2	α (°)	Dinámica	Estática	
73107	GIHR-K20DO	20	M16x1,5	25	19	56	50	80	9	30	72	0,43

Figura 3-43: *Rótula con rosca para extremo de vástago*

CILINDRO 2:

Este cilindro trabaja en avance, ya que debe realizar una fuerza de empuje cuyo valor máximo es R_{apoyo} = 4125 Kgf.

Se selecciona el modelo 70107, el cual permite generar una fuerza de empuje máxima de 9700 Kgf a la presión recomendada (200 bar).



Código	Descripción	(A) Diámetro interno (mm)	Carrera (mm)	(B) Diámetro vástago (mm)	(C) Longitud Cerrado (mm)	(D) Longitud Abierto (mm)	Fuerza empuje a presión recom. (kgf)	Anclaje inferior (mm)	Anclaje superior (mm)
70107	CIL. HCO. ESTABILIZADOR 101,6 X 500 X 63,5	101,60	500	63,50	106	606	9700	Placa soporte	Rótula

Figura 3-44: *Selección cilindro hidráulico para apoyo estabilizador*

3.4 Sobre chasis

El sobre chasis es la plataforma que se une al chasis del camión. Es el componente sobre el cual se encuentran los brazos de elevación y los estabilizadores laterales. Además, debe soportar el peso del contenedor y alojar los cilindros hidráulicos de accionamiento del sistema de ganchos para el vuelco y el sistema de deslizamiento del brazo móvil para variar la distancia de separación entre brazos.

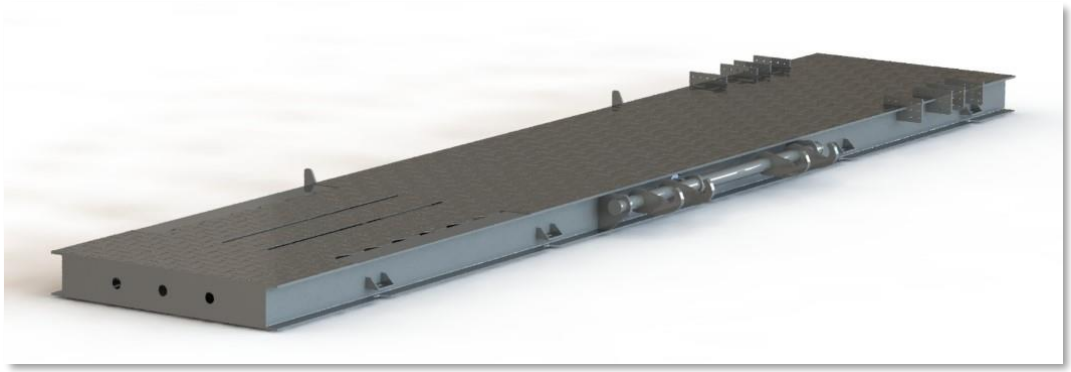


Figura 3-45: *Sobre chasis*

Su diseño con dos perfiles W se debe a que los mismos funcionan como rieles de deslizamiento para el brazo de elevación y el estabilizador lateral traseros, a la vez que permiten una sujeción firme, con gran resistencia a la flexión producida durante la carga del contenedor.

3.4.1 Regulación de distancia entre brazos de elevación

Dado que los contenedores para RCD varían en su capacidad y por lo tanto en sus dimensiones, el mecanismo debe poder adaptarse según se requiera efectuar la carga de un contenedor de 5 m^3 (3,2 m de largo) o uno de 3 m^3 (2,6 m de largo).

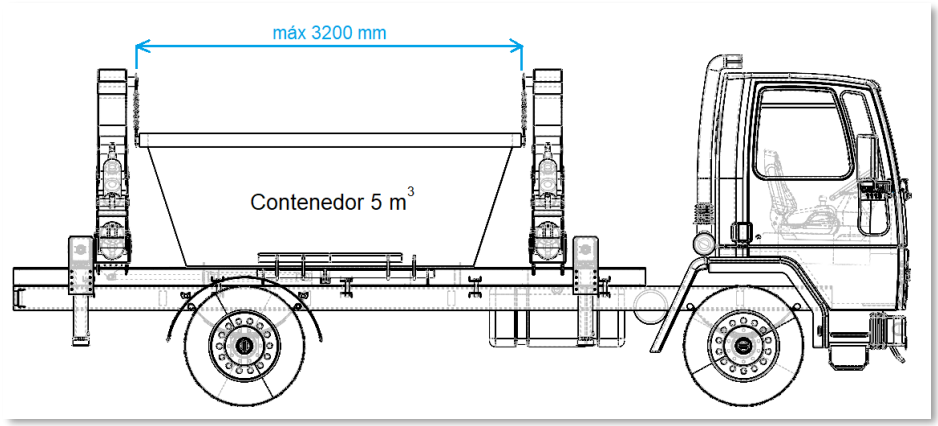


Figura 3-46: *Separación entre brazos para volquete 5 m^3*

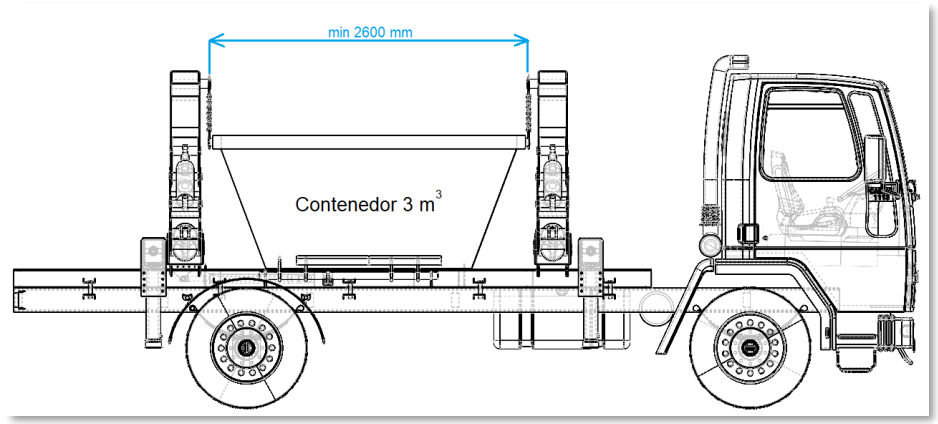


Figura 3-47: *Separación entre brazos para volquete 3 m^3*

Un cilindro hidráulico, montado en el sobre chasis del camión, permite desplazar uno de los brazos de elevación junto con su estabilizador. Los mismos se sujetan al perfil lateral de la plataforma mediante placas de acero ASTM A514 Grado B, que tiene alta resistencia a la abrasión y al desgaste.

Para la selección del cilindro hidráulico se tiene en cuenta:

- Carrera mínima (600 mm)
- Fuerza de empuje en dirección del movimiento

La fuerza de empuje se calcula a partir del peso del conjunto a desplazar y del coeficiente de rozamiento, que en este caso es acero – acero:

$$F = \mu e \ . \ P$$

Donde el peso del conjunto brazo de elevación – estabilizador es:

$$P = \ 610 \, Kg \ = 5895{,}8 \, N$$

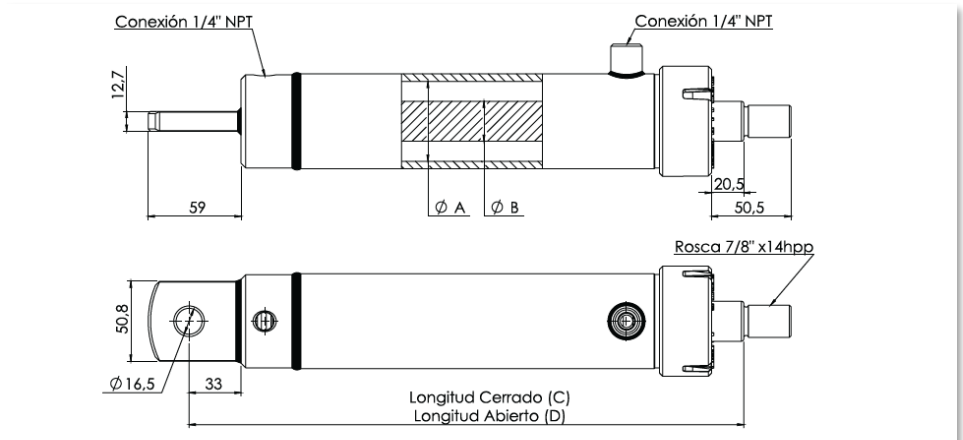
Tabla 3-4: Coeficientes de fricción

Superficies en contacto	μ_e	μ_d
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

Así:

$$F = 0{,}74 \ . \ 5895{,}8 \, N = 4363 \, N$$

Con lo cual se selecciona un cilindro hidráulico del fabricante MORO HIDRÁULICA con las siguientes características:



Código	Descripción	(A) Diámetro interno (mm)	Carrera (mm)	(B) Diámetro vástago (mm)	(C) Longitud Cerrado (mm)	(D) Longitud Abierto (mm)	Fuerza empuje a presión recom. (kgf)
70065	CILINDRO HCO. STD D.E. P/ FUMIGADOR 50,8 X 700 X 25,4	50,80	700	25,40	887	1587	2400

Figura 3-48: *Cilindro hidráulico de ajuste de distancia entre brazos de elevación*

Se realiza un análisis por elemento finito, simulando una condición de unión apernada para dimensionar el espesor de las placas de deslizamiento, ya que al vincular el

sobre chasis con el brazo de elevación deben soportar las reacciones calculadas en la figura 3-17.

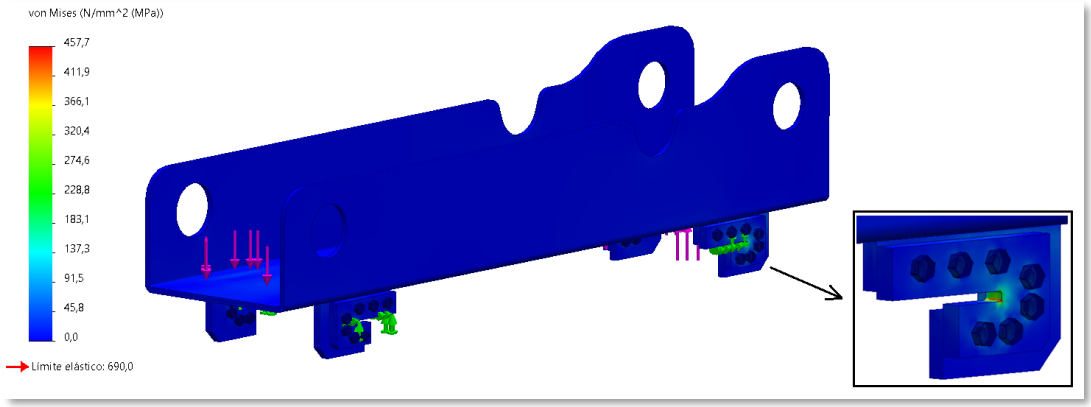


Figura 3-49: *Tensiones de Von Mises unión apernada*

Se observa una gran concentración de tensiones en la ranura de las placas del lado derecho, ya que son las más solicitadas. Aun así, considerando un espesor de 12,7 mm, no se supera el límite elástico del material.

3.4.2 Ganchos de sujeción para el vuelco

La barra de ganchos de sujeción, junto con el cilindro hidráulico que la acciona, se encarga de sujetar el contenedor por su punto de agarre inferior permitiendo que pivote y vuelque su contenido.

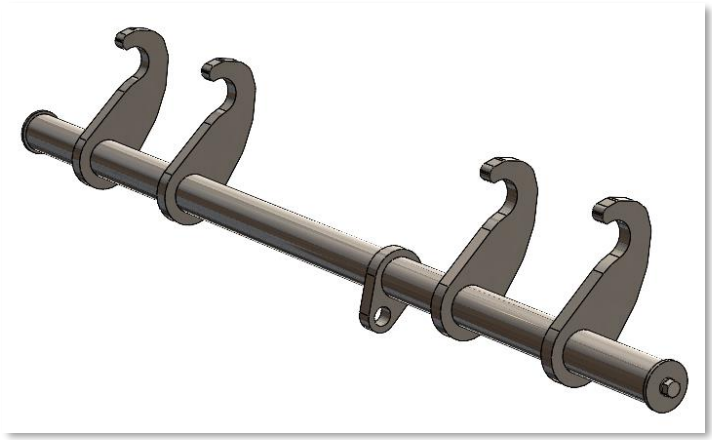


Figura 3-50: *Barra y ganchos de sujeción*

El componente consta de una barra central de 60 mm de diámetro y 1390 mm de longitud. Sobre la barra se sueldan los 4 ganchos de sujeción, cortados en chapa de 12,7 mm de espesor, con separaciones específicas que permiten trabajar con

contenedores de distintas medidas. Tanto la barra como los ganchos son de acero SAE 1045 (σ_y = 530 MPa).

Para su dimensionamiento se consideran las fuerzas que interactúan al momento del vuelco, como se observa en la figura 3-56, el peso del contenedor se distribuye entre las cadenas de izaje de cada brazo de elevación y sobre el conjunto de ganchos (sólo tres de los ganchos trabajan durante la operación de vuelco).

Planteando las ecuaciones de equilibrio se obtiene que cada gancho debe soportar 16.167 N.

La figura 3-51 esquematiza esta situación, siendo R $_{ganchos}$ la fuerza calculada.

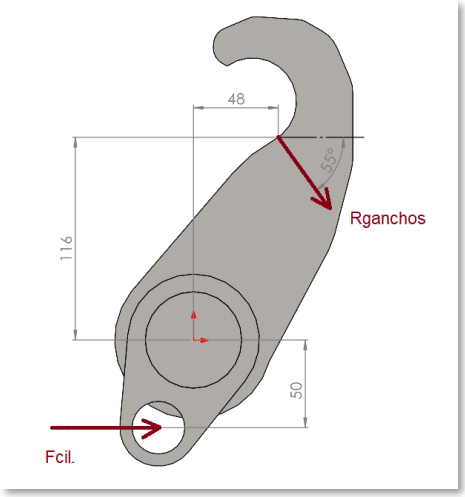


Figura 3-51: *Fuerzas sobre el gancho de sujeción*

Para calcular la fuerza de empuje que el cilindro hidráulico debe realizar se plantea sumatoria de momentos respecto al centro de la barra principal.

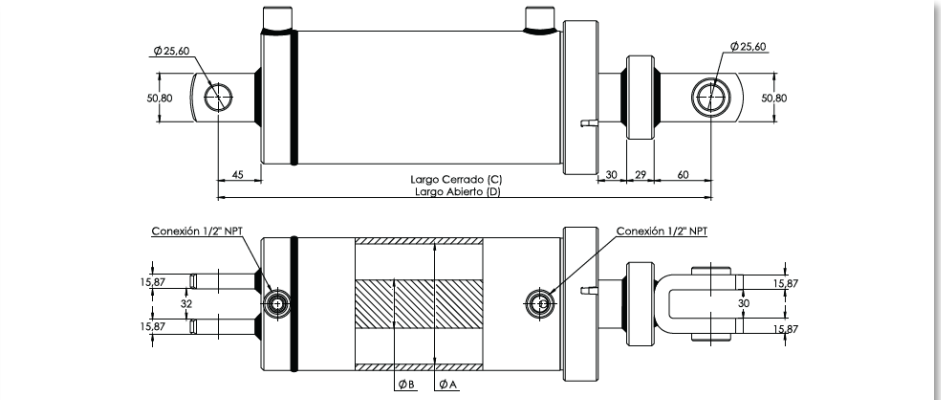
$$\sum Mo = 0$$

$$0 = Fcil\,.5\ cm - (3\,.16167\ N)\,.Cos\,(55°)\,.11{,}6\ cm - (3\,.16167\ N)\,.\ Sen\,(55°)\,.4{,}8\ cm$$

De donde:

$$Fcil. = 102.680\ N$$

Con lo cual se selecciona el siguiente cilindro hidráulico, nuevamente del fabricante MORO HIDRÁULICA, que cumple con las necesidades de apertura y cierre máximos y la fuerza de empuje es superior a la calculada.



Código	Descripción	(A) Diámetro interno (mm)	Carrera (mm)	(B) Diámetro vástago (mm)	(C) Longitud Cerrado (mm)	(D) Longitud Abierto (mm)	Fuerza empuje a presión recom. (kgf)
70041	CIL. HCO. RASTRA ROME 12 - 127 X 304 X 50,8	127	304	50,80	620	924	15200

Figura 3-52: *Cilindro hidráulico de accionamiento de ganchos para vuelco*

Mediante análisis de elementos finitos se verifica la resistencia del componente, en el momento en que comienza a volcarse el contenido del volquete de 5 m^3. El contenedor apoya sobre tres de los ganchos y el cilindro hidráulico está realizando su máxima fuerza de empuje.

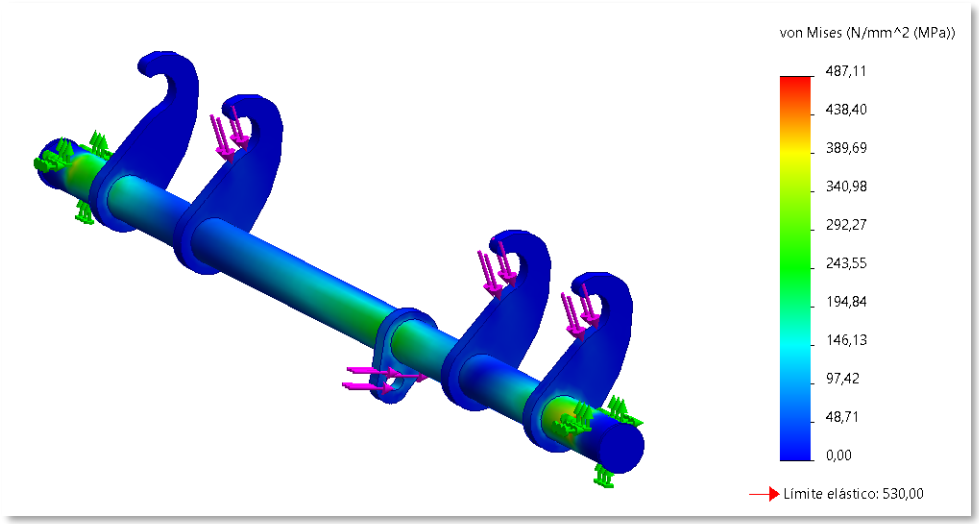


Figura 3-53: *Tensiones de Von Mises barra de sujeción para vuelco*

3.4.3 Pernos de sujeción

En este apartado se desarrolla el cálculo y dimensionamiento de los tornillos de sujeción que vinculan la plataforma con el chasis del camión.

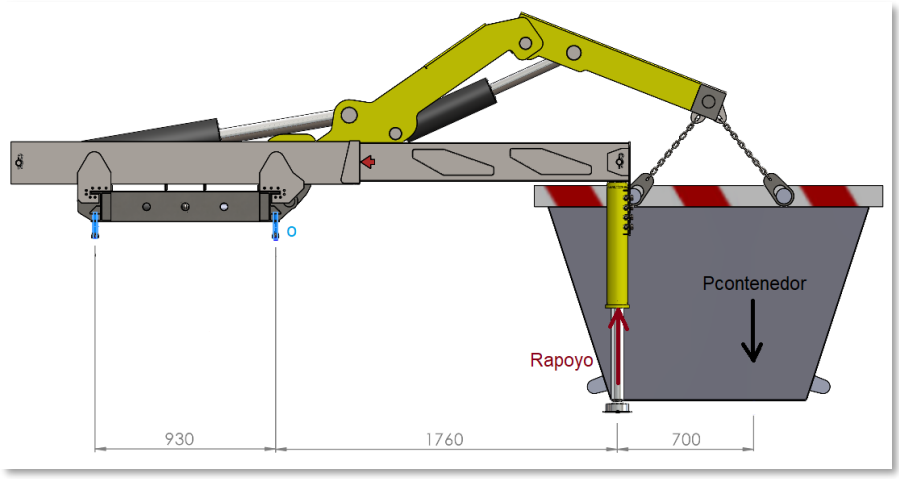


Figura 3-54: *Esquema posición de carga para dimensionamiento de pernos*

La figura 3-54 representa las fuerzas que el contenedor y los estabilizadores laterales transmiten al sobre chasis durante la carga.

En color azul se indican las posiciones de los pernos y se colocan 5 tornillos por cada lado de la plataforma.

En primer lugar, se calcula la fuerza que actúa sobre un perno dentro de un conjunto considerando el momento flector que generan las fuerzas R_{apoyo} y $P_{contenedor}$ respecto al punto “o”.

$$F_b = \frac{M \cdot b_n}{l \cdot \sum {b_n}^2} \qquad (Ec\ 3.6)$$

Donde:

- M: Momento flector respecto al punto “o” (N.mm).
- B_n: distancia de un tornillo en particular al punto “o” (mm)
- l: Cantidad de hileras de tornillos

A partir de la figura 3.54:

$$M = Rapoyo\ .1760\ mm - Pcontenedor\ .2460\ mm$$

$$M = 50.619.600\ N.mm$$

Así, para los pernos del lateral izquierdo, los cuales están sometidos a tracción se tiene:

$$F_b = \frac{50619600\ N.mm \cdot 930\ mm}{5 \cdot (930\ mm)^2} = 10.885\ N$$

Para dimensionar la sección resistente se considera la ecuación recomendada por la norma CIRSOC 301 [9], tomando un tipo de unión de aplastamiento sin juego.

$$R_d \cdot N = \phi \cdot A_b \cdot \eta \cdot Fu \qquad (Ec\ 3.7)$$

Donde:

- R_d: Resistencia de diseño a la tracción (N).
- N: Factor de seguridad
- ϕ: Factor de resistencia (se recomienda tomar ϕ = 0,75)
- A_b: Área bruta del vástago del bulón (mm^2)
- η: Coeficiente por reducción de área bruta del perno en la rosca (η = 0,75)
- Fu: Tensión de rotura a la tracción (MPa)

Se seleccionan bulones de alta resistencia ISO 8.8, con una resistencia a la tracción de 800 MPa.

Despejando el diámetro del bulón de la ecuación 3.7:

$$Dmin = \sqrt{\frac{4 \cdot R_d \cdot N}{\phi \cdot Fu \cdot \eta \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10885\ N \cdot 3}{0{,}75 \cdot 800\ \text{MPa} \cdot 0{,}75 \cdot \pi}} = 9{,}7\ mm$$

Finalmente se seleccionan bulones de diámetro 12,7 mm

3.5 Rediseño contenedores

Siendo que este proyecto plantea una modificación operativa respecto al mecanismo convencional de carga trasera, se deben realizar ciertas reformas en el diseño de los contenedores convencionales ya que, como se observa en la imagen 3-55, éstos no son compatibles con el mecanismo de carga lateral.

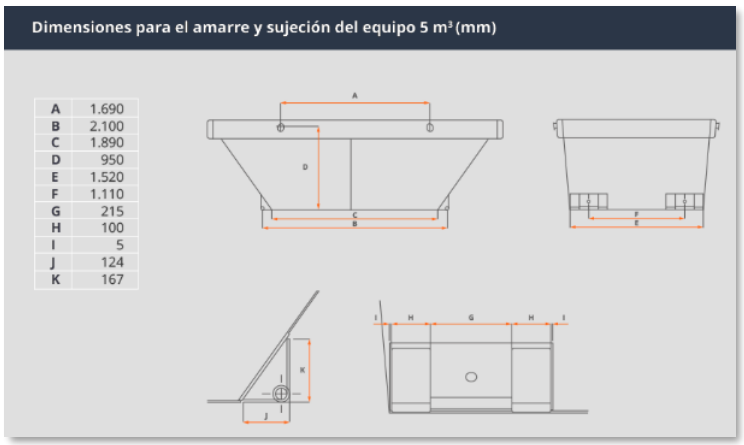


Figura 3-55: *Dimensiones y puntos de sujeción contenedores convencionales*

En primer lugar, se deben modificar los puntos de sujeción.

Los agarres superiores, que vinculan el contenedor con las cadenas de izaje deben colocarse al frente y en la parte de atrás del contenedor y no en los laterales.

A su vez, la barra inferior, de la cual se sujeta el volquete durante la descarga debe colocarse en los laterales del contenedor ya que el vuelco del mismo se realiza hacia la derecha del vehículo (Ver figura 3-3).

Otra modificación a tener en cuenta es el ángulo de inclinación de los laterales. En el diseño convencional podemos ver que son prácticamente verticales, pero al efectuar el vuelco lateral se requiere cierta pendiente para que el material deslice.

Para el rediseño se debe tener en cuenta el ángulo de fricción interna del material (ϕ), el mismo representa el ángulo máximo en el que las partículas de un material granular (como arena o escombros) pueden estar inclinadas sin deslizarse, debido a la fricción entre ellas.

Tabla 3-5: Ángulo de fricción interna según tipo de terreno

Tipo de terreno	w(kg/m3)	ϕ(°)
Arcilla suave	1440 a 1920	0° a 15°
Arcilla media	1600 a 1920	15° a 30°
Limo seco y suelto	1600 a 1920	27° a 30°
Limo denso	1760 a 1920	30° a 35°
Arena suelta y grava	1600 a 2100	30° a 40°
Arena densa y grava	1920 a 2100	25° a 35°

A partir de la tabla 3-5, promediando los distintos tipos de suelo, se concluye que se debe lograr un ángulo de inclinación durante la descarga de 30° respecto a la horizontal, como se indica en la figura 3-56.

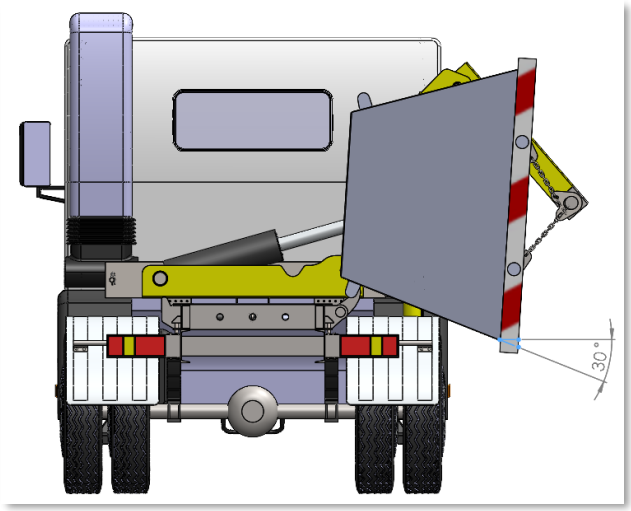


Figura 3-56: *Posición de vuelco que garantiza el deslizamiento de la carga*

3.6 Cadenas y elementos de izaje

El mecanismo de elevación se vincula al contenedor mediante un conjunto de ganchos y cadenas.

Se muestra a continuación un esquema del conjunto, en la posición de trabajo, es decir, con la apertura entre ramales para la sujeción del contenedor.

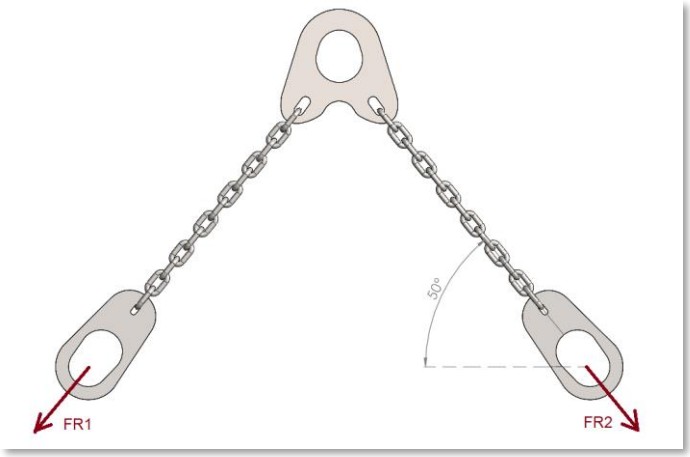


Figura 3-57: *Conjunto cadenas y pasadores en posición de trabajo*

Un método práctico de calcular la distribución de carga en cada ramal es considerar un factor que está tabulado según el ángulo de apertura entre ramales. Para el caso de un ángulo de 50° respecto a la horizontal, el factor es 1,10.

$$FR1 = FR2 = \frac{Pc}{4} . 1{,}10 = 2200\ Kgf$$

Se selecciona una cadena de izaje grado 80 de la marca IZAJES S.A. [10] de dimensión nominal 8 mm, que admite una carga de hasta 2800 Kg, y los grilletes para unir la cadena con los ganchos pasadores.

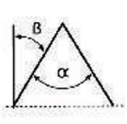
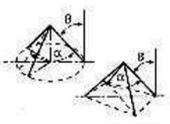
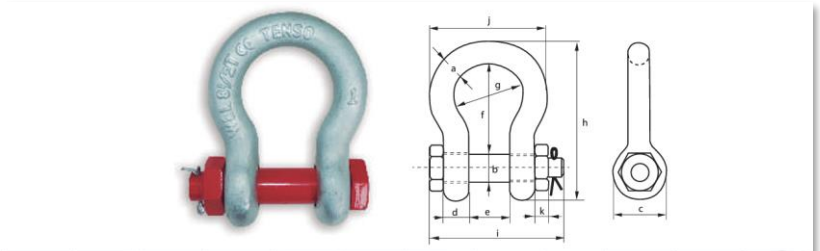
Eslingas de cadena		Cargas ramales simple			Cargas multiramales			
								
Número de ramales, n		-	-	-	2 ramales		3 y 4 ramales	
Ángulo de inclinación respecto a la vertical, ß		-	-	-	ß<45°	45°<ß<60°	ß<45°	45°<ß<60°
Ángulo entre ramales opuestos, α		-	-	-	α<90°	90°<α<120°	α<90°	90°<α<120°
Factor para el cálculo de la CMU, f=n.cosß		1	0.8	2	1,4	1	2,1	1,5
Cadena G80 	Dimensión Nominal (mm)	CARGA MÁXIMA DE UTILIZACIÓN - CMU (kg) EN 818-4, coeficiente de seguridad 4:1 Eslingas de Cadena cargadas de forma equilibrada						
	6	1.120	896	2.240	1.600	1.120	2.360	1.700
	8	2.000	1.600	4.000	2.800	2.000	4.250	3.000
	10	3.150	2.520	6.300	4.250	3.100	6.700	4.750

Figura 3-58: *Cadena de sujeción seleccionada*



Carga máxima de trabajo	Diámetro cuerpo	Diámetro bulón	Diámetro externo ojo	Espesor ojo	Ancho mínimo interno	Longitud interior	Ancho máximo interno	Longitud total	Longitud total bulón	Ancho total externo	Peso unidad
Tn	a mm	b mm	c mm	d mm	e mm	f mm	g mm	h mm	i mm	j mm	kg
3,25	16	19	40	16	27	64	43	114	93	79	0.63

Figura 3-59: *Ganchos pasadores para cadenas de izaje*

El diseño y verificación de resistencia de los ganchos pasadores se realiza mediante SolidWorks. Ambos ganchos pasadores se fabrican en acero SAE 1045, de 3/8” de espesor. Las figuras 3-60 y 3-61 muestran el resultado del análisis por elemento finito.

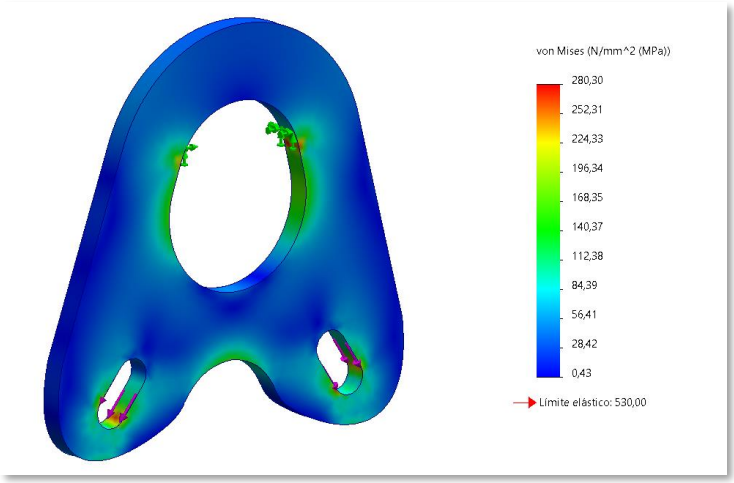


Figura 3-60: *Tensiones de Von Mises gancho superior*

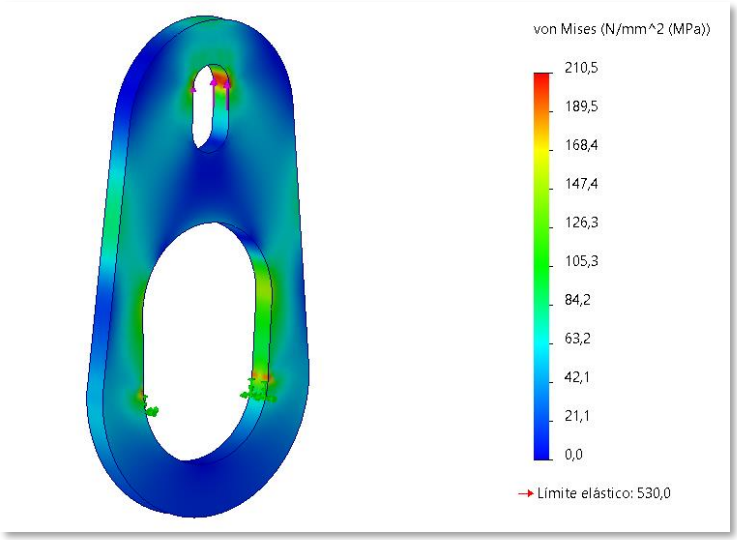


Figura 3-61: *Tensiones de Von Mises gancho inferior*

Capítulo 4: Sistema hidráulico

En este capítulo se desarrolla el cálculo y selección de los distintos componentes del sistema hidráulico

4.1 Cálculo de caudales de cilindros hidráulicos

Para la selección de la bomba, el depósito de aceite y las cañerías se requiere conocer el caudal de cada uno de los cilindros hidráulicos y el caudal máximo en cada operación.

4.1.1 Conjunto estabilizadores laterales

Los estabilizadores trabajan en simultaneo, realizándose primero la apertura del brazo extensible y luego la apertura de los cilindros de apoyo.

El caudal de aceite hidráulico se calcula según la siguiente ecuación:

$$Q = A \cdot v = \frac{A \cdot \Delta x}{t} \qquad (Ec\ 4.1)$$

Donde, para los **cilindros de apertura del brazo extensible** se tiene:

- D_{int}: 5,08 cm
- $d_{vástago}$: 3,81 cm
- Carrera: 124,2 cm
- Tiempo de apertura y cierre: 12 segundos

Caudal para el avance:

$$Q = \frac{\frac{\pi \cdot (5{,}08\ cm)^2}{4} \cdot 124{,}2\ cm}{12\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 12{,}6\ l/min$$

Caudal para el retroceso:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot ((5{,}08\ cm)^2 - (3{,}81\ cm)^2) \cdot 124{,}2\ cm}{12\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 5{,}51\ l/min$$

Y para los **cilindros de apoyo**:

- D_{int}: 10,16 cm
- $d_{vástago}$: 6,35 cm
- Carrera: 50 cm

- Tiempo de apertura y cierre: 10 segundos

Caudal para el avance:

$$Q = \frac{\frac{\pi \cdot (10{,}16\ cm)^2}{4} \cdot 50\ cm}{10\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 24{,}3\ l/min$$

Caudal para el retroceso:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot ((10{,}16\ cm)^2 - (6{,}35\ cm)^2) \cdot 50\ cm}{10\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 14{,}8\ l/min$$

Siendo el caudal máximo del conjunto:

$$Q máx = 2 \cdot \ 24{,}3\ l/\min = 48{,}6\ l/min$$

4.1.2 Conjunto Brazos de elevación

El caudal total será el necesario para accionar ambos cilindros de ambos brazos ya que trabajan en simultáneo. Para cada cilindro tenemos:

Cilindro inferior:

- D_{int}: 22 cm
- $d_{vástago}$: 9 cm
- Carrera: 24,9 cm
- Tiempo de apertura: 20 segundos
- Tiempo de retroceso: 40 segundos

Caudal para el avance:

$$Q = \frac{\frac{\pi \cdot (22\ cm)^2}{4} \cdot 24{,}9\ cm}{20\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 28{,}4\ l/min$$

Caudal para el retroceso:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot ((22\ cm)^2 - (9\ cm)^2) \cdot 24{,}9\ cm}{40\ seg} \cdot 0{,}06 = \ 11{,}82\ l/min$$

Cilindro superior:

- D_{int}: 12,5 cm
- $d_{vástago}$: 7 cm

- Carrera: 27,1 cm
- Tiempo de apertura: 20 segundos
- Tiempo de retroceso: 40 segundos

Caudal para el avance:

$$Q = \frac{\frac{\pi \cdot (12{,}5\ cm)^2}{4} \cdot 27{,}1\ cm}{20\ seg} \cdot 0{,}06 = 10\ l/min$$

Caudal para el retroceso:

$$Q = \frac{\frac{\pi}{4} \cdot ((12{,}5\ cm)^2 - (7\ cm)^2) \cdot 27{,}1\ cm}{40\ seg} \cdot 0{,}06 = 3{,}42\ l/min$$

Siendo el caudal máximo del conjunto:

$$Qmáx = 2 \cdot 28{,}4\ l/\min + 2 \cdot 10\ l/min = 76{,}8\ l/min$$

Dado que el conjunto de brazos de elevación requiere el mayor caudal, se tendrá en cuenta dicho valor para la selección de la bomba hidráulica.

4.2 Selección de componentes

Para la selección de los componentes del sistema hidráulico se sigue la guía del fabricante MUNCIE POWER PRODUCTS, “Sistemas hidráulicos montados en camiones” [11], junto con el catálogo de productos de su página web.

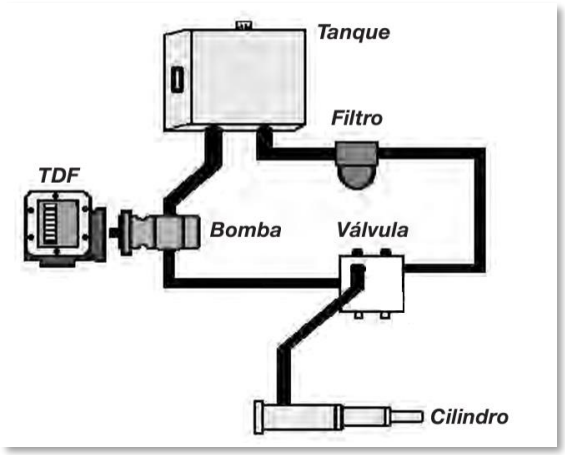


Figura 4-1: *Sistema hidráulico simple montado en camión*

Los sistemas hidráulicos montados en camiones, independientemente de su aplicación, tienen en común los componentes y los principios de funcionamiento básicos de cualquier sistema hidráulico. Utilizan una fuente de energía, tanques,

bombas, válvulas de control direccional y accionadores para mover y controlar el fluido y así realizar el trabajo.

El motor del camión suministra la potencia a la bomba hidráulica a través de una toma de fuerza (TDF), a través de correas de la polea del cigüeñal o directamente a través de un ensamble de eje de transmisión tubular. En cualquier caso, el motor principal debe ser capaz de proporcionar la potencia necesaria para alimentar al sistema hidráulico.

En base al caudal máximo y a la presión de trabajo de la bomba se puede calcular la potencia que consume el sistema hidráulico como:

$$N = \frac{Qmáx\ .\ Pmáx}{600\ .\ \eta}\ .1{,}341 \qquad (Ec\ 4.2)$$

Donde:

- N: Potencia consumida por el sistema hidráulico (HP)
- $Qmáx$: Caudal máximo (l/min)
- $Pmáx$: Presión máxima de trabajo (bar)
- η: Rendimiento de la bomba

Así:

$$N = \frac{76{,}8\ l/min\ .\ 200\ bar}{600\ .\ 0{,}9}\ .1{,}341 = 38\ HP$$

4.2.1 Bomba hidráulica

Las bombas de engranaje son el diseño más común en uso para sistemas hidráulicos montados en camión. Las bombas de engranaje son relativamente económicas, tienen pocas piezas móviles, son fáciles de mantener y, en general, toleran más la contaminación que otros diseños.

Los parámetros a tener en cuenta para la selección de la bomba hidráulica son:

- Caudal: $76{,}8\ l/min$
- Accionamiento: por TDF del camión
- Presión de trabajo: 200 bar

Se selecciona una bomba de engranajes modelo PK1-11 con las siguientes características:



ESPECIFICACIONES

Modelo	Despl. pulg³ (cc)	Máx* rpm	Min* rpm	Pres. máx psi (bar)	Puerto Lat. N.P.T	Puerto Lat. O.D.T	Puerto Tras. N.P.T	Bomba O.D.T Puerto Tras.	Motor O.D.T Puerto Tras.	Peso** lbs (kg)
PK1-11	2.46 (40)	3000	600	3000 (207)	1	1	1	1	1	30.3 (13.8)

Figura 4-2: *Bomba hidráulica de engranajes*

Dado que la bomba desplaza 40 cm^3 por revolución, se debe accionar a 2000 rpm para lograr desplazar el caudal requerido de 76,8 l/min.

4.2.2 Depósito de aceite

La capacidad del depósito, según recomendación del fabricante, se calcula como el volumen requerido para la apertura total de los cilindros más un 20% adicional de reserva en el depósito.

Siendo la carga del contenedor la operación que mayor consumo de aceite requiere, ya que tanto los estabilizadores como los brazos de elevación estarán en su máxima apertura, el volumen del depósito resulta:

$$Vdepósito = 46{,}5\ l$$

Se selecciona un depósito de acero de 56 litros ya que es el modelo disponible más acorde al requerimiento.



Figura 4-3: *Depósito de aceite*

4.2.3 Mangueras y tuberías

Las mangueras hidráulicas y tuberías deben ser del tipo y tamaño adecuados para transportar el aceite a la velocidad de caudal y presión especificados.

Debido al movimiento de las distintas partes del mecanismo se seleccionan tuberías de acero para aquellos tramos fijos y mangueras sólo donde no se puedan instalar tuberías rígidas.

Para el cálculo de diámetros se utiliza la gráfica mostrada en la figura 4-4 que permite obtener el diámetro según el caudal de aceite y la velocidad de flujo.

El fabricante recomienda una velocidad de flujo de 1,5 m/s para la línea de succión y una velocidad de 5 m/s para la línea de presión.

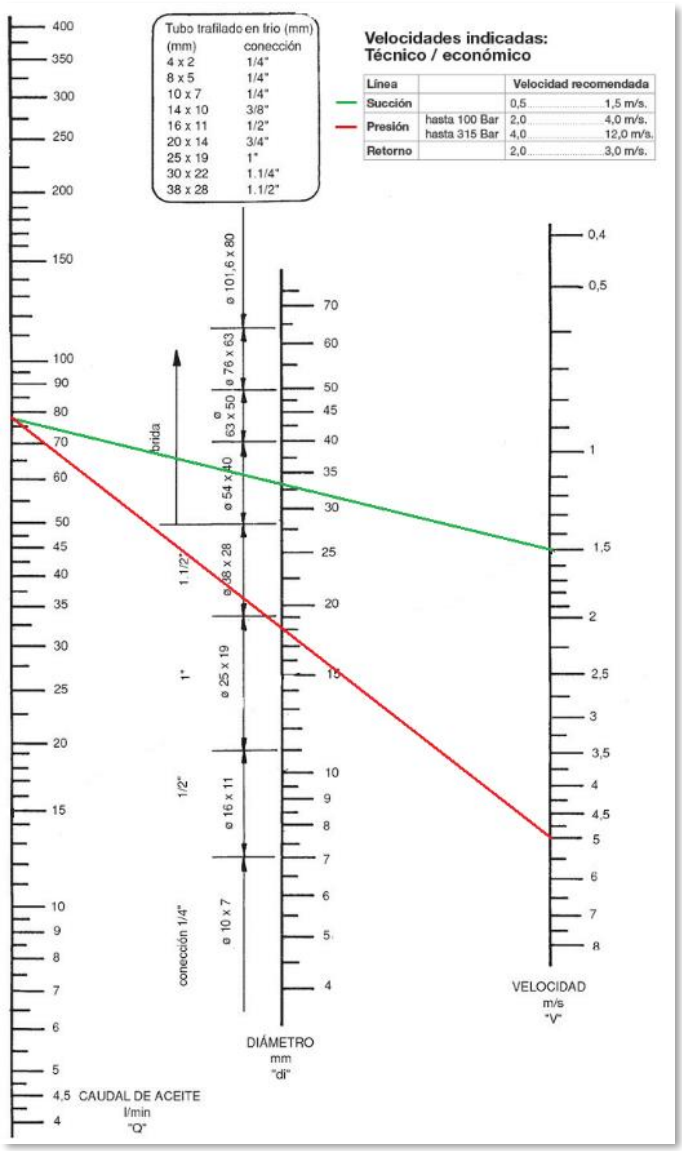


Figura 4-4: *Tabla de selección del diámetro nominal de las tuberías*

Para la línea de succión se selecciona una tubería de acero trefilada en frio de diámetro interior 38 mm.

Para la línea de presión se combinan según su ubicación tuberías de acero de 20 mm de diámetro interior y mangueras tipo SAE 100R17, de 20 mm de diámetro interno.



Figura 4-5: *Manguera hidráulica*

La manguera SAE 100R17 tiene dos capas de malla enrollada y puede soportar las presiones más altas del sistema. Se puede usar entre las bombas y válvulas, y entre las válvulas y accionadores.

4.2.4 Aceite hidráulico

El aceite debe cumplir diversas funciones dentro del sistema hidráulico: suministrar potencia, lubricar los componentes, disipar el calor y llevarse los contaminantes.

Para los aceites hidráulicos, la viscosidad en el arranque (en frío) no debe superar los 1620 cSt y la viscosidad a 40 °C debería estar en el rango de 16 a 44 cSt**.**

La recomendación de limpieza ISO para un sistema típico de bomba de engranaje de centro abierto que funciona a 200 bar es 19/17/15.

Se selecciona un aceite SHELL Tellus S2 MX 22 con las siguientes características:

Tabla 4-1: Propiedades aceite hidráulico Shell Tellus S2 MX 22

Properties			Method	Shell Tellus S2 MX 22
Tipo de fluido ISO				HM
Viscosidad Cinemática	@0°C	cSt	ASTM D445	190
Viscosidad Cinemática	@40°C	cSt	ASTM D445	22
Viscosidad Cinemática	@100°C	cSt	ASTM D445	4.4
Índice de Viscosidad			ISO 2909	105
Densidad	@15°C	kg/l	ISO 12185	0.852
Punto de Chispa (COC)		°C	ISO 2592	215
Punto de Fluidez		°C	ISO 3016	-30

4.2.5 Válvulas direccionales

Las válvulas de control direccional dirigen el flujo de aceite producido por la bomba hacia los distintos accionadores del sistema o de vuelta hacia el tanque.

Se seleccionan válvulas direccionales serie V080 seccionales, de centro abierto, que son el tipo de válvulas usadas en camiones grúa con bombas de desplazamiento fijo.

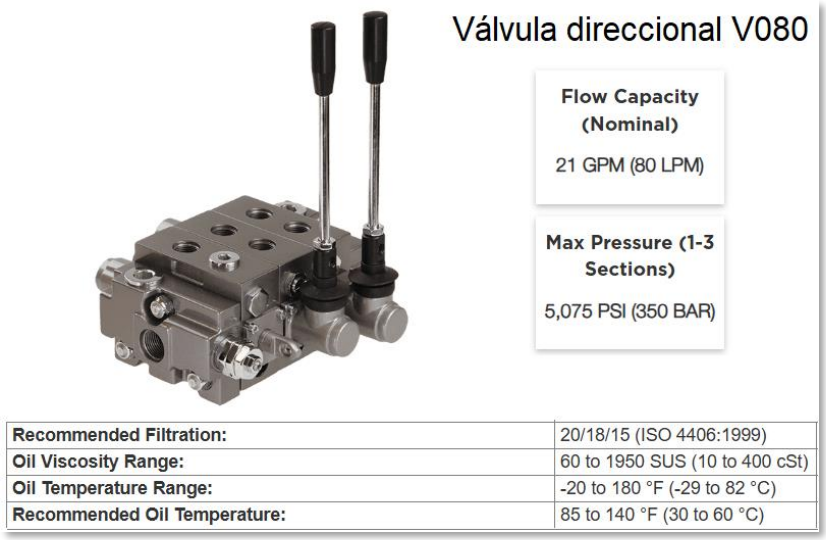


Figura 4-6: *Válvula direccional*

4.2.6 Válvulas divisoras de caudal

Se usan para dividir el flujo producido por una sola bomba de manera que puedan funcionar dos sistemas simultáneamente.

Dado que los brazos de elevación y los estabilizadores trabajan en forma simultánea se decide colocar una válvula divisora de caudal para cada conjunto de cilindros, de modo que a la salida de la válvula direccional se reparta el caudal 50/50.



Figura 4-7: *Válvula divisora de caudal*

4.2.7 Filtros de aceite

Los filtros correctamente seleccionados y mantenidos evitan que los contaminantes dañen los componentes hidráulicos y permiten que el funcionamiento del sistema sea más frío, silencioso y duradero.

Se selecciona un **colador de succión** que se ubica dentro del depósito y sirve para atrapar objetos grandes, como escorias de soldadura, trapos, pernos, herramientas manuales y rocas.

Para la línea de retorno, el fabricante recomienda seleccionar un filtro para el doble del flujo del sistema, con lo cual se selecciona el **filtro de retorno** RLF(G)-501, con indicador analógico, tamaño de 10 micrones y flujo máximo de 190 l/min.

4.2.8 Descripción del funcionamiento

El diagrama unifilar del circuito se muestra en el Anexo 2 – Circuito hidráulico, el mismo cuenta con una bomba de engranajes que es accionada por la toma de fuerza del camión. Una serie de válvulas direccionales permiten accionar mediante palancas los distintos cilindros hidráulicos del sistema. Los pares de cilindros homólogos de los brazos de elevación y de los estabilizadores laterales cuentan con válvulas distribuidoras de caudal que permiten el movimiento en simultaneo de los mismos a pesar de distribuciones no homogéneas de la carga, garantizando una elevación simétrica del contenedor.

Los cilindros de los apoyos de los estabilizadores cuentan además con una válvula antirretorno para garantizar la estanqueidad y asegurar que se mantenga su posición de apertura durante el tiempo de operación.

En la línea de retorno se coloca un filtro de 10 micrones con una válvula de bypass.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

El proyecto desarrollado cumple satisfactoriamente con los objetivos planteados al inicio del trabajo. El nuevo sistema de carga y vuelco lateral facilita significativamente la maniobra del camión porta volquetes en entornos urbanos congestionados, donde el espacio es limitado y la operación del sistema convencional se encuentra restringida. La implementación de brazos hidráulicos articulados, ajustables a diferentes tamaños de volquetes, permite una operación más versátil y adaptada a las necesidades reales del servicio.

Asimismo, el diseño incorpora apoyos estabilizadores que incrementan la seguridad del camión durante el proceso de carga, minimizando el riesgo de vuelco incluso al manipular volquetes de hasta 8000 kg. Esto no solo garantiza la integridad del vehículo y su carga, sino que también mejora la confiabilidad operativa en condiciones de uso extremo. El análisis de materiales y la utilización de tecnologías avanzadas como el diseño asistido por computadora permitieron optimizar el balance entre resistencia y peso, ofreciendo una solución técnicamente viable.

Recomendaciones

Para futuros trabajos relacionados con el diseño y optimización de sistemas porta volquetes, se sugiere profundizar en estudios de estabilidad dinámica del vehículo durante maniobras de carga y descarga, incorporando análisis más avanzados de elementos finitos y simulaciones que incluyan condiciones reales de operación, como inclinación del terreno y cargas asimétricas.

También se recomienda abordar un estudio detallado de costos que abarque tanto la fase de diseño como la fabricación y operación del sistema. Este análisis debería incluir una evaluación comparativa de materiales alternativos en función de su costo-beneficio, considerando el precio, la durabilidad y el desempeño esperado. Además, sería útil incorporar un análisis de costos operativos a largo plazo, incluyendo mantenimiento, reemplazo de componentes y consumo energético.

Bibliografía

[1] C. Altamira, M.E. Sosa, C. Zega, RECICLAJE DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN EN ARGENTINA. Disponible en: (https:// INFORME tratamiento de residuos de la construcción y demolición en Argentina)

[2] Decreto reglamentario 32/18 de la Ley Nacional de Tránsito y Vialidad 24.449. Disponible en: (https://www.argentina.gob.ar/decreto-32-2018)

[3] Ordenanza Municipal 10025/19 Rosario. Disponible en: (Rosario.gob.ar)

[4] Informe Asociación de Fábricas Argentinas de Componentes (A.F.A.C.). Disponible en: (https: afac-flota-circulante-2023.pdf)

[5] Especificaciones Acero ASTM A514 Grado B. Disponible en: (ASTM-A514-Gr-B)

[6] CICROSA Cilindros hidráulicos Catálogo general. Disponible en: (https://www.cicrosa.com/catalogo-general-2022) p. 37, 41, 42

[7] Ficha técnica camión IVECO TECTOR EVO 170E28. Disponible en: (https://www.iveco.com/argentina/technical-sheets/TECTOR_EVO)

[8] MORO HIDRÁULICA catálogo general. Disponible en: (Morohidraulica.com.ar)

[9] Reglamento CIRSOC 301. Disponible en: (Reglamento_CIRSOC 301)

[10] Catálogo IZAJES S.A. Disponible en: (https://izajes.com/Catalogo) p. 8, 11

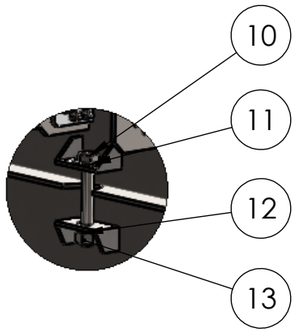
[11] Guía MUNCIE POWER PRODUCTS “Sistemas hidráulicos montados en camiones”. Disponible en: (https://www.munciepower.com/Guía de diseño)

MECÁNICA DE MATERIALES, Russell C. HIBBELER – Octava edición Pearson 2011 p. 287, 363

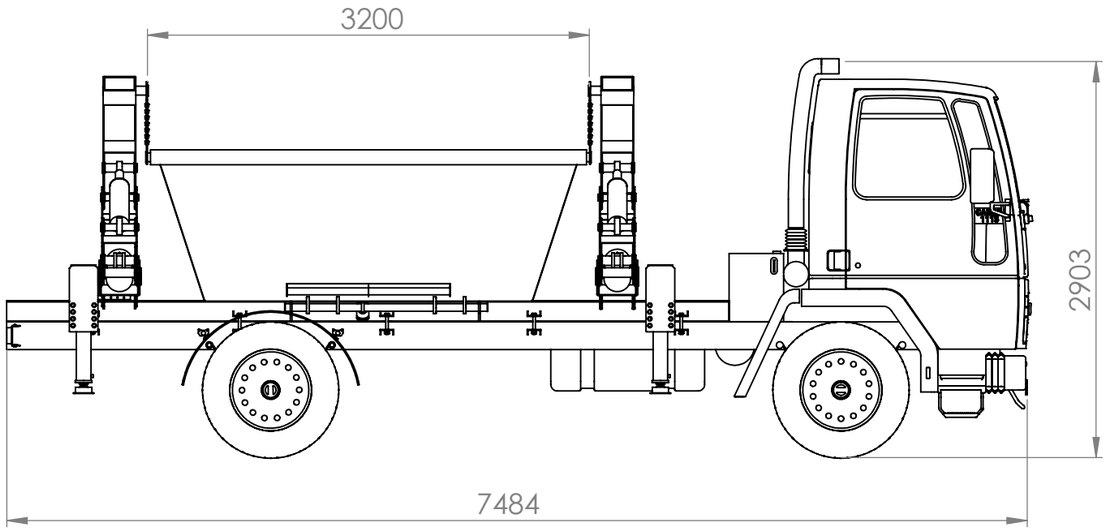
OLEOHIDRÁULICA, SERRANO Antonio Nicolas – Segunda edición MC Graw Hill 2002, p. 119 - 148

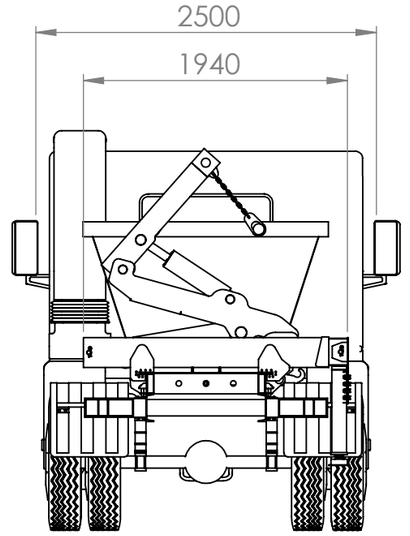
Anexo 1: Planimetría

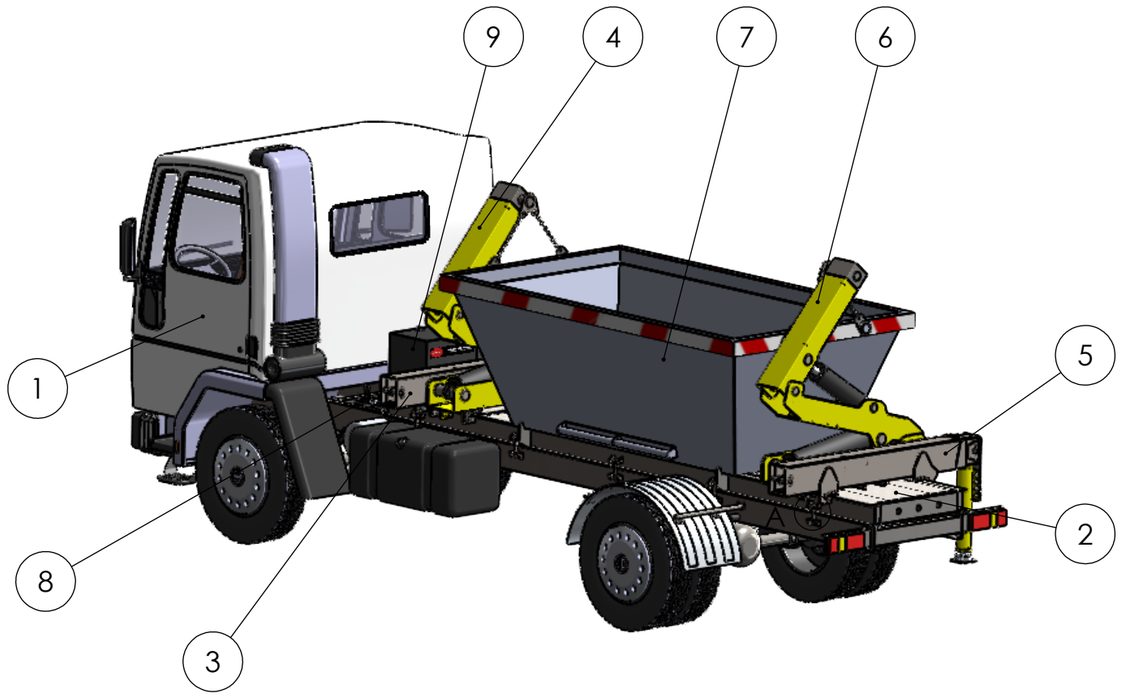
CODIFICACIÓN COMPONENTES MECANISMO PORTA VOLQUETES				
Código			Descripción	Cantidad
PV EC - 000			Ensamblaje completo porta volquetes	1
	PV CA - 000		Camión IVECO Tector evo 170E28	1
	PV SC - 000		Conjunto Sobre Chasis	1
		PV SC - 001	Plataforma - Sobre chasis	1
		PV SC - 002	Barra ganchos para vuelco	1
		PV SC - 003	Buje barra ganchos para vuelco	2
		PV SC - 004	Tope barra ganchos para vuelco	2
		PV SC - 005	Arandela elástica 1/2"	2
		PV SC - 006	Tornillo hex. 1/2" -20 x 1"	2
		PV SC - 007	Cilindro hidráulico ganchos para vuelco - M.H. 70041	1
		PV SC - 008	Perno conexión cilindro - barra ganchos	1
		PV SC - 009	Aro Seeger perno 8 DSH-25	1
		PV SC - 010	Perno conexión cilindro ganchos - plataforma	1
		PV SC - 011	Aro Seeger perno 10 DSH-25	1
		PV SC - 012	Cilindro hidráulico ajuste distancia B.E. - M.H. 70065	1
		PV SC - 013	Perno conexión cilindro - placas B.E.	1
		PV SC - 014	Aro Seeger perno 13 DSH-30	1
		PV SC - 015	Perno conexión cilindro - plataforma	1
		PV SC - 016	Aro Seeger perno 15 DSH-17	1
		PV SC - 017	Placa sujeción brazo de elevación	2
	PV EL - 000		Conjunto Estabilizador lateral móvil	1
		PV EL - 001	Cajón móvil apoyo lateral	1
		PV EL - 002	Extension brazo apoyo	1
		PV EL - 003	Cilindro apertura estabilizador - M.H. 70068	1
		PV EL - 004	Cilindro de apoyo - M.H. 70107	1
		PV EL - 005	Perno soporte cilindro apertura	2
		PV EL - 006	Chaveta perno soporte cilindro	2
		PV EL - 007	Placa POM antifricción	2
		PV EL - 008	Tornillo cabeza avellanada 3/8" -16	6
		PV EL - 009	Arandela elástica 3/8"	6
		PV EL - 010	Tuerca 3/8" - 16	6
		PV EL - 011	Tornillo 3/8" -16 x 1,375"	28
		PV EL - 012	Arandela plana 3/8"	28
		PV EL - 013	Arandela elástica 3/8"	28
		PV EL - 014	Tuerca hex. 3/8" -16	28
		PV EL - 015	Arandela plana 5/8"	8
		PV EL - 016	Tuerca hex. 5/8" -18	8
		PV EL - 017	Tornillo hex. 5/8" -18 x 1,5"	8
		PV EL - 018	Arandela elástica 5/8"	8
		PV EL - 019	Placa para deslizamiento sobre plataforma	4
	PV BE - 000		Conjunto Brazo de elevación móvil	1
		PV BE - 001	Tramo 1 Brazo de elevación	1
		PV BE - 002	Tramo 2 Brazo de elevación	1
		PV BE - 003	Tramo 3 Brazo de elevación	1
		PV BE - 004	Cilindro hidráulico inferior - Cicrosa 8332/Z	1
		PV BE - 005	Cilindro hidráulico superior - Cicrosa 8327/Z	1
		PV BE - 006	Perno unión cilindro inferior - Tramo 3	1
		PV BE - 007	Buje perno 6	2
		PV BE - 008	Anillo de retención perno 6 DSH-80	1
		PV BE - 009	Placa de deslizamiento sobre plataforma	4
		PV BE - 010	Arandela plana 3/8"	28
		PV BE - 011	Tornillo hex. 3/8"-16 x 1,5"	28
		PV BE - 012	Arandela elástica 3/8"	28
		PV BE - 013	Tuerca hex. 3/8" -16	28
		PV BE - 014	Perno unión Tramo 2 - Tramo 3	1
		PV BE - 015	Buje perno 14	2
		PV BE - 016	Anillo de retención perno 14 DSH-70	1
		PV BE - 017	Perno unión cilindro inferior - Tramo 2	1
		PV BE - 018	Buje perno 17	2
		PV BE - 019	Anillo de retención perno 17 DSH-70	1
		PV BE - 020	Perno unión cilindro superior - Tramo 2	1
		PV BE - 021	Buje perno 20	2
		PV BE - 022	Anillo de retención perno 20 DSH-50	1
		PV BE - 023	Perno unión Tramo 2 - Tramo 1	1
		PV BE - 024	Anillo de retención perno 23 DSH-50	1
		PV BE - 025	Buje perno 23	2
		PV BE - 026	Perno unión cilindro superior - Tramo 1	1
		PV BE - 027	Anillo de retención perno 26 DSH-63	1
		PV BE - 028	Buje perno 26	2
	PV CH - 000		Circuito hidráulico (Ver Anexo 2)	1



DETALLE A
ESCALA 1 : 10







REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
13	Tuerca hex. 1/2" -16		10
12	Arandela elástica 1/2"		10
11	Arandela plana 1/2"		10
10	Tornillo hex. 1/2" - 16 x 5,5" x 1,375"		10
9	Depósito de aceite		1
8	Sistema hidráulico	Ver Anexo 2	1
7	Contenedor 5 m³		1
6	Brazo de elevación móvil		1
5	Estabilizador lateral móvil		1
4	Brazo de elevación fijo		1
3	Estabilizador lateral fijo		1
2	Sobre Chasis		1
1	Camión IVECO TECTOR EVO 170E28		1

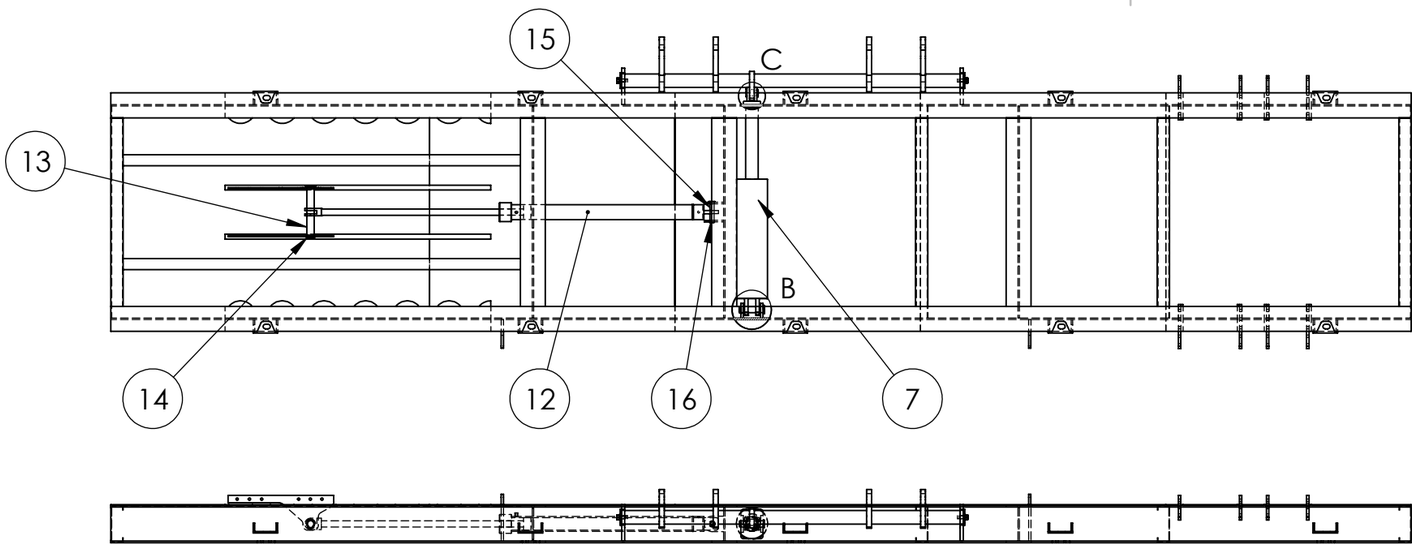
PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

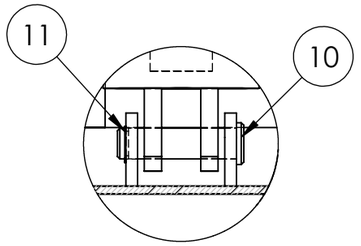
TÍTULO:
Listado de componentes

CÓDIGO: PV EC - 000
CONJUNTO: Ensamblaje Porta Volquetes

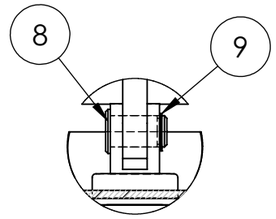
	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:
MATERIAL:
A3
ESCALA: 1:50
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

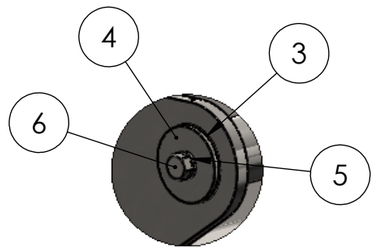




DETALLE B
ESCALA 1 : 5



DETALLE C
ESCALA 1 : 5



DETALLE A
ESCALA 1 : 5

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
17	Placa sujeción brazo de elevación		2
16	Aro seeger perno 15	DSH-17	1
15	Perno conexión cilindro - plataforma		1
14	Aro seeger perno 13	DSH-30	1
13	Perno conexión cilindro - placas B.E.		1
12	Cilindro hidráulico ajuste distancia B.E.	M.H. 70065	1
11	Aro seeger perno 10	DSH-25	1
10	Perno conexión cilindro - plataforma		1
9	Aro seeger perno 8	DSH-25	1
8	Perno conexión cilindro - barra ganchos		1
7	Cilindro hidráulico ganchos para vuelco	M.H. 70041	1
6	Tornillo hex. 1/2" -20 x 1"		2
5	Arandela elástica 1/2"		2
4	Tope barra ganchos para vuelco		2
3	Buje barra ganchos para vuelco		2
2	Barra ganchos para vuelco		1
1	Plataforma - Sobre chasis		1

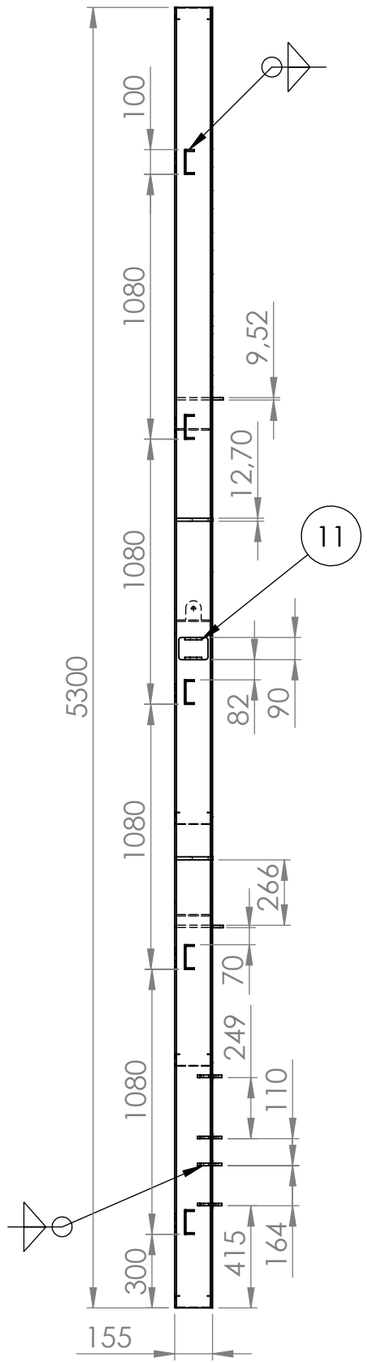
PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

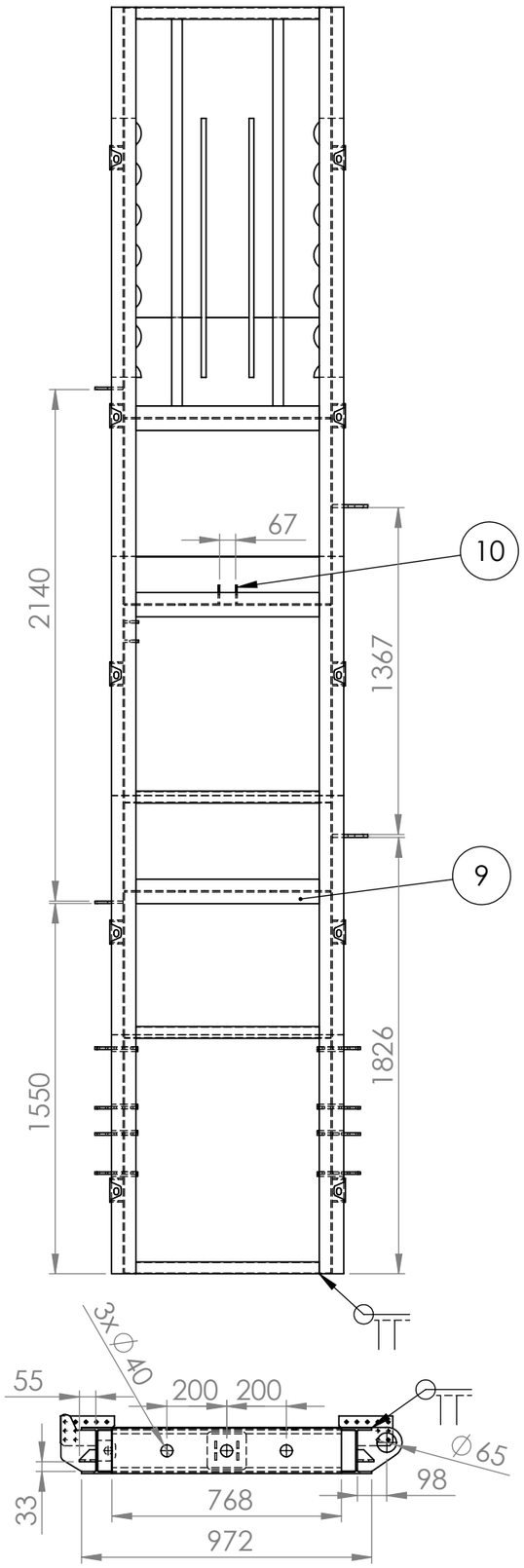
TÍTULO:
Listado de componentes

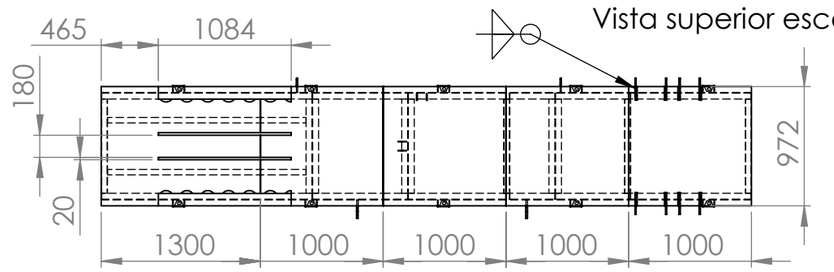
CÓDIGO: PV SC - 000
CONJUNTO: Sobre Chasis

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

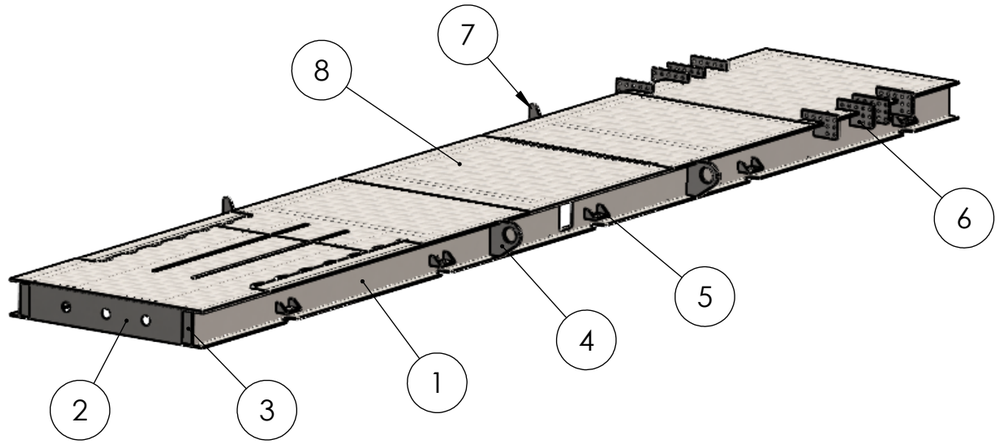
NORMA:
MATERIAL:
A3
ESCALA: 1:20
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm







Vista superior escala 1:50



REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANT.
11	Placa soporte cil. hidráulico ganchos vuelco	esp. 6,35 mm	2
10	Placa soporte cilindro hidráulico despl B.E.	esp. 6,35 mm	2
9	Refuerzo perfil H 153x102 IAS U500 G F/36		3
8	Chapa estampada 1000 x 972	esp. 2 mm	3
7	Placas centrado contenedor	esp. 9,52 mm	2
6	Placas soporte brazo de elevación y estabilizador lateral fijos	esp. 9,52 mm	8
5	Soportes tornillos de unión con chasis	esp. 6,35 mm	10
4	Placa sujeción barra ganchos para vuelco	esp. 12,7 mm	2
3	Placas refuerzo perfil canal	esp. 3,2 mm	8
2	Perfil canal 150 x 50 x 3		4
1	Perfil H 153 x 102 IRAM-IAS U500 Grado F/36		2

Tolerancias generales según DIN 2768 -m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

TÍTULO: Plataforma

CÓDIGO: PV SC - 001

CONJUNTO: Sobre Chasis

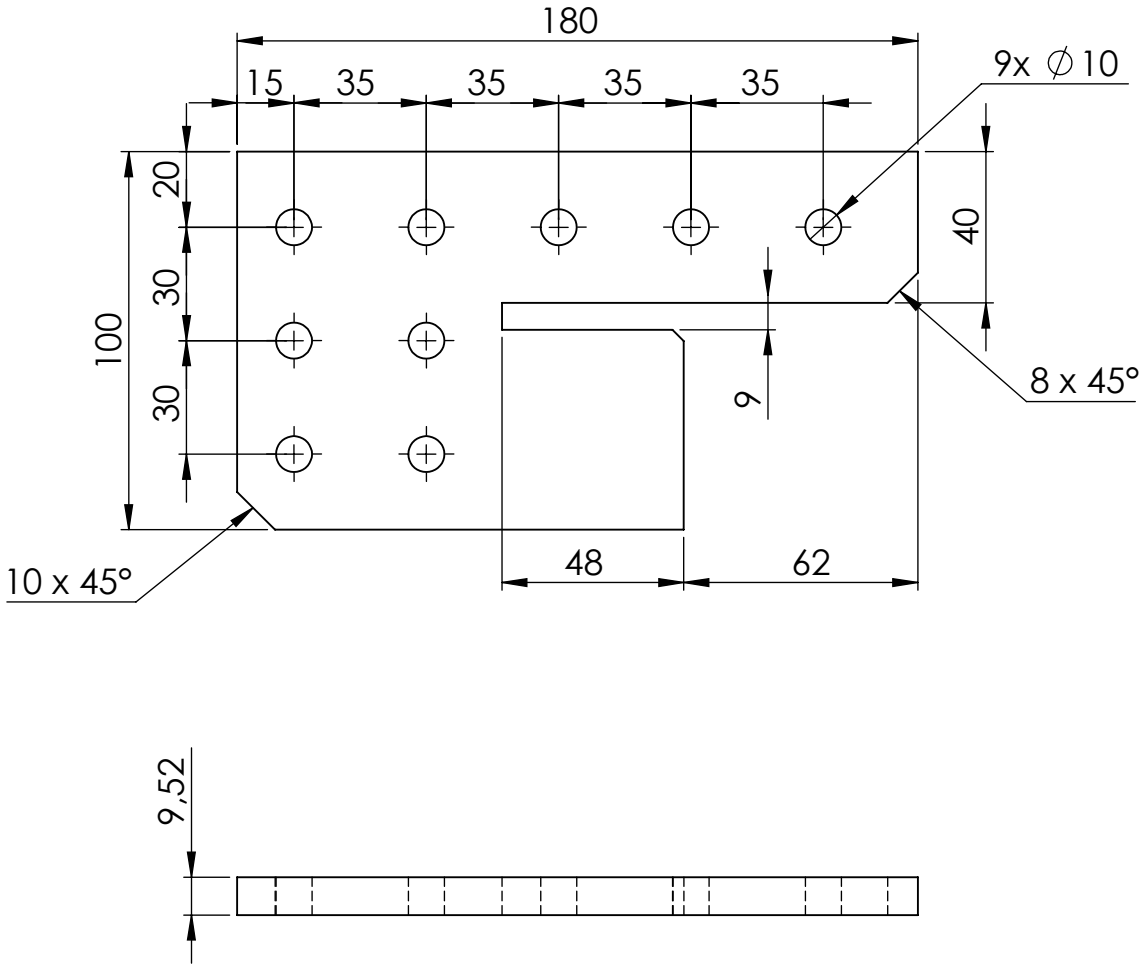
NORMA:

MATERIAL: Acero SAE 1020

A3

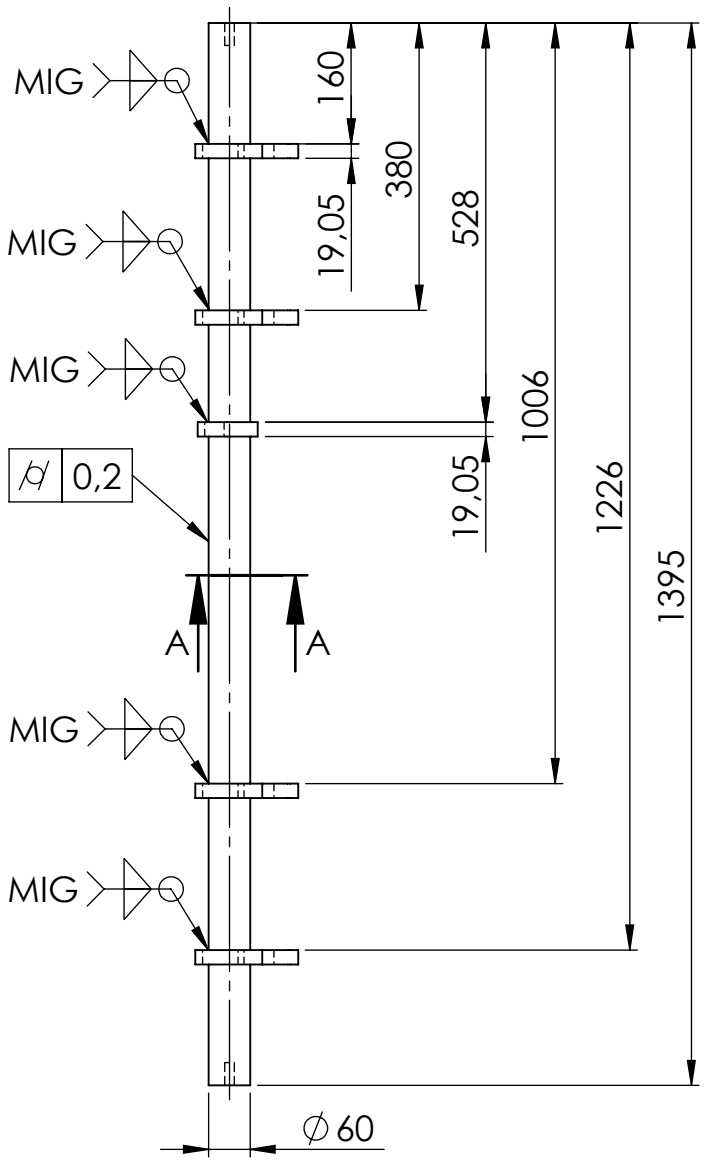
ESCALA: 1:20

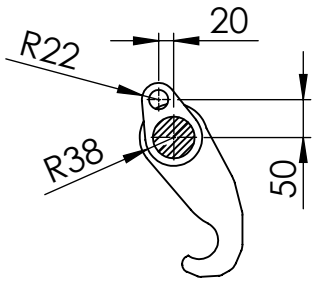
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



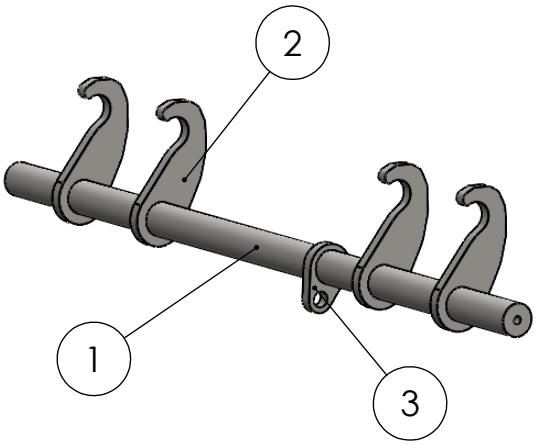
Tolerancias generales según DIN 2768 -m

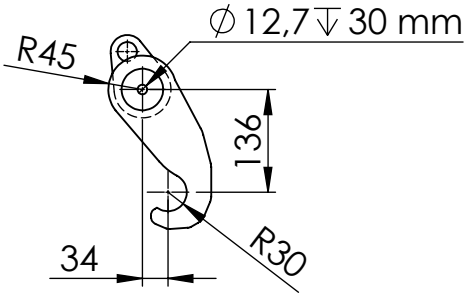
PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Placa soporte B.E y Estabilizador fijos	
		CÓDIGO: PV SC - 001 (Componente 6)	CONJUNTO: Sobre chasis
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 1020 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:2 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm





SECCIÓN A-A
ESCALA 1 : 10





Precalentar la pieza a 150 °C previo a soldar
Tolerancias generales según DIN 2768 - m

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
3	Placa sujeción cilindro hidráulico		1
2	Ganchos sujeción contenedor		4
1	Barra soporte ganchos		1

PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO:
Barra ganchos para vuelco

CÓDIGO: PV SC - 002 | CONJUNTO: Sobre chasis

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

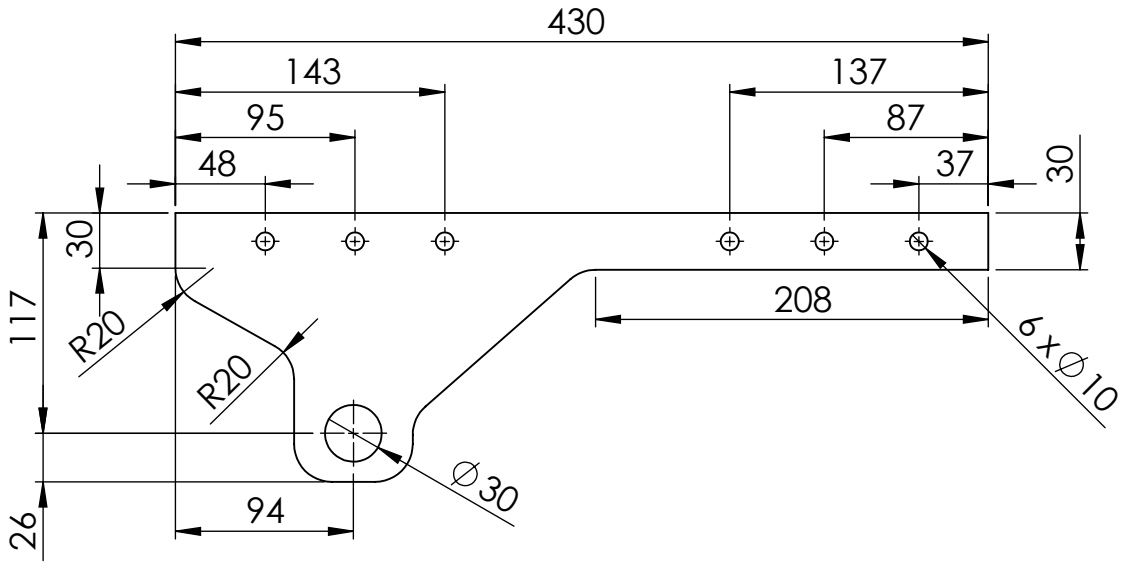
NORMA:

MATERIAL: Acero SAE 1045

A4

ESCALA: 1:10 | LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm





Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Placa sujeción brazo de elevación

CÓDIGO: PV SC - 017

CONJUNTO: Sobre chasis

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

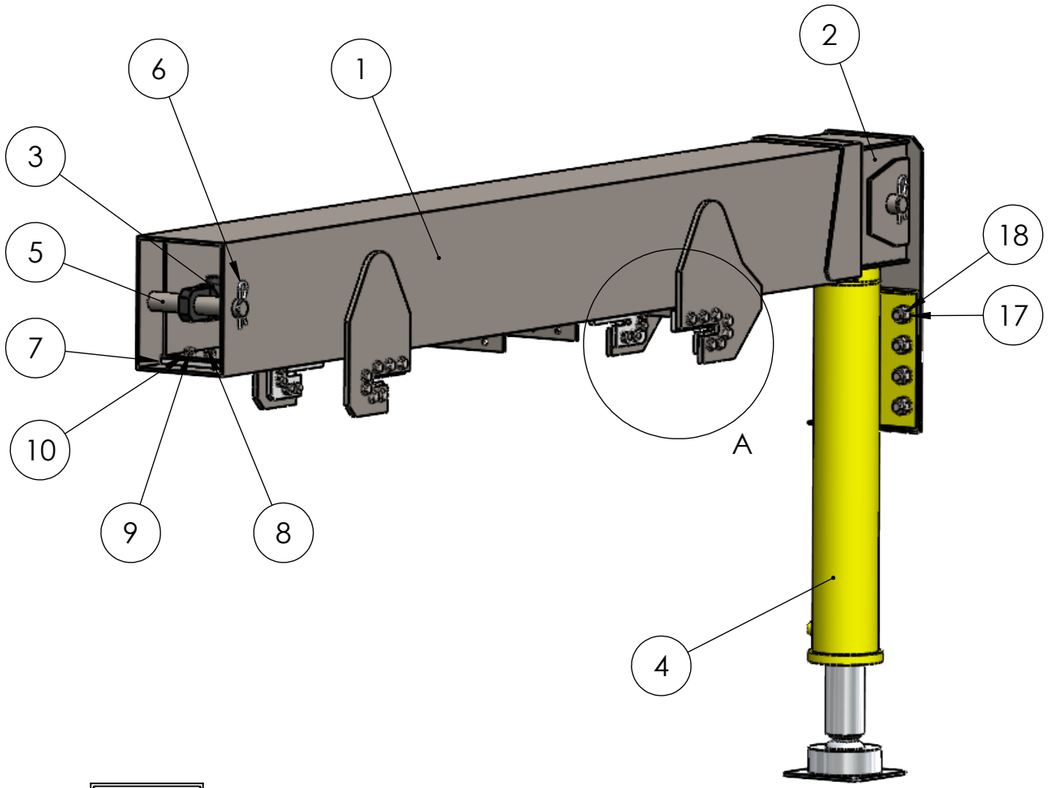
NORMA:

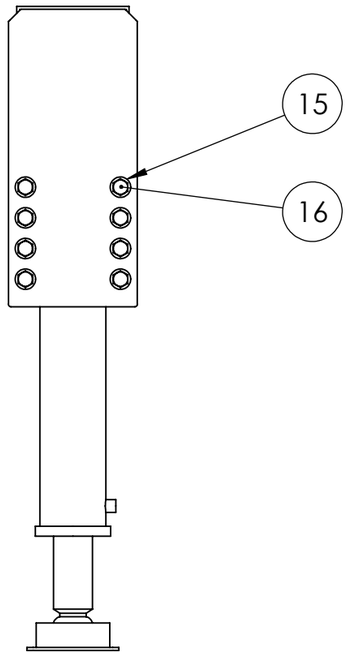
MATERIAL: Acero SAE 1020

A4

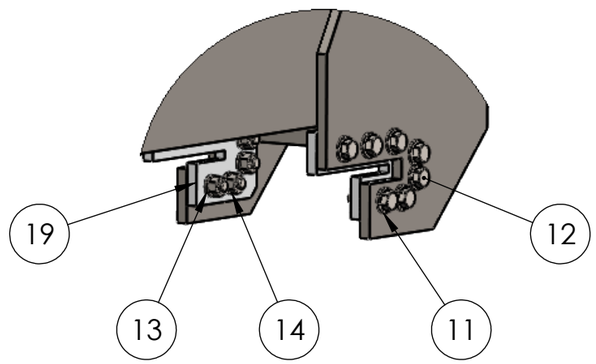
ESCALA: 1:5

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm





DETALLE A
ESCALA 1 : 5



REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
19	Placa deslizamiento sobre plataforma		4
18	Tuerca hexagonal 5/8" x 18		8
17	Arandela elástica 5/8"		8
16	Tornillo hex. 5/8" x 18 x 1.5"		8
15	Arandela plana 5/8"		8
14	Tuerca hexagonal 3/8" x 16		29
13	Arandela elástica 3/8"		29
12	Tornillo hex. 3/8" x 16 x 1.375"		29
11	Arandela plana 3/8"		29
10	Tuerca 3/8" x 16 placa POM		6
9	Arandela elástica 3/8" placa POM		6
8	Tornillo cabeza avellanada 3/8"		6
7	Placa POM antifricción		2
6	Chaveta perno soporte		2
5	Perno soporte cilindro apertura		2
4	Cilindro de apoyo	M.H. 70107	1
3	Cilindro apertura estabilizador	M.H. 70068	1
2	Extension brazo apoyo		1
1	Cajón móvil apoyo lateral		1

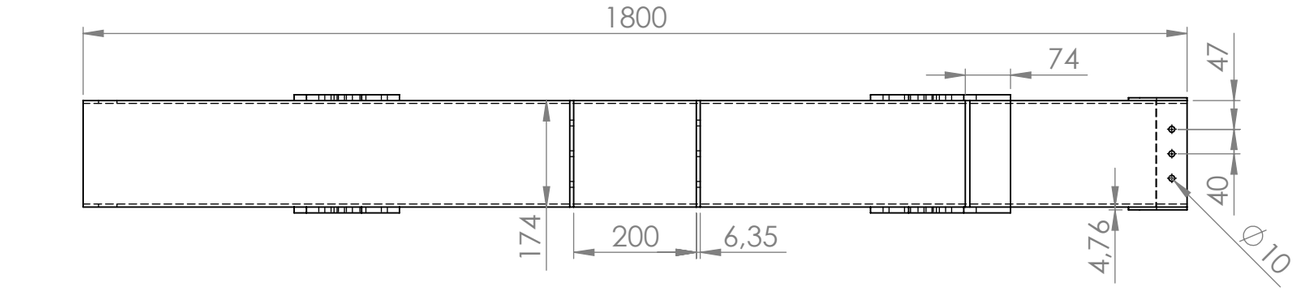
PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

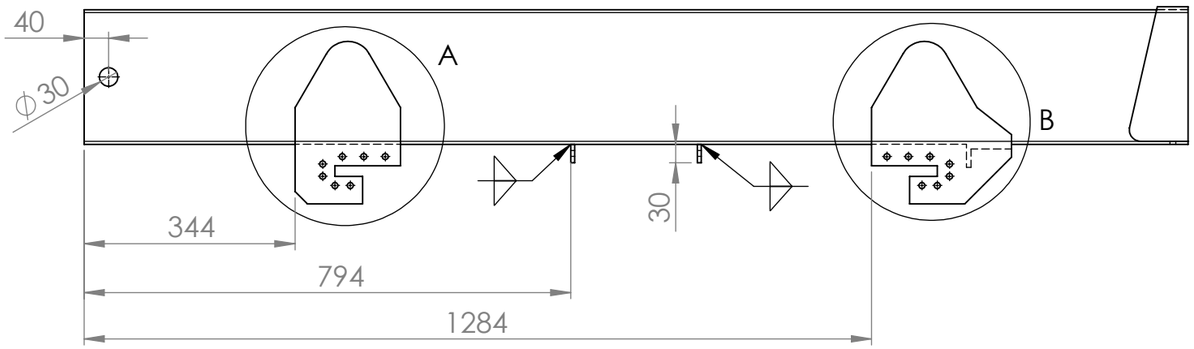
TÍTULO:
Listado de componentes

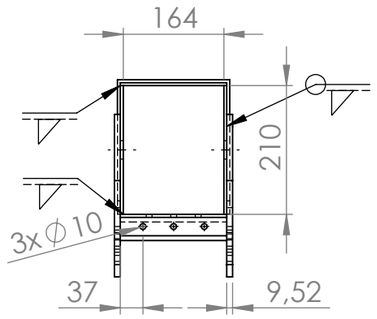
CÓDIGO: PV EL - 000
CONJUNTO: Estabilizador lateral móvil

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

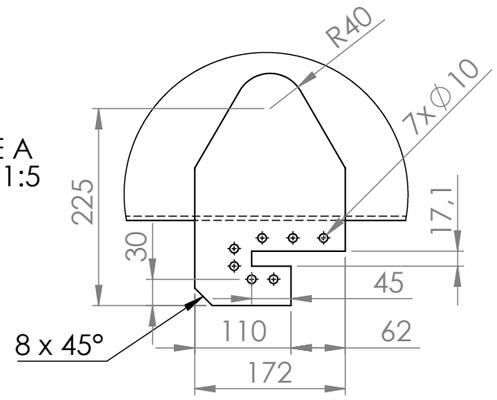
NORMA:
MATERIAL:
A3
ESCALA:1:10
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



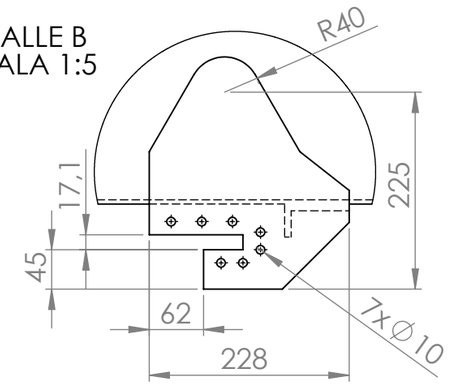


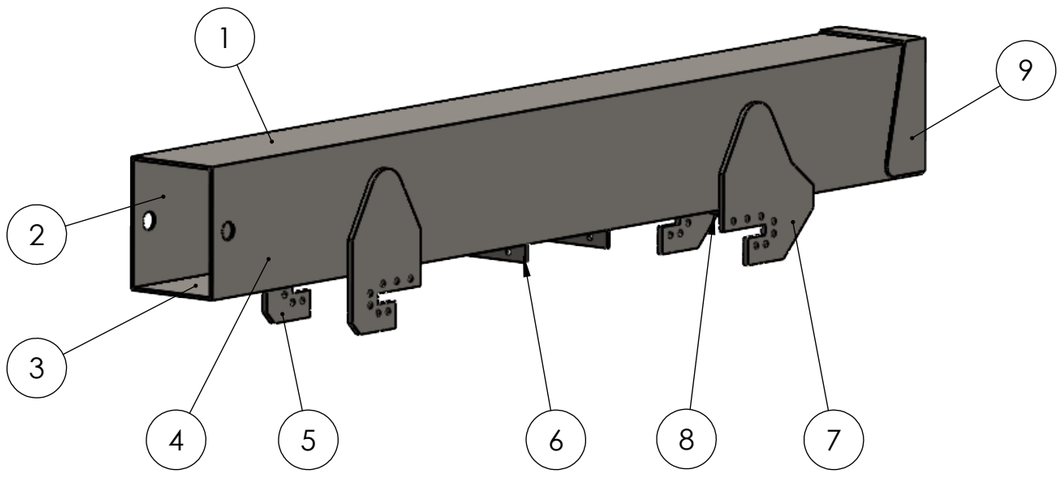


DETALLE A
ESCALA 1:5



DETALLE B
ESCALA 1:5





REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
9	Refuerzo boca del cajón	esp. 4,76 mm	1
8	Refuerzo placas delanteras		1
7	Placas delanteras soporte plataforma		2
6	Soporte cilindro hidráulico modificación de distancia entre brazos de elevación		1
5	Placas posteriores soporte plataforma		2
4	Chapa lateral derecha cajón soporte	esp. 4,76 mm	1
3	Chapa inferior cajón soporte	esp. 4,76 mm	1
2	Chapa lateral izq. cajón soporte	esp. 4,76 mm	1
1	Chapa superior cajón soporte	esp. 4,76 mm	1

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

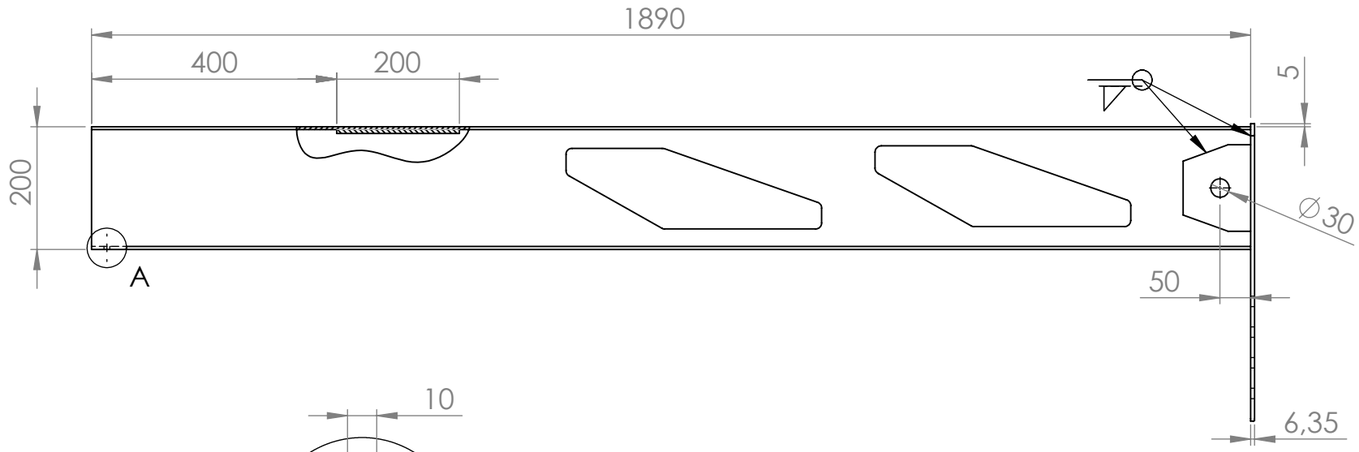
PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

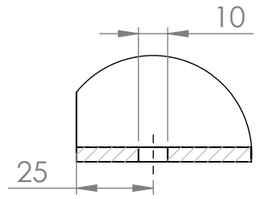
TÍTULO: Cajón soporte extensión estabilizador

CÓDIGO: PV EL - 001
CONJUNTO: Estabilizador lateral móvil

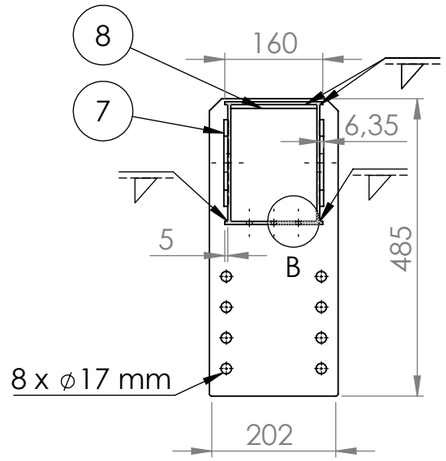
	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

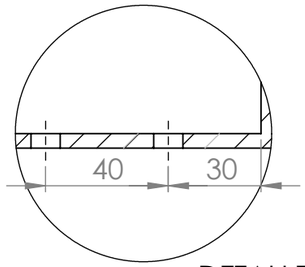
NORMA:
MATERIAL: Aero ASTM A514 Grado B
A3
ESCALA:1:10
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



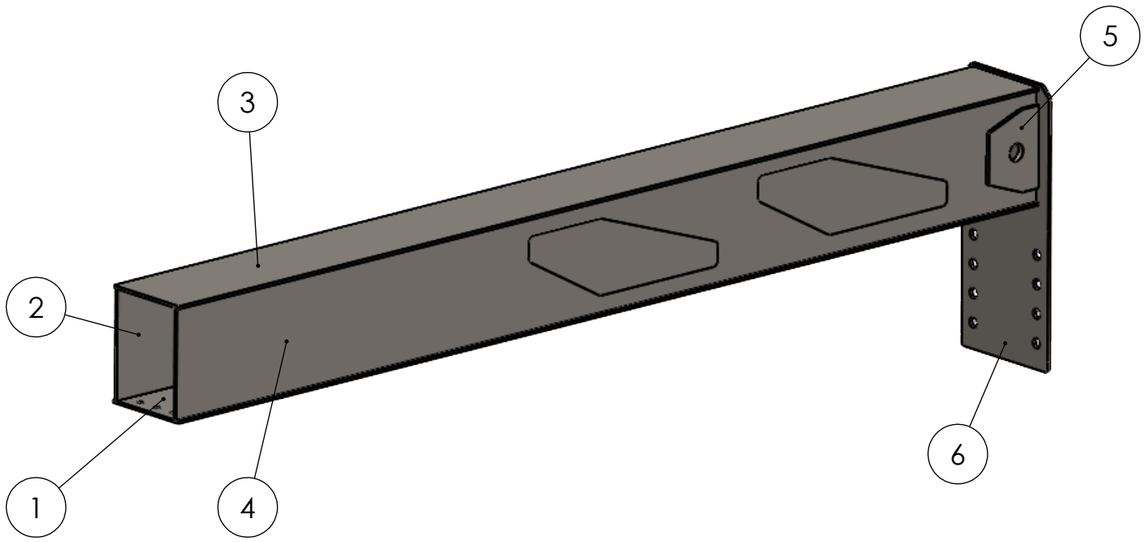


DETALLE A
ESCALA 1 : 2





DETALLE B
ESCALA 1 : 2



REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANT.
8	Placa de refuerzo interior		1
7	Placa refuerzo perno izquierda		1
6	Placa soporte cilindro hidráulico estabilizador		1
5	Placa refuerzo perno derecha		1
4	Chapa lateral derecha brazo extensión	esp. 4,76 mm	1
3	Chapa superior brazo extensión	esp. 4,76 mm	1
2	Chapa lateral izq. brazo extensión	esp. 4,76 mm	1
1	Extension brazo apoyo	esp. 4,76 mm	1

PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

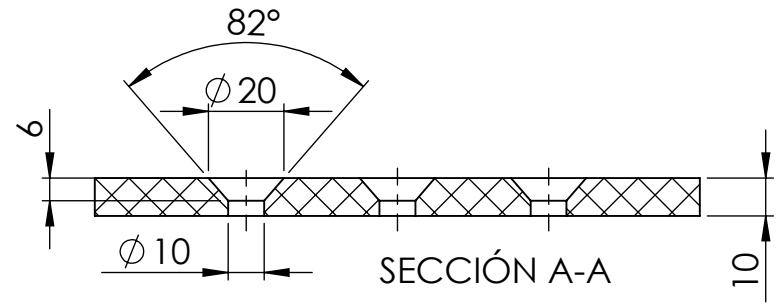
TÍTULO:
Extensión estabilizador

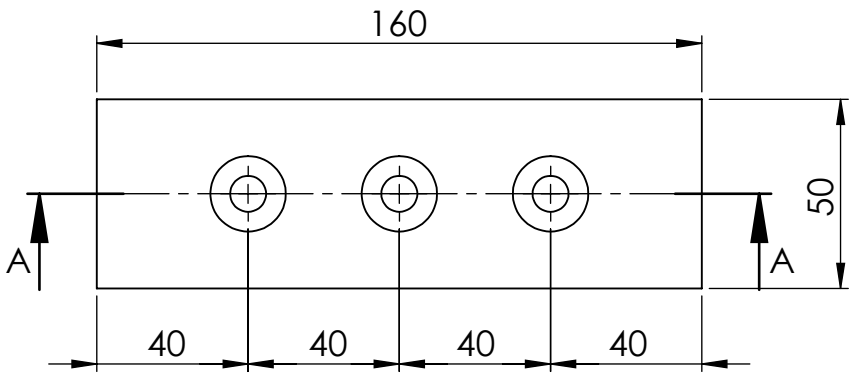
CÓDIGO: PV EL - 002
CONJUNTO: Estabilizador lateral móvil

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:
MATERIAL: Aero ASTM A514 Grado B
A3
ESCALA:1:10
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

Tolerancias generales según DIN 2768 - m





Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Placa POM antifricción estabilizador lateral

CÓDIGO: PV EL - 007

CONJUNTO: Estabilizador lateral móvil

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

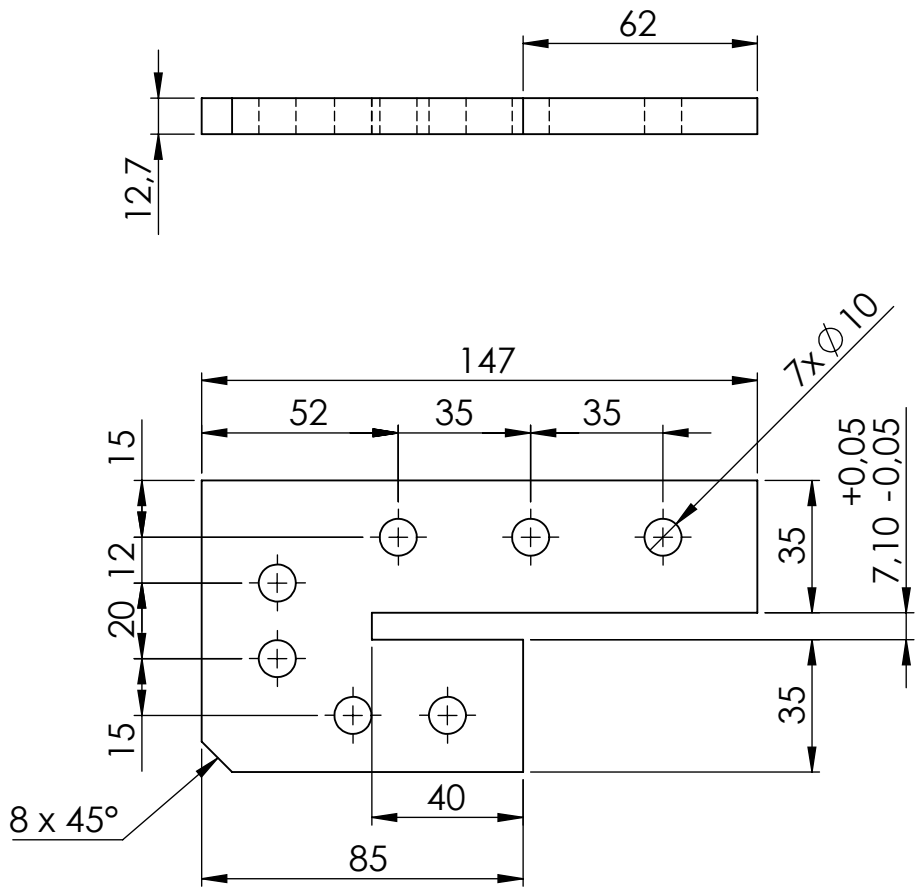
NORMA:

MATERIAL: Polioximetileno compuesto (POM C)

A4

ESCALA: 1:2

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Placa de deslizamiento sobre plataforma

CÓDIGO: PV EL - 019

CONJUNTO: Estabilizador lateral móvil

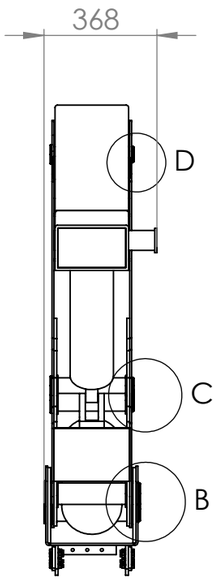
NORMA:

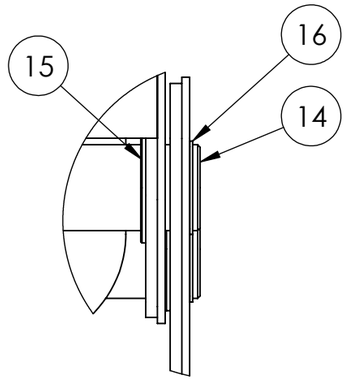
MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

A4

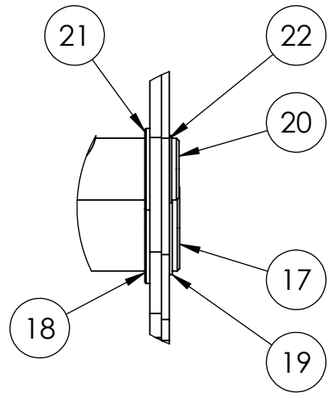
ESCALA: 1:2

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

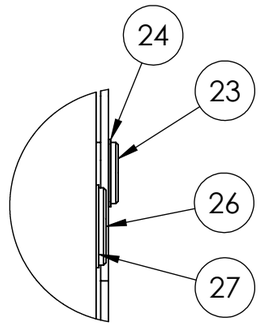




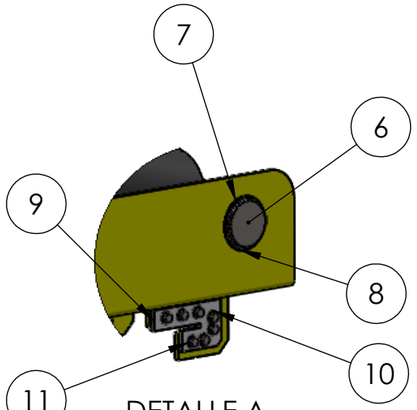
DETALLE B
ESCALA 1 : 5



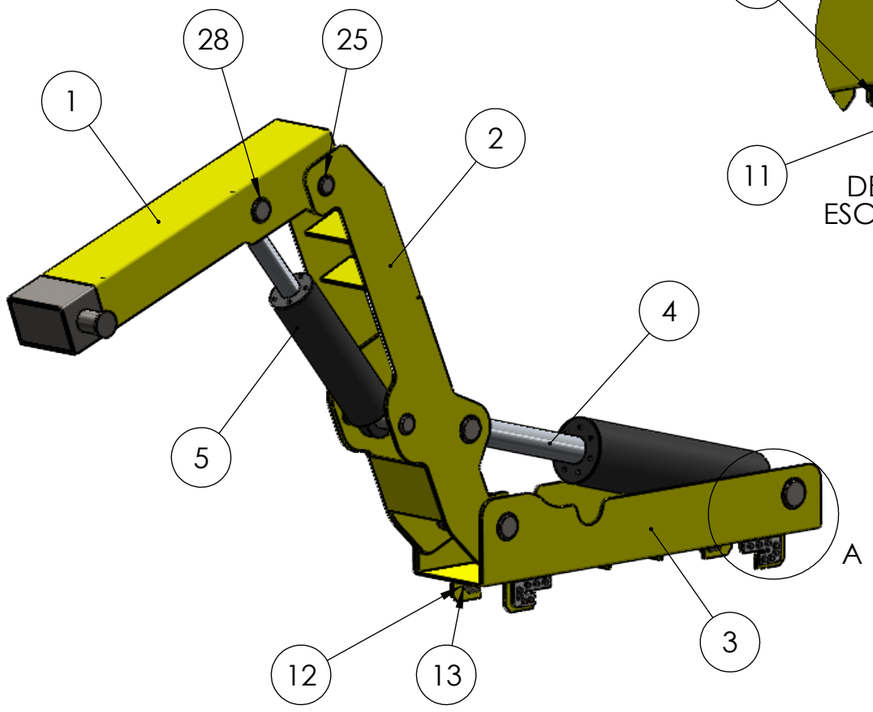
DETALLE C
ESCALA 1 : 5



DETALLE D
ESCALA 1 : 5



DETALLE A
ESCALA 1 : 10



REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
28	Buje perno 26		2
27	Anillo de retención perno 26	DSH-63	1
26	Perno unión cilindro superior - Tramo 1		1
25	Buje perno 23		2
24	Anillo de retención perno 23	DSH-50	1
23	Perno unión Tramo 2 - Tramo 1		1
22	Anillo de retención perno 20	DSH-50	1
21	Buje perno 20		2
20	Perno unión cilindro superior - Tramo 2		1
19	Anillo de retención perno 17	DSH-70	1
18	Buje perno 17		2
17	Perno unión cilindro inferior - Tramo 2		1
16	Anillo de retención perno 14	DSH-70	1
15	Buje perno 14		2
14	Perno unión Tramo 2 - Tramo 3		1
13	Tuerca hex. 3/8" -16		28
12	Arandela elástica 3/8"		28
11	Tornillo hex. 3/8"-16 x 1,5"		28
10	Arandela plana 3/8"		28
9	Placa de deslizamiento sobre plataforma		4
8	Anillo de retención perno 6	DSH-80	1
7	Buje perno 6		2
6	Perno unión cilindro inferior - Tramo 3		1
5	Cilindro hidráulico superior	C. 8327/Z	1
4	Cilindro hidráulico inferior	C. 8332/Z	1
3	Tramo 3 brazo de elevación		1
2	Tramo 2 brazo de elevación		1
1	Tramo 1 brazo de elevación		1

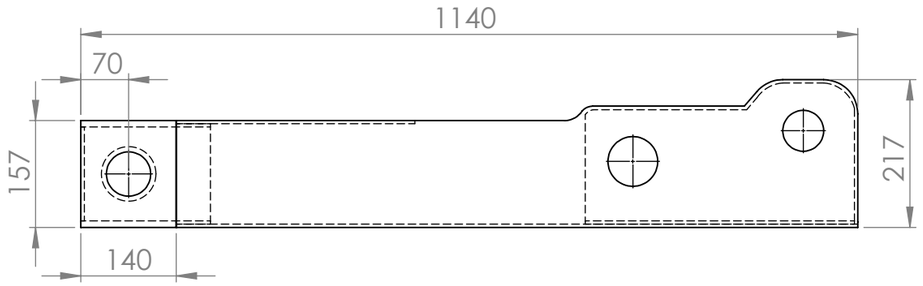
PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

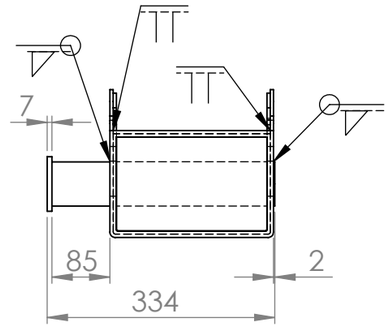
TÍTULO:
Listado de componentes

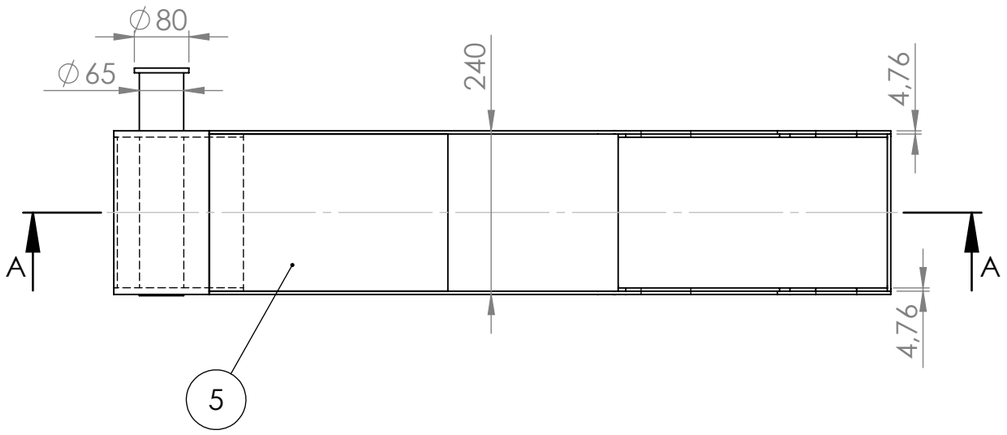
CÓDIGO: PV BE - 000
CONJUNTO: Brazo de elevación móvil

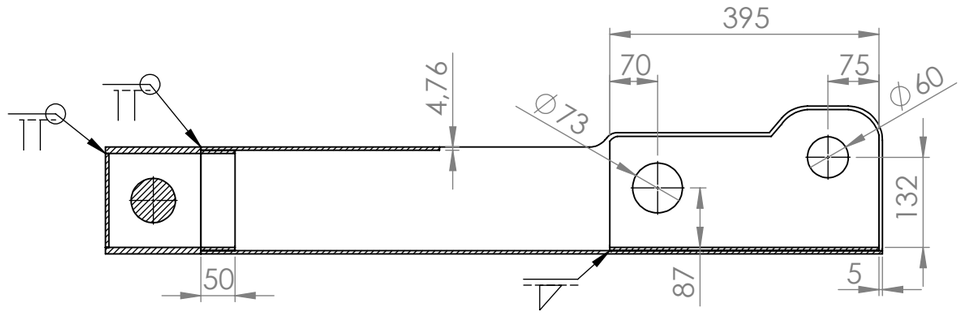
	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:
MATERIAL:
A3
ESCALA: 1:20
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

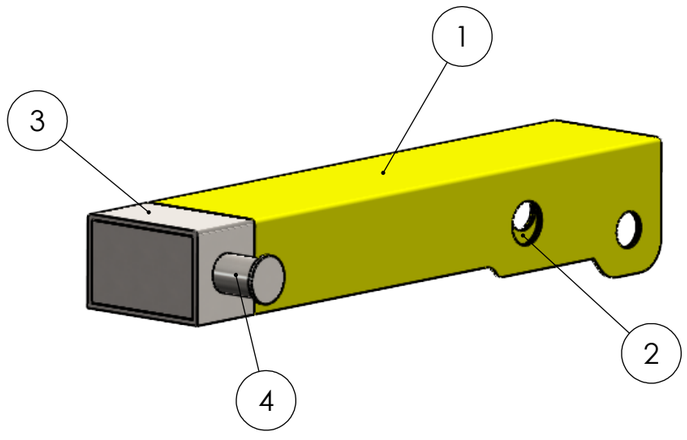








SECCIÓN A-A



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
5	Placa refuerzo		1
4	Perno soporte gancho de sujeción		1
3	Soporte gancho se sujeción		1
2	Placa refuerzo plegada		1
1	Cuerpo chapa plegada		1

PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Tramo 1

CÓDIGO: PV BE - 001

CONJUNTO: Brazo de elevación móvil

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

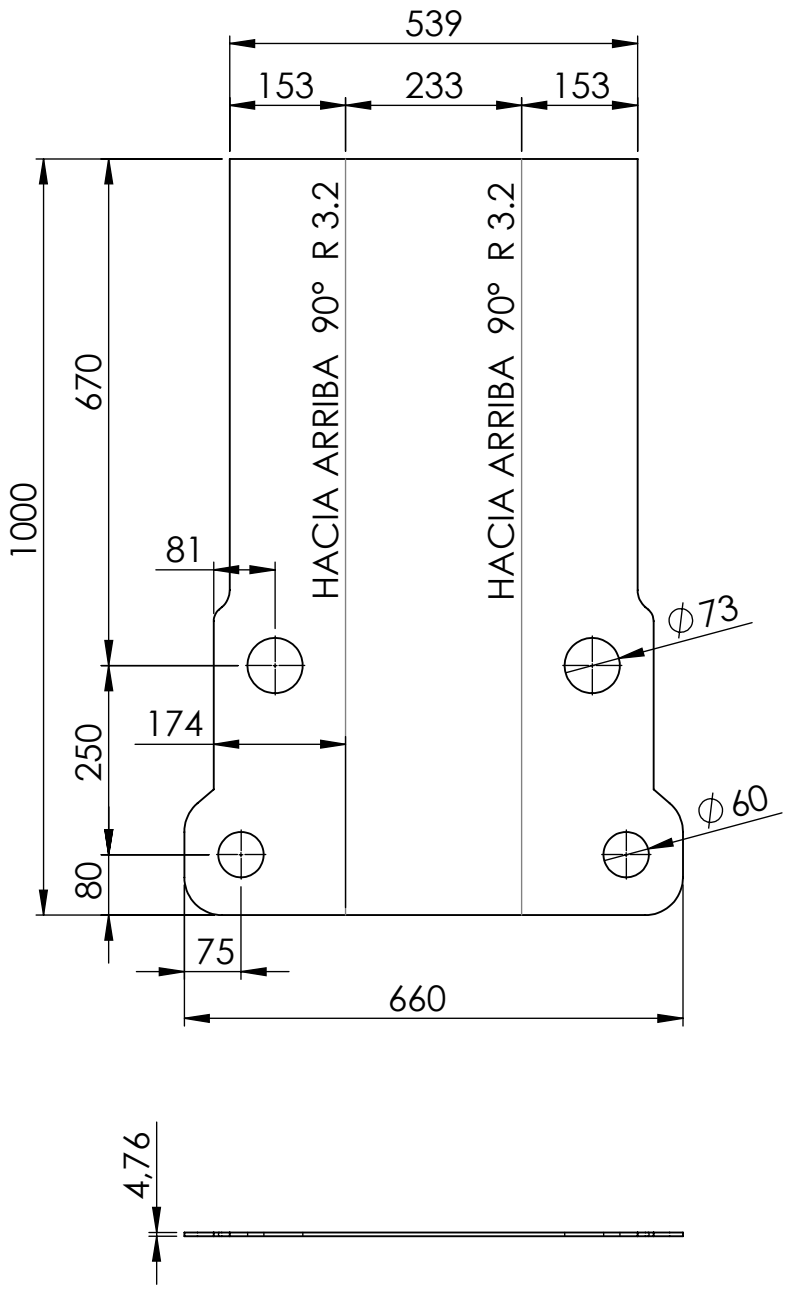
NORMA:

MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

A3

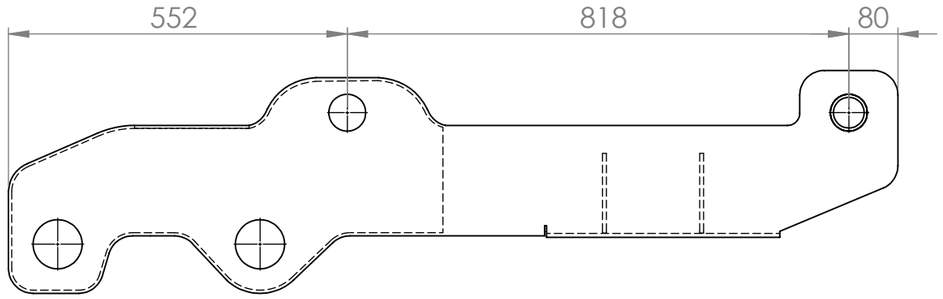
ESCALA: 1:10

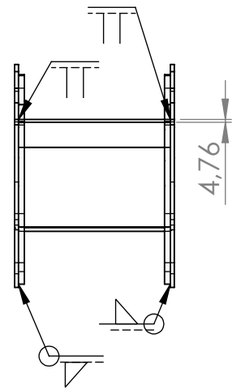
LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

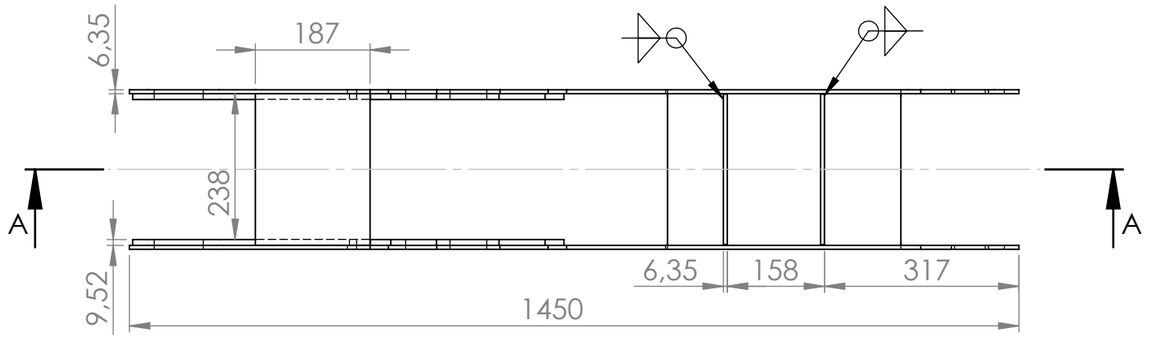


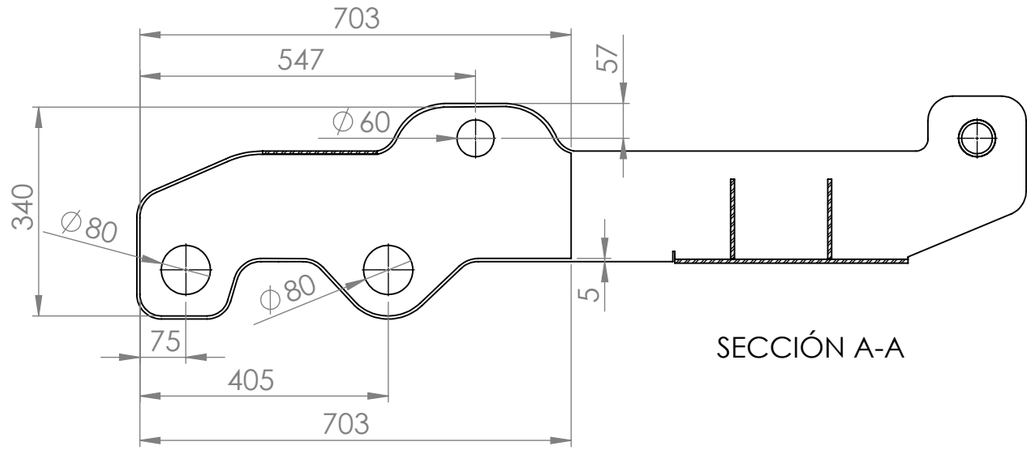
Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Tramo 1 - chapa plegada	
		CÓDIGO: PV BE - 001 (Componente 1)	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:10 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

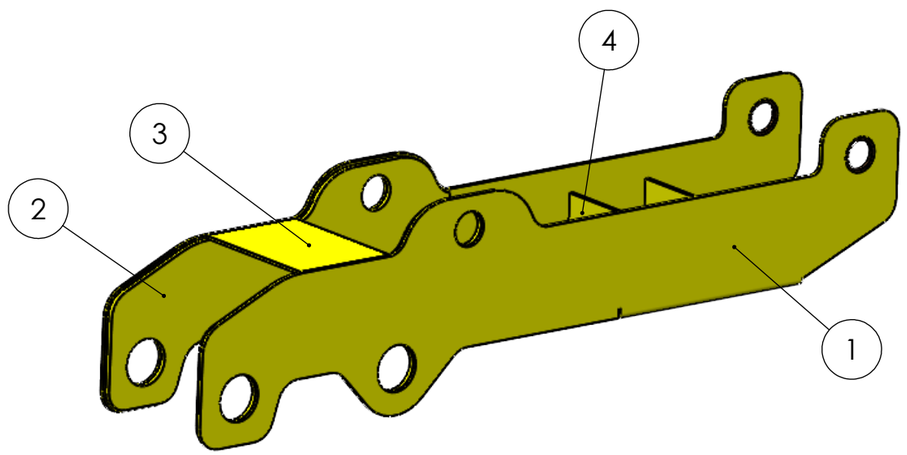








SECCIÓN A-A



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
4	Placa refuerzo trasera		2
3	Placa refuerzo secundaria		1
2	Placa refuerzo principal		2
1	Cuerpo chapa plegada		1

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Tramo 2

CÓDIGO: PV BE - 002

CONJUNTO: Brazo de elevación móvil

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

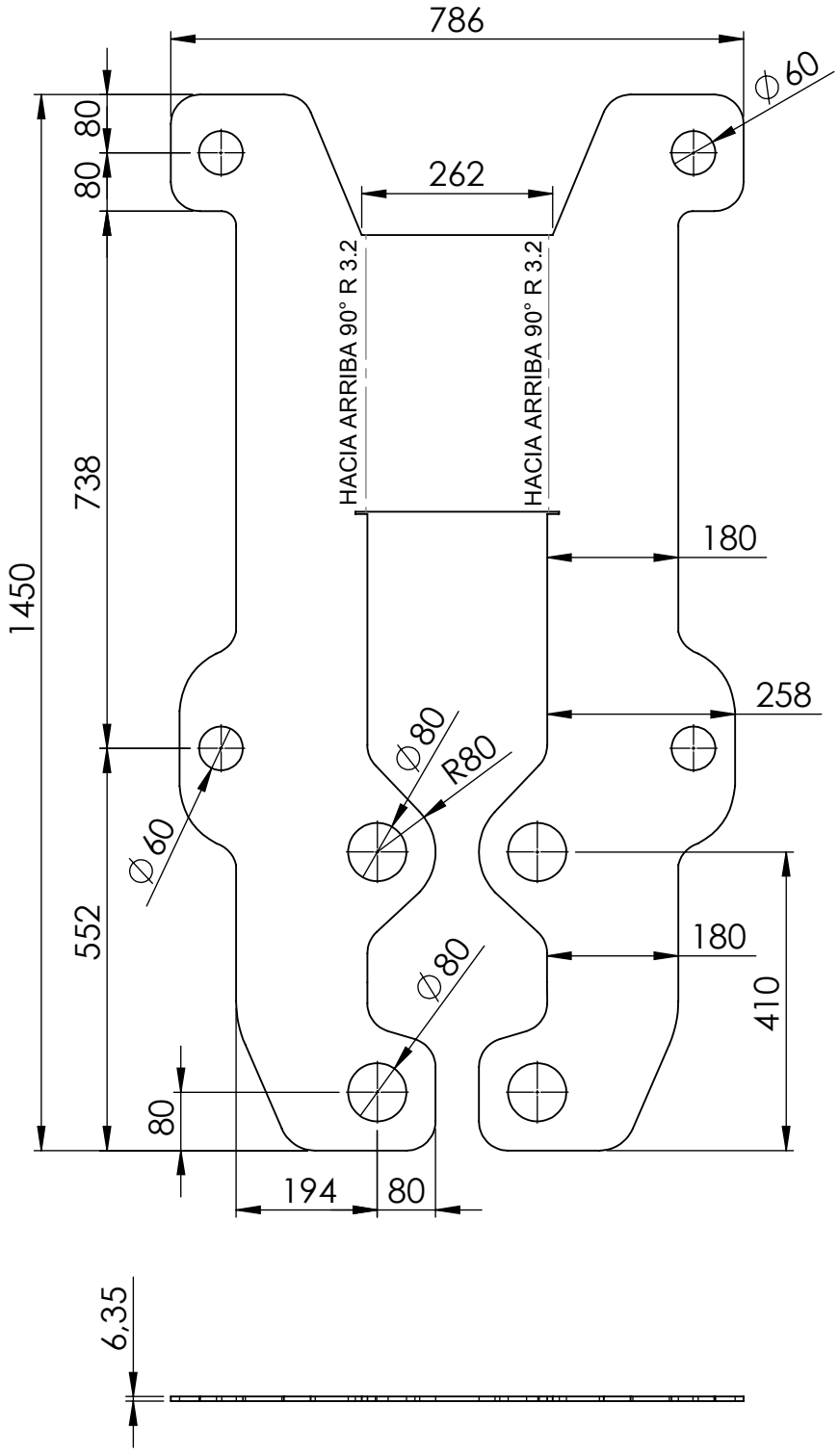
NORMA:

MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

A3

ESCALA: 1:10

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Tramo 2 - chapa plegada

CÓDIGO: PV BE - 002 (Componente 1)

CONJUNTO: Brazo de elevación

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

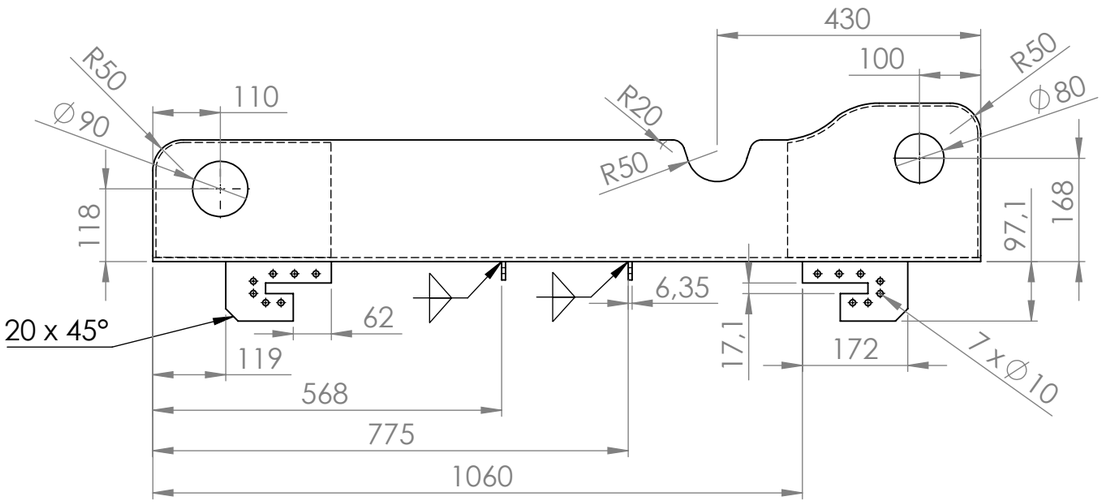
NORMA:

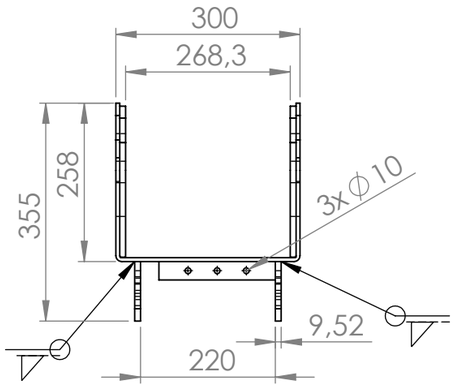
MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

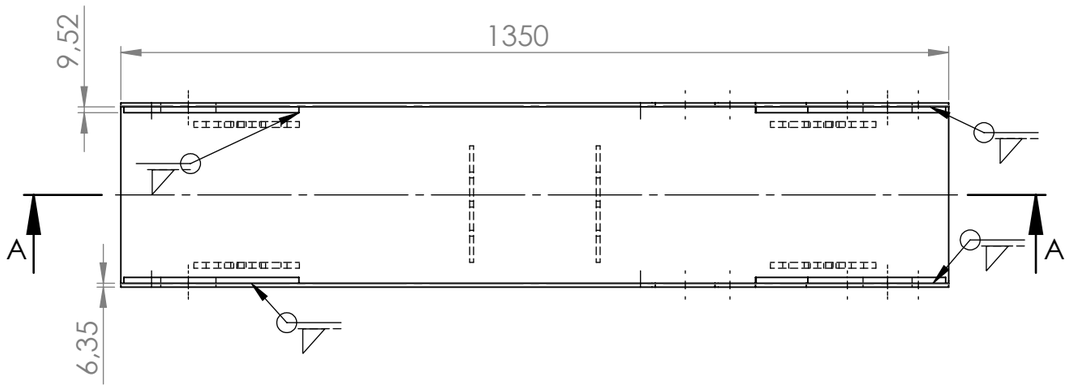
A4

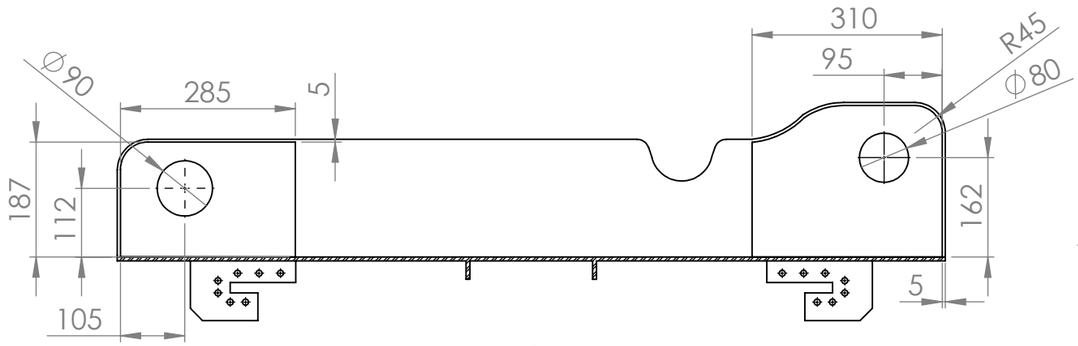
ESCALA: 1:10

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

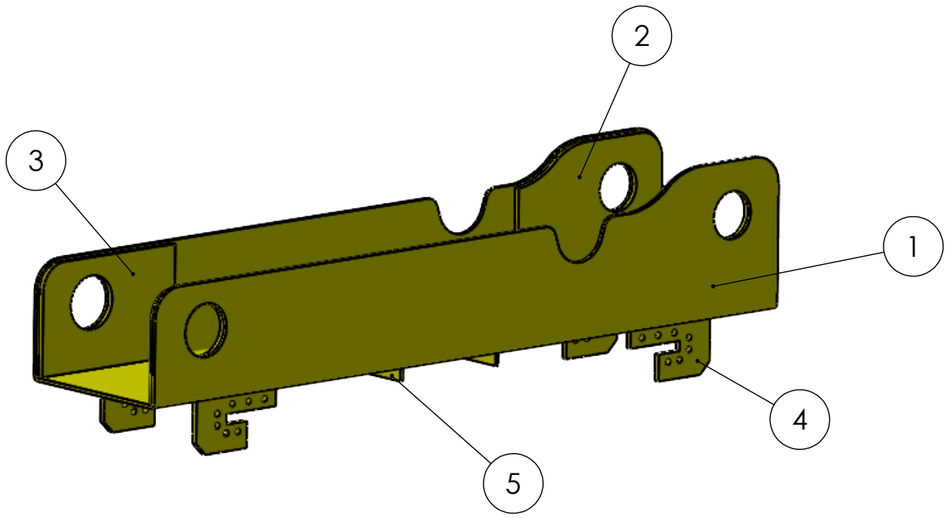








SECCIÓN A-A



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
5	Placa sujeción sistema de deslizamiento		2
4	Placa sujeción plataforma		4
3	Placa refuerzo izquierda		2
2	Placa refuerzo derecha		2
1	Cuerpo chapa plegada		1

PROYECTO FINAL
UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Tramo 3

CÓDIGO: PV BE - 003 | CONJUNTO: Brazo de elevación móvil

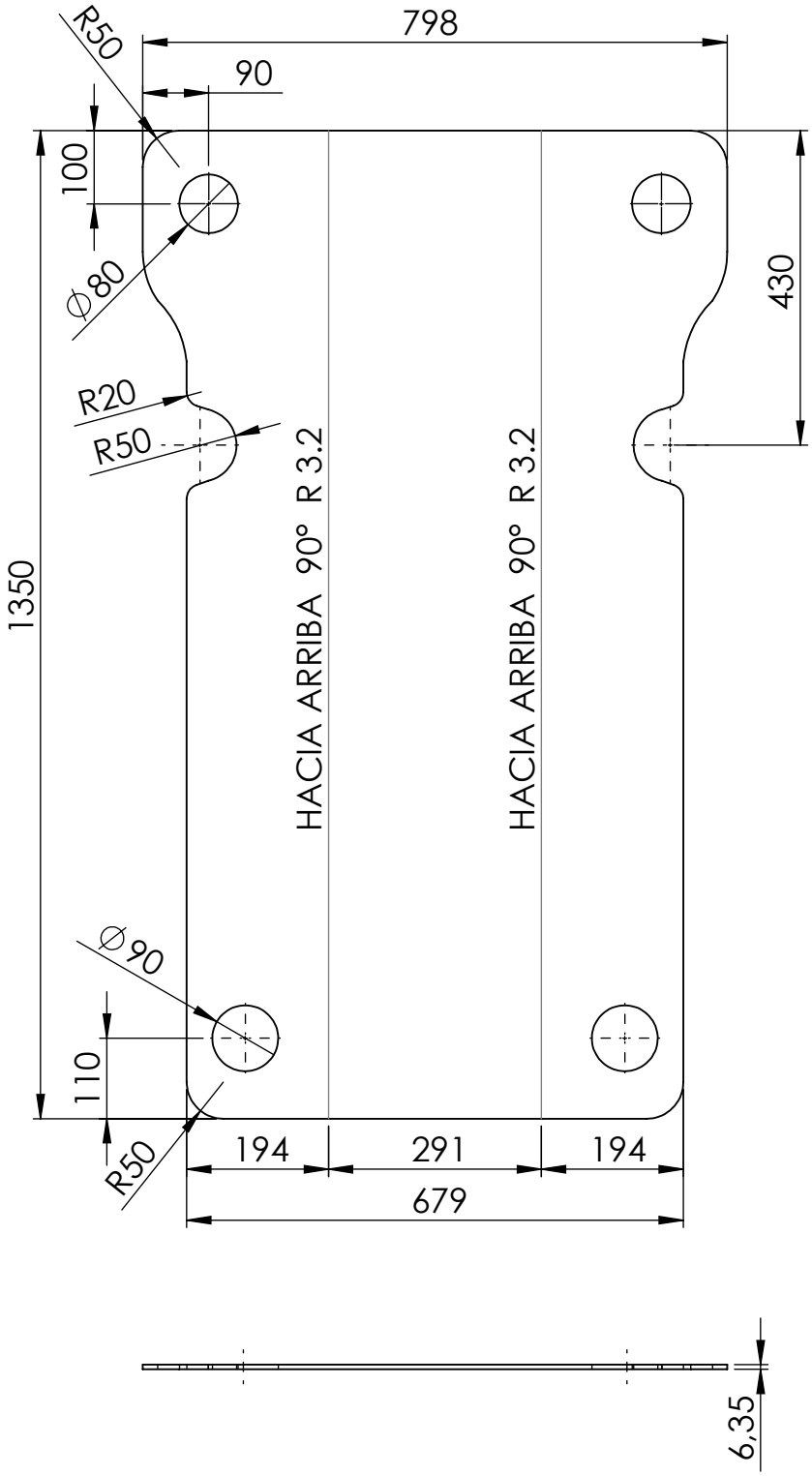
	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

A3

ESCALA: 1:10 | LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Tramo 3 - chapa plegada

CÓDIGO: PV BE - 003 (Componente 1)

CONJUNTO: Brazo de elevación

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

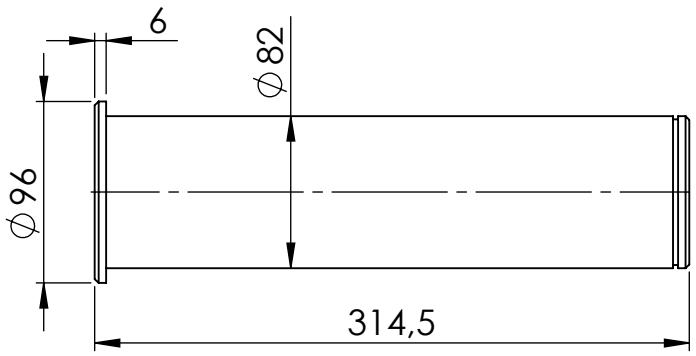
MATERIAL: Acero ASTM A514 Grado B

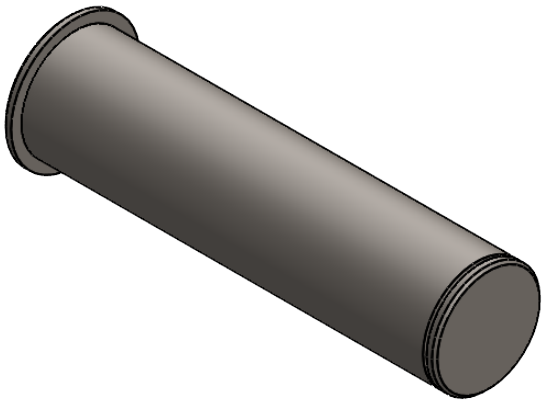
A4

ESCALA: 1:10

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

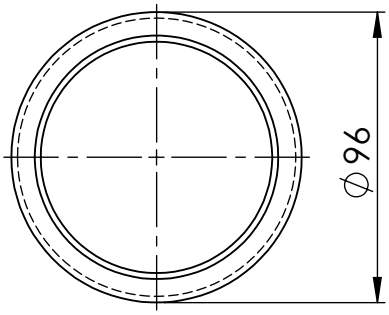
Material base: Macizo ⌀ 100 x 320 mm, pretornear a medidas especificadas.
Temple: Austenizar a 820 °C - 850 °Cy enfriar en aceite. Realizar revenido.
Dureza requerida: 900 - 950 MPa de fluencia.

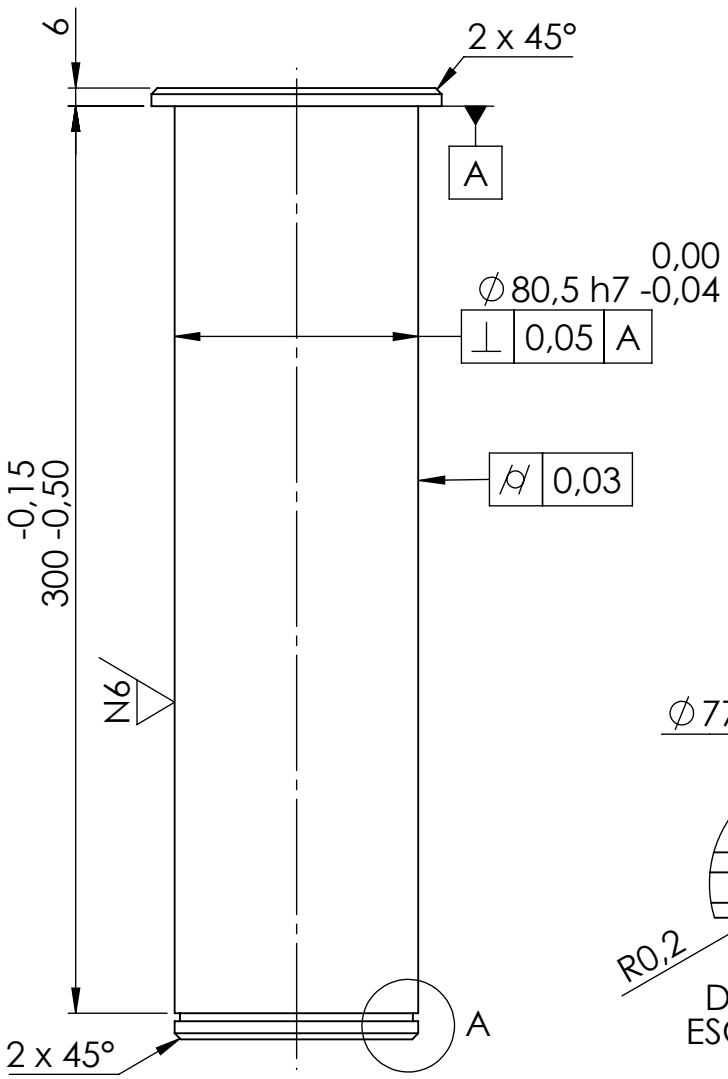


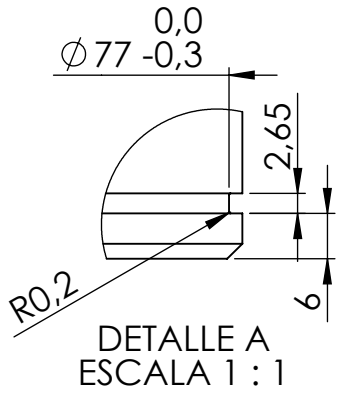


Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro inferior - tramo 3, plano TT	
		CÓDIGO: PV BE - 006	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:5 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm





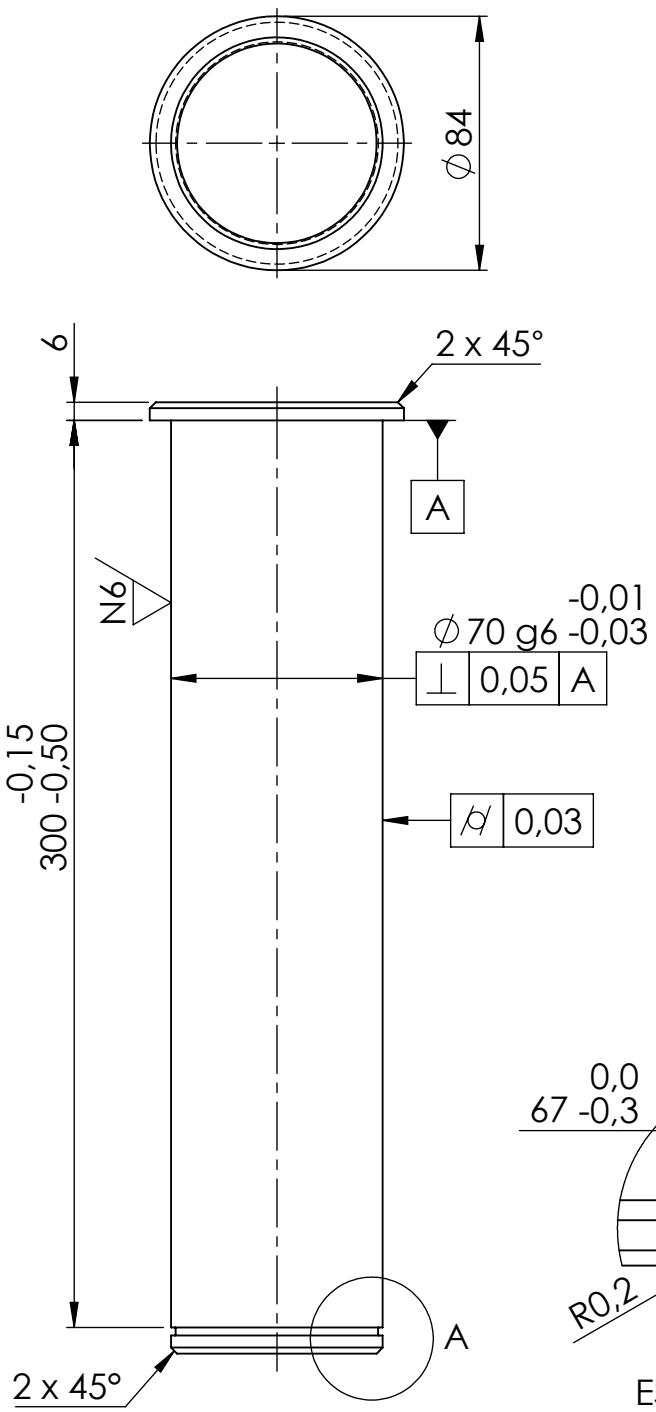


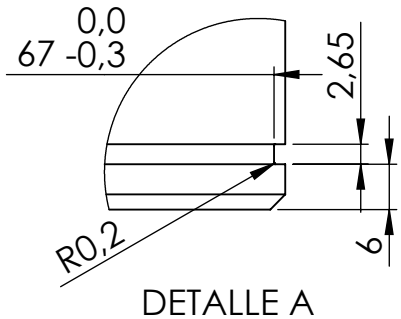
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

N10 (N6)

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro inferior - tramo 3	
		CÓDIGO: PV BE - 006	CONJUNTO: Brazo de elevación
NOMBRE / FECHA / FIRMA		NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ. VIDORET JOAQUIN 1/03/2025			
APROB.			ESCALA: 1:2 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm
VERIF.			





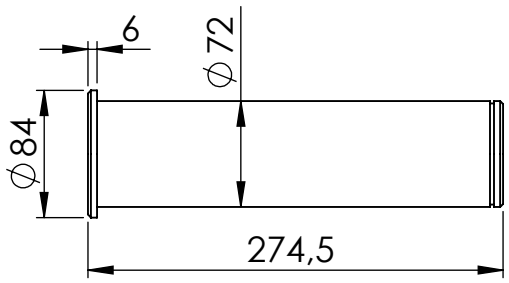
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

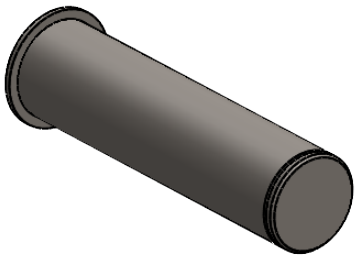
N10 N6 ( )

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión Tramo 3 - Tramo 2	
		CÓDIGO: PV BE - 014	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 1045 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.		ESCALA: 1:2	LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

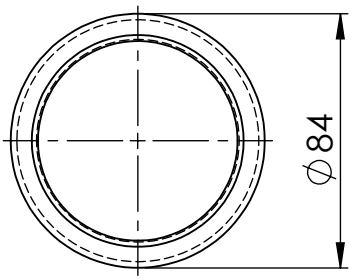
Material base: Macizo ⌀ 85 x 280 mm, pretornear a medidas especificadas.
Temple: Austenizar a 820 °C - 850 °Cy enfriar en aceite. Realizar revenido.
Dureza requerida: 900 - 950 MPa de fluencia.

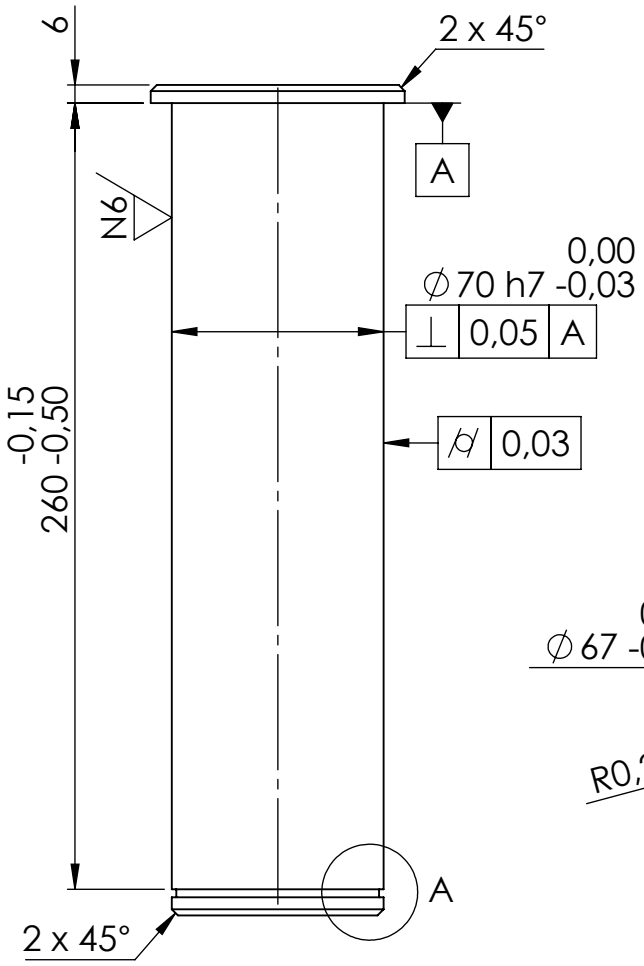


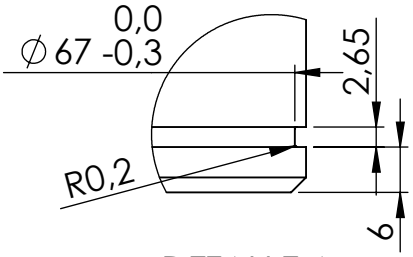


Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro inferior - tramo 2, plano TT	
		CÓDIGO: PV BE - 017	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:5 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm







DETALLE A
ESCALA 1 : 1

N10 / N6 / ( )

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Perno unión cilindro inferior - Tramo 2

CÓDIGO: PV BE - 017

CONJUNTO: Brazo de elevación

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

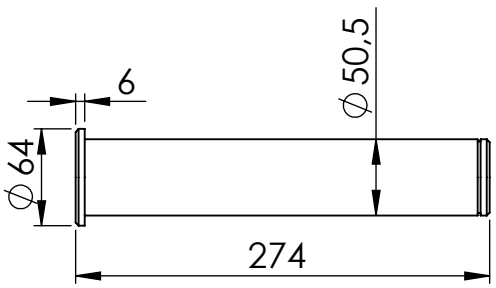
MATERIAL: Acero SAE 4340

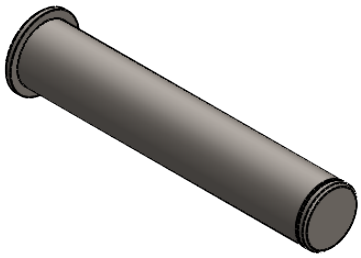
A4

ESCALA: 1:2

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

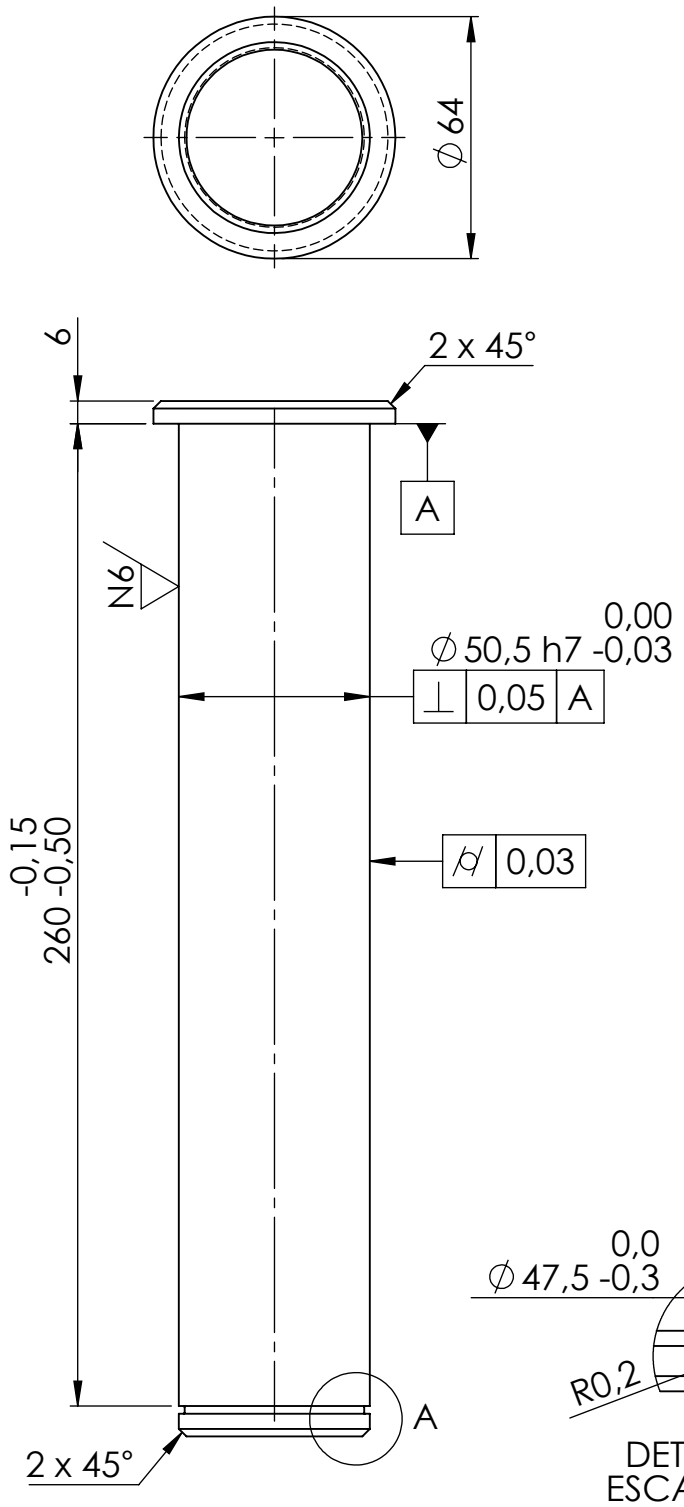
Material base: Macizo ⌀ 65 x 280 mm, pretornear a medidas especificadas.
Temple: Austenizar a 820 °C - 850 °Cy enfriar en aceite. Realizar revenido.
Dureza requerida: 900 - 950 MPa de fluencia.





Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro superior tramo 2, plano TT	
		CÓDIGO: PV BE - 020	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			ESCALA: 1:5 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm
VERIF.			



N10 (N6)

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Perno unión cilindro superior - Tramo 2

CÓDIGO: PV BE - 020

CONJUNTO: Brazo de elevación

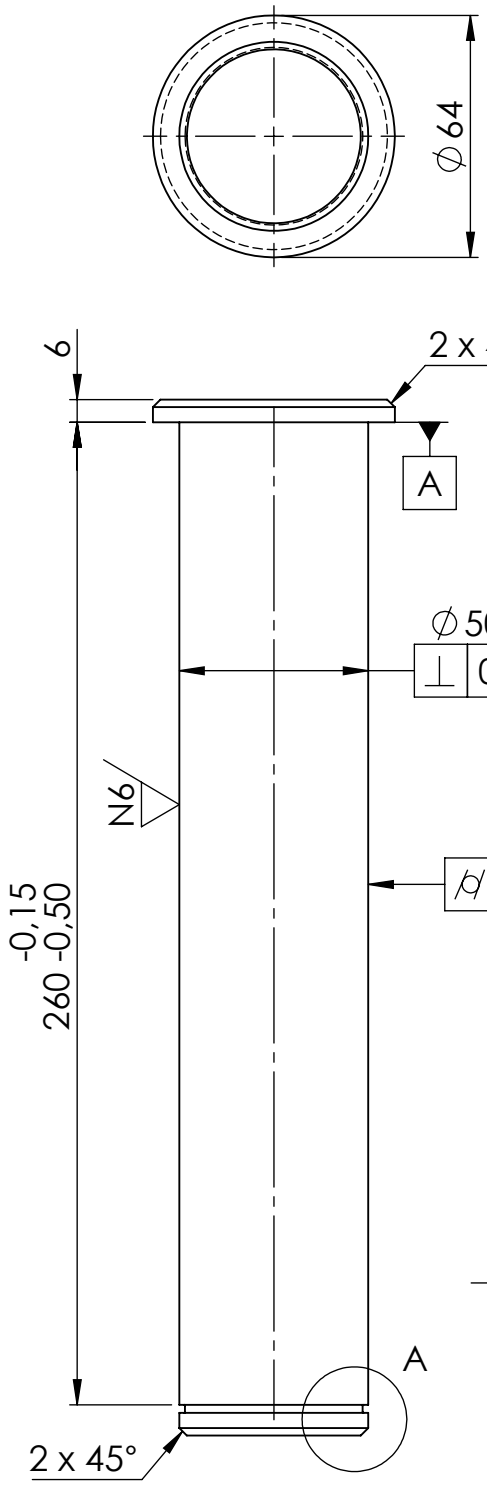
NORMA:

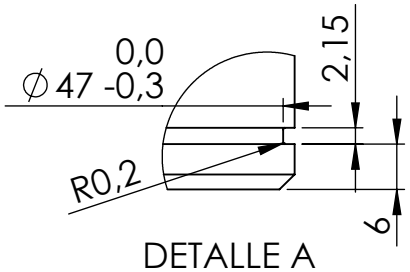
MATERIAL: Acero SAE 4340

A4

ESCALA: 1:2

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm





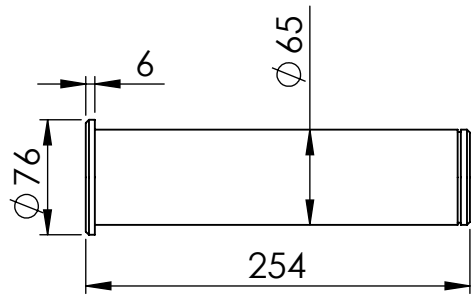
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

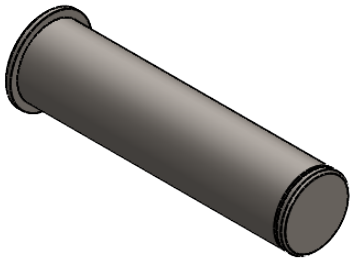
N10 (N6)

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión Tramo 2 - Tramo 1	
		CÓDIGO: PV BE - 023	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 1045 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:2 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

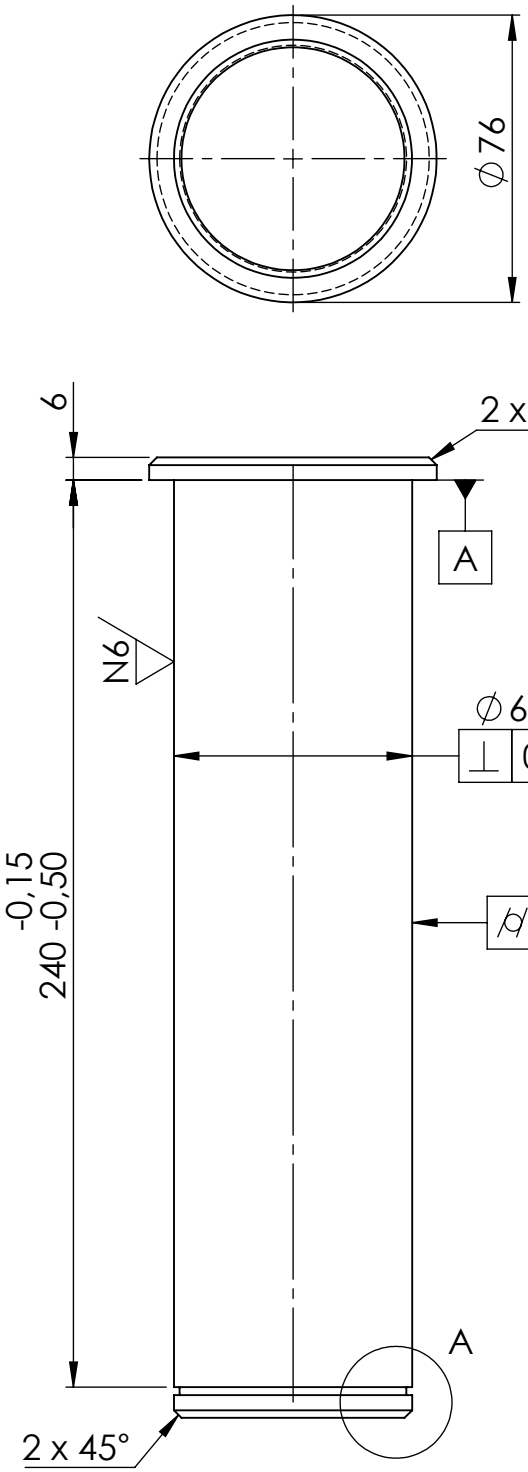
Material base: Macizo ⌀ 80 x 260 mm, pretornear a medidas especificadas.
Temple: Austenizar a 820 °C - 850 °Cy enfriar en aceite. Realizar revenido.
Dureza requerida: 900 - 950 MPa de fluencia.

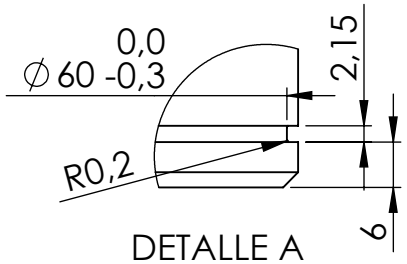




Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro superior - tramo 1, plano TT	
		CÓDIGO: PV BE - 026	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.			ESCALA: 1:5 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm



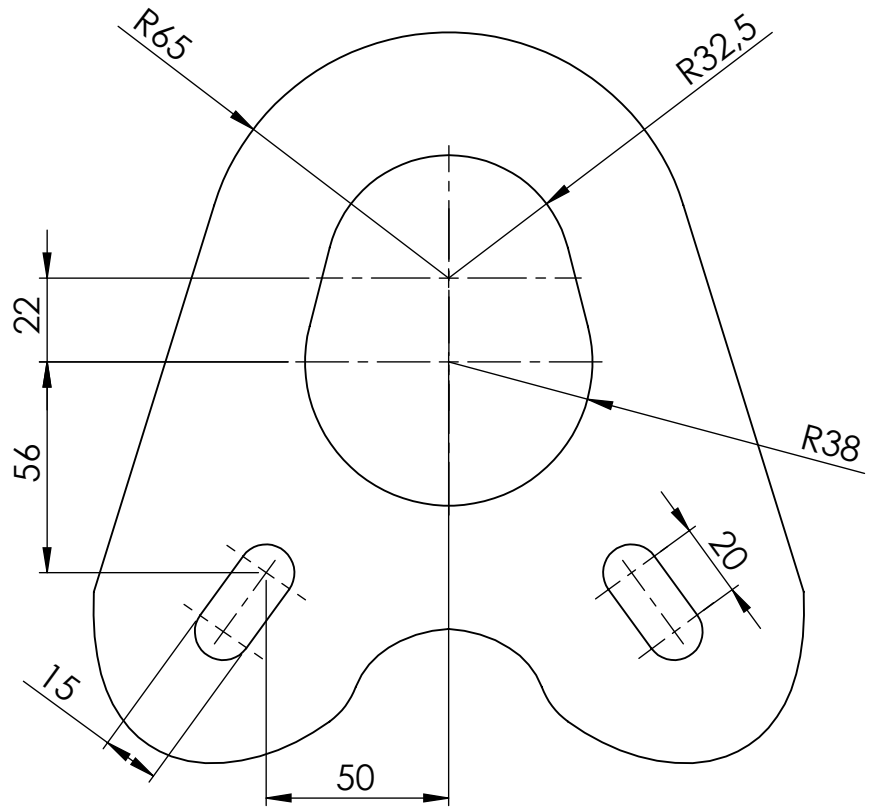


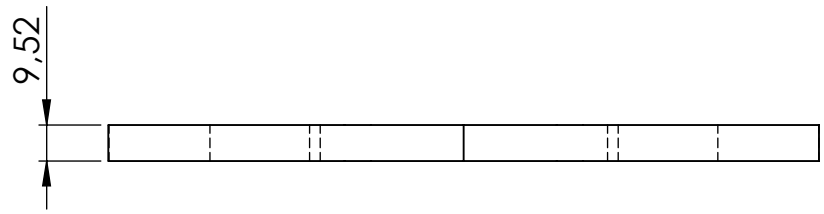
DETALLE A
ESCALA 1 : 1

N10 / (N6)

Tolerancias generales según DIN 2768 - m

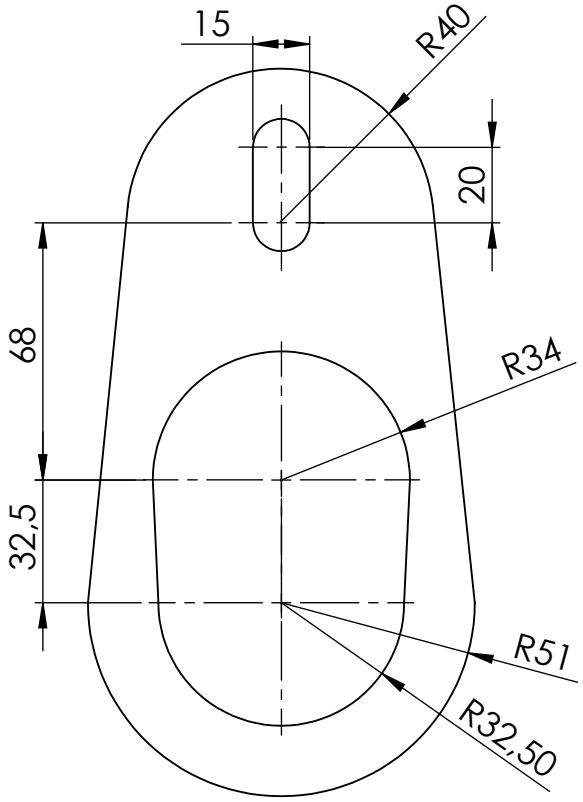
PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Perno unión cilindro superior - Tramo 1	
		CÓDIGO: PV BE - 026	CONJUNTO: Brazo de elevación
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 4340 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 1/03/2025		
APROB.			
VERIF.		ESCALA: 1:2	LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

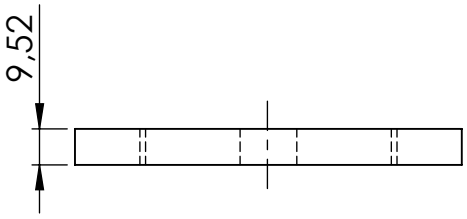




Tolerancias generales según DIN 2768 - m

PROYECTO FINAL UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA		TÍTULO: Gancho pasador superior	
		CÓDIGO: PV ES - 001	CONJUNTO: Elementos de sujeción
	NOMBRE / FECHA / FIRMA	NORMA:	MATERIAL: Acero SAE 1045 — A4
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN / 01/03/2025		
APROB.			ESCALA:1:2 — LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm
VERIF.			





Tolerancias generales según DIN 2768 - m

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO:

Gancho pasador inferior

CÓDIGO: PV ES - 002

CONJUNTO: Elementos de sujeción

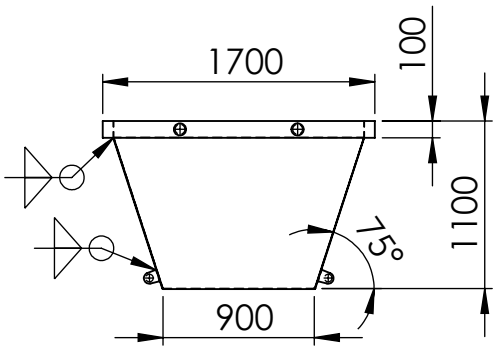
NORMA:

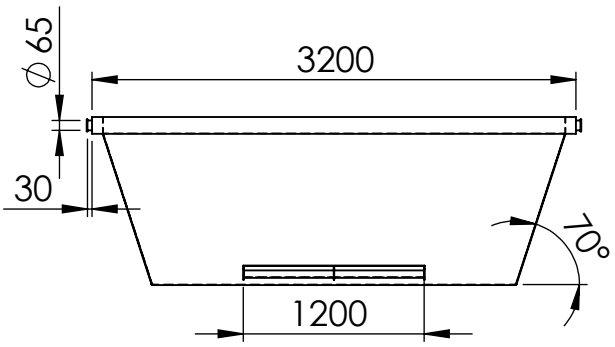
MATERIAL: Acero SAE 1045

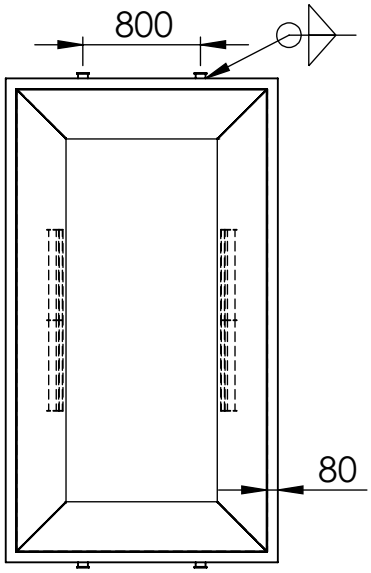
A4

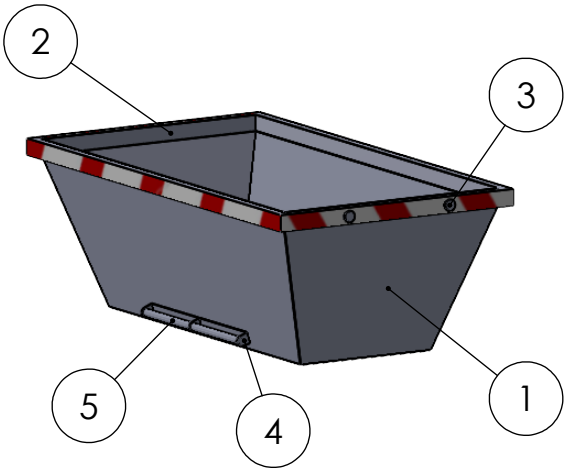
ESCALA:1:2

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm









Tolerancias generales según DIN 2768 - m

REF.	DESCRIPCIÓN	OBS.	CANTIDAD
5	Barra sujeción inferior	⌀60 mm	2
4	Sujeción inferior		2
3	Sujeciones superiores		4
2	Refuerzo superior	Caño esp 3,2 mm	1
1	Chapa laterales contenedor	esp. 3 mm	1

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO:

Contenedor 5 m³

CÓDIGO: PV CO - 001

CONJUNTO: Contenedores

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	01/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

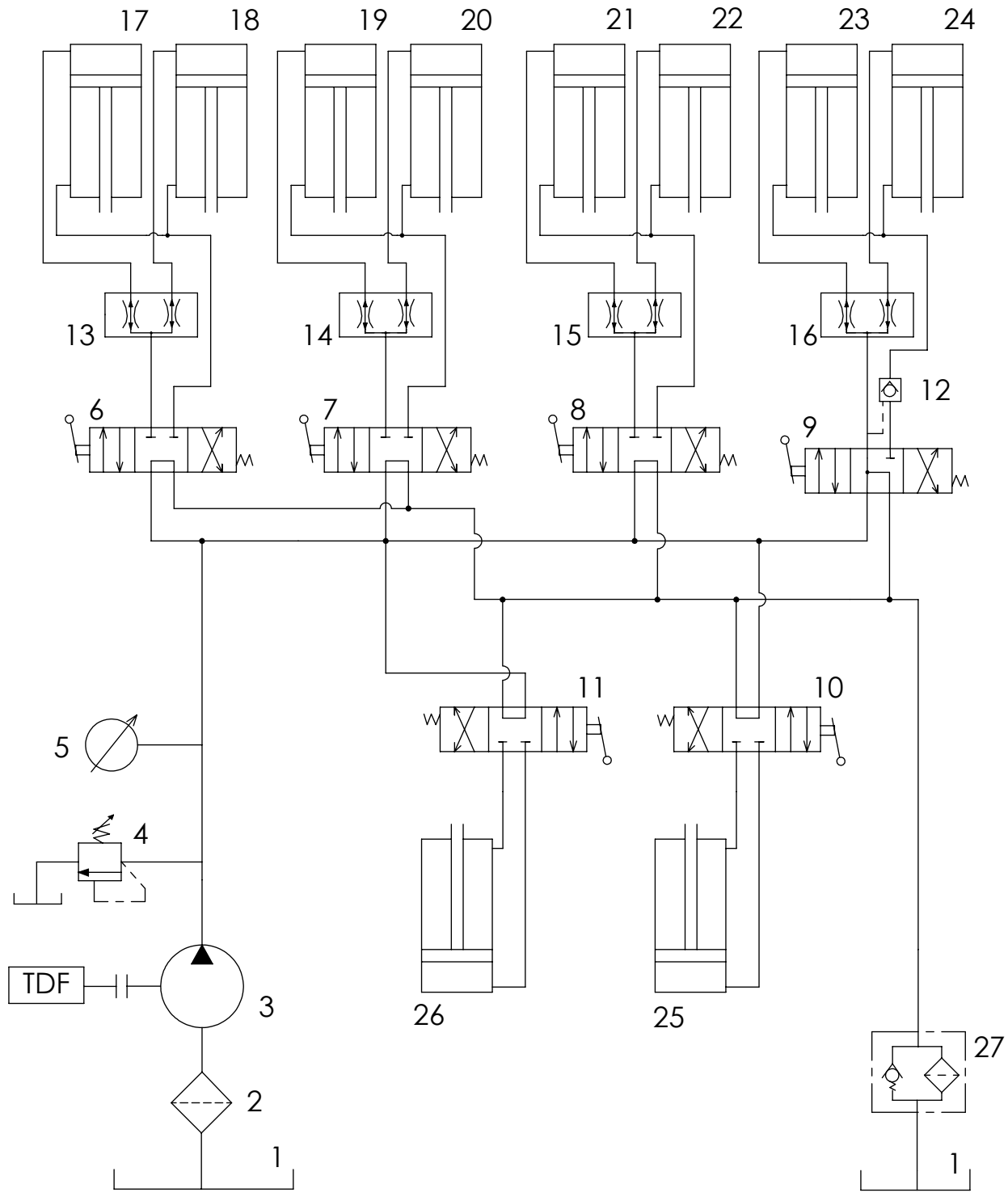
MATERIAL: Acero SAE 1020

A4

ESCALA:1:50

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

Anexo 2: Circuito Hidráulico



PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO: Circuito hidráulico

CÓDIGO: PV CH - 000

CONJUNTO:

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

MATERIAL:

A4

ESCALA:

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm

REF.	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
27	Filtro de retorno con válvula de Bypass	1
26	Cilindro ajuste distancia brazos de elevación	1
25	Cilindro hidráulico ganchos para vuelco	1
24	Cilindro hidráulico apoyo estabilizador fijo	1
23	Cilindro hidráulico apoyo estabilizador móvil	1
22	Cilindro hidráulico extensión estabilizador lat. fijo	1
21	Cilindro hidráulico extensión estabilizador lat. móvil	1
20	Cilindro hidráulico superior brazo de elevación fijo	1
19	Cilindro hidráulico superior brazo de elevación móvil	1
18	Cilindro hidráulico inferior brazo de elevación fijo	1
17	Cilindro hidráulico inferior brazo de elevación móvil	1
16	Válvula divisora de caudal 50/50	1
15	Válvula divisora de caudal 50/50	1
14	Válvula divisora de caudal 50/50	1
13	Válvula divisora de caudal 50/50	1
12	Válvula antirretorno pilotada	1
11	Válvula direccional V080 4 vías 3 pos. centro abierto	1
10	Válvula direccional V080 4/3 centro semi abierto	1
9	Válvula direccional V080 4 vías 3 pos. centro abierto	1
8	Válvula direccional V080 4 vías 3 pos. centro abierto	1
7	Válvula direccional V080 4 vías 3 pos. centro abierto	1
6	Válvula direccional V080 4 vías 3 pos. centro abierto	1
5	Manómetro	1
4	Válvula limitadora de presión	1
3	Bomba de engranajes PK1-11	1
2	Colador de aspiración	1
1	Depósito de aceite hidráulico	1

PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO

ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

TÍTULO:

Listado de componentes

CÓDIGO: PV CH - 000

CONJUNTO: Circuito hidráulico

	NOMBRE	FECHA	FIRMA
DIBUJ.	VIDORET JOAQUIN	1/03/2025	
APROB.			
VERIF.			

NORMA:

MATERIAL:

A4

ESCALA:

LAS COTAS SE EXPRESAN EN mm